

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Análisis de vulnerabilidad y diseño de defensa ribereña del río
Huancabamba a su paso por el distrito de Pucará, provincia de Jaén y
departamento de Cajamarca 2021**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL AMBIENTAL

AUTOR

Anghela Michel Diaz Fernandez

ASESOR

Juan Alejandro Agreda Barbaran

<https://orcid.org/0000-0001-5541-2107>

Chiclayo, 2023

**Análisis de vulnerabilidad y diseño de defensa ribereña del río
Huancabamba a su paso por el distrito de Pucará, provincia de Jaén
y departamento de Cajamarca 2021**

PRESENTADA POR

Anghela Michel Diaz Fernandez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Wilmer Moisés Zelada Zamora

PRESIDENTE

Luis Quiroz Quiñones

SECRETARIO

Juan Alejandro Agreda Barbaran

VOCAL

Dedicatoria

A **dios**, por ser el gran bastón para superar todas las adversidades, ser mi fortaleza e inspiración para seguir adelante luchando por mis sueños y metas, por protegerme y abrazarme cada vez que quería rendirme, gracias por guiarme por el buen camino y con toda la humildad te dedico mi primer trabajo profesional.

A mis **padres**, por su apoyo incondicional durante toda mi vida, por sus sacrificios y grandes esfuerzos por darme una educación profesional, por inculcarme principios y valores para ser una persona de bien, por enseñarme a nunca rendirme y siempre luchar por mis sueños, gracias por sus consejos, regaños y ese amor infinito.

A mis **amigos, amigas** y compañeros de estudio, quienes formaron parte de todo mi proceso de formación profesional, gracias por sus consejos, por su apoyo y sobre todo por esa amistad incondicional.

Agradecimiento

A **dios**, por siempre cuidar de mí, dándome sabiduría, salud y fuerzas para llevar a cabo todos mis sueños y sobre todo superando las dificultades que se nos presenta en la vida.

A mis **padres**, por siempre buscar la manera de apoyarme durante toda mi carrera universitaria, por sus esfuerzos, sacrificios, por confiar en mí y darme toda su confianza, por ello mi agradecimiento hoy, mañana y siempre.

A mis **amigos, amigas** y compañeros de estudio, gracias por sus consejos, por su apoyo y sobre todo por esa amistad incondicional.

Al ingeniero **Juan Alejandro Agreda Barbarán**, asesor de mi tesis, gracias por su tiempo, por su conocimiento, experiencia, paciencia y motivación brindada durante toda la realización de mi tesis.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	20 %	7 %	7 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	4 %
2	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	4 %
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	4 %
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1 %
5	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Índice

Resumen	23
Abstract	24
Introducción	25
Revisión de la literatura.....	28
Antecedentes del problema	28
Antecedentes internacionales	28
Antecedentes nacionales.....	28
Bases Teórico-Científicas.....	29
Ley de Recursos Hídricos n°29338	29
Defensa Civil.....	29
Autoridad Nacional del Agua (A.N.A).....	29
Río	29
El Agua.....	31
Cuenca Hidrográfica.....	33
Precipitación.....	36
Periodo de Retorno	38
Inundación.....	38
Peligro	39
Vulnerabilidad	40
Riesgo.....	41
Estudio Topográfico.....	41
Definición de Términos Básicos	43
Modelación Hidráulica.....	44
Software HEC-RAS	44
Software ARCGIS.....	45
Materiales y métodos.....	46
Tipo y Nivel de Investigación	46
Variables.....	46
Variable Independiente.....	46
Variable Dependiente	46
Operacionalidad de las variables	46
Población, Muestra de Estudio.....	47
Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
Métodos.....	47

Técnicas.....	47
Estudio topográfico	47
Estudio de Mecánica de Suelos	48
Estudio Hidrológico	48
Estudio Hidráulico.....	48
Análisis de riesgo por inundación	48
Instrumentos	57
Levantamiento Topográfico	57
Estudio Mecánica de Suelos.....	57
Programas de Computo	58
Equipos.....	58
Plan de procesamiento para análisis de datos.....	58
Matriz de Consistencia.....	60
Resultados y discusión	61
Descripción del Área de Estudio.....	61
Ubicación Política de la Zona de Estudio.....	61
Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio	61
Ubicación Hidrográfica de la Zona de Estudio	62
Vías de Acceso	63
Clima	64
Estudio Topográfico.....	64
Reconocimiento de Campo	64
Puntos del Levantamiento Topográfico.....	64
Levantamiento Planimétrico – Altimétrico	65
Trabajo de Gabinete	66
Estudio de Mecánica de Suelos.....	67
Registro de excavaciones	67
Ensayos de laboratorio	68
Estudio Hidrológico	70
Información de Cuencas Hidrográficas.....	70
Información Hidrometeorológica	71
Delimitación de la Cuenca Huancabamba.....	73
Tiempo de Concentración	87
Análisis de Frecuencia.....	89
Precipitación Media de la Cuenca	93
Elaboración de Curvas IDF	94

Hietograma de Diseño	97
Modelamiento con HEC-HMS	101
Estudio Hidráulico HEC-RAS.....	114
Creación de un Nuevo Proyecto	114
Editor de los Datos Geométricos	116
Coeficiente de Manning	117
Condiciones de Flujo Permanente	118
Plan de Simulación para un Flujo Permanente.....	119
Perfiles Hidráulicos	119
Identificación y Cuantificación de Áreas de Inundación.....	128
Zonas Afectadas por la Inundación	128
Determinación del costo de las Pérdidas Económicas por Inundación	129
Cálculo de las pérdidas económicas de las áreas afectadas tras una inundación en el distrito de Pucará	132
Estimación de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo.....	134
Estimación del Nivel de Peligrosidad.....	134
Estimación del Nivel de Vulnerabilidad.....	135
Estimación del Nivel de Riesgo	142
Propuestas de Alternativas de Solución con Defensas Ribereñas	142
Ubicación de las defensas ribereñas	142
Diseño de las alternativas de solución.....	143
Estudio de Canteras para Materiales de Defensas Ribereñas	163
Identificación de canteras en la zona.....	163
Ensayos de Laboratorio	165
Evaluación impacto ambiental	166
Características generales	166
Línea base.....	169
Método de la Matriz de Leopold por alternativas y la solución de propuestas	170
Conclusiones	171
Recomendaciones.....	173
Referencias	175
Anexos.....	177
Anexo 01: Data del Levantamiento Topográfico	177
Anexo 02: Planos de Perfil Longitudinal y Secciones Transversales	191
Anexo 03: Estudio de Mecánica de Suelos	196
Anexo 04: Análisis de Precipitaciones	205

Anexo 05: Análisis de frecuencia.....	207
Anexo 06: Precipitación Media de la Cuenca	257
Anexo 07: Curvas IDF	272
Anexo 08: Hidrograma de Diseño.....	278
Anexo 09: Ubicación del río Huancabamba.....	293
Anexo 10: Estado actual del río Huancabamba.....	294
Anexo 11: Eventos de desborde y aumento del caudal del río Huancabamba	299
Anexo 12: Encuesta realizada a los pobladores del distrito de Pucará.....	305
Anexo 13: Autorización por parte de la Municipalidad Distrital de Pucará	307
Anexo 14: Declaración Jurada	309

Lista de figuras

Figura N° 1:Partes de un río.	31
Figura N° 2: Organización del agua en el mundo.	32
Figura N° 3: Ciclo del agua.	33
Figura N° 4: Esquema de una Cuenca Hidrográfica.	34
Figura N° 5: Partes de una Cuenca Hidrográfica.	34
Figura N° 6: Tipos de Cuencas Hidrográfica: a) Exorreicas, b) Endorreicas y c) Arreicas.	35
Figura N° 7: Precipitaciones Convectivas.	36
Figura N° 8: Precipitaciones Orográficas.	36
Figura N° 9: Precipitaciones Ciclónicas.	37
Figura N° 10: Clasificación de los peligros.	40
Figura N° 11: Perfil Longitudinal.	43
Figura N° 12: Secciones Transversales.	43
Figura N° 13: Ubicación Política de Pucará.	61
Figura N° 14: Imagen de Mapa de cuencas hidrográfica en el Perú.	62
Figura N° 15: Demarcación hidrográfica de la Cuenca Chamaya.	63
Figura N° 16: Red Vial del Área de Estudio.	63
Figura N° 17: Zona y tramo en estudio.	64
Figura N° 18: Levantamiento topográfico de la zona en estudio.	65
Figura N° 19: Levantamiento del río Huancabamba.	65
Figura N° 20: Tabla de BM'S.	66
Figura N° 21: Planta y perfil longitudinal.	66
Figura N° 22: Secciones transversales del levantamiento del río Huancabamba.	67
Figura N° 23: Ubicación de las calicatas, en el tramo de estudio.	67
Figura N° 24: Muestras para ensayo de Contenido de Humedad.	68
Figura N° 25: Cuencas Hidrográficas.	70
Figura N° 26: Cuenca Chamaya.	70
Figura N° 27: Identificación de estaciones dentro de la zona en estudio.	71
Figura N° 28: Página de descarga de data grillada de PISCO.	72
Figura N° 29: Estaciones distribuidas en la cuenca en estudio.	73
Figura N° 30: Delimitación del río Huancabamba.	74
Figura N° 31: Curvas Hipsométricas, características del ciclo erosivo y tipo de cuenca.	81
Figura N° 32: Representación de la longitud del cauce principal, mediante ArcGIS.	83
Figura N° 33: Orden de la red de drenaje.	85
Figura N° 34: Subcuencas en la cuenca del río Huancabamba.	94
Figura N° 35: Elaboración del mapa de Número de Curva de la cuenca del río Huancabamba.	102

Figura N° 36: Mapa de Número de Curva de la subcuenca Alta en condiciones Normales.	102
Figura N° 37: Mapa de Número de Curva de la subcuenca Media en condiciones Normales.	103
Figura N° 38: Mapa de Número de Curva de la subcuenca Baja en condiciones Normales.	104
Figura N° 39: Modelo hidrológico de la cuenca del río Huancabamba.	105
Figura N° 40: Caudales para TR=10 años de la cuenca, subcuencas y tramos.	106
Figura N° 41: Caudales para TR=20 años de la cuenca, subcuencas y tramos.	107
Figura N° 42: Caudales para TR=30 años de la cuenca, subcuencas y tramos.	108
Figura N° 43: Caudales para TR=50 años de la cuenca, subcuencas y tramos.	109
Figura N° 44: Caudales para TR=100 años de la cuenca, subcuencas y tramos.	110
Figura N° 45: DEM del terreno en estudio usado para el modelo hidráulico.	114
Figura N° 46: Eje del río Huancabamba.	115
Figura N° 47: Márgenes del río (Black Lines) y llanura de inundación (Flow Panths).	115
Figura N° 48: Secciones transversales del río Huancabamba cada 75 metros.	116
Figura N° 49: Secciones transversales importadas al editor del HEC-RAS.	116
Figura N° 50: Tabla de Edición de los coeficientes de Manning, HEC-RAS.	117
Figura N° 51: Caudales de diseño ingresados en HEC-RAS.	118
Figura N° 52: Pendiente promedio del cauce del río Huancabamba.	118
Figura N° 53: Plan de simulación para un régimen mixto.	119
Figura N° 54: Zonas inundadas después de la simulación.	119
Figura N° 55: Sección de la progresiva 0+000 a 0+075.	120
Figura N° 56: Sección de la progresiva 0+525 a 0+600.	121
Figura N° 57: Sección de la progresiva 1+050 a 1+125.	121
Figura N° 58: Sección de la progresiva 1+500 a 1+575.	122
Figura N° 59: Sección de la progresiva 2+025 a 2+100.	122
Figura N° 60: Sección de la progresiva 0+2520 a 0+2625.	123
Figura N° 61: Sección de la progresiva 3+075 a 3+150.	123
Figura N° 62: Sección de la progresiva 3+675 a 3+750.	124
Figura N° 63: Sección de la progresiva 4+200 a 4+275.	124
Figura N° 64: Sección de la progresiva 4+925 a 5+000.	125
Figura N° 65: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 10 años.	125
Figura N° 66: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 20 años.	126
Figura N° 67: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 30 años.	126
Figura N° 68: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 50 años.	127
Figura N° 69: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 100 años.	127
Figura N° 70: Ancho estable según River para el río Huancabamba.	144
Figura N° 71: Sección teórica del cauce del río Huancabamba.	145
Figura N° 72: Para un B=140m su sección teórica del cauce del río Huancabamba.	145

Figura N° 73: Dimensiones del Dique Recto según List Van Levediev.	146
Figura N° 74: Diseño preliminar Sugerido para B=140m.....	146
Figura N° 75: Diseño de defensa ribereña Enrocado usando River.	147
Figura N° 76: Para un B=100 m su sección teórica del cauce del río Huancabamba.....	147
Figura N° 77: Dimensiones del Dique Recto según List Van Levediev.	148
Figura N° 78: Diseño preliminar Sugerido para B= 100 m.....	148
Figura N° 79: Diseño de defensa ribereña Enrocado usando River.	149
Figura N° 80: Para un B=80 m su sección teórica del cauce del río Huancabamba.	149
Figura N° 81: Dimensiones del Dique Recto según List Van Levediev.	150
Figura N° 82: Diseño preliminar Sugerido para B= 80 m.....	150
Figura N° 83: Diseño de defensa ribereña Enrocado usando River.	151
Figura N° 84: Sección Teórica del Cauce para una defensa de Concreto Armado.	151
Figura N° 85: Dimensiones de una defensa de Concreto Armado.	152
Figura N° 86: Formulas para el predimensionamiento del muro.	152
Figura N° 87: Ubicación de la Cantera Lamparan.	163
Figura N° 88: Ubicación de la Cantera Limonal.	165
Figura N° 89: Ubicación Política de Pucará.....	167
Figura N° 90: Demarcación hidrográfica de la Cuenca Chamaya.....	168
Figura N° 91: Red Vial del Área de Estudio.	169
Figura N° 92: Plano de ubicación de la zona en estudio.	191
Figura N° 93: Plano topográfico del tramo en estudio del río Huancabamba.	191
Figura N° 94: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 0+000 a 1+000 km.....	192
Figura N° 95: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 1+000 a 2+000 km.....	192
Figura N° 96: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 2+000 a 3+000 km.....	193
Figura N° 97: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 3+000 a 4+000 km.....	193
Figura N° 98: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 4+000 a 5+000 km.....	194
Figura N° 99: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 5+000 a 5+727 km.....	194
Figura N° 100: Secciones transversales del tramo en estudio del río Huancabamba.....	195
Figura N° 101: Secciones transversales del tramo en estudio del río Huancabamba.....	195
Figura N° 102: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 10 años.....	257
Figura N° 103: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 10 años..	258

Figura N° 104: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 10 años.	259
Figura N° 105: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 20 años.	260
Figura N° 106: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 20 años. .	261
Figura N° 107: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 20 años.	262
Figura N° 108: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 30 años.	263
Figura N° 109: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 30 años. .	264
Figura N° 110: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 30 años.	265
Figura N° 111: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 50 años.	266
Figura N° 112: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 50 años. .	267
Figura N° 113: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 50 años.	268
Figura N° 114: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 100 años.	269
Figura N° 115: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 100 años. .	270
Figura N° 116: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 100 años. .	271
Figura N° 117: Ubicación del río Huancabamba.	293
Figura N° 118: Tramo de estudio.	293
Figura N° 119: Estado actual de la ribera del río Huancabamba.	294
Figura N° 120: Estado actual de la ribera del río Huancabamba.	294
Figura N° 121: Cultivos de arroz cerca al margen izquierdo del río Huancabamba.	295
Figura N° 122: Viviendas ubicadas a la ladera del río Huancabamba.	295
Figura N° 123: Viviendas ubicadas a la ladera del río Huancabamba.	296
Figura N° 124: Estado actual de la ribera del río Huancabamba.	296
Figura N° 125: Estado actual de la ribera del río Huancabamba.	297
Figura N° 126: Cauce actual del río Huancabamba.	297
Figura N° 127: Cauce actual del río Huancabamba.	298
Figura N° 128: Cauce actual del río Huancabamba.	298
Figura N° 129: Vista del complejo deportivo municipal Luis Lizarzaburu Tantalean, el cual está en peligro inminente de inundación debido al aumento del caudal del río Huancabamba y por no presentar defensas ribereñas.	299
Figura N° 130: Vista de la socavación del pilar del pase aéreo de la línea de alcantarillado desde la cámara de bombeo del desagüe hasta el caserío la Chorrera.	299
Figura N° 131: Inundación de los cultivos de arroz.	300
Figura N° 132: Inundación de los cultivos de arroz.	300
Figura N° 133: Aumento del caudal del río Huancabamba.	301
Figura N° 134: Desborde del río Huancabamba.	301
Figura N° 135: Desborde del río Huancabamba.	302
Figura N° 136: Desborde del río Huancabamba.	302
Figura N° 137: Intersección con el río Chotano.	303

Figura N° 138: Aumento del caudal del río Huancabamba.....	303
Figura N° 139: Destrucción total de los sembríos del arroz.....	304
Figura N° 140: Destrucción total de los sembríos del arroz.....	304
Figura N° 141: Constancia de la Municipalidad Distrital de Pucará.....	307
Figura N° 142: Constancia de la Municipalidad Distrital de Pucará.....	308

Lista de tablas

Tabla 1: Variables independiente y dependientes.	46
Tabla 2: Tabla para el cálculo de intensidad de inundación.....	49
Tabla 3: Tabla de rangos de intensidad de inundación.....	49
Tabla 4: Tabla para el cálculo de probabilidad de inundación.....	49
Tabla 5: Tabla de rangos de probabilidad de inundación.....	50
Tabla 6: Tabla para determinar el nivel de peligrosidad de una inundación.....	50
Tabla 7: Tabla de rangos del nivel de peligrosidad de una inundación.....	50
Tabla 8: Cuadro de vulnerabilidad física.....	51
Tabla 9: Cuadro de vulnerabilidad ambiental y ecológica.	52
Tabla 10: Cuadro de vulnerabilidad económica.....	53
Tabla 11: Cuadro de vulnerabilidad social.....	53
Tabla 12: Cuadro de vulnerabilidad educativa.....	54
Tabla 13: Cuadro de vulnerabilidad cultural e ideológica.....	55
Tabla 14: Cuadro de vulnerabilidad política e institucional.....	55
Tabla 15: Cuadro de vulnerabilidad científica y tecnológica.....	56
Tabla 16: Matriz de doble entrada para determinar el nivel de riesgo.....	57
Tabla 17: Rangos del nivel de riesgo.....	57
Tabla 18: Matriz de Consistencia.....	60
Tabla 19: Clasificación del tipo de suelo por cada calicata.....	69
Tabla 20: Rangos aproximados del Factor de Forma.....	76
Tabla 21: Coeficientes para la evaluación de la forma.....	76
Tabla 22: Tabla de cálculo de la pendiente media.....	78
Tabla 23: Rangos aproximados de la pendiente media de la cuenca.....	78
Tabla 24: Cálculo de la altitud media de la cuenca.....	79
Tabla 25: Datos de elevaciones, porcentaje de área y porcentaje de área acumulada.....	79
Tabla 26: Datos de porcentajes de área acumulada y porcentaje de elevaciones.....	81
Tabla 27: Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal.....	84
Tabla 28: Rangos aproximados de la Densidad de Drenaje.....	85
Tabla 29: Cálculo de longitudes totales de todas las redes de drenaje.....	86
Tabla 30: Resumen de parámetros geomorfológicos.....	87
Tabla 31: Tiempo de concentración de la cuenca en estudio.....	89
Tabla 32: Prueba de bondad de ajuste - gráfica de distribución de probabilidades.....	91
Tabla 33: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV.....	92
Tabla 34: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas.....	93

Tabla 35: Resumen de las máximas precipitaciones anuales en 24 horas de las 10 estaciones para cada periodo de retorno.	93
Tabla 36: Precipitaciones ponderadas de la cuenca alta, media y baja, para cada periodo de retorno. .	94
Tabla 37: Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas.	95
Tabla 38: Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas.....	96
Tabla 39: Intensidades máximas (mm/h) – SB-1.	96
Tabla 40: Hietograma de diseño para periodo de retorno de 10 años.	97
Tabla 41: Hietograma de la cuenca en un periodo de 10 años.	99
Tabla 42: Hietograma de la cuenca en un periodo de 20 años.	99
Tabla 43: Hietograma de la cuenca en un periodo de 30 años.	100
Tabla 44: Hietograma de la cuenca en un periodo de 50 años.	100
Tabla 45: Hietograma de la cuenca en un periodo de 100 años.	101
Tabla 46: Cálculo del CN en la subcuenca Alta para condiciones Normales.	103
Tabla 47: Cálculo del CN en la subcuenca Media para condiciones Normales.	103
Tabla 48: Cálculo del CN en la subcuenca Baja para condiciones Normales.....	104
Tabla 49: Cuadro de las subcuencas y su tiempo de concentración.....	104
Tabla 50: Cuadro de los tramos y su tiempo de concentración.	105
Tabla 51: Caudales máximos de la cuenca del río Huancabamba.....	106
Tabla 52: Caudales atenuados para cada periodo de retorno.....	111
Tabla 53: Coeficientes de Manning según Cowan.	117
Tabla 54: Área de inundación del margen derecho.	128
..... Tabla 55: Área de inundación del margen izquierdo.	
.....	129
Tabla 56: Costo y cuantificación de los bienes de una vivienda en el distrito de Pucará.	130
Tabla 57: Cuadro de producción, rendimiento y precio del arroz en cascar en la chacra.	131
Tabla 58: Costo de obras de saneamiento.	131
Tabla 59: Costo de infraestructuras de módulos sistémicos en áreas Urbanas diseñadas por OINFE.	132
Tabla 60: Costos para obras de caminos vecinales y departamentales.....	132
Tabla 61: Costos de las pérdidas económicas de las viviendas afectadas.	132
Tabla 62: Costos de las pérdidas económicas de los materiales de las viviendas afectadas.	133
Tabla 63: Costos de las pérdidas económicas de las áreas agrícolas afectadas.....	133
Tabla 64: Costos de las pérdidas económicas de la infraestructura de las instituciones educativas afectadas.	133
Tabla 65: Costos de las pérdidas económicas de la red de alcantarillado afectadas.	133
Tabla 66: Costos de las pérdidas económicas de las vías de acceso.	133
Tabla 67: Costos de las pérdidas económicas totales.....	133
Tabla 68: Nivel de intensidad de inundación del río Huancabamba.	134

Tabla 69: Nivel de probabilidad de inundación del río Huancabamba.	134
Tabla 70: Nivel de peligro de inundación de la zona en estudio.	134
Tabla 71: Encuesta de vulnerabilidad física.	135
Tabla 72: Cálculo de vulnerabilidad física del área en estudio.	137
Tabla 73: Cálculo de vulnerabilidad ambiental-ecológica del área en estudio.	138
Tabla 74: Cálculo de vulnerabilidad económica del área en estudio.	138
Tabla 75: Cálculo de vulnerabilidad social del área en estudio.	139
Tabla 76: Cálculo de vulnerabilidad educativa del área en estudio.	139
Tabla 77: Cálculo de vulnerabilidad política e institucional del área en estudio.	140
Tabla 78: Cálculo de vulnerabilidad cultura e ideología del área en estudio.	140
Tabla 79: Cálculo de vulnerabilidad política e institucional del área en estudio.	141
Tabla 80: Nivel de peligro de inundación del área en estudio.	141
Tabla 81: Relación de nivel de peligro y vulnerabilidad de inundación del área en estudio.	142
Tabla 82: Nivel de riesgo de inundación del área en estudio.	142
Tabla 83: Tipo de defensa ribereña para las áreas críticas.	143
Tabla 84: Dimensiones del muro.	153
Tabla 85: Muro de concreto armado con sus dimensiones.	153
Tabla 86: Ensayos del material de la cantera Lamparan.	166
Tabla 87: Ensayo realizado al material de la cantera Limonal.	166
Tabla 88: Máxima precipitación diaria anual por año de cada estación (SENAMHI).	205
Tabla 89: Máxima precipitación diaria anual por año de cada estación (SENAMHI-PISCO).	206
Tabla 90: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 1 (E1).	207
Tabla 91: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 1 (E1).	208
Tabla 92: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 1 (E1).	211
Tabla 93: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 1 (E1).	211
Tabla 94: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 2 (E2).	212
Tabla 95: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 2 (E2).	213
Tabla 96: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 2 (E2).	216
Tabla 97: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 2 (E2).	216
Tabla 98: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 3 (E3).	217
Tabla 99: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 3 (E3).	218
Tabla 100: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 3 (E3).	221
Tabla 101: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 3 (E3).	221
Tabla 102: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 4 (E4).	222

Tabla 103: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 4 (E4).....	223
Tabla 104: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 4 (E4).....	226
Tabla 105: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 4 (E4).....	226
Tabla 106: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 5 (E5).....	227
Tabla 107: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 5 (E5).....	228
Tabla 108: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 5 (E5).....	231
Tabla 109: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 5 (E5).....	231
Tabla 110: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 6 (E6).....	232
Tabla 111: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 6 (E6).....	233
Tabla 112: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 6 (E6).....	236
Tabla 113: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 6 (E6).....	236
Tabla 114: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 7 (E7).....	237
Tabla 115: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 7 (E7).....	238
Tabla 116: Ajuste de Distribución Normal de la estación 7 (E7).....	238
Tabla 117: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 7 (E7).....	239
Tabla 118: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 7 (E7).....	239
Tabla 119: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 7 (E7).....	240
Tabla 120: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 7 (E7).....	240
Tabla 121: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 7 (E7).....	241
Tabla 122: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 7 (E7).....	241
Tabla 123: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 8 (E8).....	242
Tabla 124: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 8 (E8).....	243
Tabla 125: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 8 (E8).....	246
Tabla 126: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 8 (E8).....	246
Tabla 127: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 9 (E9).....	247
Tabla 128: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 9 (E9).....	248
Tabla 129: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 9 (E9).....	251
Tabla 130: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 9 (E9).....	251
Tabla 131: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 10 (E10).....	252
Tabla 132: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 10 (E10).....	253

Tabla 133: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 10 (E10).....	256
Tabla 134: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 10 (E10).....	256
Tabla 135: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 10 años.....	257
Tabla 136: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 10 años.....	258
Tabla 137: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 10 años.....	259
Tabla 138: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 20 años.....	260
Tabla 139: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 20 años.....	261
Tabla 140: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 20 años.....	262
Tabla 141: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 30 años.....	263
Tabla 142: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 30 años.....	264
Tabla 143: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 30 años.....	265
Tabla 144: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 50 años.....	266
Tabla 145: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 50 años.....	267
Tabla 146: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 50 años.....	268
Tabla 147: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 100 años.....	269
Tabla 148: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 100 años.....	270
Tabla 149: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 100 años.....	271
Tabla 150: Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Alta.	272
Tabla 151: Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Alta.	272
Tabla 152: Intensidades máximas (mm/h) horas en la subcuenca Alta.....	273
Tabla 153: Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Media.	274
Tabla 154: Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Media.	274
Tabla 155: Intensidades máximas (mm/h) horas en la subcuenca Media.	275
Tabla 156: Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Baja.....	276
Tabla 157: Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Baja.	276
Tabla 158: Intensidades máximas (mm/h) horas en la subcuenca Baja.	277
Tabla 159: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 10 años.	278
Tabla 160: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 20 años.	279
Tabla 161: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 30 años.	280
Tabla 162: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 50 años.	281
Tabla 163: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 100 años.	282

Tabla 164: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 10 años.	283
Tabla 165: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 20 años.	284
Tabla 166: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 30 años.	285
Tabla 167: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 50 años.	286
Tabla 168: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 100 años.	287
Tabla 169: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 10 años.	288
Tabla 170: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 20 años.	289
Tabla 171: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 30 años.	290
Tabla 172: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 50 años.	291
Tabla 173: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 100 años.	292

Lista de gráficas

Gráfica N° 1: Relación de elevaciones y porcentaje de área.....	80
Gráfica N° 2: Relación de elevaciones y porcentaje de área acumulada.....	80
Gráfica N° 3: Relación de área acumulada y porcentaje de elevaciones.....	81
Gráfica N° 4: Perfil longitudinal del cauce del río Huancabamba.	83
Gráfica N° 5: Curvas IDF – E1.	97
Gráfica N° 6: Hietograma de precipitación de un periodo de retorno de 10 años.....	98
Gráfica N° 7: Hidrograma para un TR=10 años.....	106
Gráfica N° 8: Hidrograma para un TR=20 años.....	107
Gráfica N° 9: Hidrograma para un TR=30 años.....	108
Gráfica N° 10: Hidrograma para un TR=50 años.....	109
Gráfica N° 11: Hidrograma para un TR=100 años.....	110
Gráfica N° 12: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 10 años.	111
Gráfica N° 13: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 20 años.	112
Gráfica N° 14: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 30 años.	112
Gráfica N° 15: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 50 años.	113
Gráfica N° 16: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 100 años.	113
Gráfica N° 17: Porcentaje de la localización de las viviendas con respecto al río Huancabamba.	136
Gráfica N° 18: Porcentaje según el material de construcción en viviendas.	136
Gráfica N° 19: Porcentaje del cumplimiento de normativas en las construcciones.	137
Gráfica N° 20: Representación de las máximas precipitaciones de cada estación por año.	206
Gráfica N° 21: Representación de las máximas precipitaciones de cada estación por año (PISCO)..	207
Gráfica N° 22: Ajuste de Distribución Normal de la estación 1 (E1).	208
Gráfica N° 23: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 1 (E1).....	209
Gráfica N° 24: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 1 (E1).	209
Gráfica N° 25: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 1 (E1).	210
Gráfica N° 26: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 1 (E1).	210
Gráfica N° 27: Ajuste de Distribución Normal de la estación 2 (E2).	213
Gráfica N° 28: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 2 (E2).....	214
Gráfica N° 29: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 2 (E2).	214
Gráfica N° 30: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 2 (E2).	215
Gráfica N° 31: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 2 (E2).	215
Gráfica N° 32: Ajuste de Distribución Normal de la estación 3 (E3).	218
Gráfica N° 33: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 3 (E3).....	219
Gráfica N° 34: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 2 (E2).	219
Gráfica N° 35: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 3 (E3).	220

Gráfica N° 36: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 3 (E3).	220
Gráfica N° 37: Ajuste de Distribución Normal de la estación 4 (E4).	223
Gráfica N° 38: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 4 (E4).	224
Gráfica N° 39: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 4 (E4).	224
Gráfica N° 40: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 4 (E4).	225
Gráfica N° 41: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 4 (E4).	225
Gráfica N° 42: Ajuste de Distribución Normal de la estación 54 (E5).	228
Gráfica N° 43: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 5 (E5).	229
Gráfica N° 44: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 5 (E5).	229
Gráfica N° 45: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 5 (E5).	230
Gráfica N° 46: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 5 (E5).	230
Gráfica N° 47: Ajuste de Distribución Normal de la estación 6 (E6).	233
Gráfica N° 48: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 6 (E6).	234
Gráfica N° 49: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 6 (E6).	234
Gráfica N° 50: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 6 (E6).	235
Gráfica N° 51: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 6 (E6).	235
Gráfica N° 52: Ajuste de Distribución Normal de la estación 8 (E8).	243
Gráfica N° 53: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 8 (E8).	244
Gráfica N° 54: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 8 (E8).	244
Gráfica N° 55: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 8 (E8).	245
Gráfica N° 56: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 8 (E8).	245
Gráfica N° 57: Ajuste de Distribución Normal de la estación 9 (E9).	248
Gráfica N° 58: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 9 (E9).	249
Gráfica N° 59: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 9 (E9).	249
Gráfica N° 60: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 9 (E9).	250
Gráfica N° 61: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 9 (E9).	250
Gráfica N° 62: Ajuste de Distribución Normal de la estación 10 (E10).	253
Gráfica N° 63: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 10 (E10).	254
Gráfica N° 64: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 10 (E10).	254
Gráfica N° 65: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 10 (E10).	255
Gráfica N° 66: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 10 (E10).	255
Gráfica N° 67: Curva IDF de la subcuenca Alta.	273
Gráfica N° 68: Curva IDF de la subcuenca Media.	275
Gráfica N° 69: Curva IDF de la subcuenca Baja.	277
Gráfica N° 70: Hietograma de precipitación para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 10 años.	278

Gráfica N° 71: Hietograma de precipitación para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 20 años.....	279
Gráfica N° 72: Hietograma de precipitación para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 30 años.....	280
Gráfica N° 73: Hietograma de precipitación para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 50 años.....	281
Gráfica N° 74: Hietograma de precipitación para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 100 años.....	282
Gráfica N° 75: Hietograma de precipitación para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 10 años.....	283
Gráfica N° 76: Hietograma de precipitación para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 20 años.....	284
Gráfica N° 77: Hietograma de precipitación para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 30 años.....	285
Gráfica N° 78: Hietograma de precipitación para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 50 años.....	286
Gráfica N° 79: Hietograma de precipitación para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 100 años.....	287
Gráfica N° 80: Hietograma de precipitación para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 10 años.....	288
Gráfica N° 81: Hietograma de precipitación para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 20 años.....	289
Gráfica N° 82: Hietograma de precipitación para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 30 años.....	290
Gráfica N° 83: Hietograma de precipitación para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 50 años.....	291
Gráfica N° 84: Hietograma de precipitación para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 100 años.....	292

Resumen

Es de conociendo que las inundaciones son un riesgo permanente a lo largo del tiempo, es por ello, que nace la necesidad de estudiarlo, sabiendo que pueden generarse a partir de variaciones climáticas y sobre todo debido a los fenómenos naturales como el Fenómeno del Niño. En este proyecto de investigación se realiza un análisis hidrológico de la cuenca del río Huancabamba, posterior a ello con los datos de los caudales se realiza un modelo hidráulico para saber el comportamiento del cauce del río Huancabamba.

Para el análisis hidrológico se usó el software ArcGIS, este análisis consiste en realizar la delimitación de la cuenca Chamaya y establecer sus distintas características. Se utilizó también el software HEC-HMS, con el cual se procesó los registros de precipitación que nos brinda SENHAMI con su data de PISCO, se logró obtener los hietogramas de diseño y los caudales máximos para cada periodo de 10, 20, 30, 50 y 100 años.

El análisis hidráulico se realizó utilizando el software HEC-RAS, para este análisis se necesitan los caudales de diseño y la información geográfica la cual fue obtenida del levantamiento topográfico y DEM's. Se realiza la simulación y se conoce los niveles de agua alcanzados para cada periodo de retorno, con esto se conoce las zonas más susceptibles y por ende se proponen alternativas de solución.

También se realizó un análisis a las pérdidas económicas que podría causar una inundación, la cual afecta a aproximadamente 525 viviendas, 102.87 ha de áreas agrícolas, 800 m de la carretera Fernando Belaunde Terry, tres instituciones educativas y la red del alcantarillado del distrito de Pucará. Ha este análisis se suma el estudio de riesgo y vulnerabilidad de la zona en estudio debido a una inundación, como resultado se obtuvo que el distrito presenta un nivel alto de riesgo.

Palabras clave: Inundación, Caudales máximos, Información geográfica, ArcGIS, HEC-HMS, HEC-RAS, Mapas de inundación, Prevención.

Abstract

It is known that floods are a permanent risk over time, which is why the need to study it arises, knowing that they can be generated from climatic variations and especially due to natural phenomena such as the El Niño phenomenon. In this research project, a hydrological analysis of the Huancabamba river basin is carried out, after which, with the flow data, a hydraulic model is made to know the behavior of the Huancabamba riverbed.

For the hydrological analysis, ArcGIS software was used. This analysis consists of delimiting the Chamaya basin and establishing its different characteristics. The HEC-HMS software was also used to process the precipitation records provided by SENHAMI with its PISCO data, and to obtain the design histograms and maximum flows for each period of 10, 20, 30, 50 and 100 years.

The hydraulic analysis was carried out using the HEC-RAS software, for this analysis the design flows and the geographic information, which was obtained from the topographic survey and DEM's, are needed. The simulation is carried out and the water levels reached for each return period are known, with this the most susceptible areas are known and therefore alternative solutions are proposed.

An analysis was also made of the economic losses that could be caused by a flood, which affects approximately 525 homes, 102.87 ha of agricultural areas, 800 m of the Fernando Belaunde Terry highway, three educational institutions and the sewerage network of the Pucara district. In addition to this analysis, a risk and vulnerability study of the area under study due to flooding was conducted, which resulted in a high level of risk in the district.

Keywords: Flooding, Peak flows, Geographic information, ArcGIS, HEC-HMS, HEC-RAS, Flood maps, Prevention.

Introducción

En el Perú existen más de 1000 ríos con distinta longitud y caudal, pero solo 107 ríos son considerados las cuencas más representativas. Estos ríos se encargan de transportar a través de su cauce las aguas provenientes tanto de lluvias o deshielos, desde las tierras más altas hasta las más bajas.

Todo este proceso ha conllevado consigo una serie de fenómenos en tiempos de lluvias intensas. Se sabe que las lluvias intensas siempre se han considerado muy destructivas y riesgosas para la integridad de una población, puesto que estas pueden provocar inundaciones en el lugar en el que se generen.

Cabe recalcar que la inundación de un río es un fenómeno natural, siempre y cuando sea una inundación normal que aporta a la fertilidad del suelo y al transporte del agua. Pero cuando las inundaciones son a grandes escalas y con mayor frecuencia, estas pueden dañar las vidas de seres vivos, los cultivos y el habitat de las personas.

Durante los últimos 60 años se han podido catalogar una serie de multitudes de inundaciones en distintas partes del mundo, esto ha conllevado a que los científicos piensen que estos tipos de fenómenos irán aumentando a gran velocidad y que esto no solo se debe a la colonización de zonas inundables, sino a una variabilidad interanual o inmediato cambio climático a gran escala que influyen en el cambio de las precipitaciones causando de esta manera desastres de mayor magnitud con el pasar de los años.

El Ministerio del Ambiente [1] nos indica que en el Perú se ha mostrado el Fenómeno El Niño en 120 episodios, de las cuales 7 se han mostrado de manera significativa, y según el SENAMHI los episodios más extraordinarios de El Niño fueron los de los años 1982/1983 y 1997/1998, ya que se evidenciaron grandes pérdidas económicas de US\$ 3283 millones y US\$ 3500 millones que equivalen a un 11.6% y 6.2% del PBI anual de 1983 y 1998, respectivamente.

Pero se debe mencionar que el impacto que generan estas inundaciones se debe a razones antropomórficas; es decir, a la reducción de los coeficientes de infiltración por cambios de uso del suelo, a las enormes anomalías climáticas y el establecimiento de poblaciones en las áreas de inundación. El pronóstico hidrológico de las descargas según Enrique García [2], es solo un aspecto del problema, por lo que a la ingeniería le importa saber la probabilidad de ocurrencia de eventos con una misma magnitud para que de esta manera se puedan tener consideraciones con respecto a la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las obras de ingeniería.

El río Huancabamba nace en la provincia de Huancabamba de allí viene el nombre, pasa por el valle del distrito de Pucara siendo sus aguas aprovechadas por los agricultores que se dedican al sembrío de arroz y árboles frutales. En toda su trayectoria del río se han registrado una multitud de inundaciones en los distintos caseríos, distritos y provincias.

En el año 1998 en todo el recorrido del río se produjo un desborde donde se vieron afectadas hectáreas de sembríos de arroz ya que la crecida del río arrasó con estas generando grandes pérdidas económicas para todos los agricultores que tienen sus terrenos. Pero el desborde del río no solo afectó a los sembríos de arroz, sino que en varios kilómetros donde el río colinda con la carretera Fernando Belaunde Terry, se produjeron rupturas y desprendimiento de la carretera debido a la socavación, trayendo con ello la

paralización de esta vía de acceso que conecta la costa, la sierra y selva, provocando de esta manera que se paralice el transporte de personas y productos alimenticios.

En el 2008 vuelve a presentarse otro desborde del río Huancabamba, donde se ven afectado nuevamente los sembríos de arroz y la carretera Fernando Belaunde Terry. El distrito Pucará es considerado una zona de alto riesgo de inundación según CENEPRED por su ubicación geográfica, ya que está asentado a las laderas del río Huancabamba, con una topografía de terreno con fuerte pendiente y con los periodos de lluvias intensas entre los meses de diciembre y abril.

Todos los años al presentarse fuertes precipitaciones, el desborde del río Huancabamba provoca una terrible inundación en la parte baja del distrito de Pucará específicamente en la calles Mesones Muro, Santa Rosa y San José, también se ven afectadas aproximadamente 700 viviendas, la Institución Educativa Inicial N° 441- Sector Santa Rosa, la Institución Educativa Primaria y Secundaria María Inmaculada Fe y Alegría 78, el sistema de agua y alcantarillado, la losa deportiva, dos coliseos cerrados, el estadio municipal, el parque principal Faustino Sánchez Carrión. Todo esto debido a la sedimentación de los materiales que arrastra el río Huancabamba. La problemática radica en saber, ¿Cuáles son las áreas más críticas para cuatro periodos de retorno 10, 20, 30, 50 y 100 años del río Huancabamba, usando softwares como el ArcGIS, HEC-HMS y HEC-RAS?.

Esta propuesta de proyecto de investigación es de suma importancia ya que busca mitigar y disminuir una problemática que compete a las regiones de nuestro país, ya que se han podido evidenciar muchos desbordes e inundaciones de ríos en los últimos años, ante esto es necesario identificar las áreas inundables permitiendo de esta manera llevar a cabo la construcción de obras de infraestructura hidráulica con el fin de disipar los impactos negativos que genera la crecida del caudal del río Huancabamba, provocando vulnerabilidad física, económica y natural a la población del distrito de Pucará.

Desarrollar este proyecto de investigación es de gran consideración ya que se beneficiará a 7689 habitantes del distrito de Pucará [3], a través del uso de los softwares ArcGIS y HEC-RAS en la zona investigada se busca simular escenarios extremos de inundación con un computador; así como estudiar y analizar el comportamiento hidráulico del cauce del río Huancabamba. De este modo se establecerá los puntos críticos y áreas inundables con la interpretación de los datos, estimando los daños probables que se puedan generar al presentarse un desborde del río Huancabamba ante la presencia de una máxima avenida, ya con los resultados que se obtengan se podrán plantear medidas de prevención que reduzcan las pérdidas económicas (cultivos, viviendas, carreteras, etc.) y la vulnerabilidad de la zona ya que se podría estimar los daños humanos.

Para llevar a cabo este estudio se necesitará datos hidrométricos y pluviométricos que se obtendrán de distintas instituciones como Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT), SENAMHI, Defensa Civil Pucará y Administración Local de Agua Pucará.

Posteriormente, se hará mención los beneficios por cada uno de los sectores sociales al concluir con el presente estudio. En el sector salud se buscará medidas preventivas para el estancamiento del agua de

inundación en las zonas bajas del distrito de Pucará, evitando de este modo contribuir a la presencia de seres microbiológicos que pueden generar epidemias de diversas enfermedades infecciosas; tales como malaria, diarrea, dengue, infección de heridas, fiebre, hepatitis; damnificando notablemente la salud de la población Pucareña.

En el sector vivienda se buscará llevar a cabo la reubicación de aquellos pobladores que se encuentren establecidos en las laderas del río Huancabamba o cuyas viviendas se encuentren dentro de zonas inundables, puesto que esto significa un enorme peligro para ellos ya que hacen uso de materiales precarios (adobe, quincha) para la construcción de sus viviendas.

Según datos de órganos técnicos como INDECI y COER el 2017 se identificó 76 viviendas colapsadas, 160 inhabilitadas, 441 afectadas, 582 damnificados y 215 afectados.

Para el sector educación se elaborarán medidas preventivas relacionadas con el reforzamiento y preservación de la infraestructura de las instituciones educativas tales como la Institución Inicial N°441-Sector Santa Rosa y la Institución Educativa Primaria y Secundaria María Inmaculada Fe y Alegría 78, logrando evitar de esta manera la interrupción o retraso del desarrollo del programa escolar y aprendizaje de los alumnos.

En el sector agricultura se podrán determinar las áreas inundables y vulnerables, permitiendo de este modo la construcción de defensas ribereñas, descolmatación del río Huancabamba; así como también llevar a cabo charlas de concientización a los agricultores para que eviten invadir el área por donde discurre el caudal del río evitando de este modo que sus cultivos se vean afectados. Cabe recalcar que con estas medidas tomadas se lograra minimizar las pérdidas económicas en este rubro ya que la agricultura es la principal actividad económica en el distrito de Pucará.

Los objetivos que se plantearon son los siguientes, como **objetivo general** se tiene que diseñar las defensas ribereñas para aplicarlo en el cauce del río Huancabamba en las áreas más críticas para cinco periodos de retorno 10, 20, 30, 50 y 100 años.

También se tiene como **objetivos específicos** lo siguiente: evaluar y establecer la cuenca del río Huancabamba del tramo en estudio haciendo uso del programa ArcGIS, establecer los máximos caudales del río Huancabamba para periodos de retorno de 10, 20, 30, 50 y 100 años mediante una simulación hidráulica, calcular los perfiles hidráulicos del río Huancabamba del tramo en estudio haciendo uso del software HEC-RAS y establecer los posibles impactos ante inundaciones, determinar mapas de áreas de riesgos por inundaciones en el distrito de Pucará para diferentes perfiles de flujo con periodos de retorno de 10, 20, 30, 50 y 100 años, mediante el uso del software ArcGIS, HEC-HMS, HEC-RAS, establecer mapas de vulnerabilidad y riesgo en el distrito de Pucará, conocer y dar la ubicación de las infraestructuras de mitigación para las inundaciones, proponer dos alternativas de solución del diseño de defensas ribereñas en las áreas más vulnerables del cauce del río Huancabamba y analizar y evaluar la calidad de materiales que se usaran, ya sean canteras cercanas para su explotación y uso posterior.

Revisión de la literatura

Antecedentes del problema

Antecedentes internacionales

- López Rodríguez [4] en su tesis “Procedimiento para la simulación hidráulica a partir de los softwares ArcGIS y HEC-RAS para eventos extremos máximos”, nos habla de que tan peligrosas son las intensas lluvias para las poblaciones y sus economías. Menciona que el objetivo del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) es determinar confiable y eficientemente las predicciones de avenidas de gran intensidad y los impactos de las inundaciones, esto a partir del uso de los programas ArcGIS y HEC-RAS los cuales realizan una simulación hidráulica del caso en estudio la cuenca del río Sagua la Chica, obteniendo como resultado el gráfico de las zonas inundables para un determinado caudal considerado.

Antecedentes nacionales

- Olivares Castillo [5] en su tesis “Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC-RAS v.5, en un tramo del Río Huancabamba, provincia de Huancabamba, departamento de Piura”, nos dice que mediante la simulación hidráulica con el modelo aplicativo HEC-RAS v.5 se puede evaluar y analizar el comportamiento hidráulico en el tramo de estudio del Río Huancabamba, permitiendo a la vez identificar los puntos vulnerables ante escenarios de desborde con periodos de retorno 25, 50 y 100 años. También nos menciona que se pueden determinar los caudales, hidrogramas de flujo, velocidades, secciones transversales en las zonas inundables y perfiles longitudinales antes y después de la simulación.
- Belizario Quispe, Pancca Cruz [6] en su tesis “Comparativo del comportamiento hidráulico de zonas inundables con el software IBER y HEC-RAS del río Coata C.P. Almosanche”, nos menciona que se realiza un estudio de investigación en la Cuenca baja del río Coata (Puno) con el objetivo de realizar una comparación del comportamiento hidráulico con el software IBER y HEC-RAS con respecto a la evaluación de zonas inundables.

Nos dice que haciendo uso de datos pluviométricos e hidrométricos se llevó a cabo el Análisis Estadístico para distintos periodos de retorno, como también el comportamiento del cauce del río y el cálculo de caudales máximos. Se llega a la conclusión que para ríos con una geometría simple es una mejor alternativa el uso del software unidimensional HEC-RAS, ya que la introducción de los datos es mucho más fácil y los resultados se obtienen en menor tiempo, y para ríos con mayor geometría irregular es recomendable el uso del software bidimensional IBER.

- Diaz Aguilar [7] en la tesis “Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC-RAS 5.0.7 en un tramo del río Ramis, distrito de Taraco-Huancané-Puno”, menciona que el distrito Taraco (Puno) entre los años 1984-2010 se reportaron muchos casos de inundación es por ello que ante esta problemática se lleva a cabo un trabajo de investigación que consiste en determinar zonas inundables haciendo uso del HEC-RAS 5.0.7 en

un tramo del río Ramis del distrito de Huancané. Primero se realiza un análisis visual gráfico, una prueba de normalidad, análisis de tendencia y salto, posteriormente estos datos son procesados a los softwares ArcGIS y HEC-RAS para periodos de retorno de 50 y 100 años.

- Palmer Murga [8] en la tesis “Determinación de las áreas inundables en los sectores San Pedro y Niño Pobre, según caudales máximos estimados del río Utcubamba, aplicando modelo HEC-RAS y software ArcGIS”, nos habla de un proyecto de investigación para determinar áreas inundables en los sectores de San Pedro y Niño Pobre del distrito Milagro donde se calcularan los caudales máximos probables teniendo como punto de inicio los caudales máximos mensuales registrados durante los años 1977-2016 obtenidos en la estación hidrométrica Cajaruro. En el cálculo de los caudales máximos de diseño se llevarán a cabo para periodos de retorno de 10, 25 y 50 años, se obtuvo también la geometría y las secciones transversales del río en estudio a partir de la extensión HEC-RAS, y tras realizar la simulación se obtuvo los mapas temáticos georreferenciados de las áreas inundables.

Bases Teórico-Científicas

Ley de Recursos Hídricos n°29338

Según el Ministerio de Agricultura y riego [9], esta ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Constituidas por el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

Defensa Civil

Es el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) un organismo central, rector y conductor que se encarga de organizar la población; coordinar, planear y controlar las actividades de la Defensa. Defensa Civil es un conjunto de medidas preventivas y permanentes encaminadas para prevenir, mitigar, asistir y reparar los perjuicios que se puedan genera a partir de desastres naturales o provocados por el hombre [10].

Autoridad Nacional del Agua (A.N.A)

Es una organización encargada de la modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos del Perú, ya que es la máxima autoridad y rectora técnico-normativa que fue creada por el Decreto Legislativo N°997. Se encarga de velar por el cumplimiento y la aplicación de la Ley de los Recursos Hídricos ya que es un recurso indispensable para la vida y para el desarrollo social, económico y ambiental del país, por ende, cuenta con grupos técnicos, especialistas y expertos en el desarrollo de una buena Gestión de los Recursos Hídricos [11].

Río

Definición

En latín se llama ríus, es una corriente natural de agua que fluye de manera continua desde su nacimiento hasta su desembocadura en otro río, mar o lago. Un río puede presentar mucho o poco

caudal eso dependerá de las partes del río o de la precipitación si es elevada o no, como también del deshielo que se pueda presentar o la existencia de manantiales [12].

Tipos de Ríos

Existen los siguientes tipos de ríos:

- **Ríos Estacionales:** son aquellos ríos que se ubican en zonas de estaciones diferentes, donde se alternan los periodos de sequias y lluvias, por ende, se dan diferencias de caudales. Estas se encuentran tanto en zonas altas como zonas bajas, pero en estas con menos habitualidad.
- **Ríos Perennes:** son aquellos que se ubican en zonas de elevadas precipitaciones, habitualmente no se presentan elevados cambios en el caudal debido a que el aporte de agua es constante y suelen surgir también de corrientes subterráneas.
- **Ríos Alóctonos:** son los ríos que cruzan zonas áridas, muy secas e incluso desérticas, debido a que nacen en grandes kilómetros donde se presentan elevadas lluvias y áreas húmedas.
- **Ríos Transitorios:** ubicadas en zonas desérticas y secas, presentan un caudal variable y fluyen con libertad recorriendo varios kilómetros. Pueden desaparecer por meses y reaparecer cuando se presenta fuertes lluvias. Este tipo de ríos son peligrosos ya que se presentan con gran violencia en forma de fuertes riadas.
- **Ríos Meandriiformes:** se caracteriza porque presenta un canal único, pero en su recorrido se forman un gran número de meandros. Sus aguas presentan una velocidad variable debido a la presencia de curvas y por ende se producen la erosión de terrenos y la creación de áreas de sedimentos.
- **Ríos Anastomosados:** son aquellos ríos que cuentan con distintos canales, transportan sedimentos y materiales. Presentan velocidades bajas y por eso no producen erosión, más bien rodean los obstáculos.
- **Ríos Rectilíneos:** se caracterizan por estar conformados por un canal principal y varias bifurcaciones inestables. Sus caudales presentan gran potencia y velocidad produciendo erosión en los terrenos.

Partes de un Río

Para un río se determinan tres partes:

- **Curso Superior:** se ubica en la zona más alta y de gran relieve, es la parte donde nace un río y presenta una gran capacidad de erosión y transporte.

- **Curso Medio:** esta parte es la que se ensancha y a lo largo de esta sección del río el agua ira disminuyendo su velocidad, tomando forma de palangana seccionada en lugar de la forma en V que ira ensanchando el valle.
- **Curso Inferior:** en esta parte del río se presenta pendientes y velocidades de las aguas lo que provocan la sedimentación de los sedimentos que transportan.



Figura N° 1: Partes de un río.

Fuente: Google.

El Agua

Definición

Es un recurso muy importante e indispensable para el ser humano ya que es útil en el desarrollo de sus actividades diarias. Se la conoce como una sustancia líquida sin color, olor ni sabor y que se presenta de manera natural en el planeta cubriendo aproximadamente 71% de la superficie de la tierra.

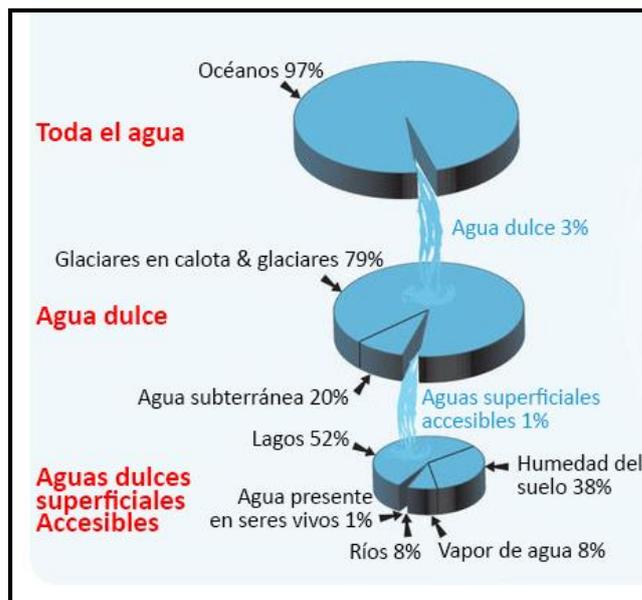


Figura N° 2: Organización del agua en el mundo.

Fuente: Google

Ciclo del agua

Es llamado proceso hidrológico y consiste en un proceso de circulación de las aguas en diferentes estados en la esfera terrestre. El ciclo hidrológico nos da a conocer cómo se distribuye el agua en la tierra, ya que el ciclo inicia con la evaporación del agua de los mares, océano o las aguas superficiales mediante la energía solar, luego se da la condensación que consiste en la transformación del vapor en agua, y regresan a la tierra en forma de precipitaciones como lluvias, nieve o granizo.

Posteriormente se genera la infiltración que es cuando el agua ya en la superficie penetra el suelo a través de los poros pasando a ser agua subterránea; está también la escorrentía que consiste en la movilización o circulación del agua en la superficie. La circulación subterránea se da por gravedad al igual que la superficial y puede ocurrir en zonas vadosas o en acuíferos como agua intersticial. Luego está la fusión que es el cambio de estado de sólido a líquido, y la solidificación que es lo contrario ya que se pasa de un estado líquido a un sólido [13].

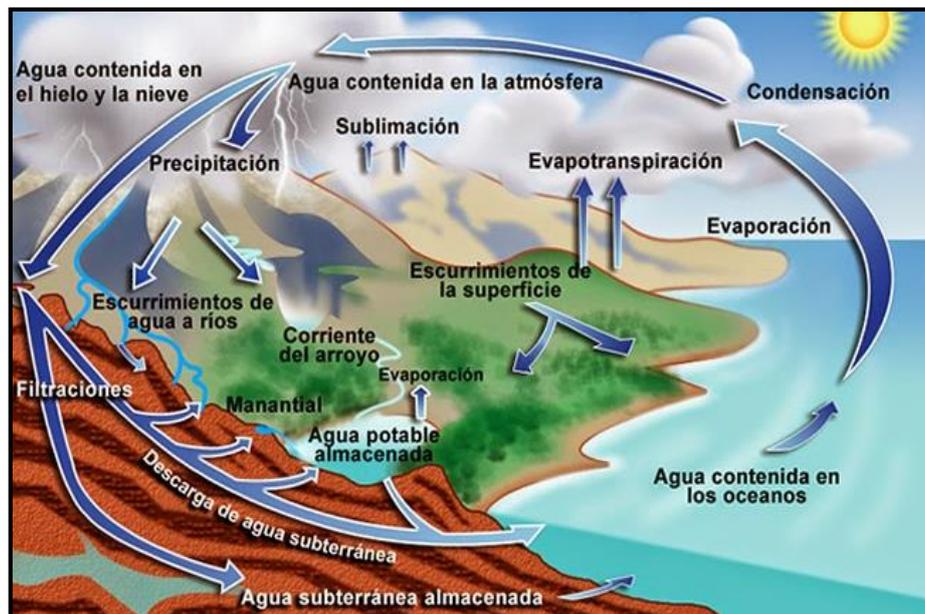


Figura N° 3: Ciclo del agua.

Fuente: Agua.org.mx.

Composición del agua

Está compuesta por dos elementos como el hidrógeno y oxígeno, es decir esta molécula está constituida por dos átomos de hidrógeno y una de oxígeno. Están unidos mediante enlaces covalentes y por eso su fórmula es H₂O.

Cuenca Hidrográfica

Definición

La cuenca hidrográfica es un área de la superficie que está delimitado por una parte alta donde se focalizan los escurrimientos (arroyos o ríos) generados por las precipitaciones que siguen un curso y desembocan en punto bajo llamado punto de salida de la cuenca.

Gracias a las cuencas hidrográficas se entiende el ciclo hidrológico, logrando cuantificar e identificar los efectos causados por las actividades humanas o externalidades (sedimentos, contaminantes y nutrientes) en la red hidrográfica, es decir se observará si estos efectos son positivos o negativos para la calidad y cantidad del agua.

Las cuencas hidrográficas tienen una estructura jerárquica, pues primero están las cuencas donde se constituye la principal unidad de agua proveniente del ciclo hidrológico. Luego se divide en subcuencas que está delimitado por la divisora de agua de un afluente, es decir que forma parte de otra cuenca y las microcuencas que son las agrupaciones de pequeñas partes de una subcuenca [14].

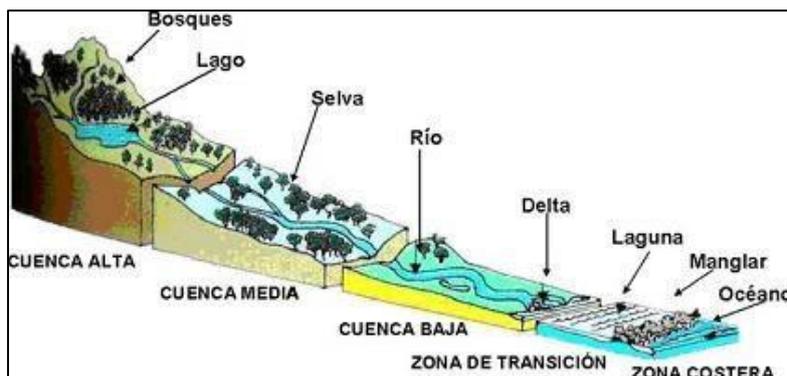


Figura N° 4: Esquema de una Cuenca Hidrográfica.

Fuente: Atlas 2010.

Partes de una cuenca hidrográfica

Se dividen en las siguientes partes:

- **Cuenca Alta:** llamadas cabeceras donde se almacena el agua de las precipitaciones para luego desplazarse pendiente a bajo, estas áreas montañosas generalmente son limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas.
- **Cuenca Media:** es la sección media de la cuenca, donde se concentra el agua de la cuenca alta y se mantiene un cauce definido del río principal. Es la zona donde se genera un equilibrio entre el material transportado y el material que sale.
- **Cuenca Baja:** llamada zona de transición o zona de depósito, donde se desemboca a los ríos mayores o estuarios y humedales. En esta zona el material transportado sedimenta en el cono de deyección.

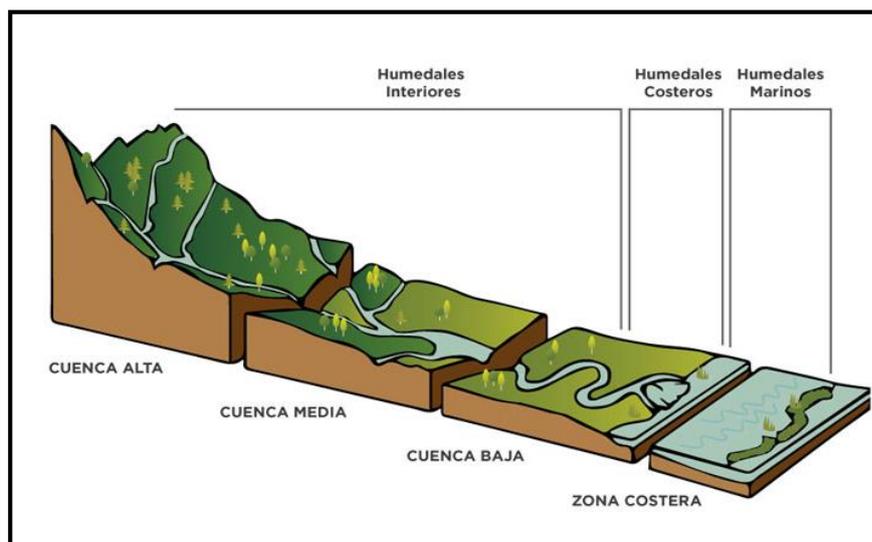


Figura N° 5: Partes de una Cuenca Hidrográfica.

Fuente: Google Sites.

Clases de cuencas

Se mencionarán los siguientes tipos de cuencas:

- **Endorreicas:** son aquellas llamadas cerradas ya que no desembocan sus aguas al mar o al océano, es decir se pierden en la parte continental o desembocan sus aguas en lagunas o tierras pantanosas.
- **Exorreicas:** son aquellas llamadas abiertas debido a que desembocan sus aguas al mar o al océano, ya sea independientemente o mediante un colector común.
- **Arreicas:** son aquellas que se evaporan o infiltran en el terreno antes de unirse al cauce de una red de drenaje, carecen de curso de agua y presenta un escurrimiento lento.

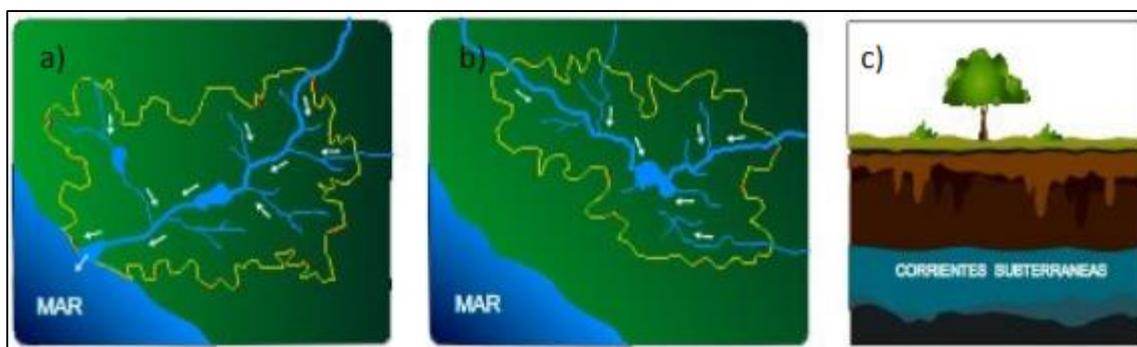


Figura N° 6: Tipos de Cuencas Hidrográficas: a) Exorreicas, b) Endorreicas y c) Arreicas.

Fuente: Google Sites.

Clasificación de las cuencas hidrográficas en el Perú

En el Perú existen tres cuencas hidrográficas importantes:

- **Cuenca del Pacífico:** está compuesta por 62 cuencas, y se distinguen por que tiene una morfología muy accidentada, ya que existe presencia de cañones muy pronunciados que ayudan con los torrentes y en las partes bajas existe una limitada amplitud debido a la existencia de desiertos.
- **Cuenca del Atlántico:** está compuesta por 84 cuencas, se distingue por la presencia de una gran precipitación pluvial en las zonas altas de los valles interandinos y por tener el mayor recorrido, en todo su curso las aguas son aprovechadas para generar energía hidroeléctrica.
- **Cuenca del Lago Titicaca:** constituida por 13 cuencas del Titicaca, que resaltan por estar impactadas por el lago Titicaca el cual tiene una altura de 3809 msnm, en el cual desembocan las aguas provenientes de las partes altas de la cordillera.

Precipitación

Definición

Forma parte del ciclo hidrológico y es definida como el agua que se aporta al terreno ya sea en estado líquido, sólido o vapor, esta aportación se da principalmente por la evaporación de los mares, lagos y océanos [15].

Tipos de precipitación

Existen las siguientes precipitaciones:

- **Precipitaciones Convectivas:** son producto de la condensación del vapor cuando alcanzan áreas muy frías, caen a la superficie en un tiempo corto y acompañadas con descargas eléctricas.

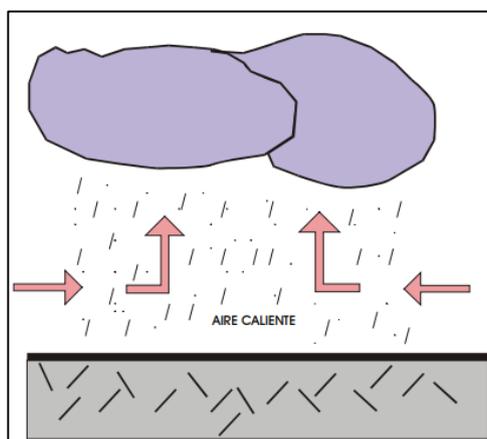


Figura N° 7: Precipitaciones Convectivas.

Fuente: La Precipitación (Capítulo 2).

- **Precipitaciones Orográficas:** aquellas que debido a accidentes geográficos ascienden la masa de aire hacia una cadena de montañas logrando que el aire se ponga más fría y por ende se produce la condensación del vapor y la constitución de nubes provocando de esta manera la formación de precipitaciones.

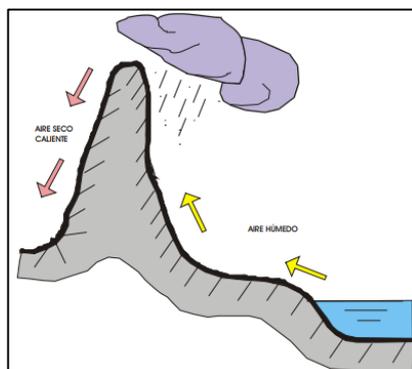


Figura N° 8: Precipitaciones Orográficas.

Fuente: La Precipitación (Capítulo 2).

- **Precipitaciones Ciclónicas:** aquella donde la elevación de la masa se genera en la parte frontal sobre una masa de aire frío, luego se condensan y se producen las precipitaciones.

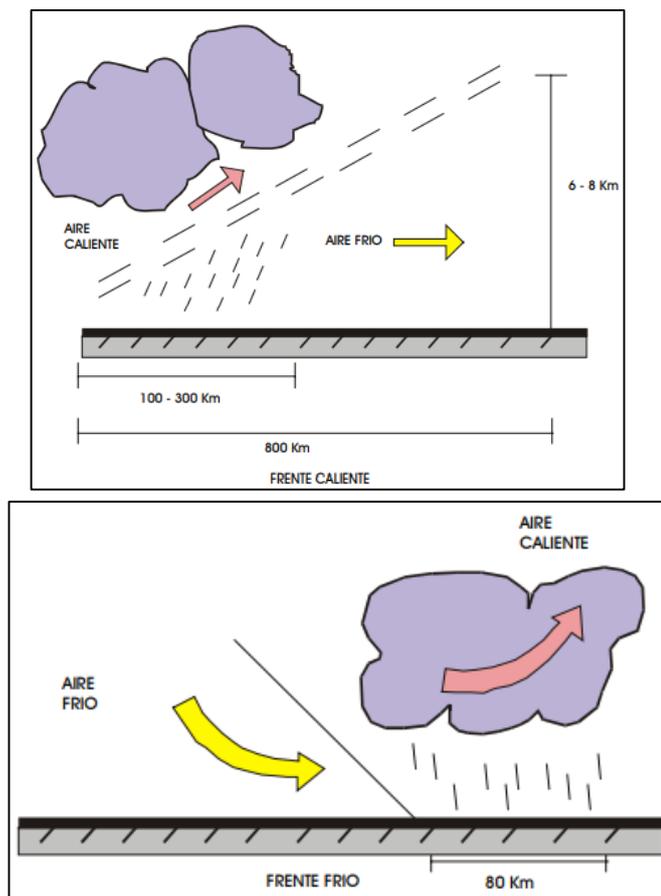


Figura N° 9: Precipitaciones Ciclónicas.

Fuente: La Precipitación (Capítulo 2).

Medición de precipitación

Para medir las precipitaciones existen distintos aparatos que miden la altura de agua o espesor que está en vertical a la lámina de agua que se acumula en una superficie horizontal, y se expresa en mm de agua por unidad de superficie o l/m² [15].

Existen los siguientes tipos de instrumentos:

- **Pluviómetros:** el instrumento se encarga de recoger el agua en una bureta que es de una sección menor que la boca del pluviómetro, para tener más precisión el agua que se recoge será de ± 0.1 mm y las lecturas se realizan una vez al día.

Los criterios de ubicación y geometría del pluviómetro son variables ya que dependerá de cada país, pero para España la boca del pluviómetro debe medir 200 cm² y debe ubicarse a una altura de 1.5 con respecto al suelo. Suele darse errores por una ubicación defectuosa, por eso la norma indica que si existen construcciones o árboles elevados los pluviómetros deben ubicarse al doble de la altura (2H) del obstáculo.

- **Pluviógrafos:** la precipitación suele medirse una vez al día, pero a veces es necesario tener un registro continuo de las precipitaciones. Este instrumento registra el desarrollo de la precipitación con respecto al tiempo, ya sea con tinta y papel como digitalmente, el agua que se recoge equivale a 0.2 mm de la precipitación y la pendiente del gráfico que se obtiene permite calcular la intensidad de la precipitación.

Periodo de Retorno

Es también llamado periodo de recurrencia ya que es el tiempo esperado o medio entre dos sucesos improbables que pueden provocar daños catastróficos. También es cualquier evento extremo de lluvias torrenciales, huracanes que se dan en un lapso o número de años que se cree que se igualará o se excederá, es decir es la frecuencia en la que se presenta un evento.

Inundación

Definición

Según CENAPRED [16] la inundación es un suceso generado por una precipitación (lluvia, nieve o granizo extremo), como también puede generarse a partir de una falla en una estructura hidráulica lo que puede causar el incremento del nivel superficial del agua de los ríos o el mar, provocando con ello la ocupación de áreas o zonas que siempre se encuentran secas.

Se puede dar una inundación debido a que el suelo pierde su capacidad de absorber el agua de las precipitaciones, provocando una acumulación masiva del agua superficial.

Tipos

Según CENAPRED [16], existen los siguientes tipos de inundaciones:

- **Inundaciones Pluviales:** Se generan a partir de las precipitaciones, se dan cuando el suelo es impermeable esta sobre saturado por lo que el agua empieza a acumularse por horas o días hasta que se evapore o empieza a infiltrar.
- **Inundaciones Fluviales:** Es causado por el desborde de los ríos, donde el agua se queda acumulado en las áreas cercanas al río.
- **Inundaciones Costeras:** Generado por vientos intensos de un ciclón, que se presentan en forma de marea de tormenta logrando que estas penetren la tierra en las zonas costeras cubriendo de esto modo importantes extensiones de terreno.
- **Inundaciones relacionadas con la falla de infraestructura hidráulica:** Estas pueden generarse a la capacidad insuficiente de las obras destinadas para el almacenamiento de las aguas, por mal diseño ante niveles ordinarios y extraordinarios, mala operación de las obras, falta de mantenimiento de las obras.

➤ **Por el tiempo de respuesta hidrológica de la cuenca**

- **Inundaciones Súbitas:** Se generan a partir de precipitaciones repentinas y de gran intensidad producidas en zonas específicas. Estas pueden producir violentos torrentes a partir de pequeñas corrientes en cuestión de minutos, causando de este modo grandes daños.
- **Inundaciones Lentas:** Es cuando al darse una precipitación estas aguas no se infiltran en un terreno plano y por ende se mantienen en la superficie del terreno o se escurre a los ríos y arroyos.

Causas de inundaciones

Según CENAPRED [16], existen las siguientes causas:

- **Actividades Humanas:** Debido a la urbanización de las ciudades, cuando se cubre el suelo con capas de asfalto o concreto provocando con eso la impermeabilización del suelo y por ende la acumulación de agua superficial. La contaminación con la basura en las calles que provocan la obstrucción de las alcantarillas trayendo consigo un mal desempeño en la conducción de grandes volúmenes de agua.

La invasión de las áreas cerca de la rivera de los ríos por la construcción de viviendas, provocando con ello el desbordamiento del río y daños tanto materiales como pérdida de vidas.

- **Exceso de Precipitación:** En el Perú entre los meses de diciembre a abril del siguiente año se producen precipitaciones de gran intensidad y duración, se podría decir que casi anormales por lo que puede provocarse inundaciones en distintos lugares del País.
- **Falla de Obras Hidráulicas:** Esto se genera por la falla o ruptura de una presa o alguna infraestructura hidráulica, que puede causar grandes daños en las zonas bajas.
- **Causas Geológicas:** Esto se da debido a las características litológicas que tiene una cuenca, a su forma o tipo, a las características de su cauce y la estabilidad o inestabilidad de sus laderas.

Peligro

Definición

Según Aguirre Segura [17], el peligro se considera como la probabilidad que existe de producirse un evento natural o inducido por el ser humano que pueda causar o generar impactos negativos o daños a una determinada zona o área específica, trayendo consigo la destrucción del medio ambiente, infraestructuras o asentamientos poblados.

Clasificación del Peligro

Se clasifican de la siguiente manera:

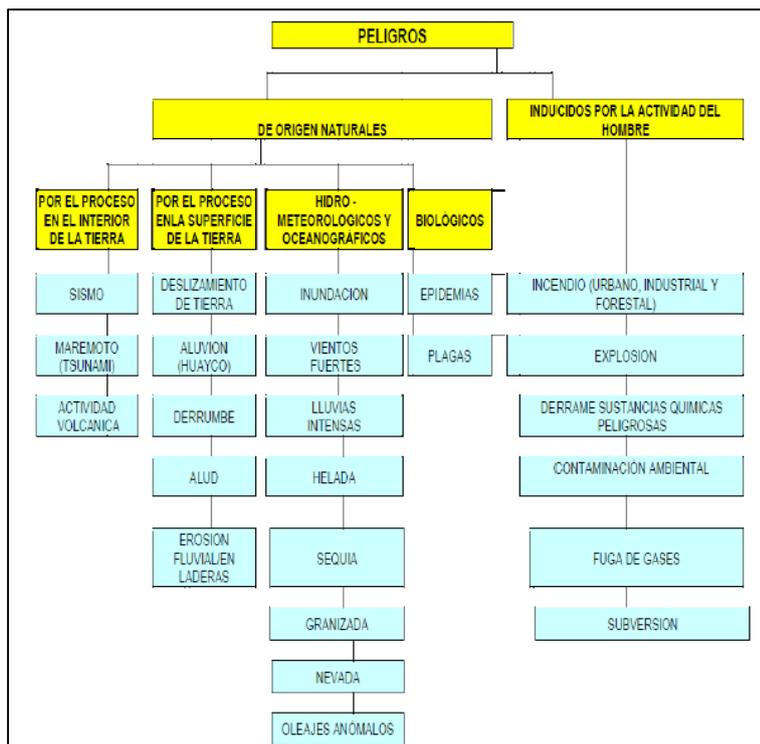


Figura N° 10: Clasificación de los peligros.

Fuente: INDECI.

Vulnerabilidad

Definición

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil [18], la vulnerabilidad es el grado de exposición o falta de un componente o conjunto de componentes ante el suceso de un peligro natural o antrópico de una magnitud determinada. También es conocida como la facilidad que presenta un elemento para padecer daños humanos y materiales, y es expresado como el termino probabilidad medido en porcentaje que va desde 0 a 100 %.

Tipos de Vulnerabilidad

Existe varios tipos de vulnerabilidad como los siguientes:

- **La vulnerabilidad ecológica y ambiental:** es cuando existe un grado de resistencia tanto del medio natural como de los seres vivos de un ecosistema en específico, ante la existencia de una variabilidad climática.
- **La vulnerabilidad física:** es aquella que se relaciona con el tipo o calidad de material usado, el tipo de construcciones y establecimientos económicos midiendo la exposición en la que se encuentra ante la ocurrencia de un desastre natural.
- **La vulnerabilidad económica:** es aquella vulnerabilidad relacionada con el acceso que tiene una población de un determinado lugar hacia los activos económicos, determinando el grado en que estas pueden dar frente a la ocurrencia de un desastre natural.

- **La vulnerabilidad social:** se relaciona con la organización y participación colectiva, con el objetivo de prevenir los impactos negativos de un desastre natural.

Riesgo

Según el diccionario de la Real Academia Española, es definida como la contingencia (posibilidad) o proximidad de generarse un daño. También es considerada como la probabilidad de que una amenaza o evento se convierta en un desastre trayendo consigo daños, está compuesta por la amenaza y la vulnerabilidad.

Estudio Topográfico

Según el Instituto Superior Tecnológico Público de Bellavista [19], es considerado como un conjunto de acciones u operaciones realizadas en la superficie de un terreno mediante el uso de herramientas e instrumentos adecuados para realizar la elaboración de una buena representación gráfica en un plano.

Dicho plano es de suma importancia para cualquier obra que se quiere llevar a cabo, como también es necesario para cualquier proyecto técnico, ya que gracias a su elaboración se pueden determinar y conocer los puntos del área que se quiere construir. Por eso cabe recalcar que un estudio topográfico realiza una serie de etapas como la identificación y señalización del terreno, levantamiento del terreno, elaboración de planos (planimétricos y altimétricos) y otros.

Existen dos tipos de levantamientos:

- **Levantamiento Topográfico:** consiste en el levantamiento de superficies reducidas, donde se puede omitir su curvatura ya que no se dará margen de error.
- **Levantamiento Geodésicos:** aquellos levantamientos de superficies extensas donde si se considera la curvatura del terreno.

Para el levantamiento topográfico existen dos etapas:

- **Etapas de Campo:** se realizan la toma de datos como de los ángulos, distancias, coordenadas, etc.
- **Etapas de Gabinete:** aquí se realizan los cálculos y la elaboración de los planos topográficos.

El levantamiento topográfico se clasifica en:

- **Levantamientos de terrenos en general:** se realizan para delimitar linderos o localizar terrenos, medirlos y dividir su área de superficie, elaborar los planos de ubicación de los terrenos.

- **Topografía de vías de comunicación:** se realizan con el objetivo de estudiar y construir carreteras, ferrocarriles, acueductos, etc.
- **Topografía de minas:** se realizan con el fin de fijar y controlar la ubicación de actividades subterráneas que tienen relación con las obras de la superficie.
- **Levantamiento Catastrales:** se realizan en las ciudades, zonas urbanas y las municipalidades de las distintas ciudades con el objetivo de delimitar el área y ubicación de cada una de ellas.

Topografía

Se la define como una ciencia aplicada que estudia un conjunto de procedimientos con el fin de determinar la ubicación de puntos relativos o absolutos en la superficie de la tierra, a través de medidas de los tres elementos del espacio. Los elementos pueden ser distancias, elevaciones y direcciones [20].

Reconocimiento de Campo

Es el proceso de identificar y llevar a cabo un reconocimiento preliminar del terreno antes de empezar o iniciar con el estudio topográfico del proyecto. Con este reconocimiento se identificarán el tipo de terreno, las áreas bajas o inundables y algunos datos necesarios.

Levantamiento Planimétrico y Altimétrico

- **Levantamiento Planimétrico:** Consiste solo en recopilar datos (coordenadas) en planta del lugar o terreno donde se lleva a cabo el levantamiento topográfico, a través de distintos métodos y procedimientos. Cabe mencionar que despreja el componente de la altura o la cota por no ser necesarios para el fin de este levantamiento [20].
- **Levantamiento Altimétrico:** Consiste en la recopilación de datos de altura o cota de la superficie del terreno en estudio, mediante el uso de un conjunto de operaciones que representaran el relieve del terreno, así como también la posición relativa o absoluta de las cotas de cada punto de referencia [20].

Puntos Topográficos

Son conocidos como puntos de control terrestre o puntos de apoyo, que se observan con facilidad en la tierra debido a su ubicación bajo un sistema de coordenadas. Son usados con el fin de georreferenciar con una mayor precisión el relieve de la tierra, como también nos permite conocer irregularidades topográficas de un terreno.

Perfil Longitudinal

Se considera que es la representación gráfica de la intersección del terreno con respecto al plano vertical. Aquí se representa la altimetría de la rasante del terreno o línea teórica que se quiere obtener con el trazado de la línea real del terreno [20].

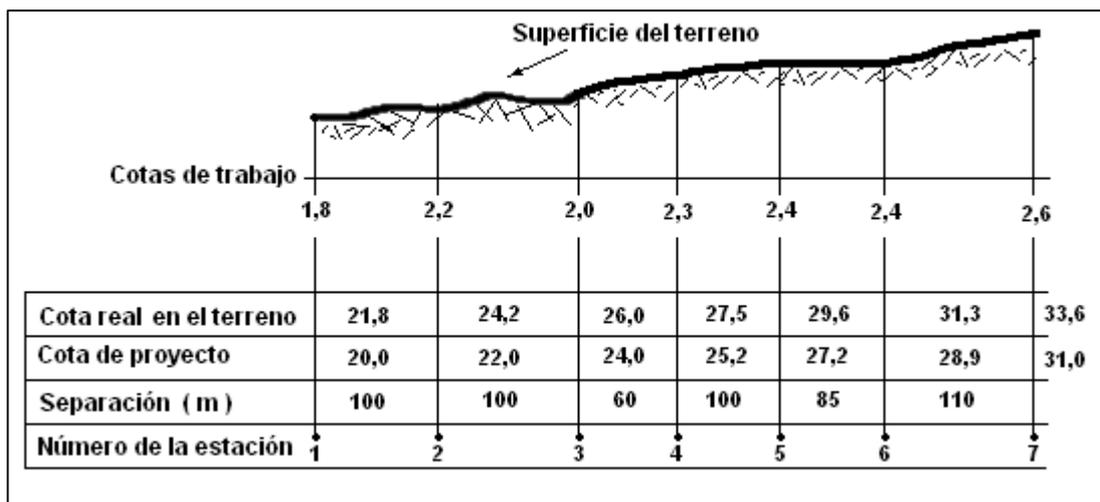


Figura N° 11: Perfil Longitudinal.

Fuente: Google.

Secciones Transversales

Se considera que es la representación gráfica de la intersección del terreno con el plano vertical normal al eje horizontal, es decir que es perpendicular al perfil longitudinal. Aquí se representan la rasante la rasante, los taludes, desmontes y terraplenes del terreno; cabe mencionar que estas secciones están equidistantes entre sí y son variables en número, su representación es en dos ejes y nos permiten estimar los volúmenes de movimientos de tierra.

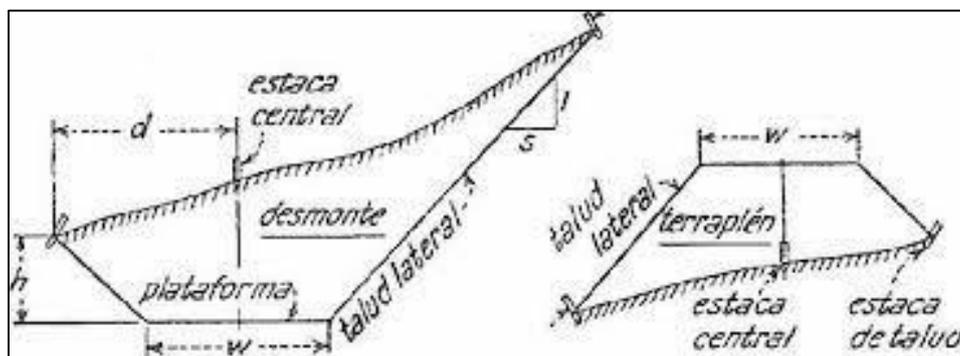


Figura N° 12: Secciones Transversales.

Fuente: Google.

Definición de Términos Básicos

- **Caudal:** es la cantidad de agua que lleva o fluye en una corriente de un río.
- **Cuenca:** es el área de la superficie donde se reúnen todas las aguas de las precipitaciones formando un solo curso.
- **Máximas Avenidas:** es definida como un caudal muy elevado de escorrentía superficial que supera la capacidad de transporte del canal o cauce del río provocando de esta manera inundaciones en las zonas aledañas.

- **Desbordamiento:** es el volumen de agua excesivo que sale por los márgenes del río, cuando se ha sobrepasado su capacidad de conducción.
- **Hietograma:** Es la distribución gráfica temporal que nos permite conocer de la intensidad de una precipitación a través del tiempo en un determinado lugar.
- **Histograma:** Un histograma es un gráfico que representa las distribuciones de frecuencias a través de rectángulos dentro de ciertas coordenadas.
- **Hidrograma:** El hidrograma es un gráfico que nos permite conocer la variación y el comportamiento del caudal en el tiempo, es importante para comparar los tiempos de descarga y caudales de varias cuencas hidrográficas.
- **Relieve:** es toda la superficie plana que sobresale, se la denomina depresiones, elevaciones a nivel superficial o lechos marinos.
- **Margen derecho:** es cuando se refieren a la ribera derecha del río, mirando en dirección río abajo.
- **Margen izquierdo:** es cuando se refieren a la ribera izquierda del río, mirando en dirección río abajo.
- **Afluentes:** es la desembocadura de un río en otro río principal, por ello el afluente es considerado parte complementaria del río.
- **Efluentes:** es lo contrario del afluente, es decir, se consideran como ramificaciones de origen natural o artificial que se despende fuera del cauce principal.
- **Software:** para la RAE es considerado como el conjunto de programas, herramientas, instrucciones y reglas informáticas necesarias para llevar a cabo distintas tareas en un computador.

Modelación Hidráulica

Software HEC-RAS

El software HEC-RAS, es un programa que lo domina de uso público y que fue creado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. Esta institución (US Army Corps of Engineers), nace como evolución del conocido y ampliamente utilizado HEC-2, con varias mejoras con respecto a éste, de estas mejoras se destaca la interfase gráfica de usuario que facilita las labores de preproceso y postproceso, así como la posibilidad de intercambio de datos con el sistema de información geográfica ArcGIS

mediante HEC-GeoRAS. El modelo numérico que se ha incluido en este programa permite realizar análisis del flujo permanente gradualmente variado en lámina libre [21].

➤ **Características técnicas:**

- Cálculo hidráulico de estructuras (puentes, aliviaderos, etc.).
- Visualización gráfica de datos y resultados.
- Edición gráfica de sección.
- Ejecutable en entorno Microsoft Windows.

➤ **Aplicaciones:**

Sus aplicaciones son diversas pero las principales aplicaciones de la herramienta HEC-RAS es en la modelización hidráulica en cauces, la determinación de la influencia en el régimen de corrientes, es decir, que nos permite conocer el comportamiento hidráulico en un cauce, ya que lo que se quiere es conocer que es lo que sucederá si se llega a construir una determinada infraestructura (puente, balsa, canalización) o tras la restauración forestal del lecho del cauce.

Otras aplicaciones podrían ir encaminadas a la planificación territorial, ya que este software nos permite determinar las posibles áreas que presentarán mayor riesgo de inundación en una zona determinada, jugando esto a favor en la toma de decisiones cuando se lleva a cabo una ordenación del territorio. Inclusive nos brinda la facilidad de poder evaluar el impacto del cambio del uso del suelo en una cuenca, ya que esto influye en la capacidad de infiltración del suelo (extensible a la cuenca) y la generación de más caudal (protagonista de la inundación) [21].

Con el programa HEC- RAS, a partir de la geometría del cauce a estudiar y el caudal obtenido en HEC HMS para nuestra cuenca de estudio, podemos obtener la extensión de la lámina de agua y la altura de esta en el cauce. Además, con la extensión de HEC-RAS para ARCGIS (GeoRAS), podemos obtener mapas de detalle de la extensión de la inundación y de la distribución de las velocidades de flujo.

Software ARCGIS

El software ArcGIS es un Sistema de Información Geográfica creada por la empresa de California Environmental Systems Research Institute, este sistema nos facilita y nos permite recopilar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible

para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio [22].

Materiales y métodos

Tipo y Nivel de Investigación

La tesis que se desarrollará es de tipo descriptiva ya que en ella se va a describir las condiciones actuales del río, las áreas de inundación del distrito de Pucará y se determinara el riesgo que causa el desborde del río Huancabamba para máximos caudales en periodos de retornos de 10, 20, 30, 50 y 100 años.

Es de tipo cuantitativa ya que se debe determinar y calcular los caudales de los distintos periodos de retorno establecidos, como también se conocerán los tirantes máximos alcanzados del agua y las secciones del río en todo el tramo.

Considerada de tipo correlacional ya que existe una relación entre la variable independiente que es el estudio hidrológico y la variable dependiente que vendría a ser las zonas o áreas inundadas del río Huancabamba.

Variables

Variable Independiente

- Diseño defensas ribereñas

Variable Dependiente

- Diseño de defensas ribereñas
- Inundación.

Operacionalidad de las variables

VARIABLES		DIMENSIÓN	INDICADORES	MEDICIÓN	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLES DEPENDIENTES				
Defensas ribereñas	Diseño de defensas ribereñas	Estudio Hidrológico	Precipitación	mm	SENAMHI
			Tiempo de retorno	años	SENAMHI
			Caudal máximo	m ³ /s	SENAMHI
		Información geográfica	Software ARCGIS	-	Topografía y DEM'S
			Granulometría	Mallas	Mallas
		Ensayos de laboratorio	Limite de consistencia	%	Copa de casa grande, horno y balanza.
			Ensayo de corte directo	Kg/cm ²	Equipo de ensayo
		Diseño Hidráulico	Cálculo de caudales	m ³ /s	HEC-HMS
			Simulación Hidráulica	gbl	HEC-RAS
	Diseño Estructural	Selección de diámetro de piedra	gbl	Ensayos de laboratorio	
		Ubicación de la defensa ribereña	gbl	Manual de defensas ribereñas	
		Calcular la altura de la derensa	gbl	Manual de defensas ribereñas	
	Inundación	Peligro	Caudal	m ³ /s	Manual de INDECI
			Tirantes	m	Manual de INDECI
Vulnerabilidad		Tipos de Vulnerabilidad	Niveles	Manual de INDECI	

Tabla 1: Variables independiente y dependientes.

Fuente: Elaboración propia.

Población, Muestra de Estudio

Población

Este proyecto se llevará a cabo en el distrito de Pucará, cuenta con población y muestra de estudio, que vendría a ser el área o tramo de estudio, que está comprendido en las siguientes coordenadas UTM:

- Inicio del tramo:
 - ✓ Este: 699330
 - ✓ Norte: 9338360
- Final del tramo:
 - ✓ Este: 698810
 - ✓ Norte: 9339060

Muestra

Se considera como muestra al tramo o fragmento de 5 km que representara a la población en estudio, ya que se caracteriza por ser fiel y objetiva, es por ello por lo que se está considerando al tramo como la muestra en estudio.

Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Métodos

La selección del tipo de defensa ribereña en el presente proyecto se evaluaron dos alternativas de defensa ribereña. Con la finalidad de escoger la mejor alternativa, se tomaron las siguientes consideraciones:

- Diagnóstico de la situación actual de la infraestructura, población y las áreas de cultivo a proteger.
- Verificar si se desarrollaron proyectos similares, cerca de la zona de estudio.
- Se debe identificar el tipo de recorrido del río (rectilíneo, meándrico, anastomosado, etc.) según la morfología del terreno que comprende el tramo de estudio de la defensa ribereña.
- Se debe tener un reporte de los materiales disponibles dentro de la zona del proyecto (arena, piedra, etc.).
- El tipo de suelo del terreno de la zona del proyecto.

Técnicas

Estudio topográfico

Es el procedimiento que se llevará a cabo con la finalidad de realizar el levantamiento de una gran cantidad de puntos cada una con sus coordenadas UTM, usando la Estación Total y de esta manera se estará reconociendo la morfología y superficie del terreno en estudio. Posteriormente se pasarán

los datos obtenidos del levantamiento y se elaborarán las curvas de nivel, el perfil longitudinal y las secciones transversales.

Estudio de Mecánica de Suelos

Se llevará a cabo el estudio de suelos para que podamos tener conocimiento de las características físicas y mecánicas del suelo de la zona en estudio.

Por ende, se tiene previsto realizar los siguientes ensayos:

- ✓ Análisis granulométrico (Norma: MTC E-107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88).
- ✓ Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos (Norma: MTC E-110 / E-111 / ASTM D 4318 / AASHTO T 89/ T 90).
- ✓ Contenido de humedad de un suelo (Norma: MTC E-108 / ASTM D 2216).
- ✓ Corte directo (Norma: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D – 3080).
- ✓ Abrasión los ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados (Norma: MTC E 207; ASTM C 131).
- ✓ Peso específico y absorción del agregado grueso (Norma: MTC E 113 / NTP 400.021 / ASTM C-127 / 12).
- ✓ Contenido de sales (Norma: NTP 339.152), cloruros (Norma: NTP 339.178 :2003) y sulfatos (Norma: NTP 339.177 :2002).

Estudio Hidrológico

Se realizará haciendo uso del software ArcGIS y HEC-HMS, para ello se necesitaron los datos de las precipitaciones de la cuenca Chamaya, pero se hizo uso de los datos PISCO que nos ofrece SENAMHI.

Estudio Hidráulico

Se llevó a cabo con el software HEC-RAS, para realizarla se necesitan datos como información geográfica de la zona en estudio, donde se realizó la topografía y se usó DEM's, posteriormente se establece la geometría del río en estudio y se establece el coeficiente de rugosidad de Manning.

Análisis de riesgo por inundación

El análisis de peligro, vulnerabilidad y riesgo se llevó a cabo haciendo uso de las tablas que nos ofrece INDECI en su manual, con ello podemos establecer os mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo por inundación.

➤ **Estimación del nivel de peligrosidad**

Según INDECI [23] el peligro se determina a partir de la intensidad (profundidad y velocidad del agua) y la probabilidad de ocurrencia de un evento natural. Para determinar la intensidad de inundación se utiliza la siguiente tabla 3.

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad. del flujo (m ² /s) (inundaciones dinámicas)
Muy alta	$H > 1.5 \text{ m}$	$H \cdot V > 1.5 \text{ m}$
Alta	$0.5 \text{ m} < H < 1.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < H \cdot V < 1.5 \text{ m}$
Media	$0.25 \text{ m} < H < 0.5 \text{ m}$	$0.25 \text{ m} < H \cdot V < 0.5 \text{ m}$
Baja	$< 0.25 \text{ m}$	$H \cdot V < 0.25 \text{ m}$

Tabla 2: Tabla para el cálculo de intensidad de inundación.

Fuente: Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales (INDECI).

Existe una tabla de los rangos de intensidad de inundación (Tabla 2).

Nivel de Intensidad	Rangos
Muy Alta	$0,75 < NI \leq 1$
Alta	$0,50 < NI \leq 0,75$
Media	$0,25 < NI \leq 0,50$
Baja	$0 < NI \leq 0,25$

NI = Nivel de Intensidad

Tabla 3: Tabla de rangos de intensidad de inundación.

Fuente: Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales (INDECI).

Para determinar la probabilidad de ocurrencia de una inundación se utiliza la tabla 5.

Niveles de intensidad	Período de retorno en años (Tr)
Muy alta	$1 < T < 5 \text{ años}$
Alta	$5 < T < 15 \text{ años}$
Media	$15 < T < 50 \text{ años}$
Baja	$50 < T < 200 \text{ años ó más}$

Tabla 4: Tabla para el cálculo de probabilidad de inundación.

Fuente: Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales (INDECI).

Se tiene una tabla de rangos de probabilidad de inundación (Tabla 6).

Frecuencia		Rangos
Muy Alta		$0,75 < F \leq 1$
Alta		$0,50 < F \leq 0,75$
Media		$0,25 < F \leq 0,50$
Baja		$0 < F \leq 0,25$

Tabla 5: Tabla de rangos de probabilidad de inundación.

Fuente: Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales (INDECI).

Ya calculado la intensidad y probabilidad de inundación, estos valores se ingresan a una tabla de doble entrada, lo cual nos permitirá establecer el nivel de peligro de inundación (Tabla 7).

Intensidad	Muy Alta	Peligro Medio 0,25	Peligro Alto 0,5	Peligro Muy Alto 0,75	Peligro Muy Alto 1
	Alta	Peligro Bajo 0,19	Peligro Medio 0,38	Peligro Alto 0,56	Peligro Muy Alto 0,75
	Media	Peligro Bajo 0,13	Peligro Medio 0,25	Peligro Medio 0,38	Peligro Alto 0,5
	Baja	Peligro Bajo 0,06	Peligro Bajo 0,13	Peligro Bajo 0,19	Peligro Medio 0,25
		Baja	Medio	Alta	Muy Alto
		Frecuencia (años)			

Tabla 6: Tabla para determinar el nivel de peligrosidad de una inundación.

Fuente: Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales (INDECI).

INDECI también nos ofrece una tabla donde se puede observar los rangos del nivel de peligrosidad.

Nivel de Peligrosidad		Rangos
Peligro Muy Alto		$0,75 < NP \leq 1$
Peligro Alto		$0,50 < NP \leq 0,75$
Peligro Medio		$0,25 < NP \leq 0,50$
Peligro Bajo		$0 < NP \leq 0,25$

Tabla 7: Tabla de rangos del nivel de peligrosidad de una inundación.

Fuente: Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales (INDECI).

➤ Estimación del nivel de Vulnerabilidad

Para establecer el nivel de vulnerabilidad que causa un peligro por inundación, según INDECI en su manual nos presenta varios tipos de vulnerabilidad, los cuales se mencionaran a continuación:

- Vulnerabilidad física

Se utilizó las tablas que nos ofrece el Manual Básico de estimación de Riesgos [24], y las fórmulas que nos ofrece INDECI que es básicamente el promedio de las vulnerabilidades físicas analizadas.

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Material de construcción utilizada en viviendas	Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva(de concreto o acero)	Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales	Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario
Localización de viviendas (*)	Muy alejada > 5 Km	Medianamente cerca 1 – 5 Km	Cercana 0.2 – 1 Km	Muy cercana 0.2 – 0 Km
Características geológicas, calidad y tipo de suelo	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freática alta con turba, material inorgánico, etc.)
Leyes existentes	Con leyes estrictamente cumplidas	Con leyes medianamente cumplidas	Con leyes sin cumplimiento	Sin ley

Tabla 8: Cuadro de vulnerabilidad física.

Fuente: Manual Básico para la estimación de riesgo (INDECI).

Posterior al análisis de las vulnerabilidades se calcula la vulnerabilidad física con la siguiente formula:

$$VF = \frac{Lv + Cv + Cg + Cn}{4}$$

Donde:

VF = Vulnerabilidad Física.

Lv = Localización de Viviendas.

Cv = Construcción Utilizada en Viviendas.

Cg = Características geológicas, calidad y tipo de suelo.

Cn = Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.

- Vulnerabilidad ambiental y ecológica

Lo mismo para esta vulnerabilidad se usó la tabla 10.

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Condiciones Atmosféricas	Niveles de temperatura al promedio normales	Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal	Niveles de temperatura superiores al promedio normal	Niveles de temperatura superiores estables al promedio normal
Composición y calidad del aire y el agua	Sin ningún grado de contaminación	Con un nivel moderado de contaminación	Alto grado de contaminación	Nivel de contaminación no apto
Condiciones Ecológicas	Conservación de los recursos naturales, crecimiento poblacional planificado, no se practica la deforestación y contaminación	Nivel moderado de explotación de los recursos naturales; ligero crecimiento de la población y del nivel de contaminación	Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación.	Explotación indiscriminada de recursos naturales; incremento de la población fuera de la planificación, deforestación y contaminación

Tabla 9: Cuadro de vulnerabilidad ambiental y ecológica.

Fuente: Manual Básico para la estimación de riesgo (INDECI).

Posterior al análisis de las vulnerabilidades se calcula la vulnerabilidad ambiental y ecológica con la siguiente formula:

$$VAE = \frac{Er + Fe}{2}$$

Donde:

VAE = Vulnerabilidad Ambiental - Ecológica

Er = Explotación de recursos naturales

Fe = Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos

- Vulnerabilidad económica

Para esta vulnerabilidad se utilizó la siguiente tabla que nos brinda INDECI.

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Actividad Económica	Alta productividad y Recursos bien distribuidos. Productos para el comercio exterior o fuera de la localidad	Medianamente productiva y distribución regular de los recursos. Productos para el comercio interior, a nivel local.	Escasamente productiva y distribución deficiente de los recursos. Productos para el autoconsumo.	Sin productividad y nula distribución de recursos.
Acceso al mercado laboral	Oferta laboral > Demanda	Oferta laboral = Demanda	Oferta laboral < Demanda	No hay Oferta Laboral.
Nivel de ingresos	Alto nivel de ingresos	Suficientes nivel de ingresos	Nivel de ingresos que cubre necesidades básicas	Ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas.
Situación de pobreza o Desarrollo Humano	Población sin pobreza	Población con menor porcentaje pobreza	Población con pobreza mediana	Población con pobreza total o extrema

Tabla 10: Cuadro de vulnerabilidad económica.

Fuente: Manual Básico para la estimación de riesgo (INDECI).

Posterior al análisis de las vulnerabilidades se calcula la vulnerabilidad económica con la siguiente formula:

$$VE = \frac{De + Ge}{2}$$

Donde:

VE = Vulnerabilidad Económica

De = Actividad Económica

Ge = Grado de escasez (servicios, ingresos y competitividad).

- Vulnerabilidad social

Se analizarán aspectos de organización de las autoridades con respecto a las prevenciones ante eventos naturales que produzcan daños.

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Nivel de Organización	Población totalmente organizada.	Población organizada	Población escasamente organizada	Población no organizada.
Participación de la población en los trabajos comunales	Participación total	Participación de la mayoría.	Mínima Participación	Nula participación
Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales.	Fuerte relación	medianamente relacionados	Débil relación	No existe
Tipo de integración entre las organizaciones e Institucionales locales.	Integración total.	Integración parcial	Baja integración	No existe integración

Tabla 11: Cuadro de vulnerabilidad social.

Fuente: Manual Básico para la estimación de riesgo (INDECI).

Luego se utilizó la siguiente fórmula que nos ofrece INDECI en su manual:

$$VS = \frac{Os + Gr}{2}$$

Donde:

VS= Vulnerabilidad Social

Os= Organización social

Gr = Grado y tipo de Relación e Integración entre las Instituciones y Organizaciones Locales

- Vulnerabilidad educativa

Se utilizó la siguiente tabla:

VARIABLES	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Programas educativos formales (Prevención y Atención de Desastres - PAD).	Desarrollo permanente de temas relacionados con prevención de desastres	Desarrollo con regular permanencia sobre temas de prevención de desastres	Insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres	No están incluidos los temas de PAD en el desarrollo de programas educativos.
Programas de Capacitación (educación no formal) de la población en PAD.	La totalidad de la población esta capacitada y preparada ante un desastre	La mayoría de la población se encuentra capacitada y preparada.	la población esta escasamente capacitada y preparada.	no esta capacitada ni preparada la totalidad de la población
Campañas de difusión (TV, radio y prensa) sobre PAD.	Difusión masiva y frecuente	Difusión masiva y poco frecuente	Escasa difusión	No hay difusión
Alcance de los programas educativos sobre grupos estratégicos	Cobertura total	Cobertura mayoritaria	Cobertura insuficiente menos de la mitad de la población objetivo	Cobertura desfocalizada

Tabla 12: Cuadro de vulnerabilidad educativa.

Fuente: Manual Básico para la estimación de riesgo (INDECI).

Se utilizó la siguiente fórmula para su cálculo:

$$VEd = \frac{Ec + Ecp + Cd}{3}$$

Donde:

VEd = Vulnerabilidad Educativa

Ec = Existencia de Capacitación en colegios en temas concernientes a Defensa Civil

Ecp = Existencia de Capacitación de la población civil

Cd = Campañas de Difusión

- Vulnerabilidad cultural e ideológica

Para realizar su análisis se hizo uso de la siguiente tabla:

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	Conocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	Desconocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres
Percepción de la población sobre los desastres	La totalidad de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia de desastres	La mayoría de la población tiene una percepción real de la ocurrencia de los desastres.	La minoría de la población tiene una percepción realista y más místico y religioso.	Percepción totalmente irreal – místico – religioso
Actitud frente a la ocurrencia de desastres	Actitud altamente previsoras	Actitud parcialmente previsoras	Actitud escasamente previsoras	Actitud fatalista, conformista y con desidia.

Tabla 13: Cuadro de vulnerabilidad cultural e ideológica.

Fuente: Manual Básico para la estimación de riesgo (INDECI).

Para llevar a cabo el cálculo se usó la siguiente fórmula:

$$VCI = \frac{Cc + PI + Ar}{3}$$

Donde:

VCI = Vulnerabilidad Cultural e Ideológica

Cc = Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros

PI = Percepción local del riesgo

Ar = Actitud frente al riesgo

- Vulnerabilidad política e institucional

Se usó la tabla que nos ofrece el manual básico de INDECI.

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Autonomía local	Total autonomía	Autonomía parcial	Escasa autonomía	No existe autonomía
Liderazgo político	Aceptación y respaldo total	Aceptación y respaldo parcial.	Aceptación y respaldo Minoritario.	No hay aceptación ni respaldo
Participación ciudadana	Participación total	Participación mayoritaria	Participación minoritaria	No hay participación
Coordinación de acciones entre autoridades locales y funcionamiento del CDC	Permanente coordinación y activación del CDC	Coordinaciones esporádicas	Escasa coordinación	No hay coordinación inexistencia CDC

Tabla 14: Cuadro de vulnerabilidad política e institucional.

Fuente: Manual Básico para la estimación de riesgo (INDECI).

Se calculó con la siguiente fórmula:

$$VPI = \frac{PL + Oc}{2}$$

Donde:

VPI = Vulnerabilidad Política e Institucional

PL = Político y legal

Oc = Organización y capacidad institucional

- Vulnerabilidad científica y tecnológica

Se usó la tabla que nos ofrece el manual básico de INDECI.

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Existencia de trabajos de investigación sobre Desastres naturales en la localidad	La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados	La mayoría de los peligros naturales fueron estudiados	Existen pocos estudios de los peligros naturales	No existen estudios de ningún tipo de los peligros.
Existencia de Instrumentos para medición (sensores) de fenómenos completos.	Población totalmente instrumentada	Población parcialmente instrumentada	Población con escasos instrumentos	Población sin instrumentos
Conocimiento sobre la existencia de estudios	Conocimiento total de los estudios existentes	Conocimiento parcial de los estudios	Mínimo conocimiento de los estudios existentes	No tienen conocimiento de los estudios
La Población cumple las conclusiones y recomendaciones	La totalidad de la población cumplen las conclusiones y recomendaciones	La mayoría de la población cumple las conclusiones y recomendaciones	Se cumple en mínima proporción las conclusiones y recomendaciones	No cumplen las conclusiones y recomendaciones

Tabla 15: Cuadro de vulnerabilidad científica y tecnológica.

Fuente: Manual Básico para la estimación de riesgo (INDECI).

Se calculó con la siguiente fórmula:

$$VCT = \frac{Is + Cc}{2}$$

Donde:

VCT = Vulnerabilidad Científica - Tecnológica

Is = Información y soporte técnico

Cc = Conocimiento y cumplimiento de recomendaciones

➤ Estimación del nivel de Riesgo

Con respecto al riesgo de inundación INDECI nos ofrece una ecuación probabilística, donde nos dice que riesgo es igual a peligro por vulnerabilidad. Pero para calcular el nivel de riesgo se usó la matriz de doble entrada (Tabla 9) donde relaciona el nivel de peligro y vulnerabilidad, para finalmente con ese valor determinar en qué rango se encuentra el nivel de peligro que genera la inundación del río Huancabamba (Tabla 7).

Peligro Muy Alto 1	Riesgo Medio 0,25	Riesgo Alto 0,5	Riesgo Muy Alto 0,75	Riesgo Muy Alto 1
Peligro Alto 0,75	Riesgo Bajo 0,19	Riesgo Medio 0,38	Riesgo Alto 0,56	Riesgo Muy Alto 0,75
Peligro Medio 0,5	Riesgo Bajo 0,13	Riesgo Medio 0,25	Riesgo Medio 0,38	Riesgo Alto 0,5
Peligro Bajo 0,25	Riesgo Bajo 0,06	Riesgo Bajo 0,13	Riesgo Bajo 0,19	Riesgo Medio 0,25
	Vulnerabilidad Baja 0,25	Vulnerabilidad Media 0,5	Vulnerabilidad Alta 0,75	Vulnerabilidad Muy Alta 1

Tabla 16: Matriz de doble entrada para determinar el nivel de riesgo.

Fuente: Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales

Nivel de Riesgo	Rangos
Riesgo Muy Alto	0,75 < R ≤ 1
Riesgo Alto	0,50 < R ≤ 0,75
Riesgo Medio	0,25 < R ≤ 0,50
Riesgo Bajo	0 < R ≤ 0,25

Tabla 17: Rangos del nivel de riesgo.

Fuente: Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales.

Instrumentos

Levantamiento Topográfico

- Estación total
- Brújula
- Primas
- GPS
- Wincha
- Comba, estacas, pintura, etc.
- Estación Total

Estudio Mecánica de Suelos

- Tamices
- Copa de Casagrande
- Horno electrónico
- Balanza electrónica

- Máquina para realizar corte directo

Programas de Computo

- ArcGIS
- HEC-HMS
- HEC-Ras
- Google Earth Pro
- AutoCAD Civil 3D
- Programas de Microsoft Office (Excel, Word y Power Point)

Equipos

- Computadora Core i7
- Cámara fotográfica
- Impresora a color

Plan de procesamiento para análisis de datos

➤ Fase I: Recolección de datos

- Recopilación de información cartográfica y satelital.
- Se realizó la visita a la zona de estudio.
- Visitar las zonas urbanizada y no urbanizadas del distrito de Pucará.
- Se realizó la recopilación de información bibliográfica y antecedentes del proyecto.
- Se realizó la recopilación de información de estudios hidrológicos y meteorológicos del SENAMHI.
- Interpretación de los datos de precipitación.

➤ Fase II: Desarrollo de estudios previos

- Se llevó a cabo el levantamiento topográfico.
- Se realizará el estudio de suelos a partir de muestras obtenidas de la zona en estudio.
- Se revisará la normativa nacional y manuales vigentes de diseño de defensa ribereña.
- Se elaborarán planos topográficos de la zona en estudio. Se graficará el perfil longitudinal y las secciones transversales.
- Se delimitará la cuenca del río Huancabamba con el uso del software ARCGIS.

➤ Fase III: Modelación en software

- Se elaborará las curvas IDF y los hietogramas para los distintos periodos de retorno de 10, 20, 30, 50 y 100 años.
- Se ingresarán los datos recopilados al software HEC-RAS para llevar a cabo la simulación hidráulica.

- Se realizará el modelamiento hidrológico de la cuenca del río Huancabamba y se calcularán los caudales de diseño.
- Se llevará a cabo el modelamiento hidráulico de la cuenca del río Huancabamba.
- Se llevará a cabo la determinación de las áreas de inundación del río Huancabamba para los distintos periodos de retorno de 10, 20, 30, 50 y 100 años.
- Determinar las alturas máximas de inundación en las áreas inundables.

➤ **Fase IV: Análisis del Modelamiento**

- Se elaborarán los mapas de las áreas de inundación generados a partir del software para los distintos periodos de retorno de 10, 20, 30, 50 y 100 años.
- Se va a establecer el peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación.
- Se elaborarán los mapas de vulnerabilidad y riesgo de inundación.
- Realizar el prediseño de la estructura propuesta.
- Informe de discusión de resultados.
- Diseño de dos propuestas de estructuras defensas ribereñas que puedan prevenir o mitigar los daños que causarían al llegar a darse estos eventos.
- Estudio de la calidad de los materiales que se usaran, ya sean canteras cercanas para su explotación y uso posterior.
- Conclusiones y recomendaciones.

➤ **Fase V: Presentación y sustentación de la tesis.**

Matriz de Consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>Análisis de vulnerabilidad y diseño de defensa ribereña del río Huancabamba a su paso por el distrito de Pucará, Provincia de Jaén y Departamento de Cajamarca 2021</p>	<p>¿Cuáles son las áreas más críticas para cuatro periodos de retorno 10, 20, 30, 50 y 100 años del río Huancabamba, usando softwares como el ArcGIS, HEC-HMS y HEC-RAS?</p>	<p><i>Objetivo General:</i> Diseñar las defensas ribereñas para aplicarlo en el cauce del río Huancabamba en las áreas más críticas para cuatro periodos de retorno 10, 20, 30 y 50 años.</p> <p><i>Objetivos Específicos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar y establecer la cuenca del río Huancabamba del tramo en estudio haciendo uso del programa HEC-RAS v.5. - Establecer los máximos caudales del río Huancabamba para periodos de retorno de 10, 20, 30 y 50 años mediante una simulación hidráulica. - Calcular los perfiles hidráulicos del río Huancabamba del tramo en estudio haciendo uso del software HEC-RAS v.5 y establecer los posibles impactos ante inundaciones. - Determinar mapas de áreas de riesgos por inundaciones en el distrito de Pucará para diferentes perfiles de flujo con periodos de retorno de 10, 20, 30 y 50 años, mediante el uso del software ArcGIS y HEC-RAS v.5. - Establecer mapas de vulnerabilidad y riesgo en el distrito de Pucará. - Conocer y dar la ubicación de las infraestructuras de mitigación para las inundaciones. - Proponer dos alternativas de solución del diseño de defensas ribereñas en las áreas más vulnerables del cauce del río Huancabamba. - Analizar y evaluar la calidad de materiales que se usaran, ya sean canteras cercanas para su explotación y uso posterior. 	<p>La simulación hidráulica del río Huancabamba con los softwares ArcGIS y HEC-RAS v.5 nos permitirá establecer las áreas inundables y los perfiles hidráulicos, logrando de este modo buscar medidas preventivas para disminuir el impacto negativo y pérdidas económicas en las áreas inundables en el distrito de Pucará para periodos de retornos de 10, 20, 30 y 50 años.</p>	<p><i>V. Independientes:</i> -Defensas ribereñas</p> <p><i>V. Dependiente:</i> - Diseño de defensas ribereñas.</p> <p>- Inundación</p> <p><i>Indicadores:</i> - Intensidad de inundación - Áreas afectadas - Tirante de agua - Zonas inundadas - Estudio hidrológico - Información geográfica - Ubicación de la defensa ribereña - Altura de la defensa ribereña</p>	<p>- La tesis es de tipo descriptiva ya que en ella se va a describir las condiciones actuales del río y riesgo por inundación.</p> <p>- Es de tipo cuantitativa ya que se debe determinar y calcular los caudales y tirantes de los distintos periodos de retorno establecidos.</p> <p>- Considerada de tipo correlacional ya que existe una relación entre la variable independiente que es el estudio hidrológico y la variable dependiente que vendría a ser las zonas o áreas inundadas del río Huancabamba.</p>	<p>Este proyecto se llevará a cabo en el distrito de Pucará, cuenta con población y muestra de estudio, que vendría a ser el área o tramo de estudio.</p> <p><i>Muestra</i> Se considera como muestra al tramo o fragmento de 5 km que representara a la población en estudio, ya que se caracteriza por ser fiel y objetiva, es por ello por lo que se está considerando al tramo como la muestra en estudio.</p>

Tabla 18: Matriz de Consistencia.

Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Descripción del Área de Estudio

Ubicación Política de la Zona de Estudio

El proyecto que se llevara a cabo se encuentra ubicado en el distrito de Pucará situada al suroeste de la provincia de Jaén en el km 117 de la carretera Fernando Belaunde Terry. Es atravesada por el río Huancabamba desde norte a sur generando es sus orillas un gran valle muy apto para la agricultura.

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Jaén
- Distrito: Pucará

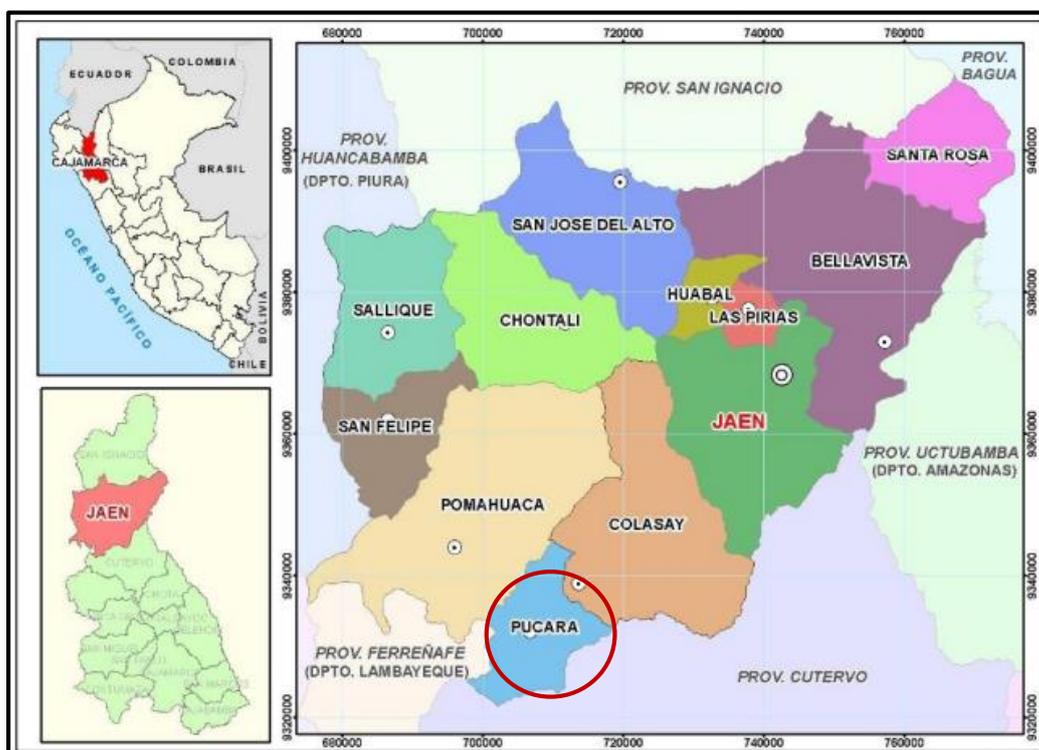


Figura N° 13: Ubicación Política de Pucará.

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca.

Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio

- Latitud Sur: 79°07'32"
- Longitud: 06°02'08"
- Límites:
 - Por el Norte con el distrito de Pomahuaca.
 - Por el Este con el distrito de Colasay.
 - Por el Sur con el Distrito de Querocotillo (Provincia de Cutervo).

- Por el Oeste con el distrito de Cañaris (Provincia de Ferreñafe).
- Superficie: Aproximadamente de 240.30 km².

Ubicación Hidrográfica de la Zona de Estudio

La cuenca del Río Huancabamba hidrográficamente forma parte de la Región Hidrográfica del Amazonas, forman parte de la Vertiente del Atlántico y desembocan en la Intercuenca Alto Marañón. El río Huancabamba nace en la laguna Shimbe a una altura de 3900 m y está ubicada en la provincia de Huancabamba, a partir de la confluencia con la quebrada Mazín ubicada en el distrito de Sallique el río empieza a ser parte del límite de la provincia de Jaén, ya que sigue su recorrido hacia el sur hasta la confluencia con el río Chotano frente al caserío Lamparán, a partir de allí recibe el nombre de río Chamaya.

Cabe recalcar que hidrográficamente, pertenece a la cuenca Chamaya:

- Norte: Cuenca Chira, Cuenca Chinchipe y Cuenca Piura.
- Sur: Cuenca Chancay-Lambayeque y Intercuenca Alto Marañón IV.
- Este: Intercuenca Alto Marañón III y Cuenca Utcubamba.
- Oeste: Cuenca Cascajal, Cuenca Olmos y Cuenca Motupe.



Figura N° 14: Imagen de Mapa de cuencas hidrográficas en el Perú.

Fuente: Elaboración Propia, datos de las cuencas extraídos de GEO GPS PERÚ.



Figura N° 15: Demarcación hidrográfica de la Cuenca Chamaya.

Fuente: Elaboración propia.

Vías de Acceso

El acceso hacia la cuenca del río Huancabamba se puede hacer directamente a través de la carretera Fernando Belaunde Terry, ya que esta se ubica al margen izquierdo del río en todo su recorrido del tramo en estudio, actualmente la carretera está en buen estado y se encuentra totalmente asfaltada.



Figura N° 16: Red Vial del Área de Estudio.

Fuente: MTC (2012).

Clima

El clima del distrito de Pucará es caluroso en las partes bajas y la temperatura que varía entre los 30° a 38°C a la sombra, pero cabe mencionar que en las partes altas presenta un clima templado y frío con la temperatura que oscila entre los 12 °C y 18 °C.

Estudio Topográfico

Reconocimiento de Campo

El reconocimiento de campo es una actividad que consiste en llevar a cabo la visita a la zona de estudio y analizar todos los puntos que se consideraran para el levantamiento topográfico. Esta actividad consistió en el reconocimiento de la zona de trabajo, con la finalidad de establecer puntos de referencia y control topográfico, reconociendo e identificando los caminos de acceso que faciliten el levantamiento topográfico. Para la elaboración del relleno topográfico se tuvo cuidado y se consideraron todos los elementos planimétricos (ancho de la carretera, viviendas en la ladera del río, postes de luz, etc.), ya que se encontraban en la zona de estudio.

Puntos del Levantamiento Topográfico

Lo primero que se realizó es determinar el punto de inicio y el punto final del tramo en estudio, para ello se hizo uso de Google Earth, ya identificado el tramo que es de 5 km se procede a realizar el levantamiento topográfico, se obtuvieron un total de 994 puntos (Anexo N°01).

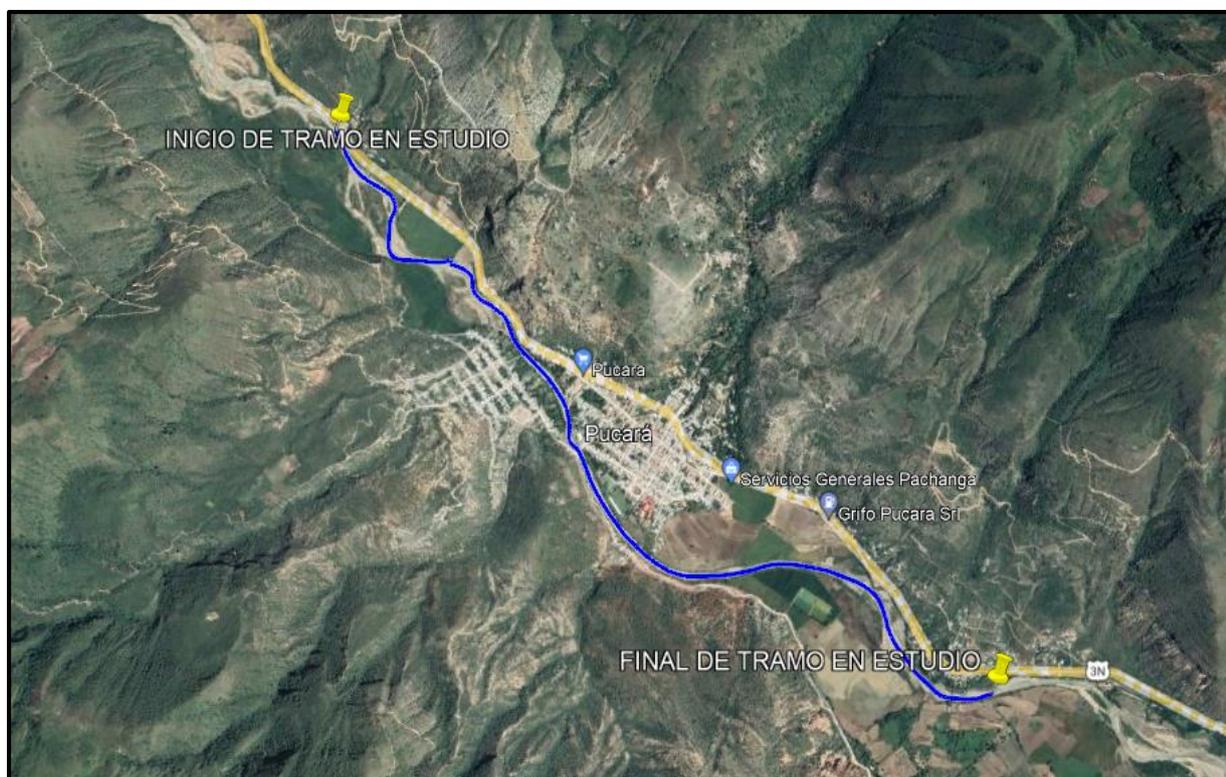


Figura N° 17: Zona y tramo en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Levantamiento Planimétrico – Altimétrico

Para llevar a cabo el levantamiento de la zona en estudio se ubicaron los puntos de inicio ya establecidos en el Google Earth, se consideró los diversos criterios técnicos y posteriormente se dispuso a llevar a cabo el trazo del tramo en estudio del río Huancabamba obteniendo un levantamiento longitudinal de 5+000 km. También se llevó a cabo el levantamiento del perfil longitudinal del tramo en estudio en todo el recorrido del río Huancabamba usando una estación total, considerando de base los BM's existentes en la zona de estudio. Para el levantamiento de las secciones transversales se dispuso a realizarlas cada 40 m, tomando todo el ancho del cauce del río.



Figura N° 18: Levantamiento topográfico de la zona en estudio.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 19: Levantamiento del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA DE COORDENADAS				
PUNTO #	DESCRIPCION	ELEVACION	NORTE	ESTE
268	BM-1	910.594	9333784.823	705320.200
310	BM-2	903.668	9333114.465	705749.318
394	BM-3	897.859	9332429.051	706454.462
950	BM-4	889.214	9331601.667	706955.326
924	BM-5	887.003	9331355.033	707822.215
931	BM-6	881.127	9330698.528	708576.911
990	BM-7	881.591	9330814.811	709114.538

Figura N° 20: Tabla de BM'S.

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo de Gabinete

Para el procesamiento de los datos obtenidos con el levantamiento topográfico se hace uso el software AutoCAD Civil 3D-2018 y se generó una superficie de 1 m de separación.

Con respecto al Perfil Longitudinal, se representaron gráficamente haciendo uso de los puntos levantados y se colocaron a una distancia de 20 m en todo el recorrido del río tanto en tramos rectos como en las curvas (Anexo N°02).

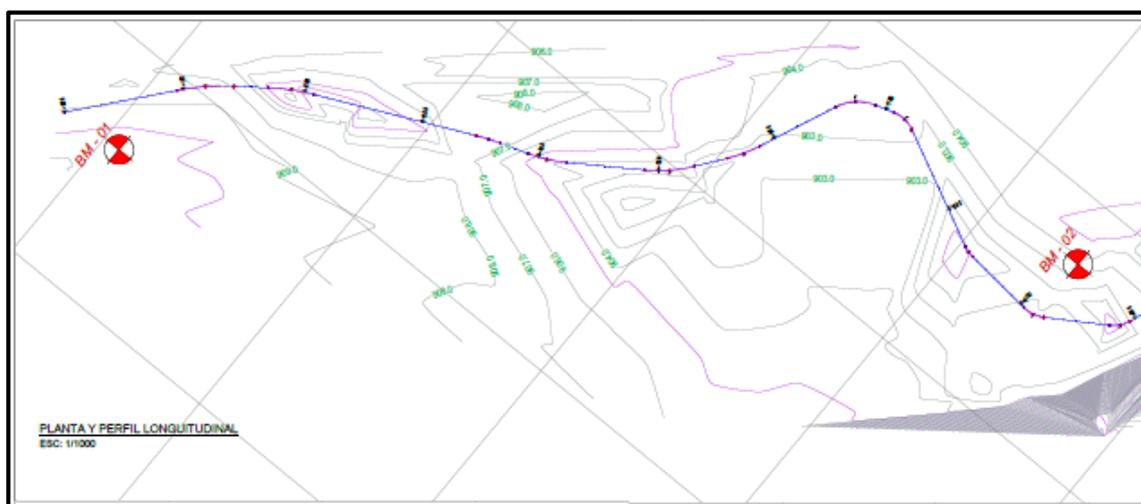


Figura N° 21: Planta y perfil longitudinal.

Fuente: Elaboración propia.

Las secciones transversales están perpendiculares al alineamiento del eje del río, y cada sección transversal tiene un punto de referencia y nivelado al eje, se determinaron las cotas de cada uno de los puntos de las secciones. Cada sección se realizó a una separación de 20 m en el todo el recorrido del río en estudio (Anexo N°02).

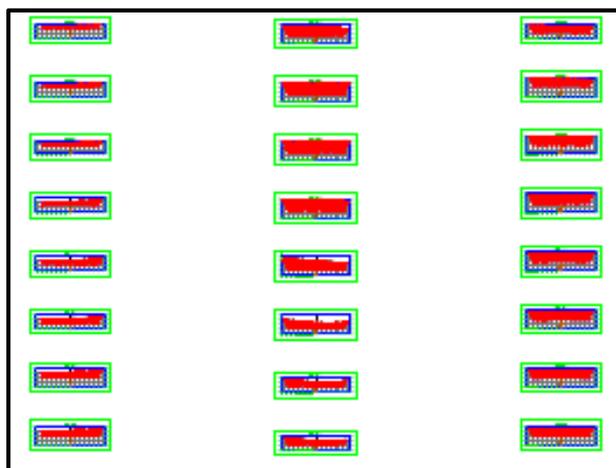


Figura N° 22: Secciones transversales del levantamiento del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Estudio de Mecánica de Suelos

Se llevó a cabo el estudio de mecánica de suelos de la zona donde se llevará a cabo el proyecto, puesto que este estudio es indispensable para saber dónde irán ubicadas las defensas ribereñas.

Registro de excavaciones

Para llevar a cabo la ubicación de cada una de las calicatas, se tomó en cuenta lo que nos dice el MTC con respecto a cada muestreo que puede variar de 200 m a 2000 m de distancia entre ellos. En el proyecto se ubicaron las calicatas cada 1000 m (1 km) a una profundidad de 1.60 m, es decir que se realizaron 10 calicatas ya que se consideraron 1 calicata en cara margen del río. La excavación se realizó haciendo uso de pico y palana, fue a cielo abierto y para las muestras se usaron bolsas especiales para mantener la humedad de las muestras.

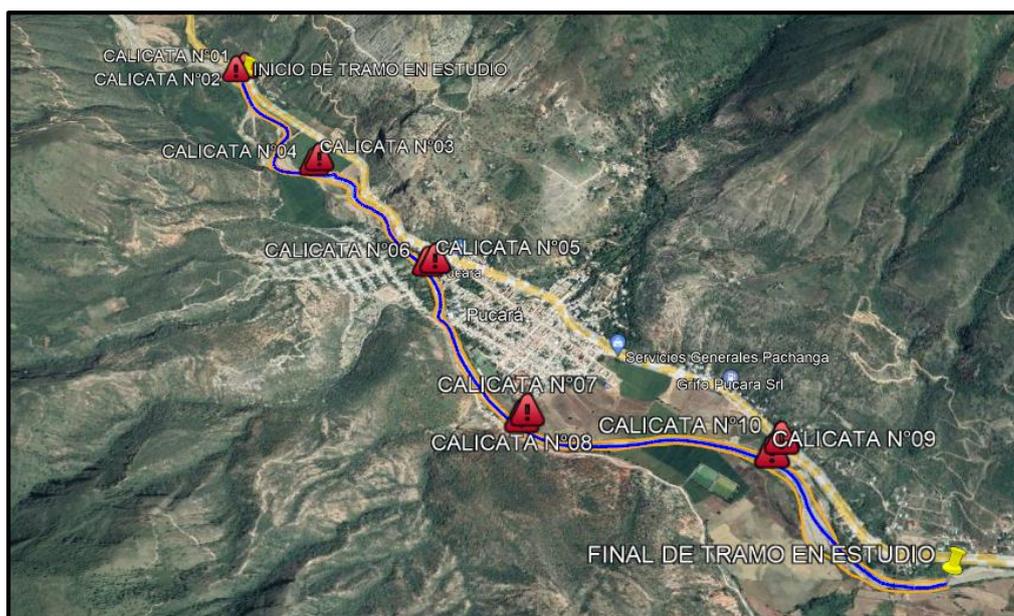


Figura N° 23: Ubicación de las calicatas, en el tramo de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Ensayos de laboratorio

Se llevaron a cabo distintos ensayos que serán de gran utilidad para conocer las propiedades físicas y mecánicas, logrando conocer los parámetros necesarios para el diseño de las defensas ribereñas.

Para los ensayos se usaron dos muestras, la primera a una profundidad de 0.90 m y la segunda muestra a una profundidad de 1.50 m o 1.60 m.



Figura N° 24: Muestras para ensayo de Contenido de Humedad.

Fuente: Elaboración propia.

Ya con las muestras los ensayos se realizaron en un laboratorio particular de nombre LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L., los ensayos que se realizaron son los siguientes:

- ✓ Análisis granulométrico (Norma: MTC E-107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88).
- ✓ Líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos (Norma: MTC E-110 / E-111 / ASTM D 4318 / AASHTO T 89/ T 90).
- ✓ Contenido de humedad de un suelo (Norma: MTC E-108 / ASTM D 2216).
- ✓ Corte directo (Norma: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D – 3080).
- ✓ Abrasión los ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados (Norma: MTC E 207; ASTM C 131).
- ✓ Peso específico y absorción del agregado grueso (Norma: MTC E 113 / NTP 400.021 / ASTM C-127 / 12).
- ✓ Contenido de sales (Norma: NTP 339.152), cloruros (Norma: NTP 339.178 :2003) y sulfatos (Norma: NTP 339.177 :2002).

Se realizaron todos estos ensayos para las dos muestras, excepto los tres últimos ensayos mencionados anteriormente que solo se hicieron a las muestras 2 de cada una de las calicatas. Los resultados obtenidos de los ensayos se anexan en el Anexo N°03.

Calicatas	Muestra	Progresiva	Profundidad (m)	Clasificación SUCS		Límites de Atterberg			Humedad Natural	Esfuerzo Corte Máx. (Kg/cm ²)	Porcentaje de Desgaste	Peso específico (g/cm ³)	Contenido de sales
				Simbología	Descripción	L.L	L.P	I.P					
C1	M1	0+000	0.00 - 0.90	SM	Arena limosa con grava, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	4.65%	0.417	-	-	-
	M2		0.90 - 1.60	GM	Grava limosa, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	3.67%		26.90%	1.917	0.01%
C2	M1	0+000	0.00 - 0.90	GM	Grava limosa con arena, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	4.85%	0.627	-	-	-
	M2		0.90 - 1.50	GM	Grava limosa, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	3.01%		25.10%	2.088	0.00%
C3	M1	1+000	0.00 - 0.90	CL-ML	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad, Regular	23.00%	17.00%	6.00%	23.44%	0.478	-	-	-
	M2		0.90 - 1.50	GM	Grava limosa con arena, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	7.94%		25.20%	2.088	0.00%
C4	M1	1+000	0.00 - 0.90	CL-ML	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad, Regular	24.00%	18.00%	6.00%	28.34%	0.621	-	-	-
	M2		0.90 - 1.60	GM	Grava limosa, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	7.39%		20.30%	2.134	0.00%
C5	M1	2+000	0.00 - 0.90	SC	Arena arcillosa, Regular	23.00%	13.00%	10.00%	31.70%	0.495	-	-	-
	M2		0.90 - 1.60	GM	Grava limosa con arena, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	6.30%		22.20%	2.035	0.00%
C6	M1	2+000	0.00 - 0.90	SM	Arena limosa, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	13.75%	0.588	-	-	-
	M2		0.90 - 1.60	SM	Arena limosa con grava, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	7.55%		33.30%	2.123	0.01%
C7	M1	3+000	0.00 - 0.90	GM	Grava limosa con arena, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	7.25%	0.433	-	-	-
	M2		0.90 - 1.60	GP-GM	Grava pobremente gradada con limo, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	19.75%		27.50%	2.370	0.01%
C8	M1	3+000	0.00 - 0.90	CL-ML	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad, Regular	24.00%	18.00%	6.00%	5.91%	0.583	-	-	-
	M2		0.90 - 1.60	GM	Grava limosa, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	5.82%		33.30%	2.299	0.01%
C9	M1	4+000	0.00 - 0.90	GM	Grava limosa con arena, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	7.98%	0.472	-	-	-
	M2		0.90 - 1.60	GP	Grava pobremente gradada, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	9.04%		28.80%	2.575	0.01%
C10	M1	4+000	0.00 - 0.90	SC	Arena arcillosa con grava, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	15.03%	0.616	-	-	-
	M2		0.90 - 1.60	GM	Grava limosa con arena, Bueno	0.00%	0.00%	0.00%	4.06%		32.30%	2.150	0.01%

Tabla 19: Clasificación del tipo de suelo por cada calicata.

Fuente: Elaboración propia.

Estudio Hidrológico

Información de Cuencas Hidrográficas

Para identificar en que cuenca se encuentra ubicada la zona en estudio, se descargaron los datos de Límite de Cuencas Hidrográficas del Perú que nos proporciona la página de GEO GPS PERÚ, la información se descargó en formato KMZ (Google Earth).

LÍMITE DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS		
Archivo	Formato	Link
Cuencas Hidrográficas	*.KMZ (Google Earth)	Descargar
Cuencas Hidrográficas	*.shp (ArcGis/Qgis)	Descargar
Unidades Hidrográficas Transfronterizas	*.shp (ArcGis/Qgis)	Descargar
Autoridad Administrativa del Agua (AAA)	*.shp (ArcGis/Qgis)	Descargar
Autoridad Local del Agua (ALA)	*.shp (ArcGis/Qgis)	Descargar
Cuencas Hidrográficas	*.pdf (Reader/Nitro)	Descargar

Figura N° 25: Cuencas Hidrográficas.

Fuente: GEO GPS PERÚ.

Después de descargar la data de las cuencas, se insertan en el Google Earth donde se identificó que la zona en estudio se encuentra dentro de la Cuenca Chamaya.



Figura N° 26: Cuenca Chamaya.

Fuente: GEO GPS PERÚ.

Información Hidrometeorológica

La información meteorológica que se usó en el proyecto de tesis, son datos que se obtuvieron de SENAMHI, inicialmente se descargaron los datos e información pluviométrica de las estaciones más cercanas a la zona en estudio.

Ya descargada toda la información que nos brinda SENAMHI, se analizaron los datos de cada una de las estaciones, por lo que se pudo identificar solo información de precipitaciones, temperatura máxima y mínima. Para ello se elaboró una tabla con la máxima precipitación por año de cada una de las estaciones, como también se identificó la precipitación máxima de todos los años de cada una de las estaciones (Anexo N°04).

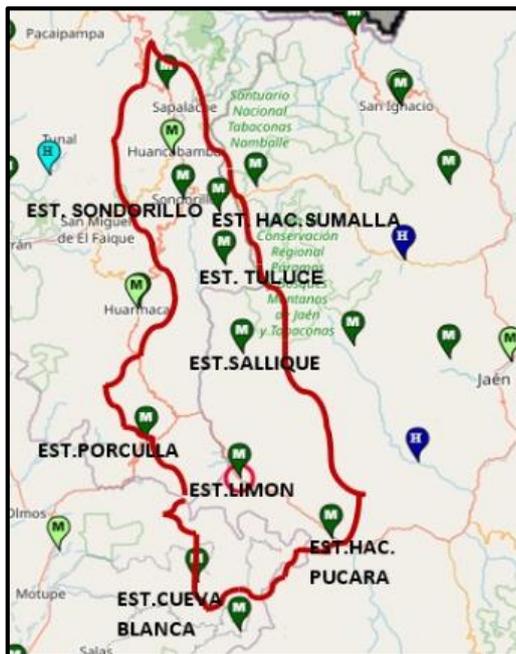


Figura N° 27: Identificación de estaciones dentro de la zona en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Pero SENAMHI [24] en uno de sus manuales también nos habla del Uso del Producto Grillado PISCO de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico, que es un estudio de las características climáticas e hidrológicas las cuales constituyen la compensación de la hidro climatología de las cuencas como la vigilancia ante eventos extremos.

Esta data se elaboró debido a que en muchos casos no suele existir estaciones meteorológicas que brinden información meteorológica y por ende se suele realizar procesos de interpolación espacial o regionalización, ante este problema SENAMHI [24] elaboro una Base de datos PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations).

Los datos que nos ofrece son de precipitaciones diarias y mensuales, como también la data de la temperatura máxima y mínima en todo el Perú. Hay que mencionar que la data PISCO es resultado de la combinación de todos los datos de las estaciones existentes en el país, logrando obtener de esta manera una base de datos grillado con una alta resolución espacial (5*5km), estos datos grillados empiezan el 1 de enero de 1981 hasta el 31 de diciembre del 2016.

Para descarga la data grillada de PISCO, tenemos que registrarnos en la página SENAMHI HSR PISCO, se espera la respuesta y permiso de descarga por parte de la entidad, ya con el permiso se descarga la data.

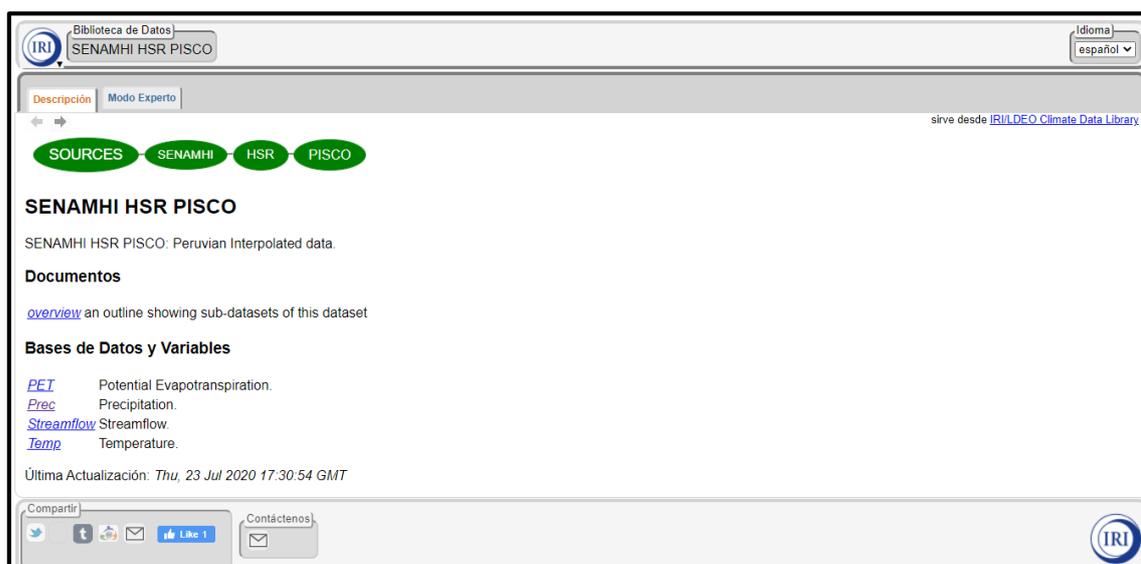


Figura N° 28: Página de descarga de data grillada de PISCO.

Fuente: SENAMHI.

Ya con los datos de PISCO se procede a procesarla con ayuda del Software ArcGIS, pero para ello ya se realizó la delimitación de la cuenca. Cuando se exporta la data de las precipitaciones a ArcGIS, se puede observar que la información se encuentra en cuadrados o celdas de 5 x 5 o como coloquialmente se conoce la información esta pixelada, cada una de esas celdas representa una estación y en la cuenca en estudio existían aproximadamente 40 celdas.

Para la cuenca en estudio se decidió trabajar con la data de PISCO ya que es una información ya trabajada por SENAMHI, por ende, se colocaron 10 estaciones, distribuyéndolas lo más cerca posible del cauce del río y de que abarquen tanto la cuenca alta, media y baja de la cuenca en estudio.

Ya ubicadas nuestras estaciones se extraen las coordenadas en grados de cada una de las estaciones y se las coloca en un archivo CSV. Este archivo será usado para procesar la data de las estaciones, esto se realizará con la ayuda del software RStudio donde se ingresan las

coordenadas de las estaciones y se sigue una serie de pasos, obteniendo al final un archivo en CSV de las precipitaciones de cada una de las estaciones (Anexo N°04).

Estos datos se procesarán en el Excel y se elaborara una tabla de las máximas precipitaciones diarias por año, como también se elaboró una gráfica representativa de ellas. Con la información procesada nos pudimos dar cuenta que en los años en que se produjeron el fenómeno del Niño se dieron las mayores precipitaciones (Anexo N°04).

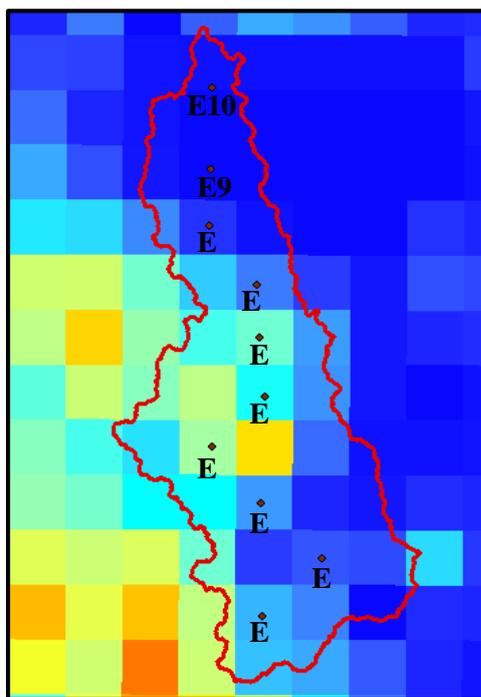


Figura N° 29: Estaciones distribuidas en la cuenca en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Delimitación de la Cuenca Huancabamba

Para realizar la delimitación de la cuenca y conocer sus parámetros geomorfológicos, se usaron Modelos de Elevación digital (Digital Elevation Modeling) más conocidos como DEM's, las cuales se obtuvieron del satélite Alaska (Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center) que nos otorga la NASA mediante su página web.

Para la descarga de los DEM's primero se tuvo que registrar en la página y luego importar el área de referencia inicial que se marcó en Google Earth, de esta manera se pudo reconocer que DEM's se necesitan para llevar a cabo la delimitación de la cuenca.

Los DEM's que se usaron son de 12.5 x 12.5 m, y para el proceso de la delimitación de la cuenca se usó el software ArcGIS, obteniendo también todos los parámetros geomorfológicos de la cuenca Huancabamba.

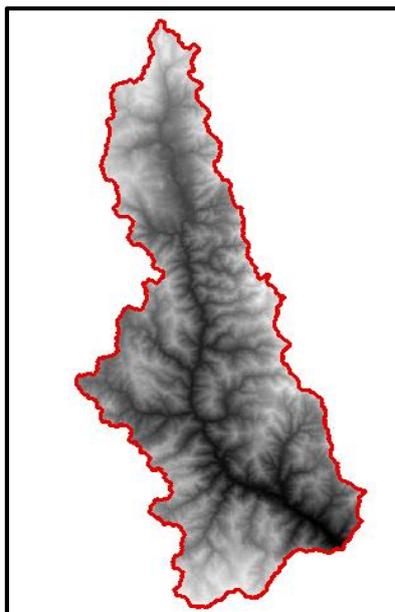


Figura N° 30: Delimitación del río Huancabamba.

Fuentes: Elaboración Propia.

Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca se procesaron y determinaron mediante el uso de los softwares ArcGIS y Excel, también se aplicaron ecuaciones matemáticas necesarios para determinar algunos parámetros geomorfológicos.

Para tener un mejor entendimiento de los parámetros se clasificaron de la siguiente manera:

➤ **Parámetros Generales**

- ***Área de la Cuenca (A)***

El área de la cuenca representa la proyección de su superficie en el plano horizontal, logrando de este modo conocer la escorrentía que transita por la cuenca debido a precipitaciones que se presenten en todo el área de la cuenca.

El area de la cuenca del río Huancabamba es de **3605.1 Km²**, cabe mencionar que si existe una mayor área por ende se obtendra una mayor escorrentía.

- ***Perímetro de la cuenca (P)***

Es la línea o longitud de contorno que divide las aguas. La cuenca del río Huancabamba presenta un perímetro de **425.76 Km**.

- ***Centroides en X – Y***

La cuenca se encuentra ubica en las coordenadas de **X= 680818.306274 m** y **Y= 9373636.0361 m**.

- ***Longitud de máximo recorrido***

Es un parámetro que suele coincidir con la longitud de cauce principal, ya que es la longitud mas larga que puede recorrer la escorrentía, es decir, es su recorrido desde el punto mas alto de la cuenca hasta el punto de desembocadura de la cuenca.

La cuenca del río Huancabamba tiene un máximo recorrido de **160.09 Km**.

- ***Ancho promedio de la cuenca***

Con los datos obtenidos anteriormente de la deilimitación de la cuenca, se obtuvieron datos característicos de la cuenca como el área, perímetro y longitud de máximo recorrido. Con los datos obetnidos se hace uso del software Excel y se aplican ecuaciones matemáticas que determinan el ancho promedio de la cuenca.

Se obtuvo que la cuenca del río Huancabamba tiene un ancho promedio de **22.52 Km²/Km**, ya que se calcula dividiendo el área de la cuenca entre la longitud de máximo recorrido.

- ***Desnivel altitudinal***

El desnivel altitudinal no es mas que la diferencia de cotas, es decir, se calcula restando la cota máxima de la cuenca menos la cota mínima y se obtuvo que la cuenta tiene un desnivel de **3094 m**.

➤ **Parámetros de Forma**

- ***Factor de forma***

Es un parametro adimensioanl, que se determino haciendo uso del método de Horton, que consiste en dividir el área de la cuenca y la longitud de la cuenca al cuadrado, dando una aproximación del comportamiento hidrológico de la cuenca ante la presencia de precipitaciones. La ecuación es la siguiente:

$$F_f = \frac{W}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

Ff = Factor de forma

A = Área de la cuenca en Km²

L = Longitud de la cuenca en Km

FACTOR DE FORMA (VALORES APROXIMADOS)			FORMA DE LA CUENCA
<		0.22	Muy alargada
0.22	a	0.3	Alargada
0.3	a	0.37	Ligeramente alargada
0.37	a	0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45	a	0.6	Ligeramente ensanchada
0.6	a	0.8	Ensanchada
0.8	a	1.2	Muy ensanchada
>	a	1.2	Rodeando el desague

Tabla 20: Rangos aproximados del Factor de Forma.

Fuente: Pérez, 1979.

Como resultado se obtuvo que la cuenca del río Huancabamba tiene un factor de forma de 0.1407, es decir que su valor es < 0.22 lo cual nos indica que su forma es muy alargada. Al ser muy alargada las descargas son de menor volumen debido a que el cauce de agua principal es más largo que los cauces secundarios y los tiempos de concentración para eventos de precipitación son distintos.

- ***Coefficiente de Compacidad o Índice de Gravelius***

Se considera que es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia, ya que representa el área equivalente de la superficie de la cuenca. Se usa la siguiente ecuación:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

Kc = coeficiente de compacidad,

P = perímetro de la cuenca (Km).

A = área de la cuenca, con P y A dados en cualquier grupo consistente de unidades.

Coeficiente	Descripción	Rango
K	Casi redonda a oval - Redonda	1.00 - 1.25
K	Oval - Redonda a Oval - Alargada	1.25 - 1.50
K	Oval - Alargada a alargada	1.50 - 1.75
K	Rectangular (Alargada)	> 1.75

Tabla 21: Coeficientes para la evaluación de la forma.

Fuente: Gaspari et al. (2012).

La cuenca del río Huancabamba tiene un Kc de 2.00, lo que nos indica que la forma de la cuenca es Alargada ya que en el rango de mayor a 1.75. Al ser alargada se puede interpretar que la cuenca tiende a generar avenidas crecientes.

- **Rectángulo equivalente**

Consisten transformar la geometría de la cuenca en un rectángulo, esto se realiza a partir de los parámetros ya calculados anteriormente, como el área de la cuenca y el coeficiente de compacidad. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$L_{1,2} = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

Dónde:

$L_{1,2}$ = Lados mayor y menor del rectángulo en Km.

K_c = coeficiente de compacidad,

A = área de la cuenca, con P y A dados en cualquier grupo consistente de unidades.

Para la cuenca del río Huancabamba se obtuvo que el rectángulo equivalente es de $L_1= 196.09$ Km y $L_2= 18.39$ Km.

➤ **Parámetros de Relieve**

- **Pendiente media de la cuenca**

Es un parámetro que se relaciona con el comportamiento Hidráulico de drenaje de la cuenca, se determina aplicada el criterio de Alvord, con ayuda del software ArcGIS se analizan las pendientes entre curvas de nivel y en el software excel se realiza el cálculo usando la ponderación de áreas obteniendo de esta manera la pendiente media de la cuenca.

$$\theta_{pond.} = \frac{\sum MC * A}{\sum A}$$

$$S_{pond.} = Tan(rad(\theta_{pond.}))$$

Dónde:

MC = Promedio de las cotas.

A = Área entre curvas de nivel.

Clase	Linf	Lsup	MC (q)	Area_km2	MC*A
1	0.00	10.64	5.32	366.52	1949.02
2	10.64	18.18	14.41	663.57	9561.57
3	18.18	25.04	21.61	795.91	17202.58
4	25.04	31.22	28.13	741.11	20849.01
5	31.22	37.74	34.48	605.86	20889.51
6	37.74	45.97	41.86	343.97	14396.79
7	45.97	87.48	66.73	88.21	5886.11
Total				3605.15	90734.59

θ_{pond}	25.17
S_{pond}	46.99%

Tabla 22: Tabla de cálculo de la pendiente media.

Fuente: Elaboración propia.

Pendiente media (%)		Terrenos
0 a	2	Llano
2 a	5	Suave
5 a	10	Accidentado medio
10 a	15	Accidentado medio
15 a	25	Fuertemente accidentado
25 a	50	Escarpado
>	50	Muy escarpado

Tabla 23: Rangos aproximados de la pendiente media de la cuenca.

Fuente: Pérez, 1979.

Como resultado se obtuvo que la pendiente media de la cuenca es de 46.99 %, lo que nos indica que es un terreno escarpado ya que se encuentra dentro del intervalo de 25% a 50% de pendiente media.

- **Altitud media de la cuenca**

Es la que nos permite representar el patrón climático de la zona en estudio, se aplica el método de las curvas donde se relacionan el área y las elevaciones, con ayuda del ArcGis se obtuvieron las elevaciones y las áreas haciendo uso de 10 intervalos naturales. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$Z_{pond.} = \frac{\sum MC * A}{\sum A}$$

Dónde:

$Z_{pond.}$ = Altitud ponderada de la cuenca.

MC = Promedio de las cotas.

A = Área entre curvas de nivel.

Clase	Linf	Lsup	MC_Elev	Area_km2	MC_Elev*Area	%Area
1	892	1370	1131.00	149.54	169134.86	4.15%
2	1370	1678	1524.00	261.18	398036.18	7.24%
3	1678	1937	1807.50	374.35	676639.88	10.38%
4	1937	2167	2052.00	468.55	961463.32	13.00%
5	2167	2385	2276.00	524.68	1194179.15	14.55%
6	2385	2604	2494.50	507.21	1265229.89	14.07%
7	2604	2835	2719.50	443.04	1204860.45	12.29%
8	2835	3097	2966.00	355.88	1055534.06	9.87%
9	3097	3378	3237.50	313.50	1014948.16	8.70%
10	3378	3986	3682.00	207.21	762949.52	5.75%
Total				3605.15	8702975.47	1.00

Z pond	2414 m.s.n.m
---------------	---------------------

Tabla 24: Cálculo de la altitud media de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo como resultado que la pendiente ponderada de la cuenca es de 2414 m.s.n.m, lo cual se comparo con la pendiente media que nos da el software ArcGis que es de 2439 m.s.n.m, podemos observar que es muy cercano.

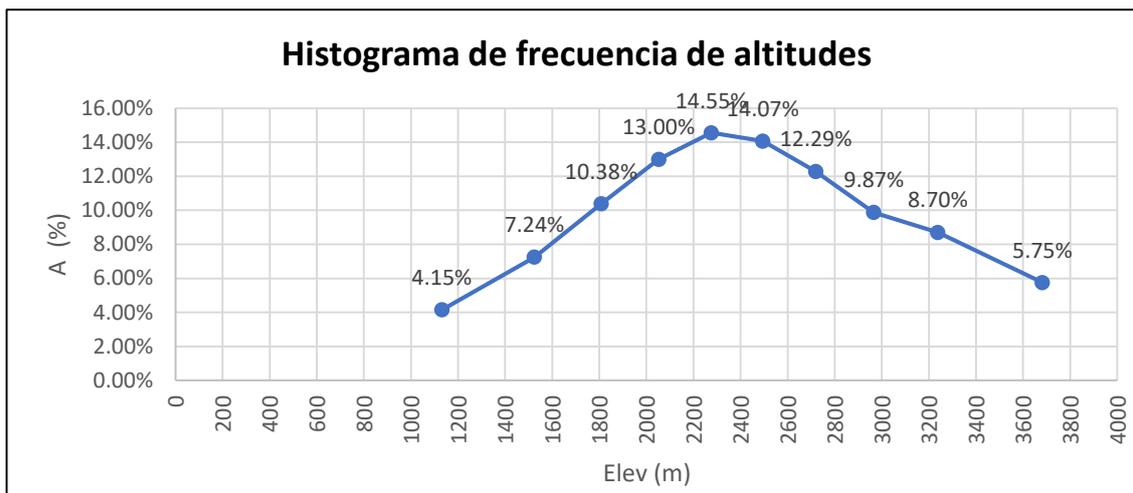
- **Histograma de altitudes**

Se elaboraron con ayuda del software ArcGIS y una hoja de excel, ya que del ArcGIS se obtuvo los datos de las elevaciones y sus áreas respectivas para 10 intervalos.

Clase	Elev	Area (%)	Area acum
1	1131.0	4.15%	4.15%
2	1524.0	7.24%	11.39%
3	1807.5	10.38%	21.78%
4	2052.0	13.00%	34.77%
5	2276.0	14.55%	49.33%
6	2494.5	14.07%	63.40%
7	2719.5	12.29%	75.69%
8	2966.0	9.87%	85.56%
9	3237.5	8.70%	94.25%
10	3682.0	5.75%	100.00%

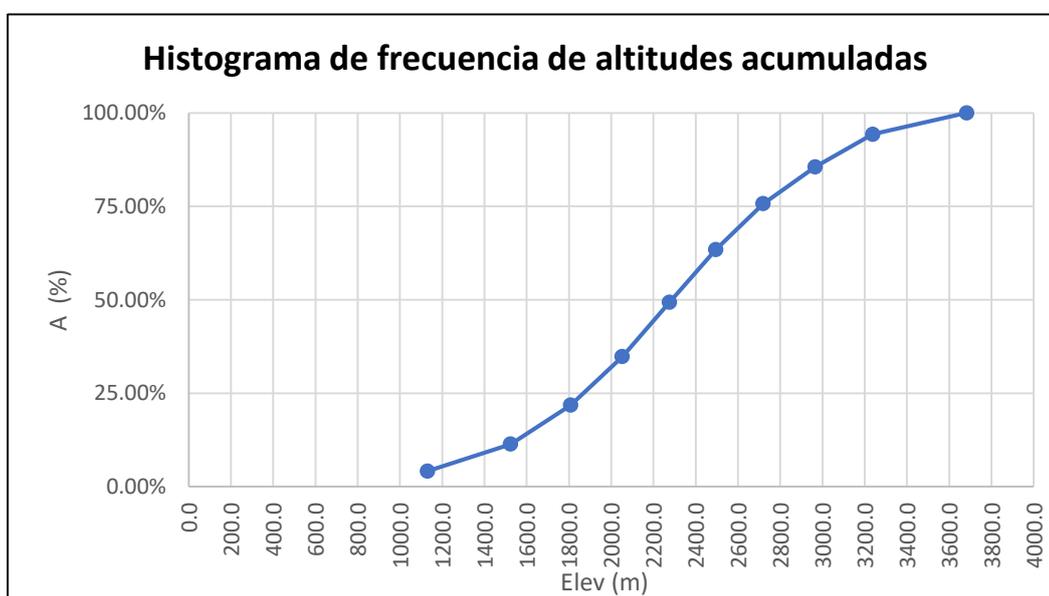
Tabla 25: Datos de elevaciones, porcentaje de área y porcentaje de área acumulada.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 1: Relación de elevaciones y porcentaje de área.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 2: Relación de elevaciones y porcentaje de área acumulada.

Fuente: Elaboración propia.

- **Curva hipsométrica**

Se elaboraron con ayuda del software ArcGIS ya que se usa los datos de áreas y elevaciones extraídas del programa. La curva nos representa las elevaciones metros sobre el nivel del mar en el eje de las ordenadas y el porcentaje de área acumulada que esta por encima de las elevaciones en el eje de las abscisas.

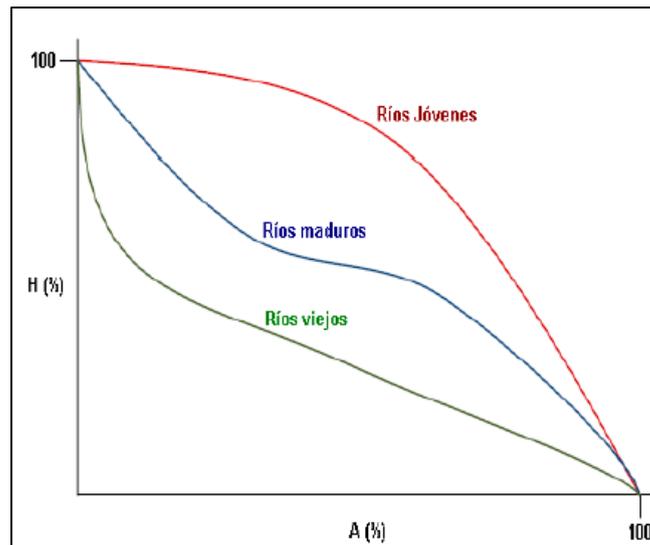


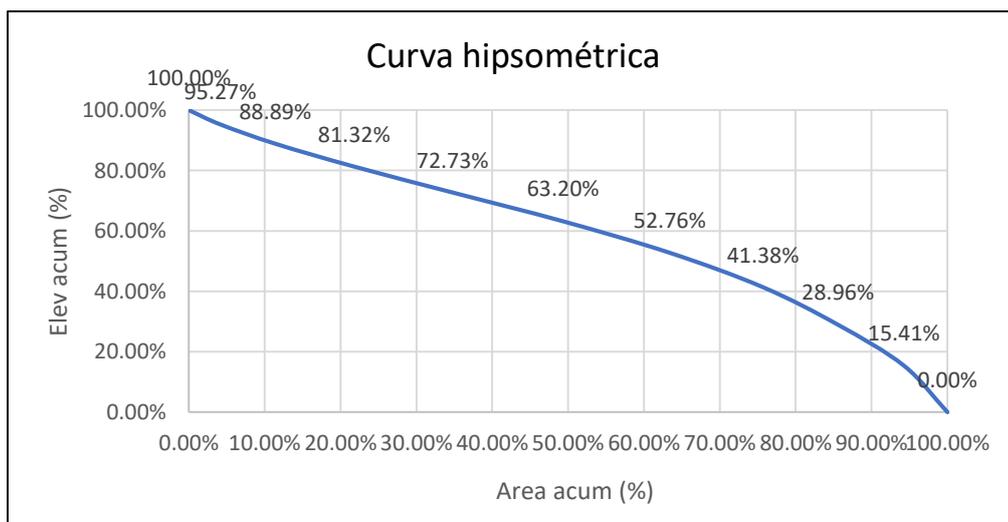
Figura N° 31: Curvas Hipsométricas, características del ciclo erosivo y tipo de cuenca.

Fuente: Campos (1998).

Clase	Área cum (%)	Elev (%)	Elev acum (%)
	0.00%		100.00%
1	4.15%	4.73%	95.27%
2	11.39%	6.38%	88.89%
3	21.78%	7.57%	81.32%
4	34.77%	8.59%	72.73%
5	49.33%	9.53%	63.20%
6	63.40%	10.44%	52.76%
7	75.69%	11.38%	41.38%
8	85.56%	12.42%	28.96%
9	94.25%	13.55%	15.41%
10	100.00%	15.41%	0.00%

Tabla 26: Datos de porcentajes de área acumulada y porcentaje de elevaciones.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 3: Relación de área acumulada y porcentaje de elevaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Con la gráfica de la curva hipsométrica se puede decir que la cuenca del río Huancabamba se encuentra en una etapa intermedia entre la fase de un río joven y un río viejo, es decir se clasifica como una cuenca geológicamente madura.

- ***Coefficiente de masividad***

Se calculo con ayuda de una hoja excel, ya que se usan datos geomorfológicos como el área de la cuenca y la elevación poderada, es decir, es la relación de la altitud entre el área. Se uso la siguiente ecuación:

$$C_m = \frac{H_{med.}}{A}$$

Donde:

C_m = Coeficiente de masividad.

H_{med.} = Altitud media de la cuenca en m.s.n.m.

A = Superficie de la cuenca en Km².

Tras realizar el cálculo se obtuvo que la cuenca del río Huancabamba presenta un coeficiente de masividad de 0.67, cabe mencionar que en zonas montañosas toma valores altos y en zonas llantas los valores son bajos.

➤ **Parámetros de Red Hidrográfica**

- ***Longitud del cauce principal***

Es una longitud muy representativa de la longitud del cauce de una cuenca, suele coincidir con la longitud del máximo recorrido del cauce. Se puede medir la longitud del eje del río o también puede considerarse toda la sinuosidad del cauce del río.

Para saber cual es la longitud principal del cauce se uso el software ArcGIS.

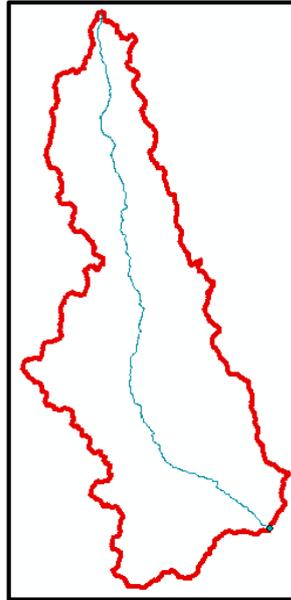


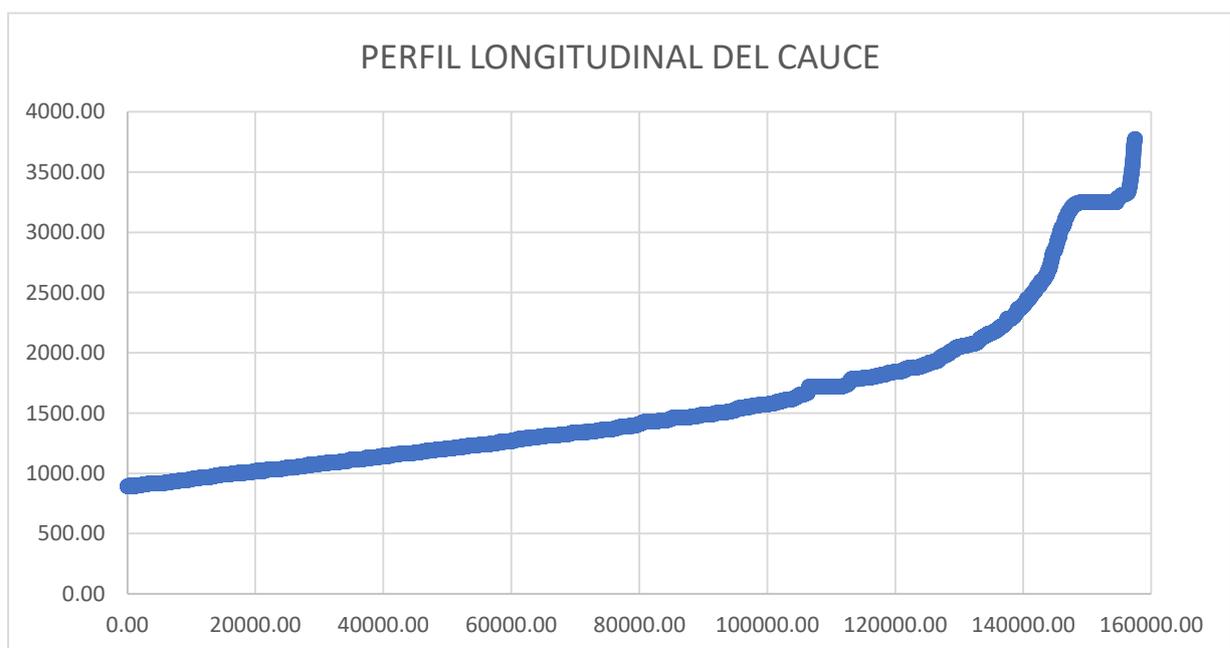
Figura N° 32: Representación de la longitud del cauce principal, mediante ArcGIS.

Fuente: Elaboración propia.

La cuenca del río Huancabamba presenta una longitud de cauce principal de **157.501 Km**, medidos desde donde nace el cauce hasta donde desemboca el cauce de la cuenca.

- **Perfil longitudinal del cauce principal**

El perfil longitudinal del cauce es representado mediante un conjunto de puntos que forman una línea, en la grafica se puede observar la relación y representación entre las altitudes en la ordenadas y las longitudes en las abscisas.



Gráfica N° 4: Perfil longitudinal del cauce del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

- ***Pendiente media del cauce principal***

Para saber la pendiente media de cauce principal se uso el software ArcGIS, donde se obtiene una tabla con los datos de las pendientes entre las elevaciones de la cuenca. Se proceso la data decargada y se claculo la pendiente promedio considerando y sin considerar las pendientes negativas.

Se obtuvo que la pendiente promedio del cauce principal considerando las pendientes negativas es de 1.84% y sin considerar las pendientes negativas es de 2.33%.

Pero usando el método de López Cadenas de Llano, que lo calcula con la siguiente ecuación:

$$I_c = \frac{Z_{m\acute{a}x.} - Z_{m\acute{i}n.}}{10L}$$

Donde:

I_c = Pendiente media del cauce principal.

$Z_{m\acute{a}x.}$ = Cota máxima de la cuenca en m.s.n.m.

$Z_{m\acute{i}n.}$ = Cota mínima de la cuenca en m.s.n.m.

L = Longitud del cauce principal Km.

Calculando se obtuvo que la pendiente media del cauce principal de la cuenca del río Huncabamba es de 1.96%.

PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (%)			CLASES
1	a	5	Suave
6	a	11	Moderado
12	a	17	Fuerte

Tabla 27: Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal.

Fuente: IBAL, 2009.

Lo que se realizo es sacar el promedio de las tres pendientes por lo que se obtuvo que la pendiente media del cauce principal es de 2.05% lo que indica que es una pendiente suave. También nos da a conocer que existen terrenos llanos y que el agua que circula por el cauce no estan sometidas a grandes velocidades, por ende, no existe riesgo de presentarse erosión.

- ***Orden de drenaje***

Para determinar el orden de drenaje nos apoyamos del software ArcGIS, el criterio que empleo es el del modelo de Stahler que consiste en enumerar cada uno de los cauces

secundarios o tributarios en forma creciente, desde el inicio de la línea divisora hasta llegar al cauce principal y de esta manera el número final es el orden de la red de drenaje de la cuenca.

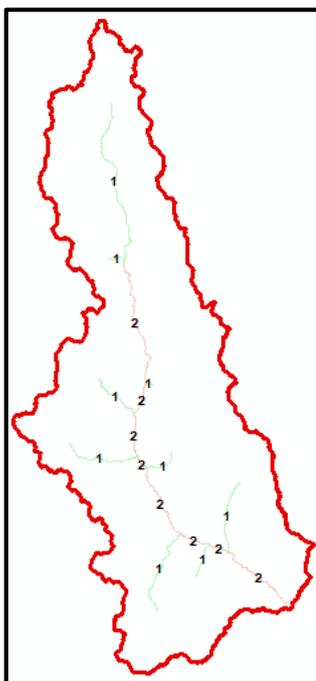


Figura N° 33: Orden de la red de drenaje.

Fuente: Elaboración propia.

- **Densidad de drenaje**

Se suele expresar como la capacidad que presenta la cuenca para desalojar un volumen de agua dado. La densidad de drenaje es un parámetro que nos indicara la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregulares y regulares que existen en la cuenca y el área total de la cuenca.

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

Donde:

D = Densidad de drenaje Km/Km².

$\sum L$ = Sumatoria de todos los ríos en Km.

A = Superficie de la cuenca en Km².

DENSIDAD DE DRENAJE (VALORES APROXIMADOS)			CLASES
0.1	a	1.8	Baja
1.9	a	3.6	Moderada
3.7	a	5.6	Alta

Tabla 28: Rangos aproximados de la Densidad de Drenaje.

Fuente: IBAL, 2009.

Con ayuda del ArcGIS se descargo una tabla donde estan todas las longitudes y con ayuda del excel se calculo la sumatoria de las mismas.

N°	Line	Long. Cauces
1	Polyline	4.30
2	Polyline	39.24
3	Polyline	31.22
4	Polyline	2.16
5	Polyline	12.13
6	Polyline	6.62
7	Polyline	9.89
8	Polyline	17.88
9	Polyline	3.96
10	Polyline	8.32
11	Polyline	16.80
12	Polyline	6.83
13	Polyline	4.51
14	Polyline	16.88
15	Polyline	7.77
16	Polyline	19.80
17	Polyline	20.66
ΣL=		228.98 Km

Tabla 29: Cálculo de longitudes totales de todas las redes de drenaje.

Fuente: Elaboración propia.

Al dividir la sumatoria de longitudes entre el área total de la cuenca, se obtuvo que la densidad de drenaje es de **0.06 Km/Km²**, lo que nos indica que se clasifica como una densidad baja de drenaje, ya que su valor es menor al de 5 Km/Km² según Strhaler.

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DEL RÍO HUANCABAMBA			
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	RESULTADO
PARÁMETROS GENERALES			
Área de la cuenca		Km ²	3605.14
Perímetro de la cuenca		Km	425.76
X centroide		m	680818.31
Y centroide		m	9373636.04
Longitud de máximo recorrido		Km	160.09
Ancho promedio de la cuenca		Km ² /Km	22.52
Cota máxima		m.s.n.m	3986.00
Cota mínima		m.s.n.m	892.00
Desnivel altitudinal		m.s.n.m	3094.00
PARÁMETROS DE FORMA			
Factor de forma			0.14
Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius			2.00
Rectángulo equivalente	L ₁	Km	196.09
	L ₂	Km	18.39
PARÁMETROS DE RELIEVE			
Pendiente media de la cuenca		%	46.99
Altitud media de la cuenca		m.s.n.m	2414.04
Coeficiente de masividad		m/Km ²	0.67
PARÁMETROS DE RED HIDROGRÁFICA			
Longitud del cauce principal		Km	157.50
Pendiente media del cauce principal		%	2.05
Orden de drenaje		und.	2.00
Densidad de drenaje		Km/Km ²	0.06

Tabla 30: Resumen de parámetros geomorfológicos.

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de Concentración

Para calcular el tiempo de concentración en la cuenca del río Huancabamba, se utilizaron distintos métodos que nos ofrece Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) [25] estas dependeras de los parametros que presente la cuenca en estudio, a continuación se mencioanran las que se usaron.

➤ Método de Kirpich

Este método se usa cuando la cuenca que se quiere estudiar es tamaño medio, presenta una pendiente considerable y existen suelos de cultivo en las margenes del río. Su fórmula es la siguiente:

$$t_c = 0.06628 * \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración expresado en horas.

L = Longitud del cauce más largo en Km.

i = Pendiente media de la cuenca.

➤ **Método de California**

Este método se utiliza cuando la cuenca que se quiere estudiar es tamaño pequeño y se ubica en zonas agrícolas. Su fórmula es la siguiente:

$$t_c = \left(\frac{0.871 * L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración expresado en horas.

H = desnivel máximo de la cuenca en m.

i = Pendiente media de la cuenca.

➤ **Método de Giandotti**

Este método se utiliza cuando la longitud del cauce principal cumple es rango de $L/3600 \geq t_c \leq (L/3600)+1.5$. Su fórmula es la siguiente:

$$t_c = \frac{4 * \sqrt{S} + 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{H}}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración expresado en horas.

H = desnivel máximo de la cuenca en m.

S =superficie de la cuenca en Km².

➤ **Método de Temez**

Este método se utiliza cuando la cuenca que se quiere estudiar es tamaño muy variable, es recomendable para cuencas con un área de 1 Km² hasta 3000 Km² y con un tiempo concentración de 15 minutos a 24 horas. Su fórmula es la siguiente:

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

Donde:

t_c = Tiempo de concentración expresado en horas.

L = Longitud del cauce más largo en Km.

i = Pendiente media de la cuenca.

➤ Método del SCS

Este método se utiliza cuando la cuenca que se quiere estudiar es de uso agrícola, que sean cuencas urbanas pequeñas con un área de 800 ha (8 Km²). Su fórmula es la siguiente:

$$t_c = \frac{100 * L_F^{0.8} * \left[\left(\frac{1000}{NC} \right) - 9 \right]^{0.7}}{1200 * (S * 100)^{0.5}}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración expresado en minutos.

L = Longitud del cauce más largo en m.

i = Pendiente media de la cuenca.

NC = Número de curva.

Para este proyecto se calculó el tiempo de concentración con cada uno de los métodos, ya que cada uno de ellos cumplía con una característica de la cuenca en estudio. Ya con los resultados se decidió considerar el promedio del tiempo de concentración de cada uno de los métodos, por lo que se obtuvo que el tiempo de concentración para la cuenca del río Huancabamba es de **15.56 horas**.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN			
MÉTODO	Tc	Valor	
Método de Kirpich	Tc1	14.57 hrs	874.47 min
Método de California	Tc2	14.82 hrs	889.34 min
Método de Giandotti	Tc3	10.71 hrs	642.38 min
Método de Temez	Tc4	12.25 hrs	734.75 min
Método del SCS	Tc5	25.46 hrs	1527.46 min
Promedio	Tc	15.56 hrs	933.68 min

Tabla 31: Tiempo de concentración de la cuenca en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de Frecuencia

Este análisis se realiza a la data de los registros históricos de precipitaciones, el fin con el que se lleva a cabo es el de relacionar la magnitud de los eventos extremos y la frecuencia en la que ocurren, haciendo uso de las distribuciones de probabilidad.

Para este análisis se usaron los datos que nos ofrece PISCO, los cuales ya fueron exportados al software ArcGIS y se determinaron las 10 estaciones con las que se trabajarán. La información de estas 10 estaciones se procesó con el software RStudio, posteriormente se

exporto la información a Excel y se trabajó una tabla dinámica con las precipitaciones máximas en 24 horas para cada año y por cada estación.

Los datos que nos brinda PISCO son desde de 1981 hasta el 2016, es decir que se cuenta con los registros de 36 años y para un análisis hidrológico como mínimo se necesita el registro de 25 años según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) [25].

Luego se procede a realizar el análisis probabilístico de los datos de precipitación según las recomendaciones del MTC [25] empleando las siguientes distribuciones: Normal, Log – Normal, Gumbel I, Pearson III y Long – Pearson III. Los métodos mencionados anteriormente evalúan si una serie de datos se ajustan a una serie de distribución para un nivel de significancia del 5% o una probabilidad del 95% ya sea para momentos lineales u ordinarios, es por ello por lo que mediante el uso del método de Kolmogórov-Smirnov se realiza la Prueba de Bondad de Ajuste.

En cada una de las series de distribución, se determinó el máximo Δ , entre la función de distribución de probabilidad observada $F_0(X_m)$ y la función de probabilidad estimada $F(X_m)$, considerando como distribución con mejor ajuste, la que presenta un menor valor de Δ . Ya determinada la distribución de mejor ajuste se especificará la precipitación de diseño para los períodos de retorno de 10, 20, 30, 50 y 100 años, todo este proceso se realizó para las 10 estaciones (Anexo N°05).

ESTACIÓN E1														
N°	T	P(X≥X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO						
1	37.00	2.70%	67.09	4.21	1.93	64.45	1.93	75.35	2.35	69.77	1.95	64.69	1.41	62.81
2	18.50	5.41%	62.14	4.13	1.61	60.48	1.61	67.39	1.80	62.92	1.62	60.62	1.27	59.94
3	12.33	8.11%	61.53	4.12	1.40	57.89	1.40	62.64	1.48	58.86	1.40	57.97	1.17	57.86
4	9.25	10.81%	59.14	4.08	1.24	55.88	1.24	59.21	1.24	55.93	1.24	55.93	1.08	56.15
5	7.40	13.51%	54.83	4.00	1.10	54.22	1.10	56.50	1.05	53.62	1.10	54.24	1.01	54.67
6	6.17	16.22%	53.32	3.98	0.99	52.77	0.99	54.24	0.90	51.71	0.99	52.76	0.94	53.33
7	5.29	18.92%	53.05	3.97	0.88	51.47	0.88	52.29	0.77	50.06	0.88	51.45	0.87	52.10
8	4.63	21.62%	51.28	3.94	0.79	50.28	0.79	50.56	0.65	48.61	0.78	50.24	0.81	50.95
9	4.11	24.32%	47.98	3.87	0.70	49.17	0.70	49.01	0.55	47.31	0.69	49.12	0.74	49.86
10	3.70	27.03%	47.41	3.86	0.61	48.13	0.61	47.60	0.45	46.12	0.61	48.07	0.68	48.82
11	3.36	29.73%	46.12	3.83	0.53	47.14	0.53	46.29	0.36	45.03	0.53	47.07	0.62	47.81
12	3.08	32.43%	45.20	3.81	0.46	46.19	0.46	45.07	0.28	44.01	0.45	46.11	0.57	46.84
13	2.85	35.14%	42.96	3.76	0.38	45.27	0.38	43.91	0.20	43.05	0.38	45.19	0.51	45.88
14	2.64	37.84%	42.46	3.75	0.31	44.37	0.31	42.82	0.13	42.14	0.30	44.29	0.45	44.95
15	2.47	40.54%	41.78	3.73	0.24	43.50	0.24	41.78	0.06	41.27	0.23	43.42	0.39	44.03
16	2.31	43.24%	41.44	3.72	0.17	42.64	0.17	40.79	-0.01	40.44	0.16	42.55	0.33	43.12
17	2.18	45.95%	41.06	3.72	0.10	41.79	0.10	39.82	-0.07	39.64	0.09	41.70	0.27	42.21
18	2.06	48.65%	40.00	3.69	0.03	40.95	0.03	38.89	-0.13	38.87	0.03	40.86	0.21	41.31
19	1.95	51.35%	39.99	3.69	-0.03	40.11	-0.03	37.98	-0.19	38.11	-0.04	40.02	0.14	40.40
20	1.85	54.05%	39.77	3.68	-0.10	39.26	-0.10	37.09	-0.25	37.37	-0.11	39.18	0.08	39.49
21	1.76	56.76%	39.00	3.66	-0.17	38.42	-0.17	36.21	-0.31	36.65	-0.18	38.33	0.01	38.57
22	1.68	59.46%	38.33	3.65	-0.24	37.56	-0.24	35.35	-0.37	35.93	-0.25	37.47	-0.06	37.64
23	1.61	62.16%	38.21	3.64	-0.31	36.68	-0.31	34.49	-0.43	35.22	-0.32	36.60	-0.13	36.70
24	1.54	64.86%	35.67	3.57	-0.38	35.79	-0.38	33.63	-0.49	34.51	-0.39	35.71	-0.21	35.73
25	1.48	67.57%	33.94	3.52	-0.46	34.87	-0.46	32.77	-0.54	33.79	-0.46	34.80	-0.29	34.74
26	1.42	70.27%	33.85	3.52	-0.53	33.92	-0.53	31.91	-0.60	33.07	-0.54	33.86	-0.37	33.72
27	1.37	72.97%	33.52	3.51	-0.61	32.93	-0.61	31.03	-0.66	32.34	-0.62	32.87	-0.47	32.66
28	1.32	75.68%	33.30	3.51	-0.70	31.89	-0.70	30.13	-0.72	31.59	-0.70	31.84	-0.56	31.55
29	1.28	78.38%	32.95	3.49	-0.79	30.78	-0.79	29.21	-0.78	30.81	-0.79	30.75	-0.67	30.38
30	1.23	81.08%	29.22	3.37	-0.88	29.59	-0.88	28.25	-0.85	30.01	-0.88	29.57	-0.79	29.13
31	1.19	83.78%	28.58	3.35	-0.99	28.29	-0.99	27.23	-0.92	29.15	-0.99	28.29	-0.93	27.79
32	1.16	86.49%	27.88	3.33	-1.10	26.84	-1.10	26.14	-0.99	28.22	-1.10	26.86	-1.08	26.31
33	1.12	89.19%	22.82	3.13	-1.24	25.17	-1.24	24.94	-1.07	27.20	-1.23	25.22	-1.27	24.65
34	1.09	91.89%	20.49	3.02	-1.40	23.17	-1.40	23.58	-1.17	26.02	-1.39	23.26	-1.50	22.71
35	1.06	94.59%	20.30	3.01	-1.61	20.58	-1.61	21.92	-1.28	24.57	-1.60	20.72	-1.83	20.30
36	1.03	97.30%	12.46	2.52	-1.93	16.61	-1.93	19.60	-1.45	22.51	-1.91	16.85	-2.36	16.87

Tabla 32: Prueba de bondad de ajuste - gráfica de distribución de probabilidades.

Fuente: Elaboración propia.

m	x_m	$F_0(x_m)$	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			$F(x_m)$ Normal	Δ_{NORMAL}	$y_m=\log(x_n)$	$F(y_m)$ Log Normal	Δ_{LOG} NORMAL	$F(x_m)$ EV1 Gumbel	$\Delta_{EV1-GUMBEL}$	$F(x_m)$ Pearson III	$\Delta_{PEARSON III}$	$F(y_m)$ LogPearson n III	$\Delta_{LOG-PEARSON III}$
1	67.09	0.9730	0.9838	0.0108	4.2060	0.9445	0.0284	0.9645	0.0085	0.9827	0.0098	0.9269	0.0461
2	62.14	0.9459	0.9591	0.0132	4.1294	0.9154	0.0305	0.9416	0.0044	0.9579	0.0119	0.9041	0.0419
3	61.53	0.9189	0.9546	0.0357	4.1196	0.9110	0.0079	0.9379	0.0190	0.9534	0.0345	0.9007	0.0182
4	59.14	0.8919	0.9330	0.0412	4.0799	0.8913	0.0006	0.9212	0.0293	0.9319	0.0400	0.8861	0.0058
5	54.83	0.8649	0.8752	0.0104	4.0042	0.8453	0.0195	0.8797	0.0148	0.8748	0.0099	0.8528	0.0121
6	53.32	0.8378	0.8484	0.0106	3.9762	0.8255	0.0123	0.8608	0.0230	0.8484	0.0105	0.8385	0.0007
7	53.05	0.8108	0.8434	0.0326	3.9713	0.8219	0.0111	0.8573	0.0465	0.8434	0.0326	0.8359	0.0251
8	51.28	0.7838	0.8068	0.0230	3.9374	0.7954	0.0117	0.8312	0.0474	0.8073	0.0235	0.8168	0.0330
9	47.98	0.7568	0.7258	0.0309	3.8708	0.7373	0.0195	0.7710	0.0143	0.7274	0.0294	0.7738	0.0171
10	47.41	0.7297	0.7102	0.0195	3.8588	0.7259	0.0038	0.7589	0.0291	0.7119	0.0178	0.7652	0.0355
11	46.12	0.7027	0.6736	0.0291	3.8312	0.6990	0.0037	0.7296	0.0269	0.6757	0.0270	0.7446	0.0419
12	45.20	0.6757	0.6465	0.0291	3.8110	0.6787	0.0030	0.7071	0.0314	0.6488	0.0268	0.7286	0.0529
13	42.96	0.6486	0.5776	0.0711	3.7602	0.6250	0.0236	0.6461	0.0026	0.5803	0.0684	0.6850	0.0363
14	42.46	0.6216	0.5617	0.0599	3.7485	0.6122	0.0094	0.6312	0.0096	0.5645	0.0571	0.6742	0.0526
15	41.78	0.5946	0.5400	0.0546	3.7323	0.5944	0.0002	0.6104	0.0158	0.5428	0.0517	0.6589	0.0643
16	41.44	0.5676	0.5293	0.0383	3.7243	0.5854	0.0178	0.5999	0.0323	0.5321	0.0354	0.6511	0.0836
17	41.06	0.5405	0.5172	0.0233	3.7152	0.5752	0.0347	0.5879	0.0473	0.5201	0.0204	0.6421	0.1016
18	40.00	0.5135	0.4831	0.0305	3.6889	0.5456	0.0321	0.5527	0.0392	0.4859	0.0276	0.6154	0.1019
19	39.99	0.4865	0.4827	0.0037	3.6887	0.5453	0.0589	0.5524	0.0659	0.4856	0.0009	0.6152	0.1287
20	39.77	0.4595	0.4755	0.0160	3.6830	0.5389	0.0795	0.5447	0.0852	0.4784	0.0189	0.6093	0.1498
21	39.00	0.4324	0.4509	0.0185	3.6635	0.5167	0.0842	0.5180	0.0856	0.4537	0.0213	0.5884	0.1559
22	38.33	0.4054	0.4298	0.0243	3.6463	0.4970	0.0916	0.4943	0.0889	0.4325	0.0271	0.5694	0.1640
23	38.21	0.3784	0.4259	0.0475	3.6431	0.4934	0.1150	0.4899	0.1115	0.4286	0.0502	0.5658	0.1874
24	35.67	0.3514	0.3477	0.0036	3.5743	0.4155	0.0642	0.3955	0.0442	0.3500	0.0014	0.4847	0.1333
25	33.94	0.3243	0.2978	0.0265	3.5246	0.3611	0.0368	0.3299	0.0056	0.2996	0.0247	0.4222	0.0978
26	33.85	0.2973	0.2954	0.0019	3.5220	0.3584	0.0611	0.3267	0.0294	0.2972	0.0001	0.4189	0.1216
27	33.52	0.2703	0.2861	0.0158	3.5120	0.3477	0.0775	0.3140	0.0437	0.2878	0.0175	0.4060	0.1357
28	33.30	0.2432	0.2803	0.0370	3.5056	0.3410	0.0977	0.3059	0.0627	0.2819	0.0386	0.3977	0.1545
29	32.95	0.2162	0.2707	0.0545	3.4949	0.3298	0.1135	0.2926	0.0764	0.2722	0.0560	0.3837	0.1675
30	29.22	0.1892	0.1811	0.0081	3.3747	0.2164	0.0272	0.1643	0.0249	0.1814	0.0078	0.2277	0.0386
31	28.58	0.1622	0.1679	0.0057	3.3526	0.1983	0.0361	0.1452	0.0170	0.1680	0.0058	0.2004	0.0382
32	27.88	0.1351	0.1542	0.0190	3.3279	0.1793	0.0441	0.1257	0.0094	0.1541	0.0190	0.1711	0.0360
33	22.82	0.1081	0.0769	0.0312	3.1277	0.0680	0.0401	0.0303	0.0778	0.0758	0.0323	0.0138	0.0943
34	20.49	0.0811	0.0533	0.0278	3.0199	0.0360	0.0451	0.0117	0.0694	0.0520	0.0291	0.0000	0.0811
35	20.30	0.0541	0.0516	0.0024	3.0106	0.0339	0.0201	0.0107	0.0434	0.0503	0.0037	0.0000	0.0541
36	12.46	0.0270	0.0119	0.0151	2.5223	0.0006	0.0264	0.0000	0.0270	0.0110	0.0161	0.0000	0.0270

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III
Significación	0.10	Δ_{MAX}	0.0711	0.1150	0.1115	0.0684	0.1874
$\Delta_{crítico}$	0.2040		Si se ajusta				
		Mejor Ajuste	2	4	3	1	5

Tabla 33: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV.

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e ^{x_T}	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e ^{x_T}	
10	0.9000	1.2816	56.44	1.2816	4.0968	60.15	1.3046	56.73	1.2861	56.50	1.1094	4.04	56.63	56.50
20	0.9500	1.6449	60.95	1.6449	4.2238	68.29	1.8658	63.70	1.6571	61.10	1.2887	4.10	60.30	61.10
30	0.9667	1.8339	63.30	1.8339	4.2898	72.96	2.1887	67.70	1.8509	63.51	1.3692	4.13	62.02	63.51
50	0.9800	2.0537	66.03	2.0537	4.3667	78.78	2.5923	72.72	2.0769	66.32	1.4525	4.16	63.85	66.32
100	0.9900	2.3263	69.41	2.3263	4.4620	86.66	3.1367	79.48	2.3582	69.81	1.5414	4.19	65.86	69.81

Tabla 34: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

PRECIPITACIONES MAXIMAS ANUALES EN 24 HORAS					
Tr	10	20	30	50	100
E1	56.50	61.10	63.51	66.32	69.81
E2	53.49	61.53	66.37	72.68	81.67
E3	47.70	51.46	53.41	55.69	58.51
E4	65.98	76.01	81.82	89.13	99.11
E5	62.51	70.46	74.99	80.63	88.20
E6	72.38	80.59	85.08	90.50	97.52
E7	96.16	116.64	128.66	143.88	164.68
E8	42.61	48.34	51.62	55.71	61.24
E9	43.82	50.13	53.76	58.30	64.43
E10	74.62	87.56	95.24	105.07	118.81

Tabla 35: Resumen de las máximas precipitaciones anuales en 24 horas de las 10 estaciones para cada periodo de retorno.

Fuente: Elaboración propia.

Precipitación Media de la Cuenca

Cuando se quiere realizar el modelo de precipitación-escorrentía, se tiene que conocer la precipitación de diseño, precipitación media o a real de la cuenca para cada uno de los periodos de retorno, y la información que nos proporcionan las estaciones meteorológicas es en puntos determinados.

Por ende, es necesario calcular la precipitación media de la cuenca, existen muchos métodos, pero el que se uso es el método de las Isoyetas mediante el software ArcGIS, usando el proceso de la interpolación y así se obtuvo valores de precipitación en todas las zonas de la cuenca.

Es necesario mencionar que la cuenca se dividió en el ArcGIS en subcuenca alta, media y baja, cada área de las subcuencas es proporcionales.

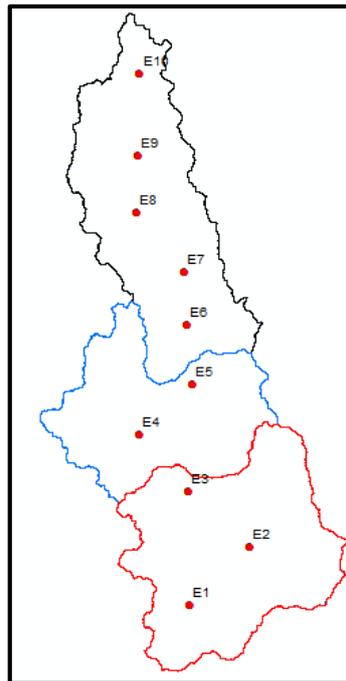


Figura N° 34: Subcuencas en la cuenca del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Ya trabajado las isoyetas en el ArcGIS para cada uno de los periodos de retorno y para la cuenca alta, media y baja, se usa una hoja de Excel para plasmar la información de las cotas de las subcuencas para determinados periodos de retorno, en este caso 10, 20, 30 50 y 100 años.

El software ArcGIS nos brinda diversos métodos de interpolación, el método de interpolación que se seleccionó es la del IDW (Distancia Inversa ponderada), que consiste en que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra. Este proceso se realizó para los periodos de retorno mencionado anteriormente (Anexo N°06).

Cálculo Ppond_Isoyetas_Kriging				
Tr	P(X>x)	Ppond_SB1	Ppond_SB2	Ppond_SB3
10	0.100	63.53	60.88	57.64
20	0.050	73.11	70.56	65.60
30	0.033	78.74	77.01	70.65
50	0.020	87.25	84.04	71.05
100	0.010	97.13	92.41	76.51

Tabla 36: Precipitaciones ponderadas de la cuenca alta, media y baja, para cada periodo de retorno.

Fuente: Elaboración propia.

Elaboración de Curvas IDF

Cuando se realiza un estudio hidrológico de una cuenca, es necesario conocer el evento o los eventos de lluvia que se van a usar. Para ello se hace uso de un evento que involucra la relación

entre intensidad de lluvia y la duración de esta, como también con qué frecuencia o periodo de retorno se dan.

Ha esta relación de la conoce como curvas IDF, para determinarlas se hace uso de la información pluviométrica máxima en 24 horas correspondientes para cada periodo de retorno.

Para determinar las curvas IDF para cada una de las subcuencas se utilizó el método de Dyck y Peschke, elaborando una tabla con los distintos tiempos de duración, siendo estos; 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 120, 240, 120, 360, 420, 480, 600, 660, 720 y 1440.

SB1						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (años)				
Hr	min	10	20	30	50	100
0.17	10.00	18.34	21.10	22.73	25.19	28.04
0.33	20.00	21.81	25.10	27.03	29.95	33.34
0.50	30.00	24.14	27.77	29.91	33.15	36.90
0.67	40.00	25.94	29.85	32.14	35.62	39.65
0.83	50.00	27.42	31.56	33.99	37.66	41.93
1.00	60.00	28.70	33.03	35.57	39.42	43.88
1.50	90.00	31.76	36.55	39.37	43.63	48.56
2.00	120.00	34.13	39.28	42.30	46.88	52.18
4.00	240.00	40.59	46.71	50.31	55.75	62.06
6.00	360.00	44.92	51.69	55.67	61.70	68.68
7.00	420.00	46.69	53.72	57.86	64.12	71.38
8.00	480.00	48.27	55.55	59.83	66.30	73.80
10.00	600.00	51.04	58.74	63.26	70.10	78.03
11.00	660.00	52.27	60.15	64.78	71.79	79.92
12.00	720.00	53.42	61.47	66.21	73.37	81.67
24.00	1440.00	63.53	73.11	78.74	87.25	97.13

Tabla 37: Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla nos muestra las precipitaciones de diseño para un tiempo menores a 24 horas. Se usa la siguiente fórmula:

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

Se usó el mismo método y procedimiento para las otras estaciones. Luego realizamos el cálculo de intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas.

SB1						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (años)				
Hr	min	10	20	30	50	100
0.17	10	110.04	126.62	136.37	151.13	168.23
0.33	20	65.43	75.29	81.09	89.86	100.03
0.50	30	48.27	55.55	59.83	66.30	73.80
0.67	40	38.90	44.77	48.22	53.43	59.48
0.83	50	32.91	37.87	40.79	45.20	50.31
1.00	60	28.70	33.03	35.57	39.42	43.88
1.50	90	21.18	24.37	26.25	29.08	32.38
2.00	120	17.07	19.64	21.15	23.44	26.09
4.00	240	10.15	11.68	12.58	13.94	15.51
6.00	360	7.49	8.62	9.28	10.28	11.45
7.00	420	6.67	7.67	8.27	9.16	10.20
8.00	480	6.03	6.94	7.48	8.29	9.22
10.00	600	5.10	5.87	6.33	7.01	7.80
11.00	660	4.75	5.47	5.89	6.53	7.27
12.00	720	4.45	5.12	5.52	6.11	6.81
24.00	1440	2.65	3.05	3.28	3.64	4.05

Tabla 38: Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos calculados de las intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas, se obtuvieron datos necesarios para llevar a cabo el cálculo de la intensidad máxima para cada uno de los periodos de 10, 20, 30, 50 y 100 años. Con todos estos datos se creará las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia, utilizando la siguiente fórmula:

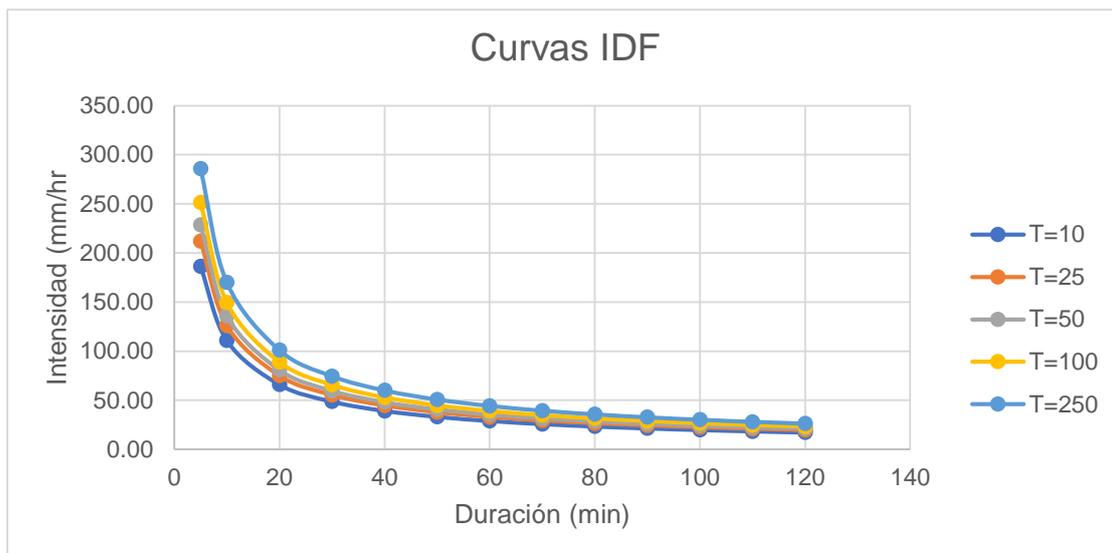
$$I = \frac{KT^m}{d^n}$$

Se realizaron los cálculos para las 3 subcuencas establecidas y para la subcuenca SB-1 los valores de sus coeficientes fueron: $K = 406.83$, $m = 0.185$ y $n = 0.75$, se reemplazaron los valores y se obtuvieron los datos que ayudaron a la elaboración de las curvas IDF.

Duración (t) minutos	Período de Retorno (T) en años				
	10	20	30	50	100
5	186.50	212.09	228.66	251.38	285.87
10	110.89	126.11	135.96	149.47	169.98
20	65.94	74.98	80.84	88.88	101.07
30	48.65	55.32	59.64	65.57	74.57
40	39.21	44.59	48.07	52.85	60.10
50	33.16	37.72	40.66	44.70	50.84
60	28.93	32.90	35.46	38.99	44.34
70	25.77	29.30	31.59	34.73	39.50
80	23.31	26.51	28.58	31.42	35.73
90	21.34	24.27	26.17	28.77	32.71
100	19.72	22.43	24.18	26.58	30.23
110	18.36	20.88	22.51	24.75	28.14
120	17.20	19.56	21.09	23.18	26.36

Tabla 39: Intensidades máximas (mm/h) – SB-1.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 5: Curvas IDF – El.

Fuente: Elaboración propia.

Hietograma de Diseño

El hietograma de diseño se calculó haciendo uso de las curvas IDF y se aplicó el método del Bloque Alterno a las máximas precipitaciones anuales de 24 horas. Este proceso se aplicó a las 3 subcuencas y se obtuvieron unas tablas con las intensidades y duraciones cada 1 hora.

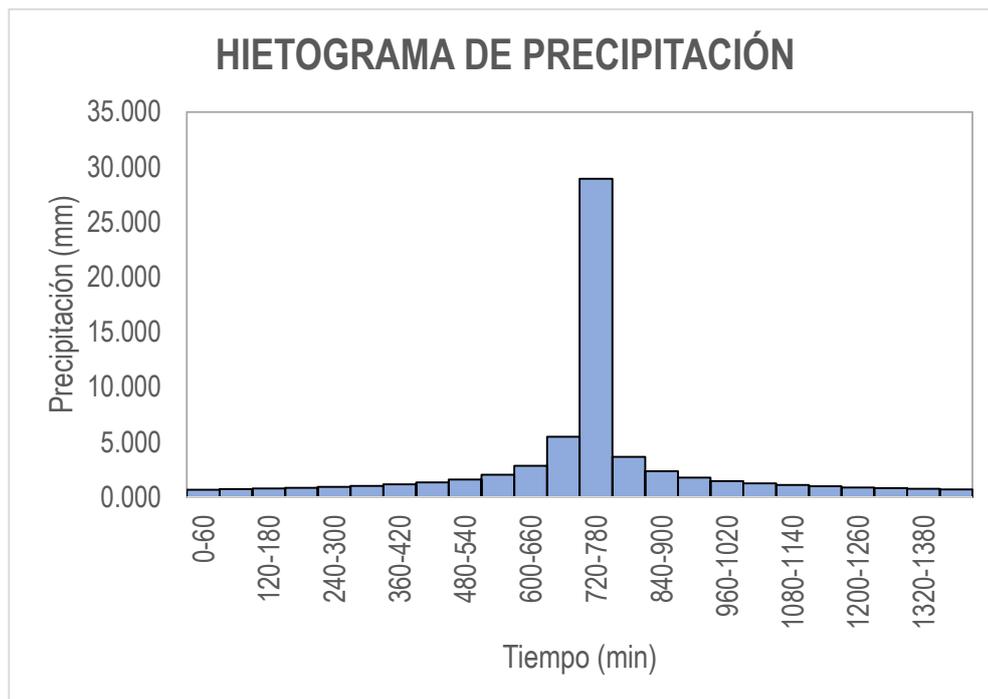
METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDA INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	28.93	28.93	28.93	0-60	0.678
120	17.20	34.40	5.47	60-120	0.724
180	12.69	38.07	3.67	120-180	0.779
240	10.23	40.91	2.84	180-240	0.845
300	8.65	43.25	2.35	240-300	0.926
360	7.55	45.27	2.02	300-360	1.027
420	6.72	47.05	1.78	360-420	1.158
480	6.08	48.65	1.60	420-480	1.337
540	5.57	50.10	1.45	480-540	1.597
600	5.14	51.44	1.34	540-600	2.017
660	4.79	52.68	1.24	600-660	2.839
720	4.49	53.84	1.16	660-720	5.473
780	4.23	54.93	1.09	720-780	28.926
840	4.00	55.95	1.03	780-840	3.670
900	3.80	56.93	0.97	840-900	2.347
960	3.62	57.85	0.93	900-960	1.779
1020	3.46	58.74	0.88	960-1020	1.454
1080	3.31	59.58	0.85	1020-1080	1.240
1140	3.18	60.39	0.81	1080-1140	1.088
1200	3.06	61.17	0.78	1140-1200	0.973
1260	2.95	61.92	0.75	1200-1260	0.883
1320	2.85	62.65	0.72	1260-1320	0.811
1380	2.75	63.35	0.70	1320-1380	0.751
1440	2.67	64.02	0.68	1380-1440	0.700

Tabla 40: Hietograma de diseño para periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se puede observar que la intensidad de 2.67 mm/hr es para una duración de 24 horas y que tiene una precipitación acumulada de 64.02 mm. En este caso se usó en intervalos de 60 min y para un periodo de retorno de 10 años.

Los datos de la última columna son las precipitaciones alternadas, las cuales se usaron para la elaboración del hietograma, posteriormente se observa la gráfica del hietograma para un periodo de retorno de 10 años, y dejando mención que las tablas y gráficos de los otros periodos de retorno estarán en Anexo N°08.



Gráfica N° 6: Hietograma de precipitación de un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

DURACION	PRECIPITACION (mm)		
	min	SB1	SB2
60	0.678	0.655	0.629
120	0.724	0.700	0.673
180	0.779	0.754	0.724
240	0.845	0.817	0.785
300	0.926	0.895	0.860
360	1.027	0.993	0.954
420	1.158	1.120	1.076
480	1.337	1.293	1.242
540	1.597	1.544	1.484
600	2.017	1.950	1.874
660	2.839	2.744	2.637
720	5.473	5.291	5.083
780	28.926	27.965	26.867
840	3.670	3.548	3.409
900	2.347	2.269	2.180
960	1.779	1.720	1.652
1020	1.454	1.405	1.350
1080	1.240	1.199	1.152
1140	1.088	1.052	1.011
1200	0.973	0.941	0.904
1260	0.883	0.854	0.821
1320	0.811	0.784	0.753
1380	0.751	0.726	0.697
1440	0.700	0.677	0.650

Tabla 41: Hietograma de la cuenca en un periodo de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

DURACION	PRECIPITACION (mm)		
	min	SB1	SB2
60	0.771	0.743	0.683
120	0.824	0.795	0.730
180	0.886	0.855	0.785
240	0.961	0.927	0.852
300	1.053	1.016	0.933
360	1.168	1.127	1.035
420	1.317	1.271	1.167
480	1.521	1.467	1.347
540	1.816	1.752	1.609
600	2.294	2.213	2.032
660	3.228	3.114	2.860
720	6.224	6.004	5.514
780	32.895	31.731	29.144
840	4.173	4.026	3.697
900	2.669	2.574	2.365
960	2.023	1.951	1.792
1020	1.653	1.595	1.465
1080	1.411	1.361	1.250
1140	1.237	1.194	1.096
1200	1.107	1.068	0.981
1260	1.005	0.969	0.890
1320	0.922	0.889	0.817
1380	0.854	0.823	0.756
1440	0.796	0.768	0.705

Tabla 42: Hietograma de la cuenca en un periodo de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

DURACION	PRECIPITACION (mm)		
	min	SB1	SB2
60	0.831	0.800	0.716
120	0.888	0.856	0.765
180	0.956	0.921	0.824
240	1.036	0.998	0.893
300	1.135	1.094	0.978
360	1.259	1.213	1.085
420	1.420	1.368	1.224
480	1.639	1.579	1.413
540	1.958	1.886	1.688
600	2.473	2.382	2.131
660	3.480	3.353	3.000
720	6.710	6.464	5.783
780	35.465	34.164	30.564
840	4.499	4.334	3.878
900	2.877	2.772	2.480
960	2.181	2.101	1.879
1020	1.782	1.717	1.536
1080	1.521	1.465	1.311
1140	1.334	1.285	1.150
1200	1.193	1.150	1.029
1260	1.083	1.043	0.934
1320	0.994	0.958	0.857
1380	0.920	0.887	0.793
1440	0.858	0.827	0.740

Tabla 43: Hietograma de la cuenca en un periodo de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

DURACION	PRECIPITACION (mm)		
	min	SB1	SB2
60	0.913	0.878	0.760
120	0.976	0.939	0.813
180	1.051	1.010	0.874
240	1.139	1.096	0.948
300	1.248	1.200	1.039
360	1.384	1.331	1.152
420	1.562	1.502	1.300
480	1.802	1.733	1.500
540	2.153	2.070	1.792
600	2.719	2.615	2.263
660	3.826	3.680	3.185
720	7.377	7.095	6.140
780	38.989	37.497	32.452
840	4.946	4.757	4.117
900	3.163	3.042	2.633
960	2.398	2.306	1.996
1020	1.960	1.885	1.631
1080	1.672	1.608	1.392
1140	1.467	1.411	1.221
1200	1.312	1.262	1.092
1260	1.191	1.145	0.991
1320	1.093	1.051	0.910
1380	1.012	0.973	0.842
1440	0.944	0.908	0.785

Tabla 44: Hietograma de la cuenca en un periodo de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

DURACION	PRECIPITACION (mm)		
	min	SB1	SB2
60	1.039	0.997	0.825
120	1.110	1.065	0.881
180	1.195	1.146	0.948
240	1.296	1.243	1.029
300	1.419	1.362	1.127
360	1.574	1.511	1.250
420	1.776	1.704	1.410
480	2.050	1.967	1.627
540	2.448	2.349	1.944
600	3.092	2.967	2.455
660	4.351	4.175	3.455
720	8.389	8.050	6.660
780	44.339	42.546	35.201
840	5.625	5.398	4.466
900	3.597	3.452	2.856
960	2.726	2.616	2.165
1020	2.228	2.138	1.769
1080	1.901	1.824	1.509
1140	1.668	1.601	1.324
1200	1.492	1.432	1.185
1260	1.354	1.299	1.075
1320	1.243	1.193	0.987
1380	1.151	1.104	0.914
1440	1.073	1.030	0.852

Tabla 45: Hietograma de la cuenca en un periodo de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

Modelamiento con HEC-HMS

Para llevar a cabo el modelado en el software HEC – HMS se tiene que realizar el cálculo del Número de Curva (CN) y el tiempo de concentración de cada subcuenca, en este caso para la subcuenca Alta, Media y Baja.

El método que mejor se ajusta para el presente trabajo es el SCS (Soil conservation Service), en base al número de curva característico, calculado a partir del tipo de suelos y la cobertura vegetal de la cuenca.

Los valores del Número de Curva se calcularon tomando en cuenta la guía “Generación del Mapa Temático Número de Curva” que nos proporciona la Autoridad Nacional del Agua.

La ANA nos brinda mapas raster de Número de Curvas para tres tipos de condiciones: condiciones Normales, condiciones Secas y condiciones Húmedas. Con ayuda del ArcGIS, se extrajo los datos que se requieren para la cuenca del río Huancabamba, mencionando que se trabajó con el mapa del Número de Curva en condiciones normales.

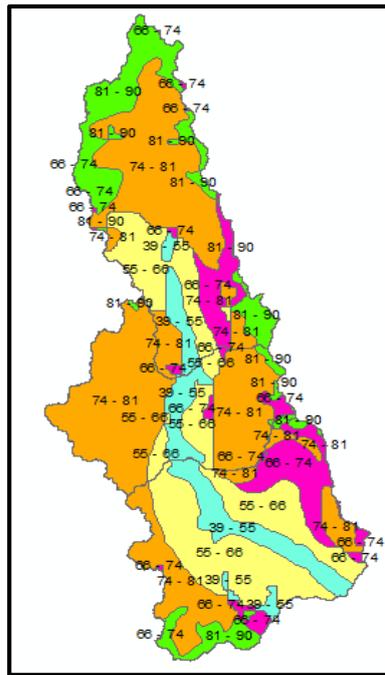


Figura N° 35: Elaboración del mapa de Número de Curva de la cuenca del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

En el software ArcGIS se continuó trabajando para calcular los CN ponderados para las condiciones normales y para cada una de las subcuencas.

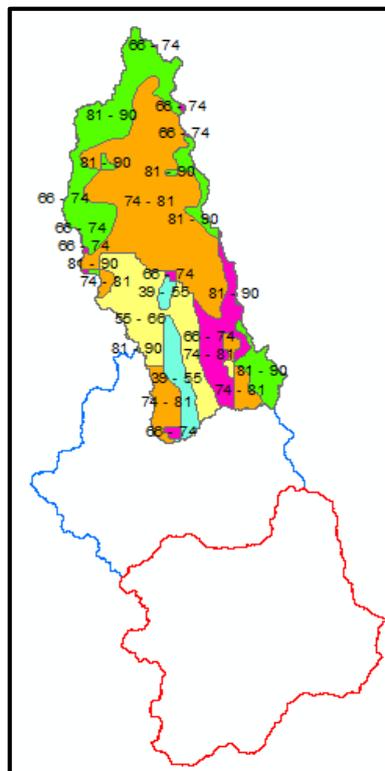


Figura N° 36: Mapa de Número de Curva de la subcuenca Alta en condiciones Normales.

Fuente: Elaboración propia.

	Ncinf	Ncsup	Ncprom.	Area (km2)	Ncprom.*A
SB-1	39	55	47.00	72.17	3392.080
	55	66	70.00	225.86	15810.153
	66	74	60.50	120.84	7310.648
	74	81	77.50	589.76	45706.464
	81	90	85.50	329.36	28160.120
	SUMA		1337.99	100379.464	
			Ncpond.		75.02

Tabla 46: Cálculo del CN en la subcuenca Alta para condiciones Normales.

Fuente: Elaboración propia.

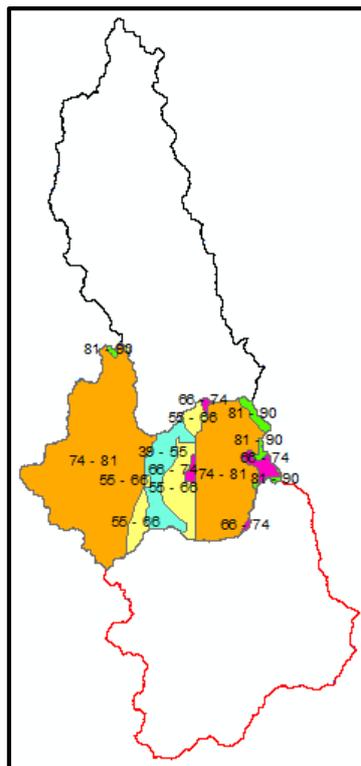


Figura N° 37: Mapa de Número de Curva de la subcuenca Media en condiciones Normales.

Fuente: Elaboración propia.

	Ncinf	Ncsup	Ncprom.	Area (km2)	Ncprom.*A
SB-2	39	55	47.00	81.07	3810.384
	55	66	60.50	109.60	6630.772
	66	74	70.00	27.85	1949.155
	74	81	77.50	719.42	55755.401
	81	90	85.50	22.45	1919.360
	SUMA		960.39	70065.072	
			Ncpond.		72.95

Tabla 47: Cálculo del CN en la subcuenca Media para condiciones Normales.

Fuente: Elaboración propia.

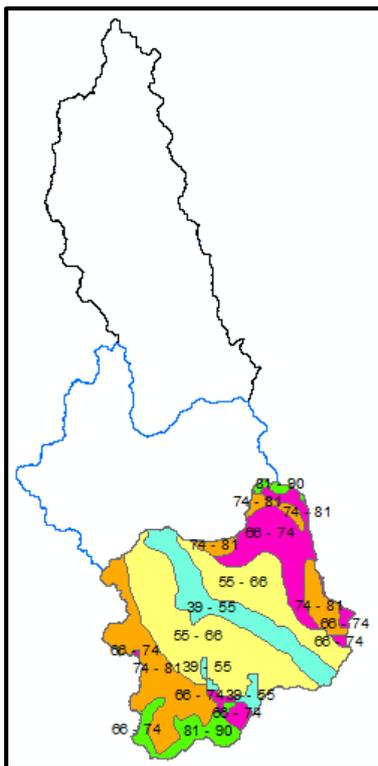


Figura N° 38: Mapa de Número de Curva de la subcuenca Baja en condiciones Normales.

Fuente: Elaboración propia.

	Ncinf	Ncsup	Ncprom.	Area (km2)	Ncprom.*A
SB-3	39	55	47.00	190.12	8935.534
	55	66	60.50	539.33	32629.223
	66	74	70.00	204.64	14325.018
	74	81	77.50	298.12	23104.038
	81	90	85.50	92.65	7921.471
	SUMA			1324.85	86915.284
	Ncpond.				65.60

Tabla 48: Cálculo del CN en la subcuenca Baja para condiciones Normales.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de tener los valores de CN para cada subcuenca y periodos de retorno, se procederá a calcular los tiempos de concentración y el Lag Time, los cuales serán introducciones al HEC – HMS.

Subbasin	TC					Lag Time (MIN)
	Kirpich	California	Giandotti	Temez	SCS	
SB -1	8.94	9.62	7.87	7.95	14.41	366.49
SB -2	4.09	3.29	3.93	4.08	6.42	191.28
SB -3	6.33	5.75	5.16	6.12	12.48	269.00

Tabla 49: Cuadro de las subcuencas y su tiempo de concentración.

Fuente: Elaboración propia.

También se realizaron cálculos del tiempo de concentración y el Lag Time (Tiempo de retraso) de los tramos, ya que esos datos son necesarios para el modelado en el software HEC – HMS, el tiempo de concentración se calculó con el método de Kirpich y el tiempo de retraso es Lag Time = $0.60 * T_c$.

Reach	Tc (HRS)	Lag Time (MIN)
T-1	5.04	181.40
T-2	9.98	359.32

Tabla 50: Cuadro de los tramos y su tiempo de concentración.

Fuente: Elaboración propia.

Después de tener todos los datos necesarios como CN, tiempo de concentración y tiempo de retraso, estos datos se ingresan al software HEC-HMS y se crea un moldeo hidrológico tal como se muestra en la siguiente imagen.

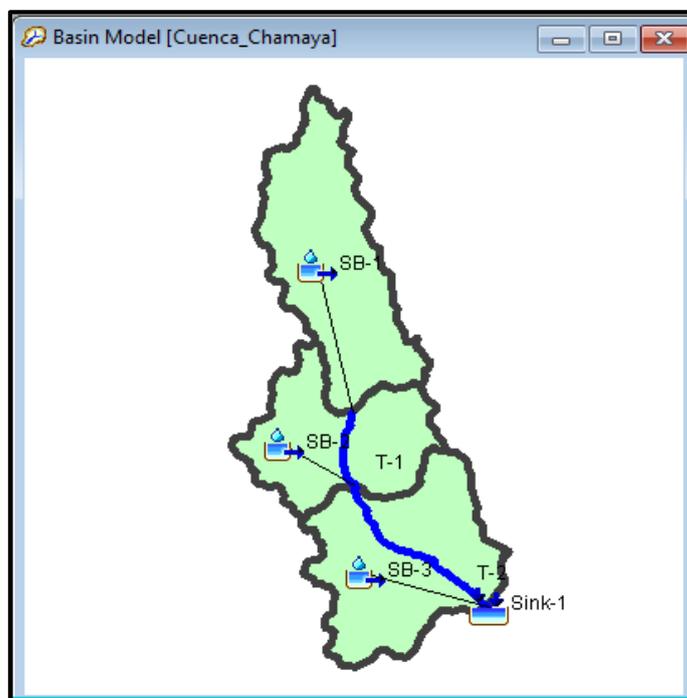


Figura N° 39: Modelo hidrológico de la cuenca del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Se corrió el modelo hidrológico y se obtuvieron los distintos caudales para periodos de retorno de 10., 20, 30, 50 y 100 años, los cuales son de 780.50 m³/s, 1034.10 m³/s, 1208.60 m³/s, 1459.20 m³/s y 1860.20 m³/s. También se obtuvieron los hidrogramas de diseño para cada periodo de retorno mencionados anteriormente.

Elemento Hidrológico	Área de Drenaje (Km2)	Caudal Máximo (m3/s)				
		TR-10	TR-20	TR-30	TR-50	TR-100
Cuenca (Sink-1)	3605.26	780.50	1034.10	1208.60	1459.20	1860.20

Tabla 51: Caudales máximos de la cuenca del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

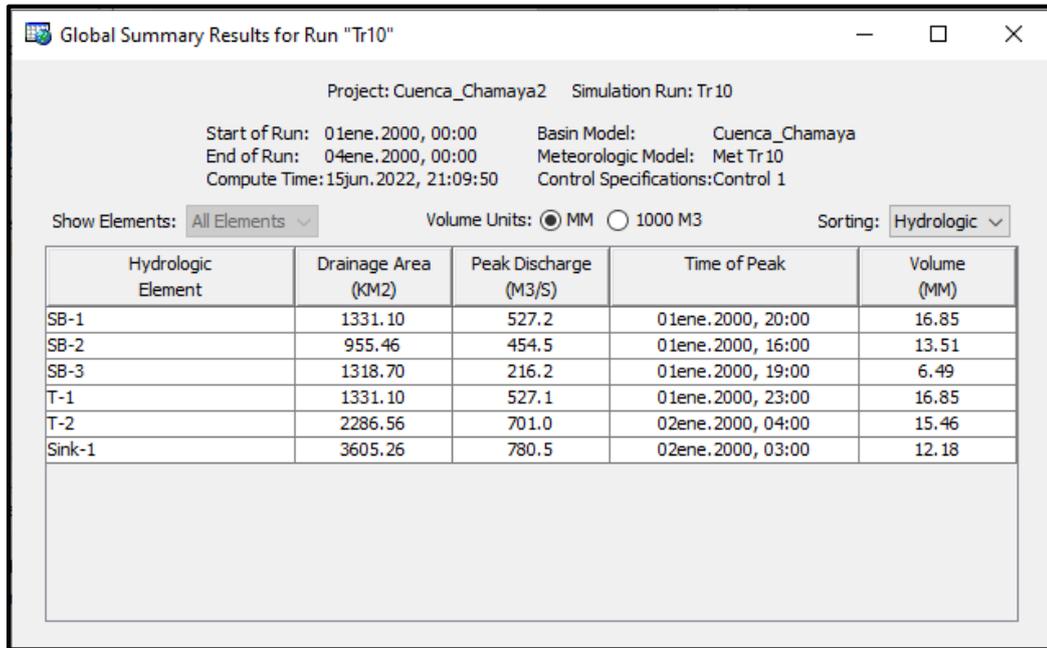
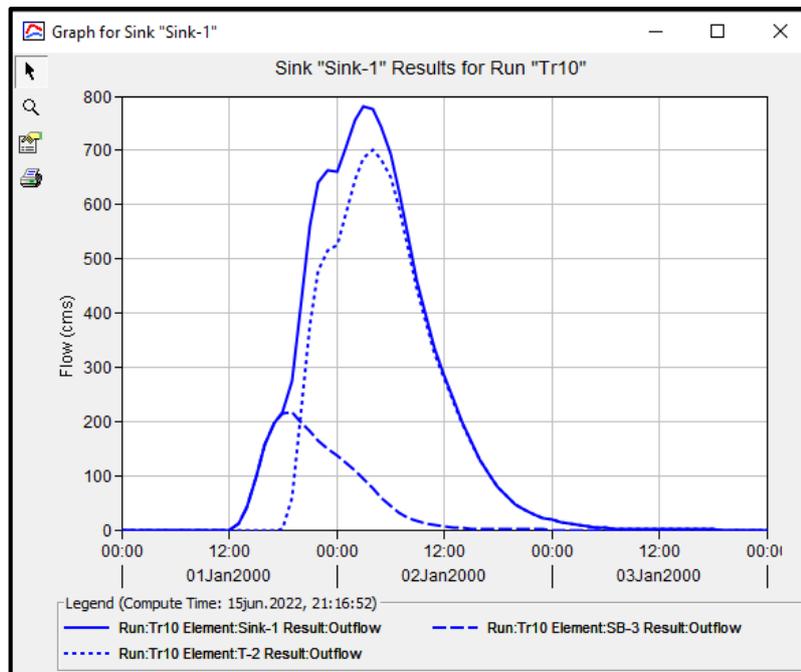


Figura N° 40: Caudales para TR=10 años de la cuenca, subcuencas y tramos.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 7: Hidrograma para un TR=10 años.

Fuente: Elaboración propia.

Global Summary Results for Run "Run Tr20"

Project: Cuenca_Chamaya2 Simulation Run: Run Tr20

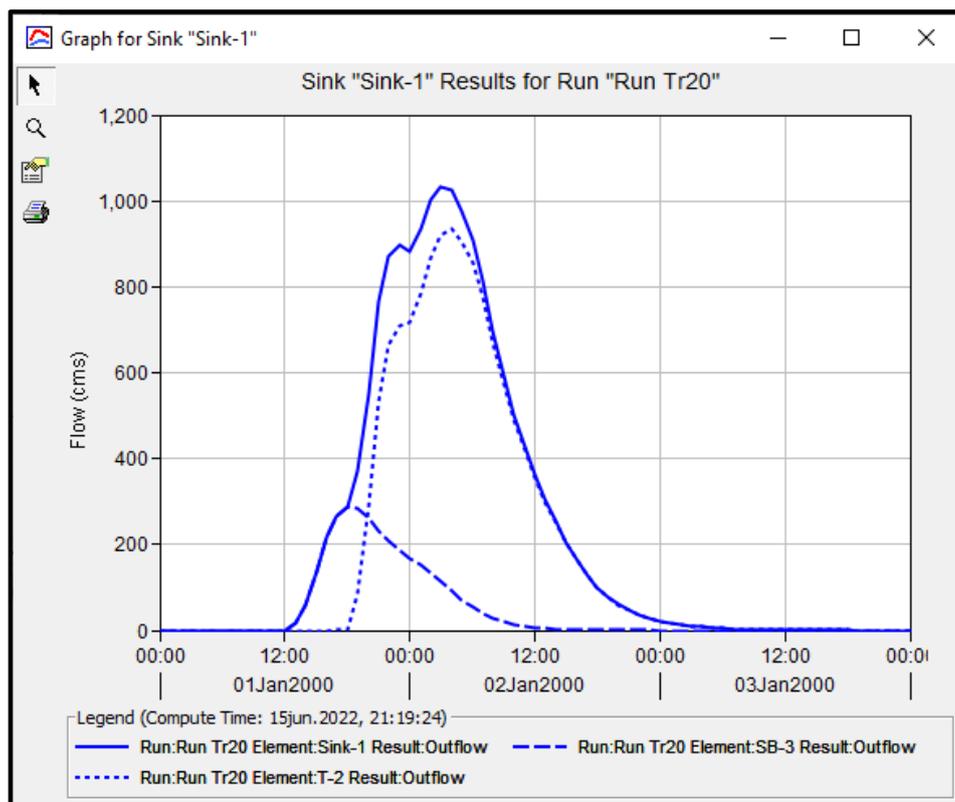
Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Cuenca_Chamaya
 End of Run: 04ene.2000, 00:00 Meteorologic Model: Met Tr20
 Compute Time: 15jun.2022, 21:20:07 Control Specifications: Control 1

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

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SB-1	1331.10	704.9	01ene.2000, 20:00	22.24
SB-2	955.46	632.2	01ene.2000, 16:00	18.15
SB-3	1318.70	287.0	01ene.2000, 18:00	8.38
T-1	1331.10	704.8	01ene.2000, 23:00	22.24
T-2	2286.56	933.5	02ene.2000, 04:00	20.53
Sink-1	3605.26	1034.1	02ene.2000, 03:00	16.09

Figura N° 41: Caudales para TR=20 años de la cuenca, subcuencas y tramos.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 8: Hidrograma para un TR=20 años.

Fuente: Elaboración propia.

Global Summary Results for Run "Run TR30"

Project: Cuenca_Chamaya2 Simulation Run: Run TR30

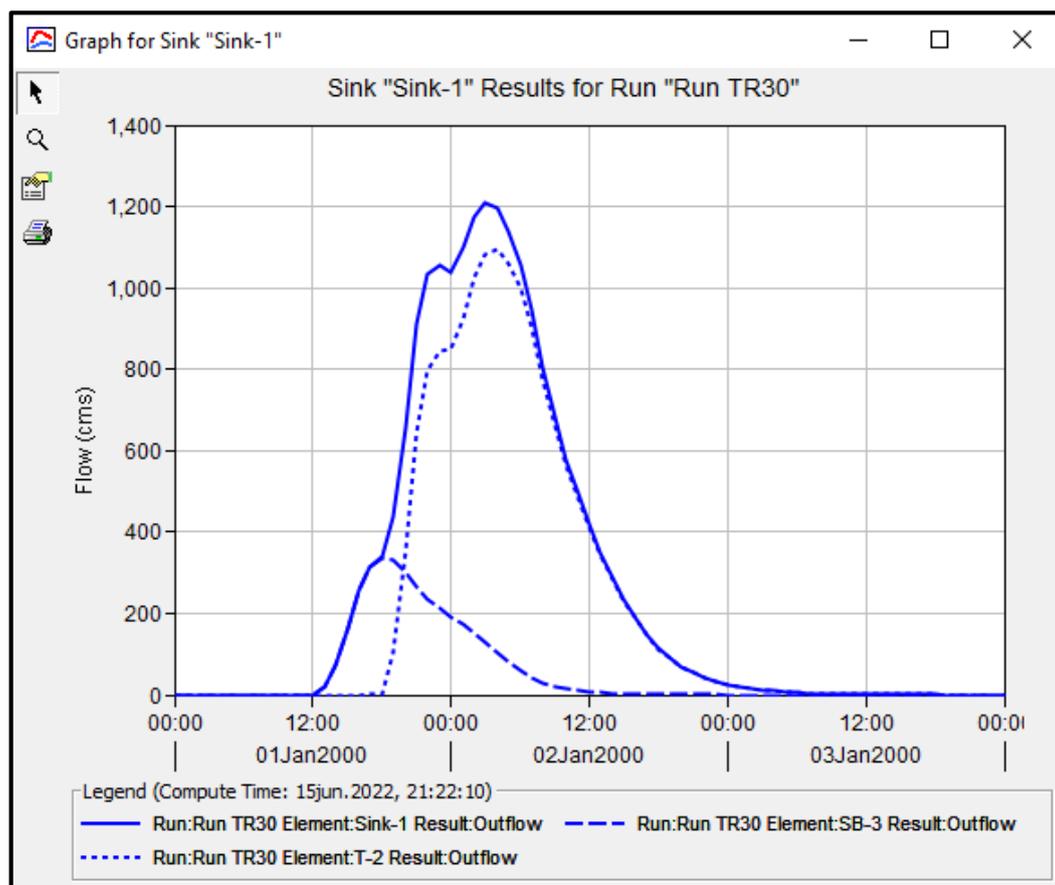
Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Cuenca_Chamaya
 End of Run: 04ene.2000, 00:00 Meteorologic Model: Met Tr30
 Compute Time: 15jun.2022, 21:22:10 Control Specifications:Control 1

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

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SB-1	1331.10	827.6	01ene.2000, 20:00	25.94
SB-2	955.46	756.7	01ene.2000, 16:00	21.36
SB-3	1318.70	336.3	01ene.2000, 18:00	9.66
T-1	1331.10	827.6	01ene.2000, 23:00	25.94
T-2	2286.56	1093.5	02ene.2000, 04:00	24.03
Sink-1	3605.26	1208.6	02ene.2000, 03:00	18.77

Figura N° 42: Caudales para TR=30 años de la cuenca, subcuencas y tramos.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 9: Hidrograma para un TR=30 años.

Fuente: Elaboración propia.

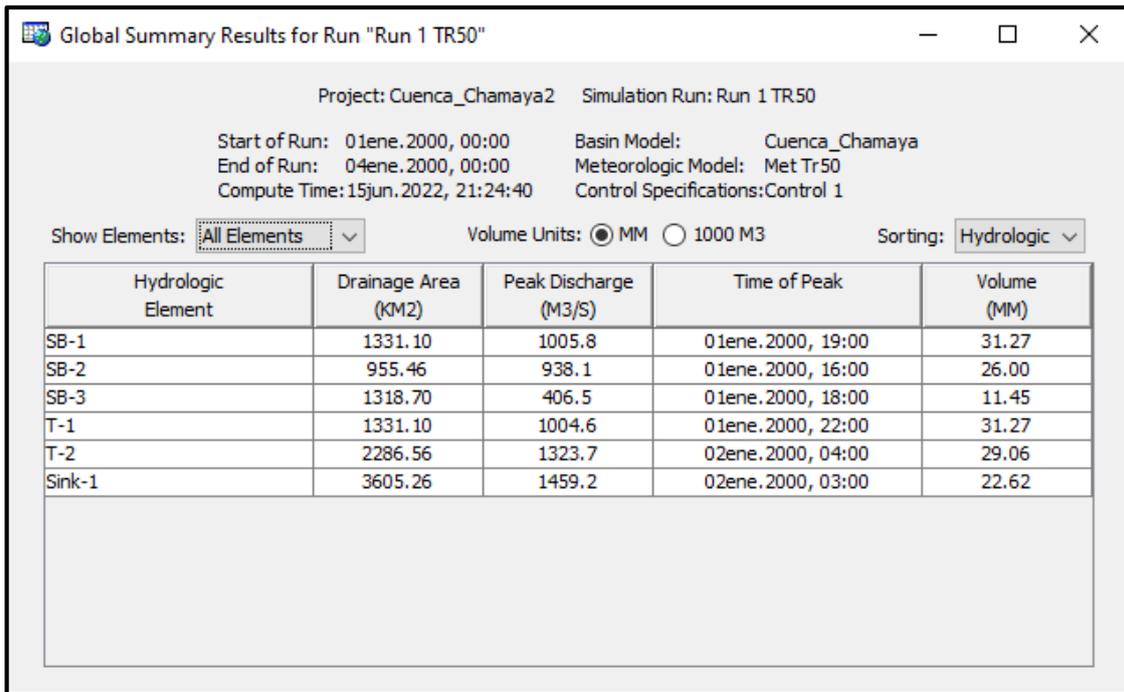
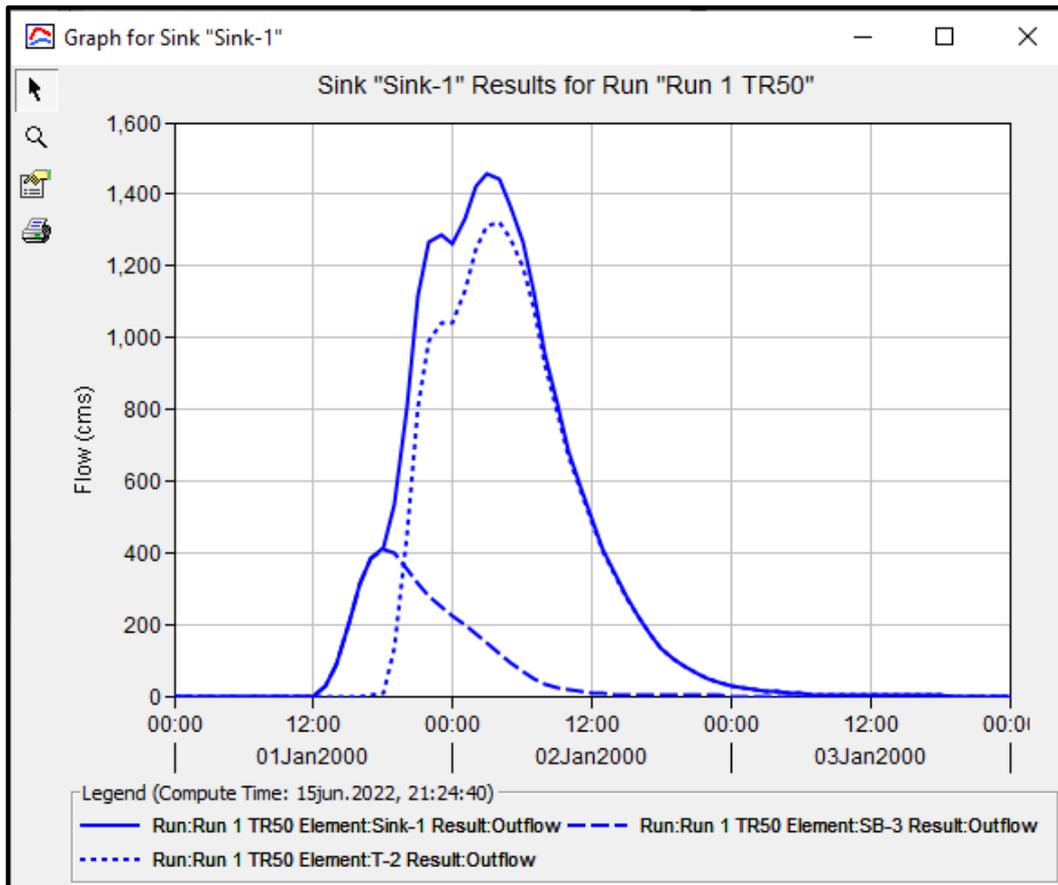


Figura N° 43: Caudales para TR=50 años de la cuenca, subcuencas y tramos.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 10: Hidrograma para un TR=50 años.

Fuente: Elaboración propia.

Global Summary Results for Run "Run 1 TR100"

Project: Cuenca_Chamaya2 Simulation Run: Run 1 TR.100

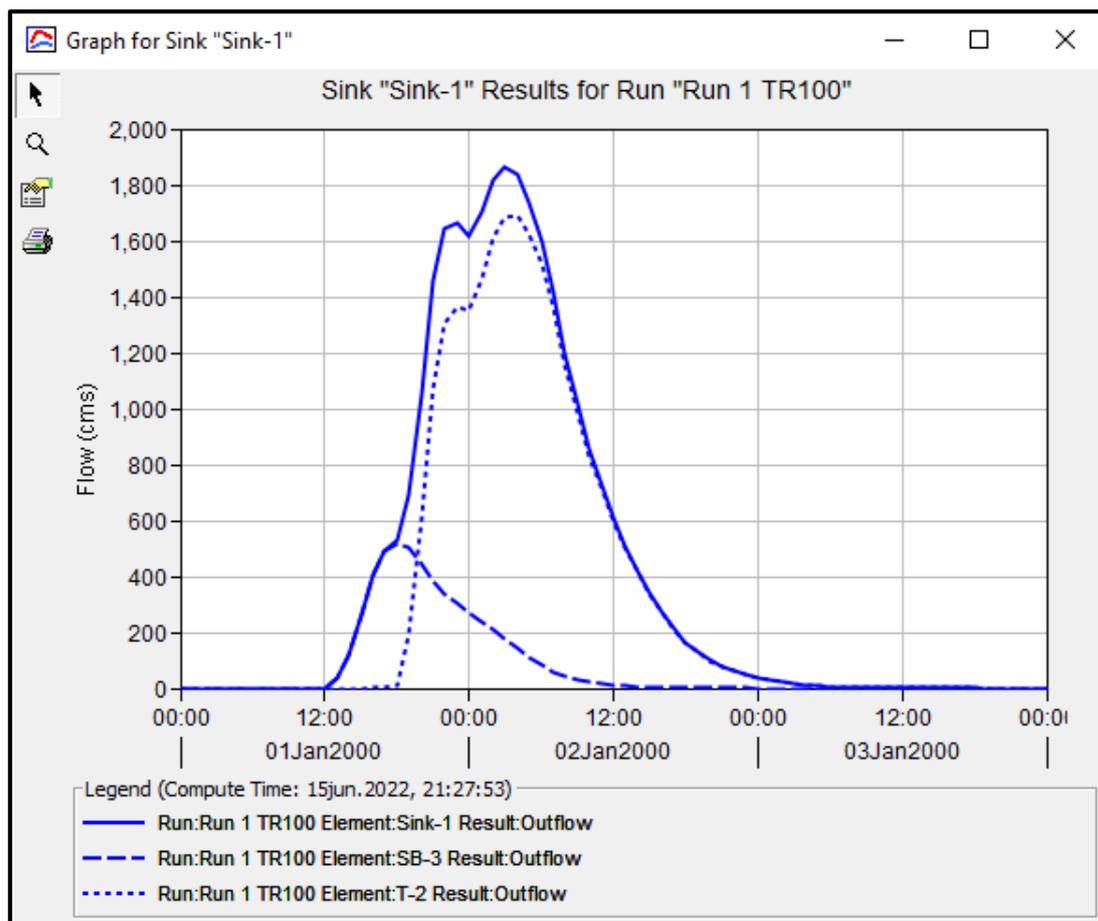
Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Cuenca_Chamaya
 End of Run: 04ene.2000, 00:00 Meteorologic Model: Met Tr100
 Compute Time: 15jun.2022, 21:27:53 Control Specifications: Control 1

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

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SB-1	1331.10	1296.0	01ene.2000, 19:00	39.79
SB-2	955.46	1233.3	01ene.2000, 16:00	33.48
SB-3	1318.70	517.7	01ene.2000, 18:00	14.25
T-1	1331.10	1294.6	01ene.2000, 22:00	39.79
T-2	2286.56	1692.1	02ene.2000, 04:00	37.15
Sink-1	3605.26	1860.2	02ene.2000, 03:00	28.78

Figura N° 44: Caudales para TR=100 años de la cuenca, subcuencas y tramos.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 11: Hidrograma para un TR=100 años.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se obtuvieron los caudales de la cuenca Chamaya, se procedió a calcular los nuevos caudales ya que a 25 km antes del tramo en estudio existe una presa llamada Limón la cual traslada el agua del río Huancabamba hacia la ciudad de Olmos. Para el cálculo de los nuevos caudales que se usaran para el modelo hidráulico se usó el método de Muskingum [26], lo que nos permitirá de este verificar la atenuación del Hidrograma por el efecto del vaso de la presa.

La fórmula de Muskingum es la siguiente:

$$O_i = C_0 I_i + C_1 I_{i-1} + C_2 O_{i-1}$$

donde: I_{i-1} , O_{i-1} = Caudales de entrada y salida al final del Δ tiempo anterior

I_i , O_i = Caudales de entrada y salida tras este Δ tiempo

$$C_0 = (-KX + 0,5 \Delta t) / (K - KX + 0,5 \Delta t)$$

$$C_1 = (KX + 0,5 \Delta t) / (K - KX + 0,5 \Delta t)$$

$$C_2 = (K - KX - 0,5 \Delta t) / (K - KX + 0,5 \Delta t)$$

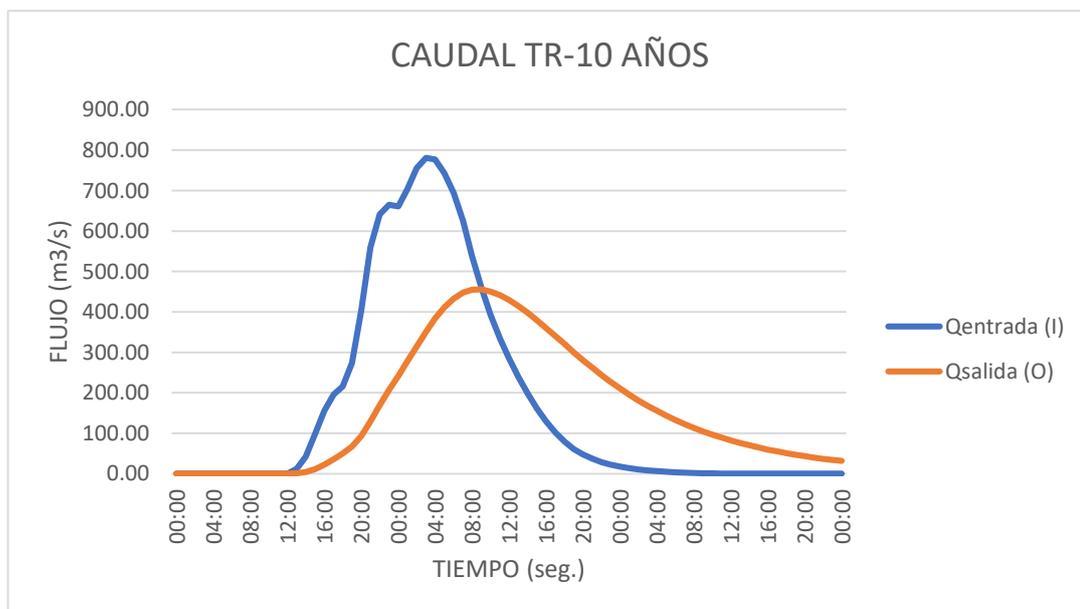
K , X = constantes que dependen de cada tramo de cauce

Aplicando el método se obtuvo que los caudales atenuados son de 455.35 m³/s, 603.28 m³/s, 705.35 m³/s, 851.95 m³/s y 1086.64 m³/s para los periodos de retorno de 10, 20, 30, 50 y 100 años respectivamente, a continuación, se mostraran los Hidrogramas atenuados.

Elemento Hidrológico	Área de Drenaje (Km ²)	Caudal Máximo (m ³ /s)				
		TR-10	TR-20	TR-30	TR-50	TR-100
Cuenca Chamaya	3605.26	455.35	603.28	705.35	851.95	1086.64

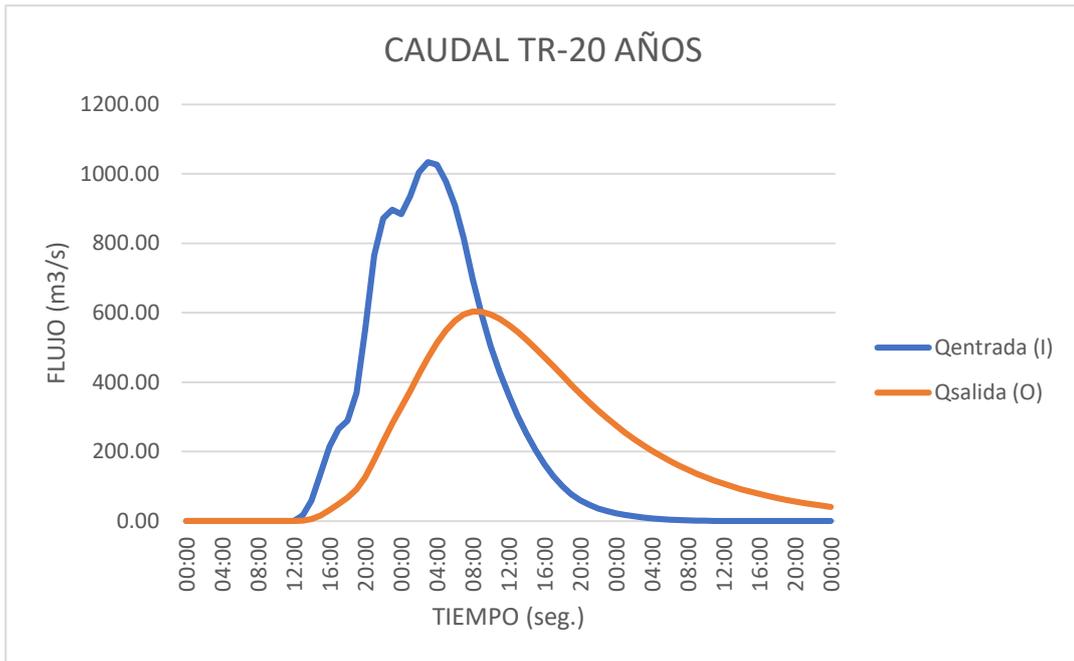
Tabla 52: Caudales atenuados para cada periodo de retorno.

Fuente: Elaboración propia.



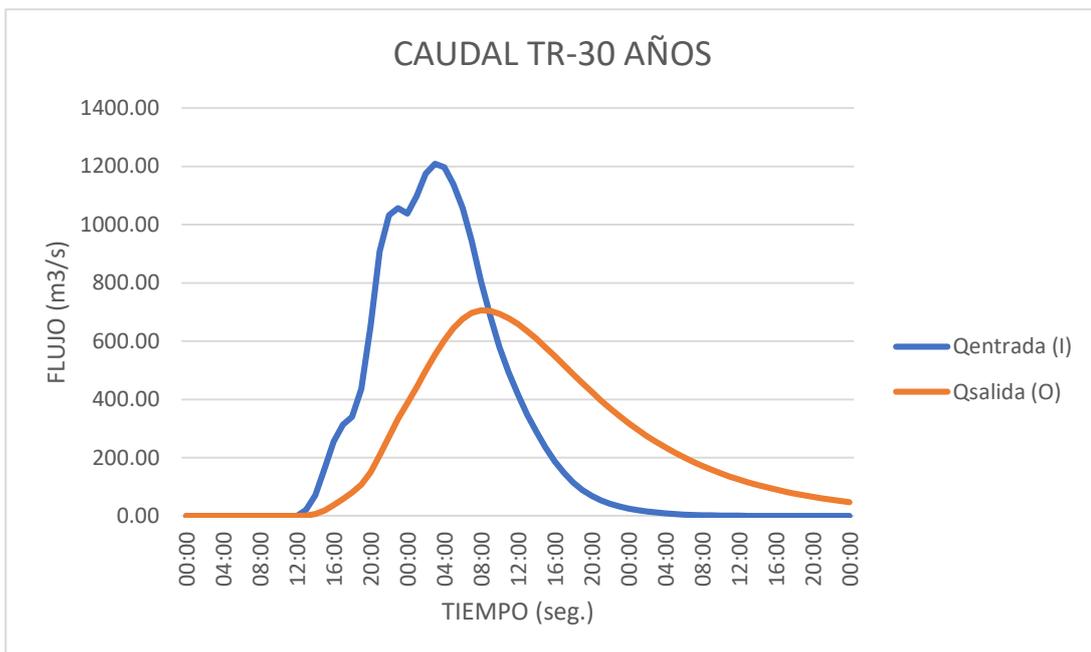
Gráfica N° 12: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.



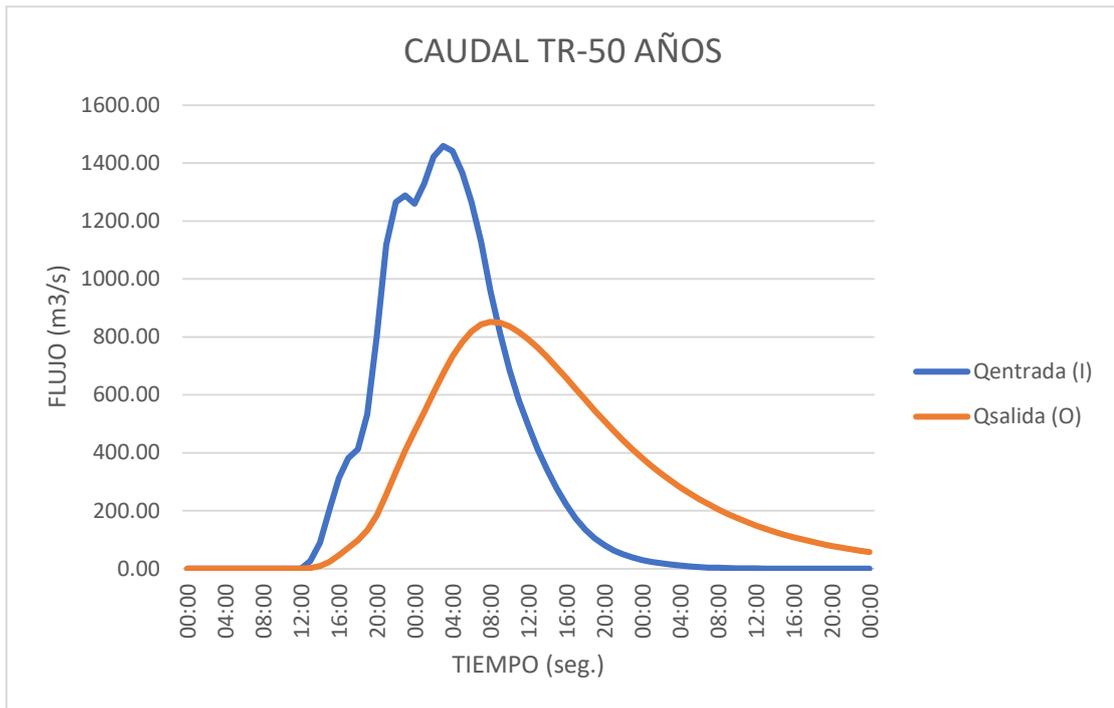
Gráfica N° 13: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.



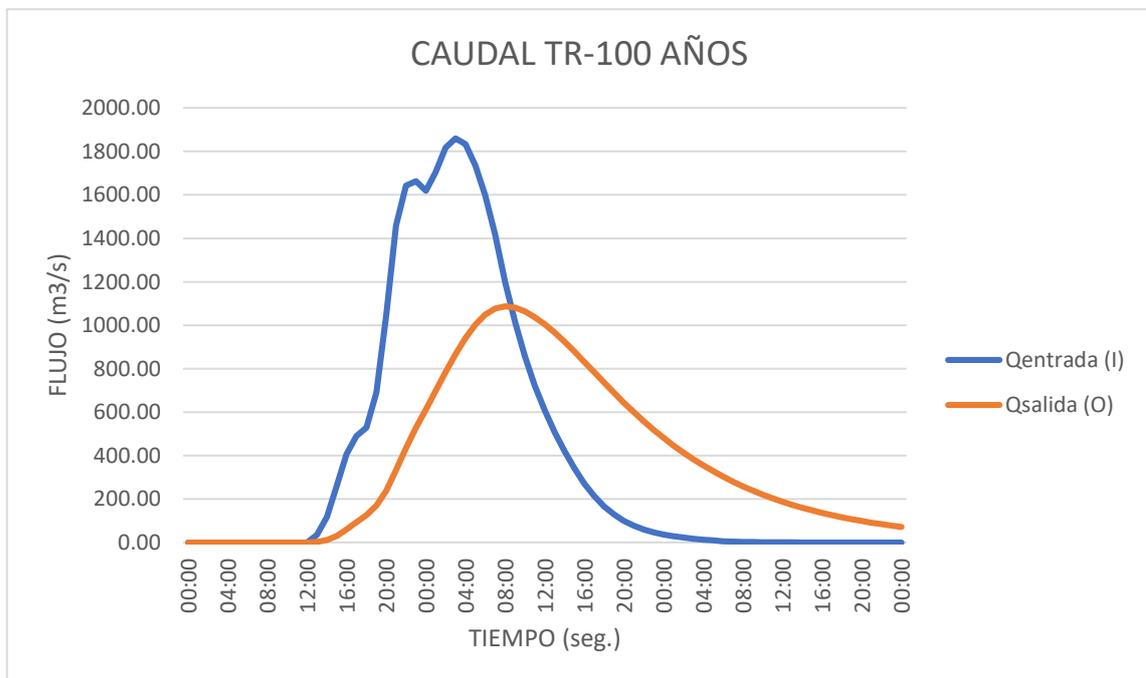
Gráfica N° 14: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 15: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 16: Hidrograma atenuado para un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

Estudio Hidráulico HEC-RAS

Creación de un Nuevo Proyecto

Para realizar el modelo hidráulico y así poder obtener el mapa de inundación se utilizó la extensión HEC-GEORAS, se usó el software ArcGIS, las cuales son desarrolladas por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del United States Army Corps of Engineers y el Environmental System Research /institute (ESRI).

Este software permite procesar datos georreferenciados bajo el entorno de los sistemas de información Geográfica (SIG), exportando un archivo a HEC-RAS, con datos geométricos del cauce del río, secciones transversales, la línea de flujo, mapas de inundación, etc.

Antes de iniciar el procesamiento de los datos geométricos en el HEC-GEORAS, se generó un DEM (modelo digital del terreno) en formato vectorial TIN (Trianguled Irregular Network) lo más detallado posible. Se utilizaron los datos del levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio, para generar un DEM a través del Software AutoCAD Civil 3D; plano de planta con curvas de nivel equidistantes a 1 metro.

Cabe mencionar que también se realizó la descarga de los DEM's de 5 m, ya que en el levantamiento topográfico solo se levantó el cauce del río y algunas zonas aledañas, y para tomar un ancho de 400 metros a ambos lados desde el eje del río, se vio por conveniente hacer uso de los DEM's de 5 m.

Al analizar que las cotas de ambos DEM's sean los correctos y sobre todo que sus coordenadas UTM sean las mismas, se exportaron al ArcGIS y se verificó que sus elevaciones y coordenadas UTM son las correctas. Para obtener el modelo digital que se usara en el modelo hidráulico, se usó el software ArcGIS, y con las herramientas se procesó a unir ambos modelos digitales (figura 45).

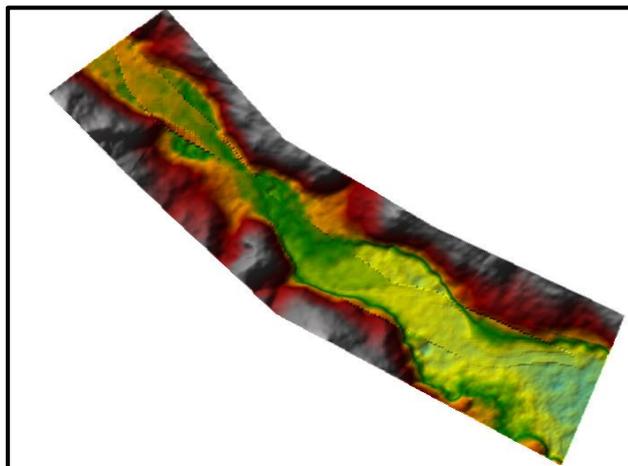


Figura N° 45: DEM del terreno en estudio usado para el modelo hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de tener el modelo digital, en el software HEC-RAS se crea un archivo y en el RAS Mapper se importa las coordenadas del terreno en estudio para luego exportar el creado con la herramienta TERRAIN. Después se crea la geometría donde se creó el cauce del río, los márgenes izquierdo y derecho (Bank Lines), se delimita la llanura inundación (Flow Panths).

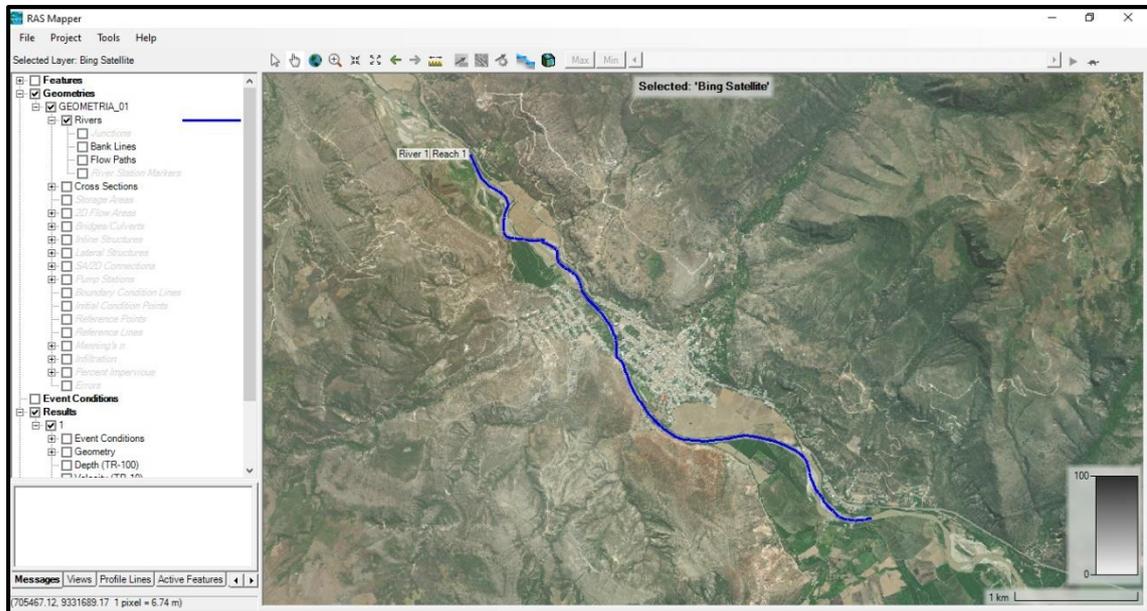


Figura N° 46: Eje del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

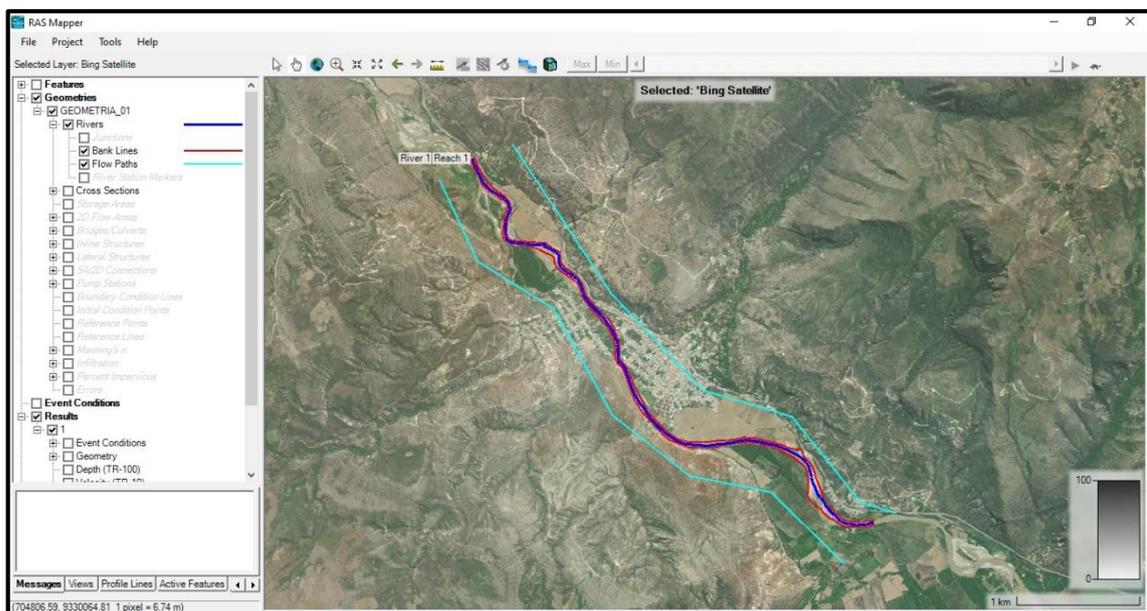


Figura N° 47: Márgenes del río (Black Lines) y llanura de inundación (Flow Panths).

Fuente: Elaboración propia.

Ya con el cauce y márgenes definidos, se creó las secciones transversales con la herramienta Cross Sections, las secciones están cada 75 metros y con una franja de 800 metros, es decir 400 metros a en ambos lados desde el eje del río.

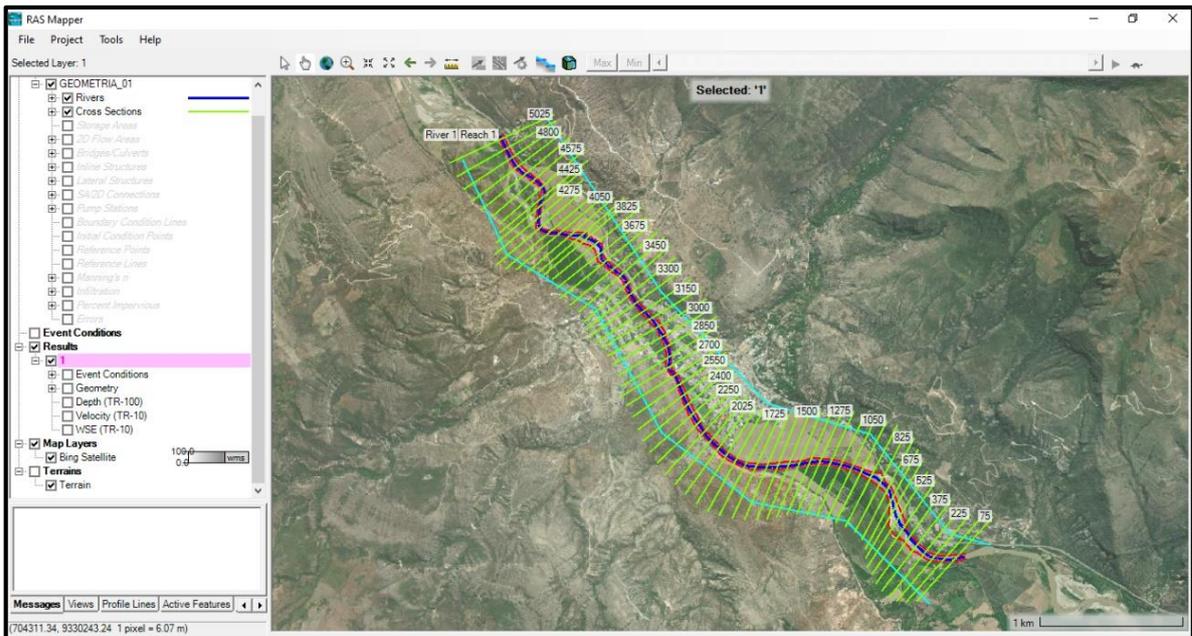


Figura N° 48: Secciones transversales del río Huancabamba cada 75 metros.

Fuente: Elaboración propia.

Editor de los Datos Geométricos

En esta ventana del HEC-RAS se definirá la geometría del área en estudio, se importará la geometría ya trabajada en RAS Mapper, es decir se importará el eje del cauce del río, los márgenes, la llanura de inundación y las secciones transversales para todo el tramo en estudio y se verificará que estas sean las correctas.

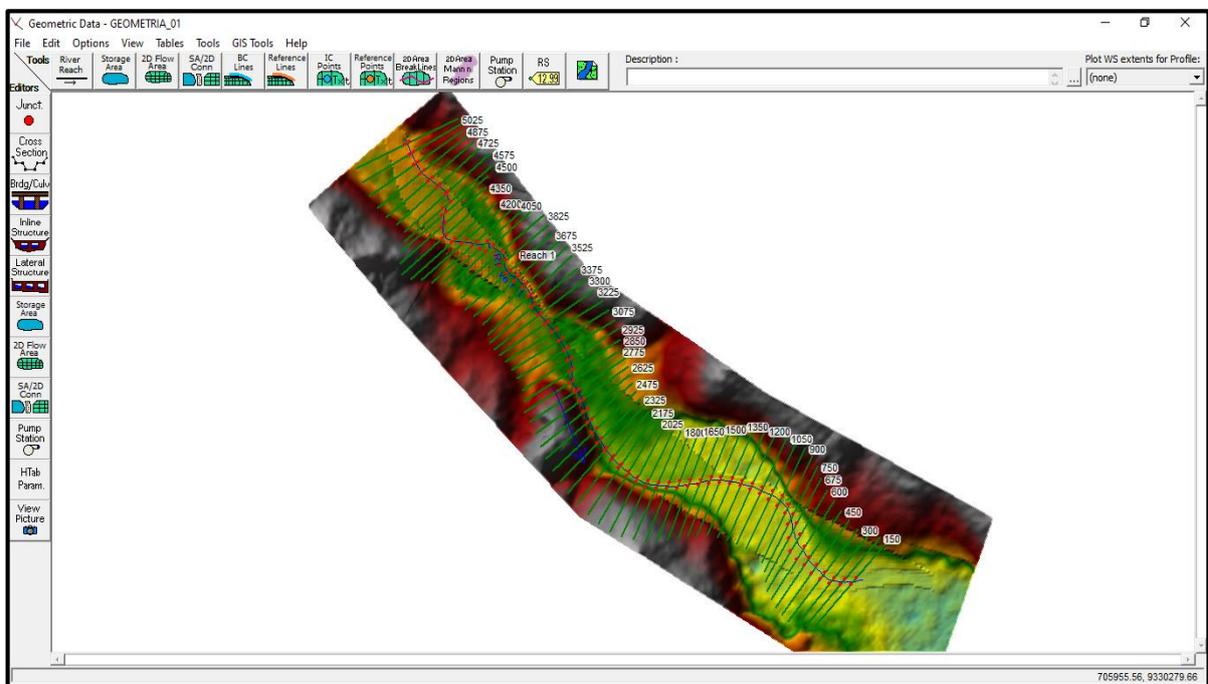


Figura N° 49: Secciones transversales importadas al editor del HEC-RAS.

Fuente: Elaboración propia.

Coefficiente de Manning

Este es una de las características del terreno más importante para el modelo hidráulico, ya que depende de algunos factores que influyen en el comportamiento del flujo con respecto al área con la que está en contacto.

Para determinar el coeficiente de rugosidad se visitó el área de estudio y se observó tanto las características de las llanuras de inundación como la del cauce del río. El coeficiente de rugosidad de la llanura de inundación se determinó según la teoría de Cowan que nos indica que según el tipo de material en el perímetro del canal el valor de Manning es 0.050 ya que con el estudio de suelos se obtuvo que predomina la grava fina. Para los márgenes se utilizó un Manning de 0.060 ya que existe presencia de vegetación en los márgenes en todo el tramo de estudio.

Coeficiente de Manning		
Margen Derecho	Cauce Principal	Margen Izquierdo
0.060	0.050	0.060

Tabla 53: Coeficientes de Manning según Cowan.

Fuente: Elaboración propia.

Ya una vez establecidas los coeficientes de Manning se le asigna en la opción de Tables que está dentro de editor de geometría, se selecciona en Manning y se designa los coeficientes de rugosidad tanto para el cauce principal y los márgenes.

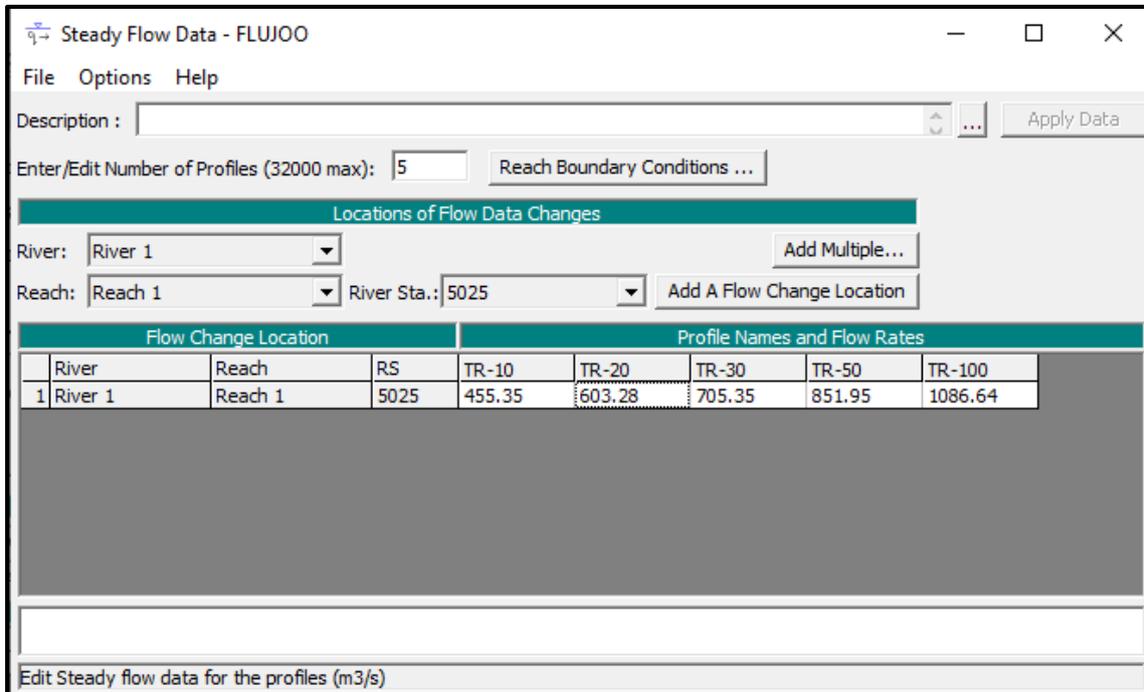
River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 5007	n	0.06	0.05	0.06
2 4952	n	0.06	0.05	0.06
3 4910	n	0.06	0.05	0.06
4 4862	n	0.06	0.05	0.06
5 4800	n	0.06	0.05	0.06
6 4723	n	0.06	0.05	0.06
7 4637	n	0.06	0.05	0.06
8 4614	n	0.06	0.05	0.06
9 4583	n	0.06	0.05	0.06
10 4530	n	0.06	0.05	0.06
11 4495	n	0.06	0.05	0.06
12 4437	n	0.06	0.05	0.06
13 4365	n	0.06	0.05	0.06
14 4299	n	0.06	0.05	0.06
15 4256	n	0.06	0.05	0.06
16 4204	n	0.06	0.05	0.06
17 4105	n	0.06	0.05	0.06
18 4017	n	0.06	0.05	0.06
19 3946	n	0.06	0.05	0.06
20 3890	n	0.06	0.05	0.06
21 3843	n	0.06	0.05	0.06
22 3803	n	0.06	0.05	0.06
23 3730	n	0.06	0.05	0.06
24 3667	n	0.06	0.05	0.06
25 3628	n	0.06	0.05	0.06
26 3585	n	0.06	0.05	0.06
27 3543	n	0.06	0.05	0.06
28 3518	n	0.06	0.05	0.06
29 3484	n	0.06	0.05	0.06
30 3442	n	0.06	0.05	0.06
31 3397	n	0.06	0.05	0.06
32 3356	n	0.06	0.05	0.06
33 3315	n	0.06	0.05	0.06
34 3268	n	0.06	0.05	0.06

Figura N° 50: Tabla de Edición de los coeficientes de Manning, HEC-RAS.

Fuente: Elaboración propia.

Condiciones de Flujo Permanente

Para el modelo hidráulico se consideró un flujo permanente, donde se tomaron los caudales máximos para cada periodo de retorno. Posteriormente se introducen los caudales 455.35 m³/s, 603.28 m³/s, 705.35 m³/s, 851.95 m³/s y 1086.64 m³/s para los periodos de retorno de 10, 20, 30, 50 y 100 años respectivamente.

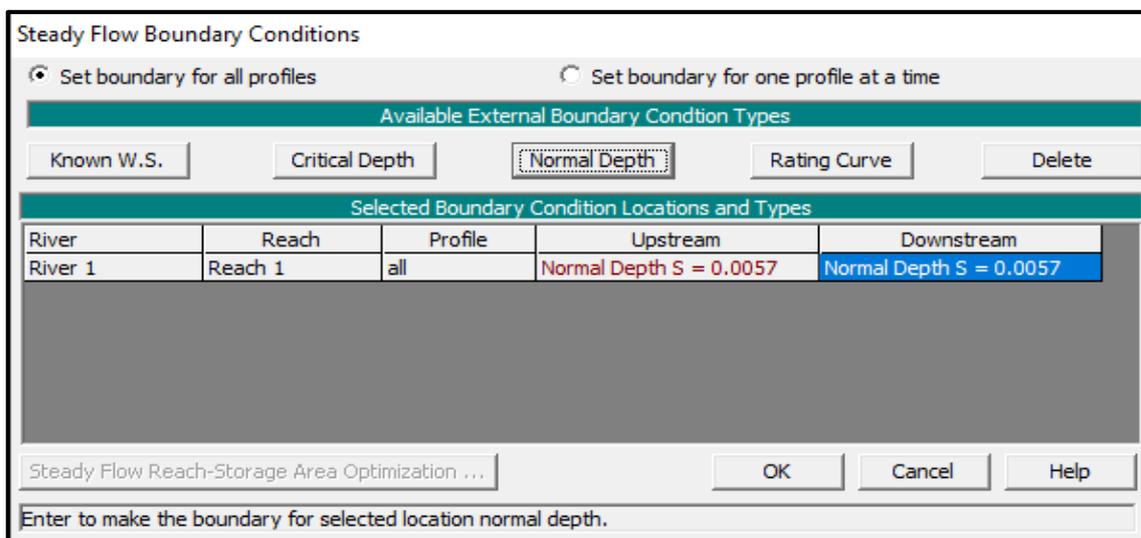


Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates					
River	Reach	RS	TR-10	TR-20	TR-30	TR-50	TR-100	
1	River 1	Reach 1	5025	455.35	603.28	705.35	851.95	1086.64

Figura N° 51: Caudales de diseño ingresados en HEC-RAS.

Fuente: Elaboración propia.

Para la pendiente promedio según lo calculado en el Civil 3D es de $S = 0.57\%$ tanto para aguas arriba (Upstream) y aguas abajo (Downstream), se consideró para ambas debido a que el número de Froude es variado en la pendiente del cauce y las secciones transversales.



Selected Boundary Condition Locations and Types				
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
River 1	Reach 1	all	Normal Depth S = 0.0057	Normal Depth S = 0.0057

Figura N° 52: Pendiente promedio del cauce del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Plan de Simulación para un Flujo Permanente

Para el plan de simulación se consideró un régimen mixto ya que el Froud varia en la pendiente del cauce del río.

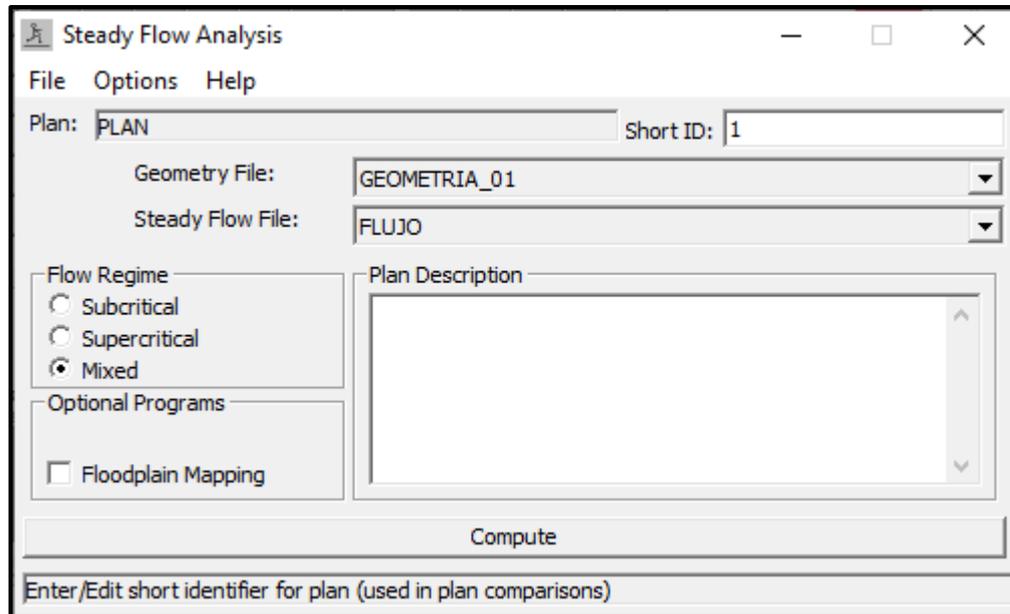


Figura N° 53: Plan de simulación para un régimen mixto.

Fuente: Elaboración propia.

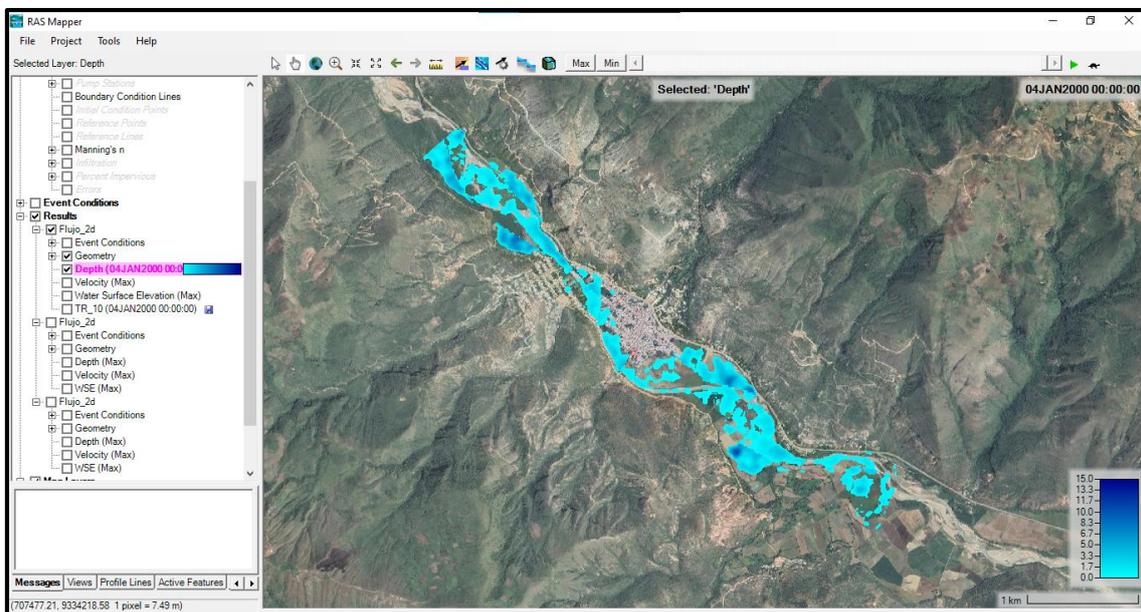


Figura N° 54: Zonas inundadas después de la simulación.

Fuente: Elaboración propia.

Perfiles Hidráulicos

Después de llevar a cabo la simulación se obtuvo las secciones transversales con los distintos perfiles hidráulicos y para cada uno de los periodos de retorno.

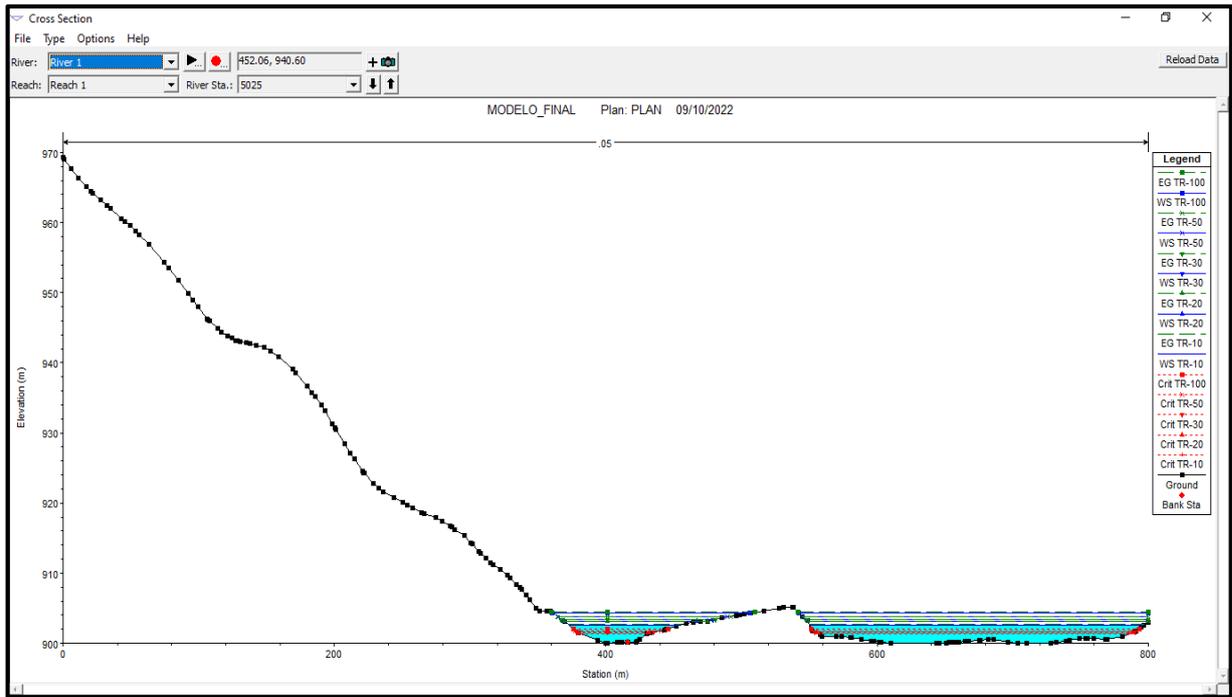


Figura N° 55: Sección de la progresiva 0+000 a 0+075.

Fuente: Elaboración propia.

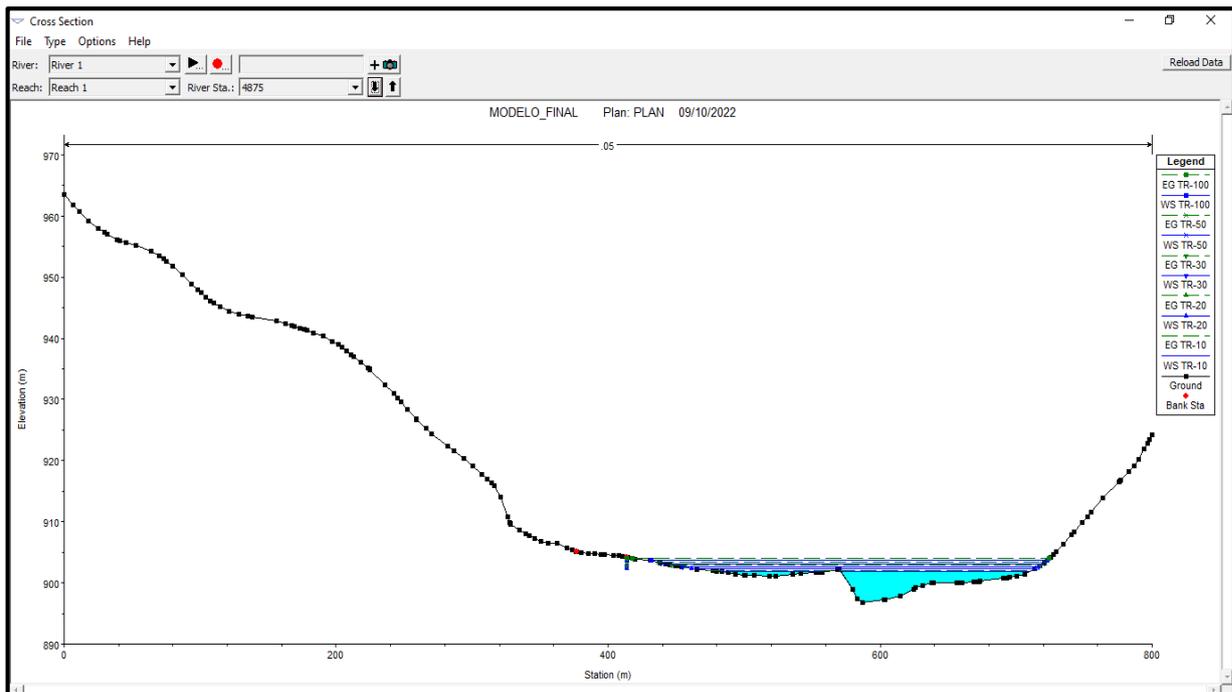


Figura N° 56: Sección de la progresiva 0+065 a 0+225.

Fuente: Elaboración propia.

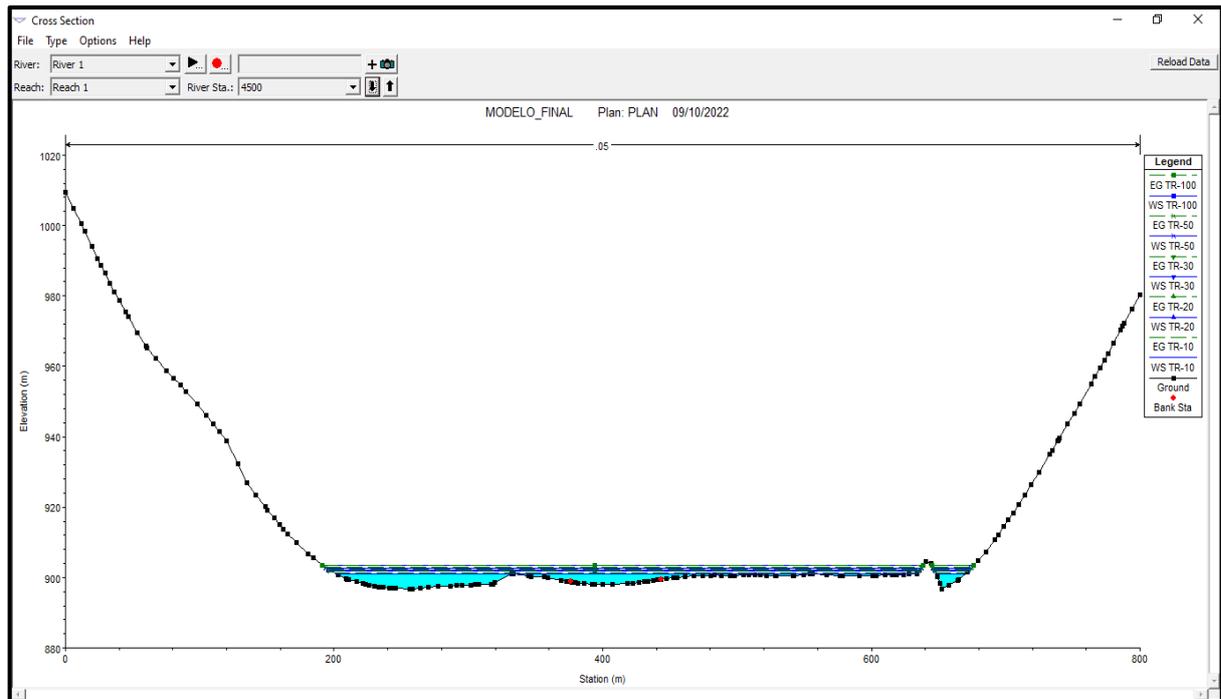


Figura N° 56: Sección de la progresiva 0+525 a 0+600.

Fuente: Elaboración propia.

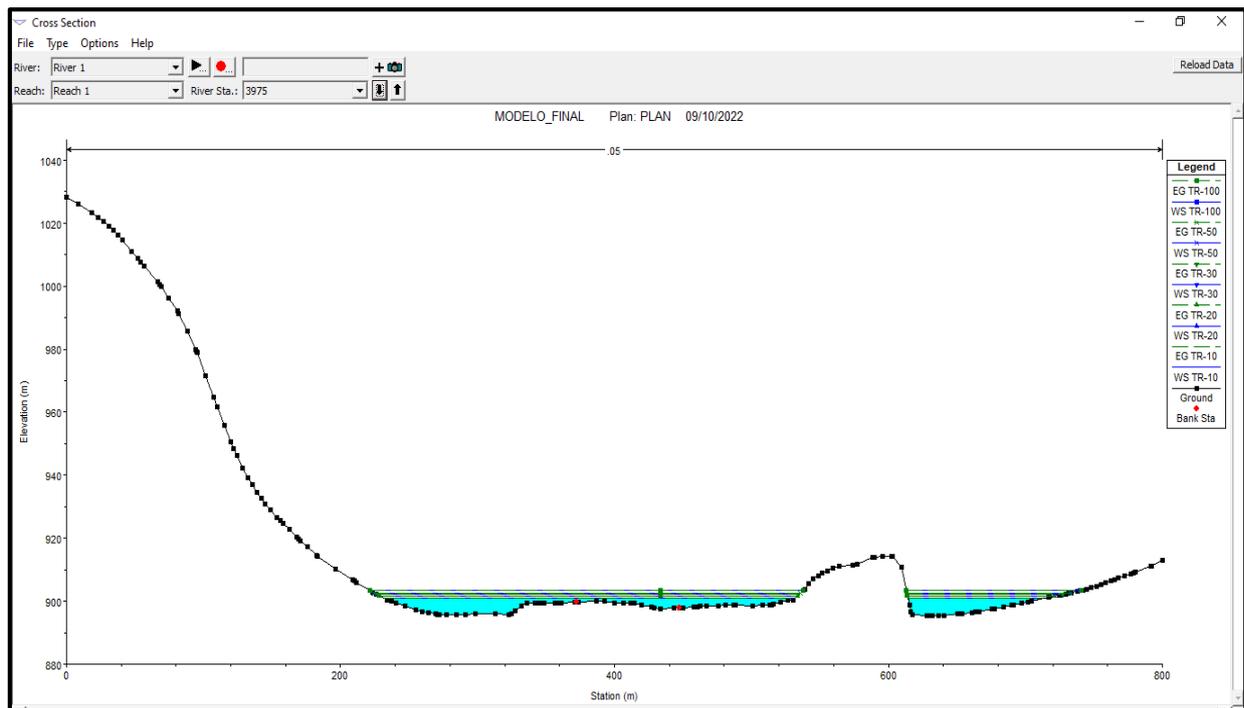


Figura N° 57: Sección de la progresiva 1+050 a 1+125.

Fuente: Elaboración propia.

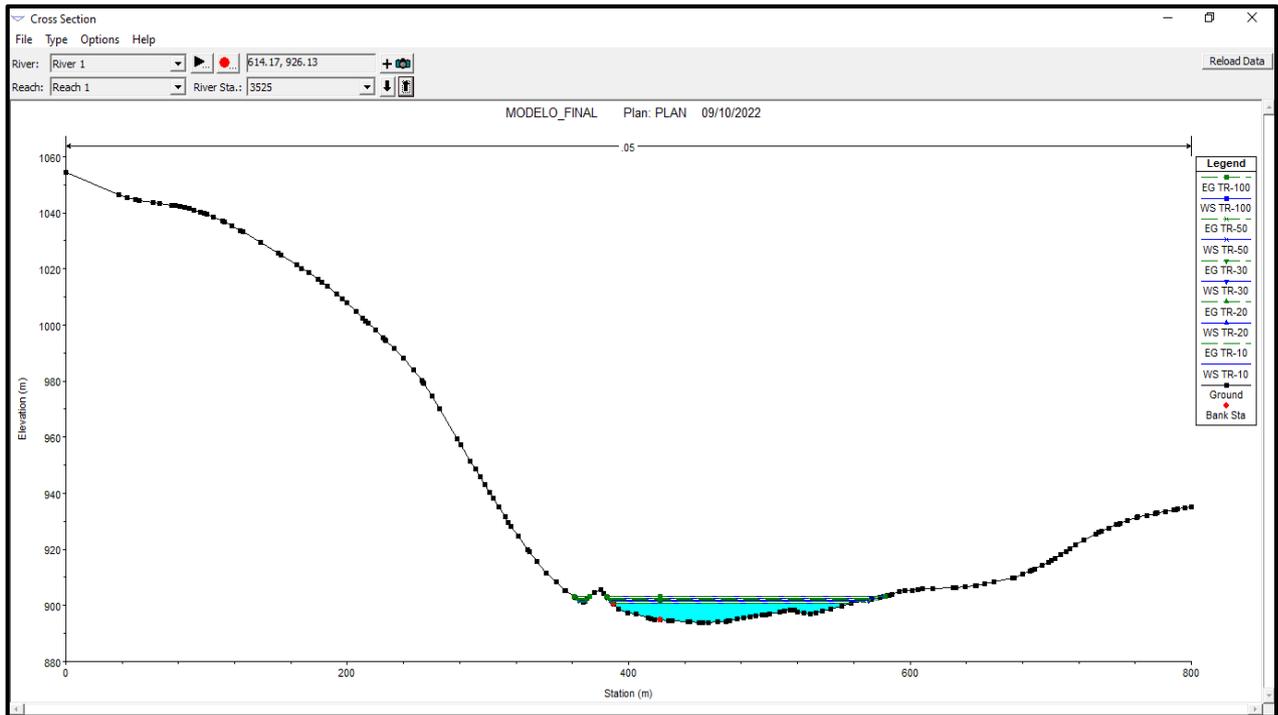


Figura N° 58: Sección de la progresiva 1+500 a 1+575.

Fuente: Elaboración propia.

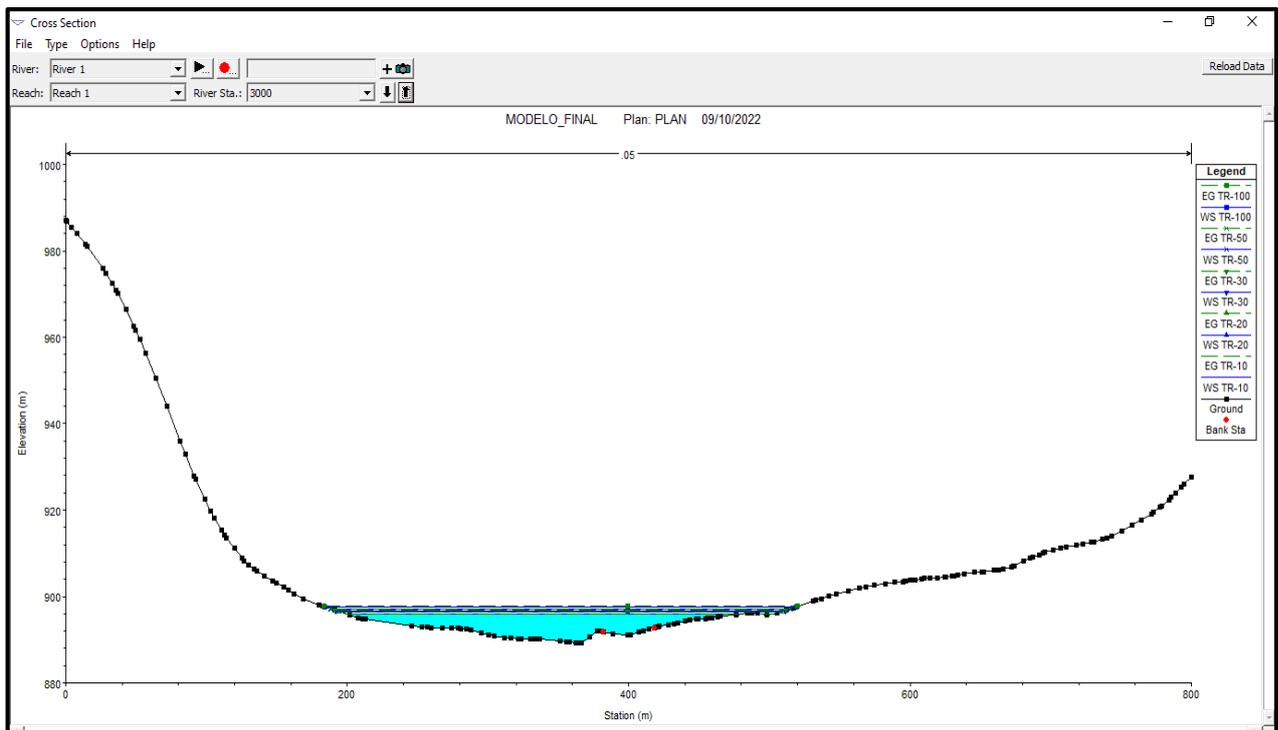


Figura N° 59: Sección de la progresiva 2+025 a 2+100.

Fuente: Elaboración propia.

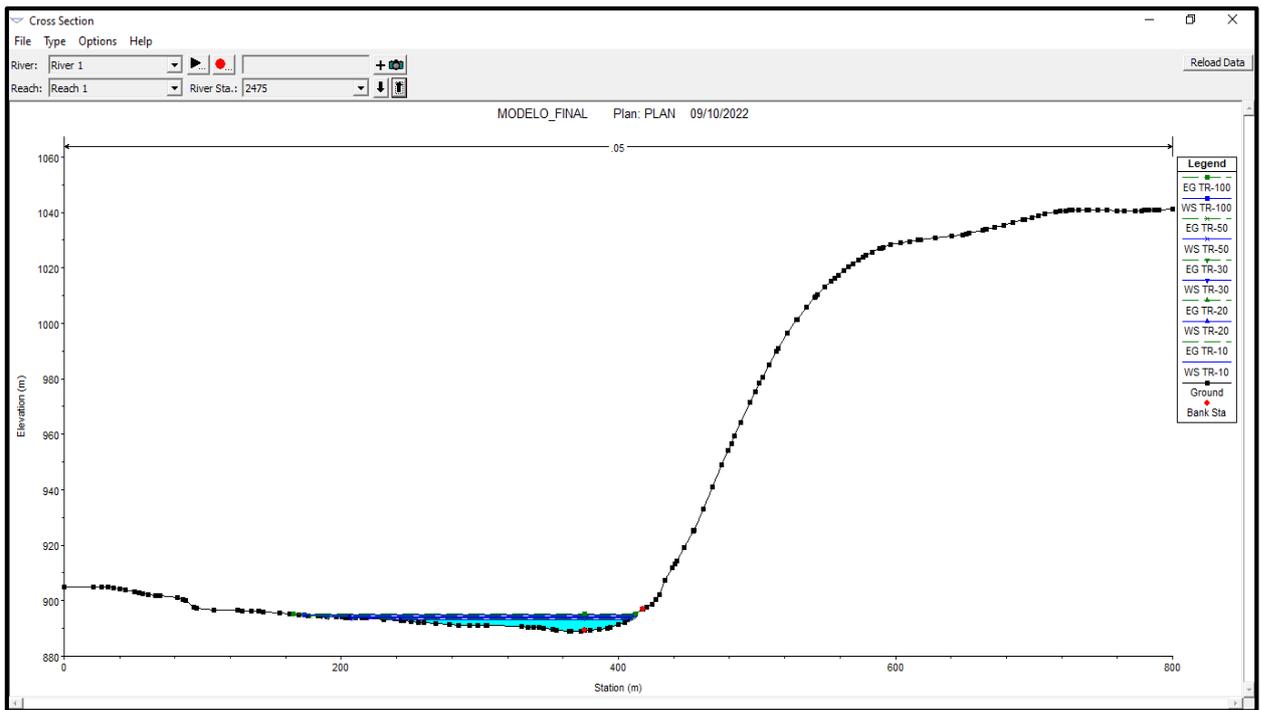


Figura N° 60: Sección de la progresiva 0+2520 a 0+2625.

Fuente: Elaboración propia.

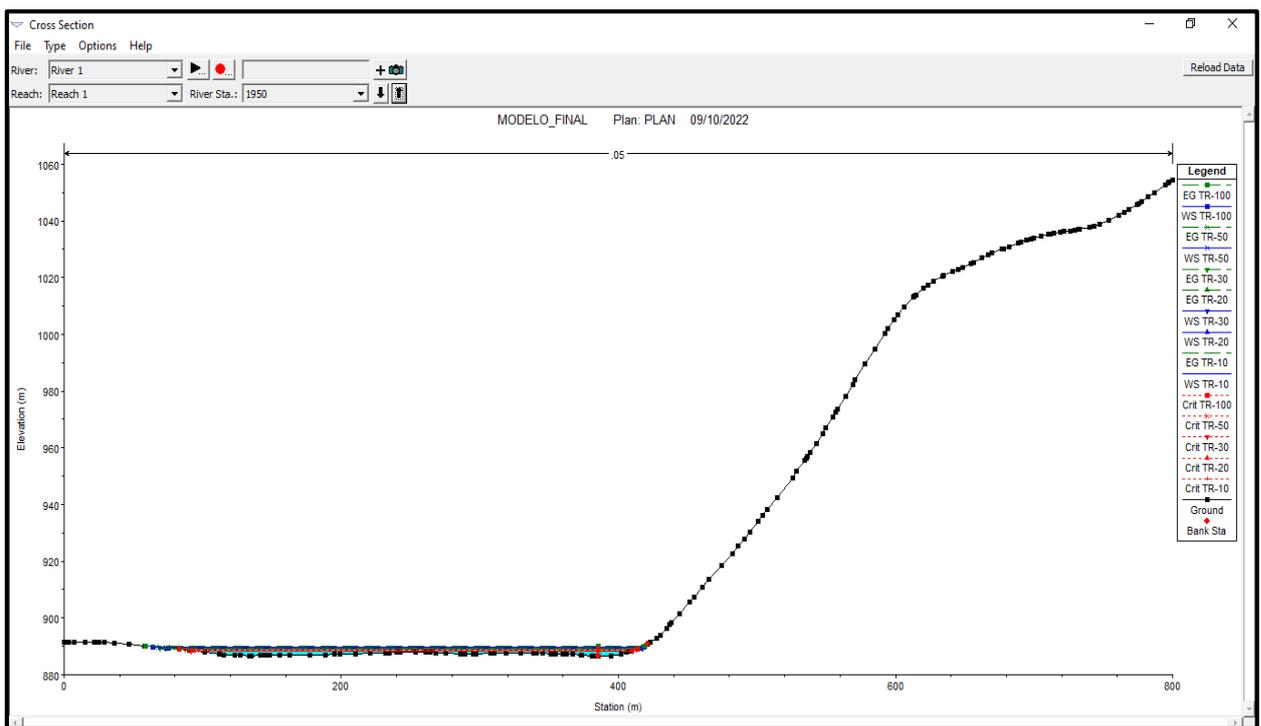


Figura N° 61: Sección de la progresiva 3+075 a 3+150.

Fuente: Elaboración propia.

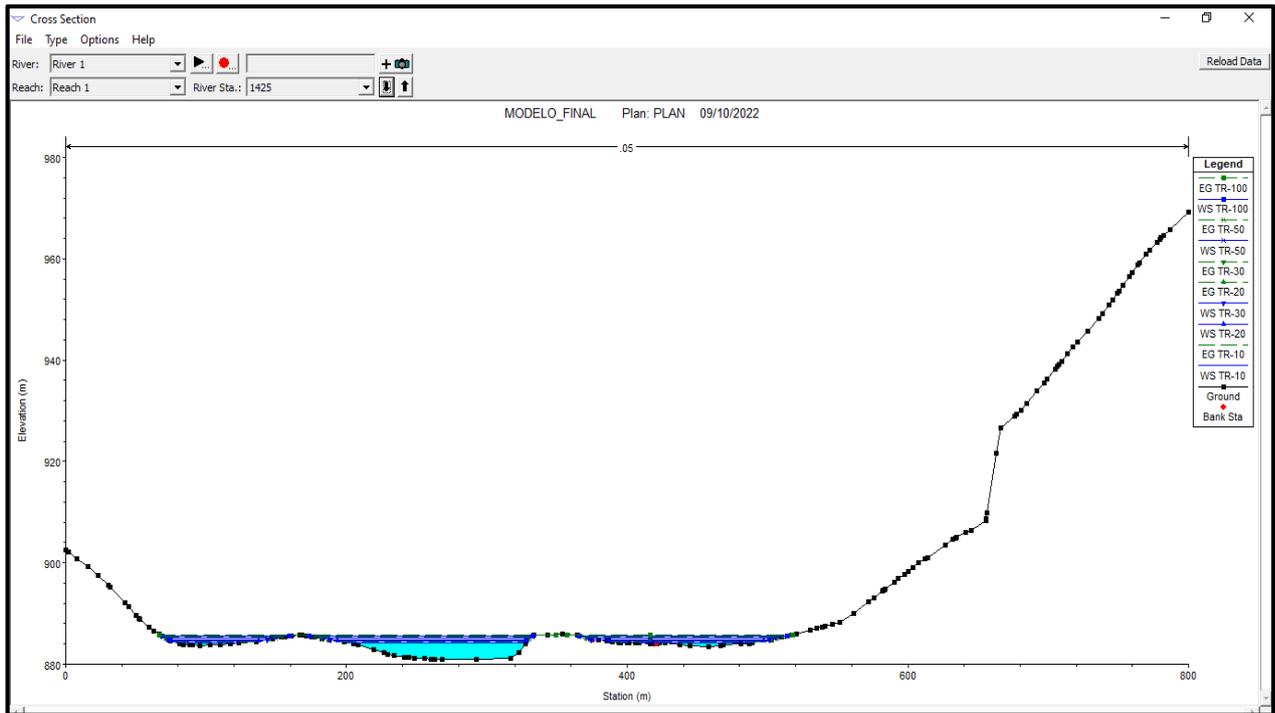


Figura N° 62: Sección de la progresiva 3+675 a 3+750.

Fuente: Elaboración propia.

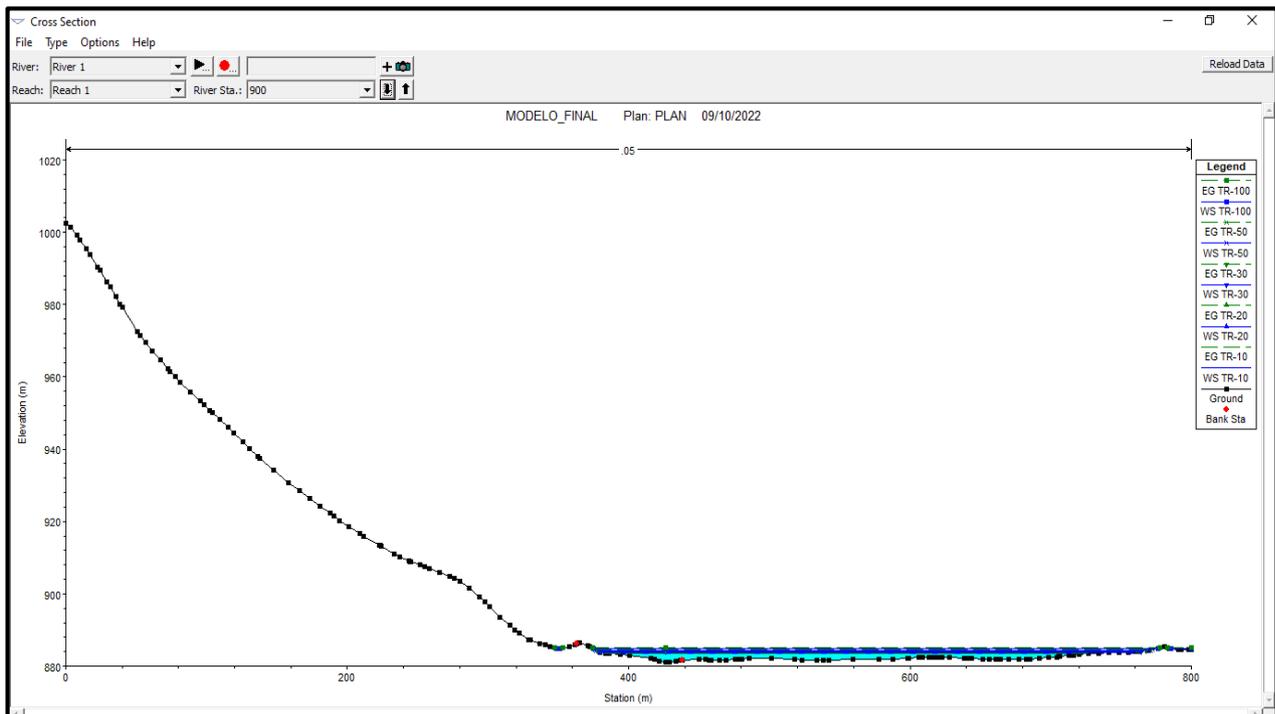


Figura N° 63: Sección de la progresiva 4+200 a 4+275.

Fuente: Elaboración propia.

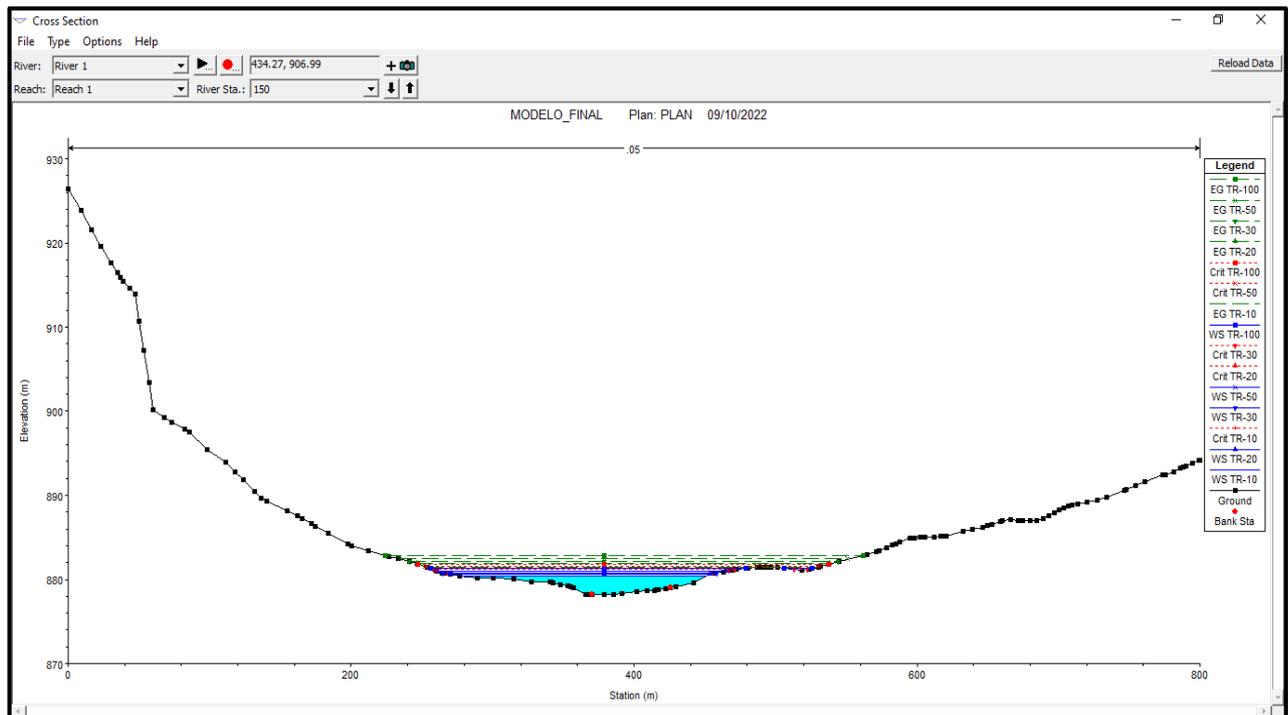


Figura N° 64: Sección de la progresiva 4+925 a 5+000.

Fuente: Elaboración propia.

Tras culminar la simulación hidráulica se pudo observar que los tirantes máximos se generan para los periodos de 50 y 100 años, mencionando que los tirantes de aguas alcanzados son de 1.34 a 5.92 metros para un periodo de 10 años, de 1.60 a 6.50 metros para un periodo de 20 años, de 1.73 a 7.77 metros para un periodo de 30 años, de 1.91 a 9.99 metros para un periodo de 50 años y de 2.14 a 10.42 metros para un periodo de 100 años.

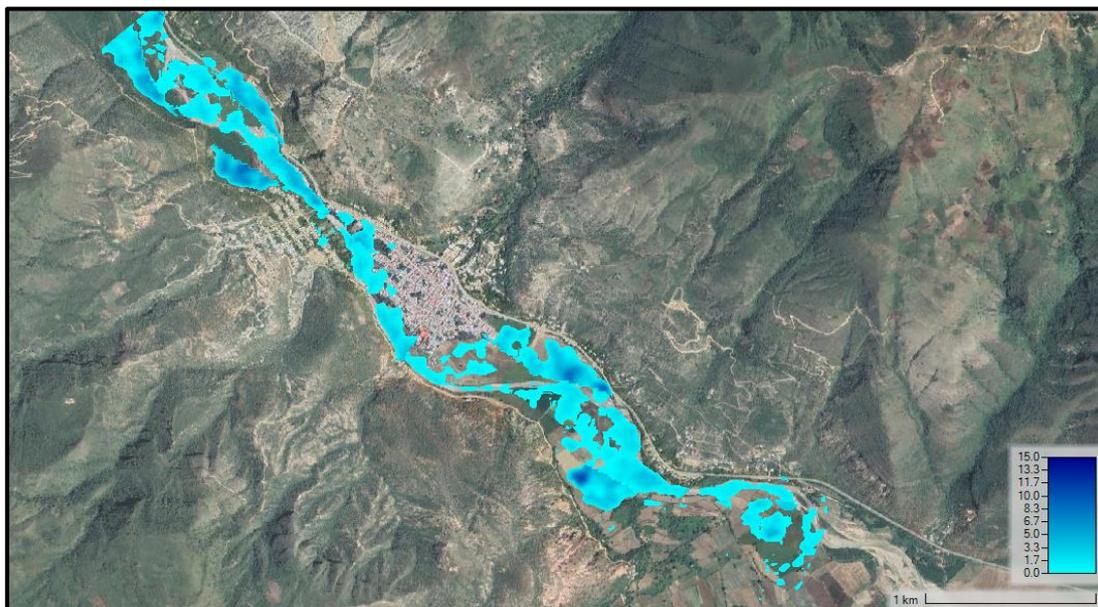


Figura N° 65: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

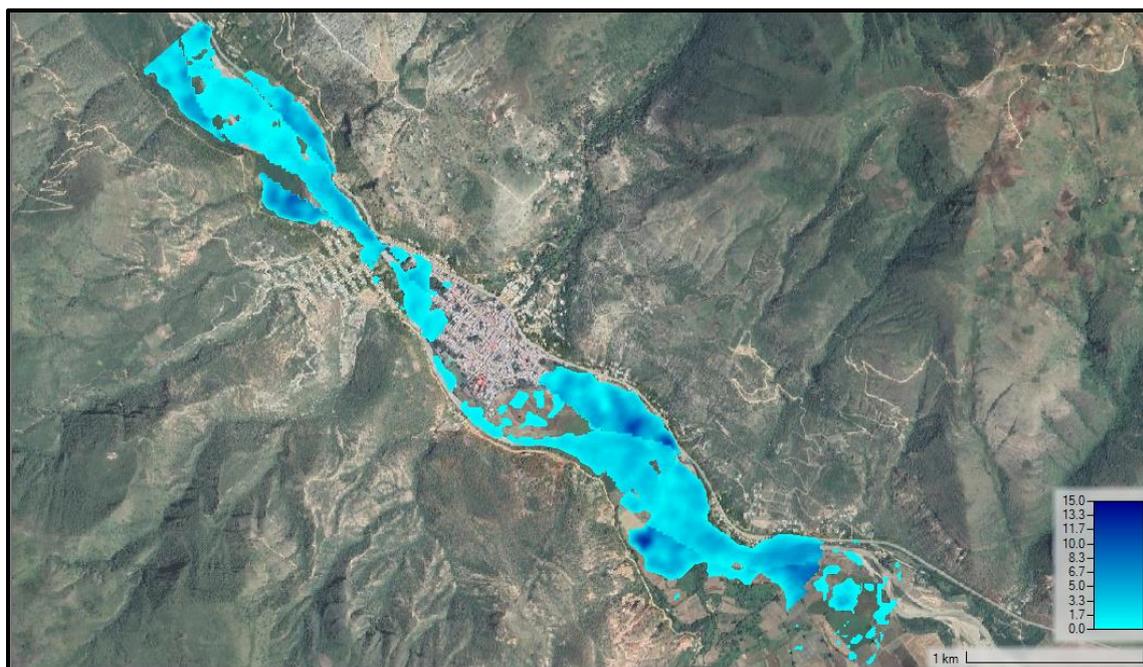


Figura N° 66: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

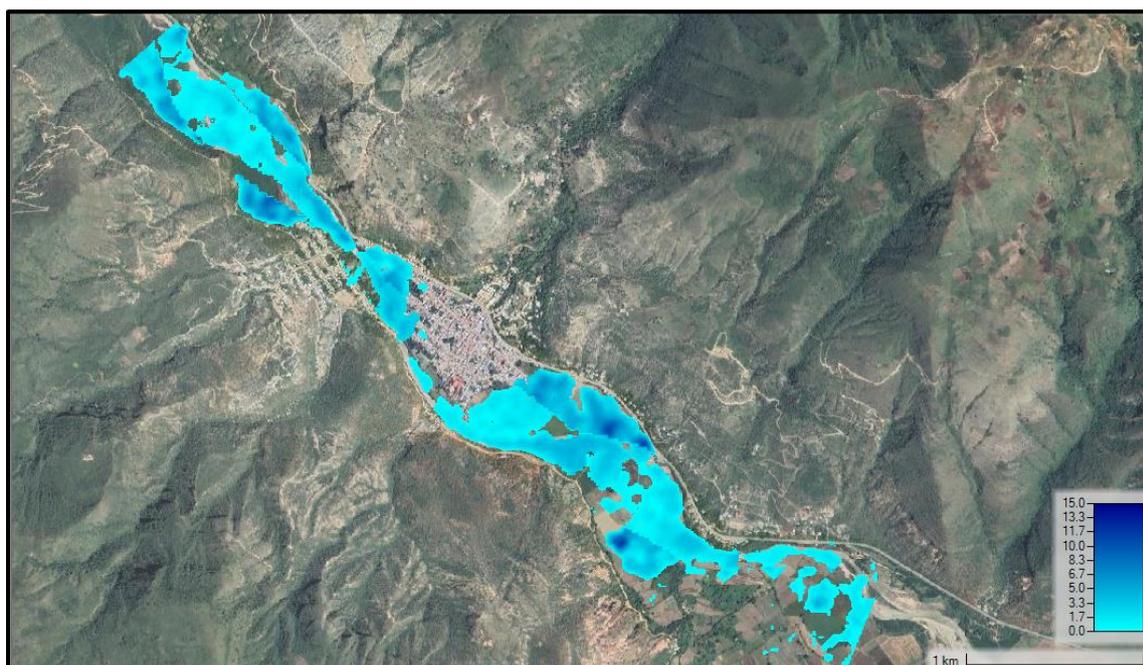


Figura N° 67: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

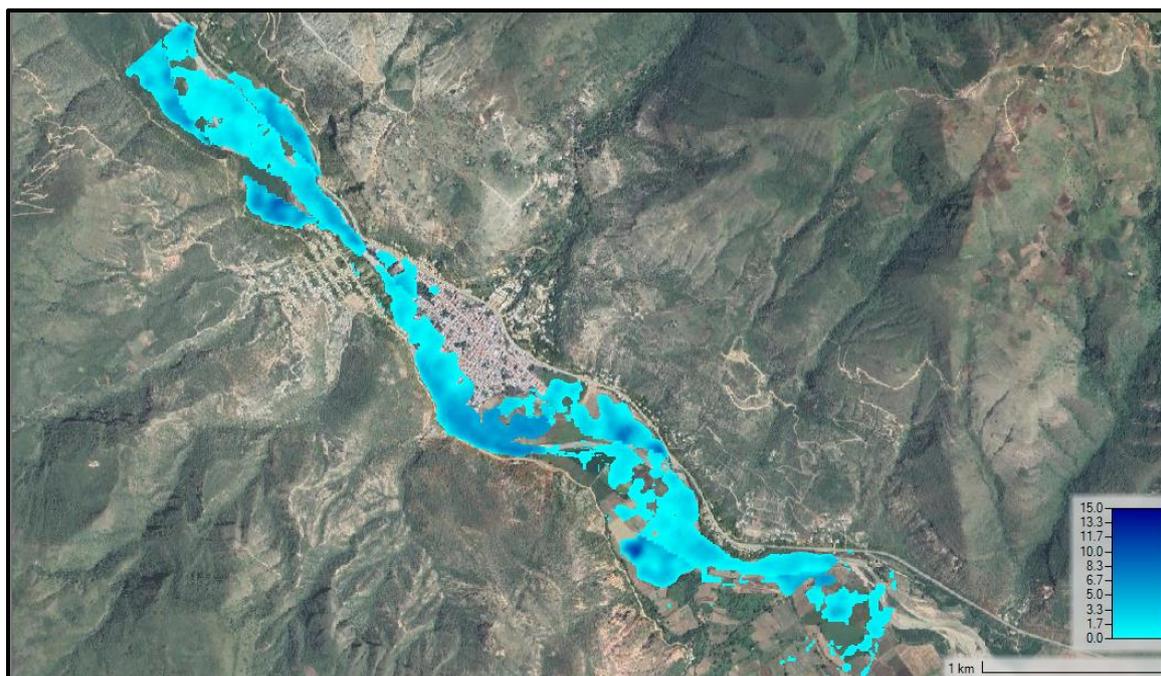


Figura N° 68: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

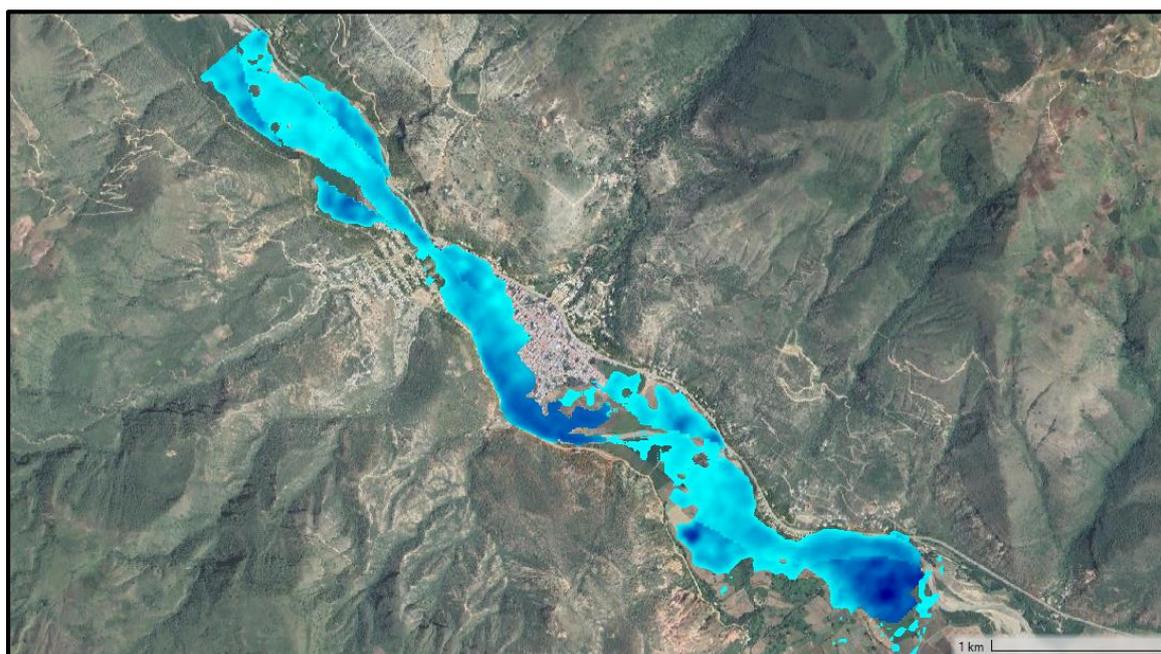


Figura N° 69: Áreas inundadas para un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

Identificación y Cuantificación de Áreas de Inundación

Tras realizar el modelo hidráulico se pudo identificar los daños causados por la inundación tras el desborde del río Huancabamba, se observó que los impactos generados son de aspecto social y económico, es por ello, que se necesita cuantificar los daños ocasionados por el fenómeno que es tan común a nivel mundial, con el objetivo de hacer tomar conciencia a sus autoridades y sobre todo buscar medidas preventivas que reduzcan los impactos negativos.

Del modelamiento hidráulico se pudo elaborar el mapa de inundación, por ende, se conoció la ubicación de las zonas afectadas las cuales son tanto para el margen izquierdo y derecho del río Huancabamba del distrito de Pucará. De manera general se observó que se vieron afectadas viviendas, cultivos de arroz, instituciones educativas, calles, etc.

Zonas Afectadas por la Inundación

Se identificaron para ambos márgenes (izquierdo y derecho) las áreas que se vieron afectadas por una inundación, se observó que gran parte de las viviendas del distrito de Pucará podría sufrir un colapso debido a que estas están construidas con adobe, del mismo modo también se ve afectada la carretera Fernando Belaunde Terry la cual conecta a la parte costa con la sierra y selva.

A continuación, se presentarán las tablas donde se identificaron las zonas inundadas tanto en el margen derecho (tabla 55) y del margen izquierdo (tabla 56).

MARGEN DERECHO				
TRAMOS		ZONA EN RIESGO DE INUNDACIÓN	N° ELEMENTOS AFECTADOS	ÁREAS AFECTADAS
0+000	0+675	Áreas agrícolas		18.70 ha
0+675	1+425	Áreas agrícolas		9.00 ha
1+425	1+875	Viviendas	51	9115.10 m ²
1+875	2+175	Áreas agrícolas		2.19 ha
		Viviendas	30	2761.00 m ²
2+775	3+000	Viviendas	12	1033.70 m ²
3+000	5+025	Planta de tratamiento		1.99 ha
		Áreas agrícolas		32.51 ha

Tabla 54: Área de inundación del margen derecho.

Fuente: Elaboración propia.

MARGEN IZQUIERDO				
TRAMOS		ZONA EN RIESGO DE INUNDACIÓN	N° ELEMENTOS AFECTADOS	ÁREAS AFECTADAS
0+225	0+675	Áreas agrícolas		11.38 ha
		Lavadero	1	2101.00 m ²
		Carretera	0.80 km	
		Almacen de ladrillos	1	5051.00 m ²
0.675	1+350	Viviendas	9	1168.00 m ²
1+575	1+950	Viviendas	27	793.00 m ²
1+950	2+250	Viviendas	130	29103.00 m ²
		Capilla	2	82.90 m ²
		Inicial Santa Rosa	1	685.00 m ²
		Molino	1	2791.00 m ²
		Paradero	1	128.00 m ²
2+250	2+625	Viviendas	176	55805.00 m ²
		Recreo	1	3721.00 m ²
		I.E. Villanueva Pinillos (Nivel secundario)	1	3929.00 m ²
		Coliseo	1	5400.00 m ²
2+625	2+850	Viviendas	28	16590.00 m ²
		Parroquia	1	143.00 m ²
		La iglesia	1	725.00 m ²
		I.E. Fe y Alegría -78 (Nivel primario y secundario)	1	12204.00 m ²
		Parque	1	1712.00 m ²
		Estadio Lizarzaburu	1	7994.00 m ²
2+850	4+125	Viviendas	62	4569.00 m ²
		Áreas agrícolas		28.10 ha
4+575	5+025	Viviendas	10	922.00 m ²
		Áreas agrícolas		0.99 ha

Tabla 55: Área de inundación del margen izquierdo.

Fuente: Elaboración propia.

Determinación del costo de las Pérdidas Económicas por Inundación

➤ Para una vivienda

Para saber cuál es la pérdida económica de una vivienda que se ven afectadas por una inundación en el distrito de Pucará, se hizo uso del presupuesto básico que nos ofrece CARE PERÚ ya que ellos establecen un valor de costo para la construcción de una vivienda con material compuesto por tierra reforzada (adobe).

Para CARE el gasto que se tiene en la construcción de una vivienda con adobe de 51.36 m² es de S/.15 491.69 aproximadamente, por ende, el costo por metro cuadrado será de S/.301.63. Estableciendo el costo por metro cuadrado se podrá estimar el costo de todas las viviendas afectada al producirse una inundación.

➤ Pérdidas materiales de una vivienda

Para llevar a cabo el cálculo de las pérdidas materiales de una vivienda afectada por una inundación, se utilizó la información que nos brindan los censos nacionales de población y vivienda (INEI-2017), con dicha información se pudo definir qué tipo de vivienda es la

que tiene el distrito de Pucará y a la vez tener conocimiento del número de bienes. Cabe mencionar que también se visitó el distrito y se preguntó a los pobladores acerca de los bienes materiales que presentan en sus viviendas.

Se elaboró una tabla con los bienes que tiene una vivienda en el distrito de Pucará y el costo de cada uno de ellos se obtuvieron de los catalogo de Carsa, La Curacao, Falabella y Tottus. Se consideró que en una vivienda aproximadamente hay 5 personas, es por ello por lo que se consideró el gasto económico para las 5 personas.

Bienes en una vivienda	N°	Costo Unitario	Costo Total
Equipo de sonido	1	S/829.00	S/829.00
Televisor a color	1	S/999.00	S/999.00
Cocina a gas	1	S/799.00	S/799.00
Refrigeradora	1	S/899.00	S/899.00
Licuadaora	1	S/95.00	S/95.00
Plancha eléctrica	1	S/89.00	S/89.00
Celular	2	S/599.00	S/1,198.00
Ropa	5	S/2,500.00	S/12,500.00
Utensilios de cocina	1	S/350.00	S/350.00
Colchón	1	S/350.00	S/350.00
Ttotal		S/7,509.00	S/18,108.00

Tabla 56: Costo y cuantificación de los bienes de una vivienda en el distrito de Pucará.

Fuente: Elaboración propia.

➤ Para las áreas agrícolas

Para calcular la pérdida económica de las áreas de cultivos agrícolas (cultivos de arroz) que son afectadas tras darse una inundación los cuales se encuentran en ambos márgenes aguas arriba y aguas debajo de la zona urbana del distrito de Pucará. La determinación de la pérdida económica se llevó a cabo de acuerdo con la producción de arroz por hectárea afectada, para ello se usaron la información que nos brinda MINAGRI con respecto al rendimiento que presenta las áreas agrícolas por hectárea en toda la Región de Cajamarca que es de 7.86 tn/ha de arroz en cascara. El costo que tiene el arroz según el MINAGRI del 2016 en la región de Cajamarca en chacra es de S/.1.13 por 1 kg, a partir de estos valores se realizó el cálculo de las pérdidas económicas a causa de una inundación en el distrito de Pucará.

Región	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Precio en chacra (S/x Kg)
San Martín	710,287	7.01	S/1.03
Piura	589,687	8.75	S/1.24
Lambayaque	399,038	8.01	S/1.28
La Libertad	334,920	10.19	S/1.29
Amazonas	307,947	7.41	S/1.03
Arequipa	250,051	12.54	S/1.22
Cajamarca	195,641	7.86	S/1.13
Nacional	3,165,749	7.55	S/1.15

Tabla 57: Cuadro de producción, rendimiento y precio del arroz en cascar en la chacra.

Fuente: MINAGRI-DGESEP (2016).

➤ Rehabilitación de la red de alcantarillado

Tras el análisis de la simulación hidráulica se pudo observar que la red de alcantarillado y agua se verá afectada tras darse una inundación, debido a que sufrirán obstrucción a causa de la sedimentación en los buzones y redes de abastecimiento. Por ese motivo se recomienda que luego de generarse el evento de inundación deberá llevarse a cabo la rehabilitación de la red de alcantarillado y agua afectados con el objetivo de regresarlo a su funcionamiento, es por ello, que se consideró los costos que nos ofrece el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) para obras de saneamiento.

Componente	Costo per cápita (US\$/Hab.)
Ampliación del servicio de agua potable (costo total)	297
Ampliación de redes y conexiones de agua potable, sin incluir obras primarias	183
Ampliación del servicio de alcantarillado (costo total)	282
Ampliación de redes y conexiones alcantarillado, sin incluir obras primarias	224
Rehabilitación sistema agua potable	38
Rehabilitación sistema alcantarillado	15
Rehabilitación de los servicios de tratamiento de aguas servidas	17

Tabla 58: Costo de obras de saneamiento.

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (MEF-2017).

➤ Pérdidas económicas de una Institución Educativa

En la localidad existe 5 instituciones educativas, son 3 de ellas las cuales se ven afectadas por una inundación, es por ello, que para conocer el costo de las pérdidas se usaron los formatos que nos brinda el Ministerio de Economía, ya que en esos formatos están los costos por m² de módulos de instituciones educativas en nuestro país. Con los datos de los valores proporcionados se realizó el cálculo del costo de las pérdidas ocasionadas tras darse una inundación en una Institución Educativa. Ya que al darse un evento como este la infraestructura de las instituciones sufrirían daños y por ende colapsarían, se producirían asentamientos en el terreno por ser terrenos agrícolas.

Módulo (El área del módulo incluyen muros y circulación techada)	Área total (m ²)	Costo (S/. x m ²)	Costo total (S/.)	Costo por aula (S/.)
Módulo de 4 aulas comunes en dos pisos.	317	930	294,810	73,703
Módulo de 6 aulas comunes en dos pisos.	473	930	439,890	73,315
Módulo de 8 aulas comunes en dos pisos.	629	930	584,970	73,121
Módulo de laboratorio + depósito + 2 aulas en dos pisos.	317	1,180	374,060	
Módulo de Administración + biblioteca en dos pisos.	239	1,180	282,020	
Módulo de aula usos múltiples + aula de cómputo en dos pisos.	239	1,180	282,020	

Tabla 59: Costo de infraestructuras de módulos sistémicos en áreas Urbanas diseñadas por OINFE.

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (MEF-2017).

➤ Rehabilitación de vías de acceso

Para poder predecir los costos que generara la rehabilitación de las vías de acceso afectadas por una inundación se tomó en cuenta los datos que nos ofrece el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) para obras de caminos vecinales y departamentales. Tras darse una inundación se vería afectada la Carretera Fernando Belaunde Terry que se encuentra ubicada paralela al margen izquierdo del río Huancabamba, es una carretera asfaltada y que comunica la parte costa con la sierra y selva, es por ello, que al verse interrumpida se generarían pérdidas económicas significativas. Por ende, luego de darse la inundación se debe proceder de inmediato a la rehabilitación de la carretera para que esté en funcionamiento, los costos a considerar son de la tabla dados por el MEF.

Índice Medio Diario (IMD)	Ancho de Calzada (m)	Costo Máximo Referencial de Inversión (US\$/Km)		Descripción
		Costa Sierra	Selva	
< 20 veh./día	3.50 - 4.00	15,000.00	20,000.00	Comprende trabajos de recuperación de transitabilidad a nivel de afirmado, rehabilitación de los sistemas de drenaje, señalización y obras de arte menores, sin intervención en la geometría de la vía.
20 < veh./día < 40	3.50 - 4.00	20,000.00	25,000.00	
40 < veh./día < 60	3.50 - 5.50	25,000.00	35,000.00	
60 < veh./día < 80	3.50 - 5.50	35,000.00	50,000.00	Rehabilitación a nivel de afirmado de 0,20 - 0,30 m, para carretera de tercer orden (IMD <200), obras de arte significativas, y ampliación de plataforma en zonas críticas.
80 < veh./día < 100	3.50 - 5.50	50,000.00	65,000.00	
100 < veh./día < 150	3.50 - 5.50	65,000.00	100,000.00	
150 < veh./día < 200	3.50 - 5.50	100,000.00	125,000.00	

Tabla 60: Costos para obras de caminos vecinales y departamentales.

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (MEF-2017).

Cálculo de las pérdidas económicas de las áreas afectadas tras una inundación en el distrito de Pucará

ZONA EN RIESGO DE INUNDACIÓN	N° ELEMENTOS AFECTADOS	ÁREAS AFECTADAS (m ²)	COSTO (S/./m ²)	TOTAL (S/.)
Viviendas	525	121859.80	301.63	S/36,756,507.89

Tabla 61: Costos de las pérdidas económicas de las viviendas afectadas.

Fuente: Elaboración propia.

ZONA EN RIESGO DE INUNDACIÓN	N° ELEMENTOS AFECTADOS	COSTO POR VIVIENDA (S/.m2)	TOTAL (S/.)
Viviendas	525	S/18,108.00	S/9,506,700.00

Tabla 62: Costos de las pérdidas económicas de los materiales de las viviendas afectadas.

Fuente: Elaboración propia.

ZONA EN RIESGO DE INUNDACIÓN	ÁREAS AFECTADAS (ha)	RENDIMIENTO (tn/ha)	PRODUCCIÓN AFECTADA (tn)	COSTO PRODUCTO (S/.kg)	TOTAL (S/.)
Áreas agrícolas	102.87	7.86	808.60	1.13	S/913,713.40

Tabla 63: Costos de las pérdidas económicas de las áreas agrícolas afectadas.

Fuente: Elaboración propia.

ZONA EN RIESGO DE INUNDACIÓN	ÁREAS AFECTADAS (m2)	COSTO (S/.m2)	TOTAL (S/.)
Institución Educativa	16818.00	2,110	S/35,485,980.00

Tabla 64: Costos de las pérdidas económicas de la infraestructura de las instituciones educativas afectadas.

Fuente: Elaboración propia.

ZONA EN RIESGO DE INUNDACIÓN	N° HABITANTES	COSTO (US\$/Hab.)	Tasa de cambio (S/.)	TOTAL (S/.)
Red de alcantarillado	10,000	15.00	S/3.98	S/597,000.00

Tabla 65: Costos de las pérdidas económicas de la red de alcantarillado afectadas.

Fuente: Elaboración propia.

ZONA EN RIESGO DE INUNDACIÓN	Long. De acceso (km)	COSTO (US\$/Hab.)	Tasa de cambio (S/.)	TOTAL (S/.)
Vías de acceso	0.80	50,000.00	S/3.98	S/159,200.00

Tabla 66: Costos de las pérdidas económicas de las vías de acceso.

Fuente: Elaboración propia.

ZONA EN RIESGO DE INUNDACIÓN	TOTAL (S/.)
Viviendas	S/36,756,507.89
Bienes materiales de las viviendas afectadas	S/9,506,700.00
Áreas agrícolas	S/913,713.40
Institución Educativa	S/35,485,980.00
Red de alcantarillado	S/597,000.00
Vías de acceso	S/159,200.00
Total	S/83,419,101.29

Tabla 67: Costos de las pérdidas económicas totales.

Fuente: Elaboración propia.

Según los cálculos las pérdidas económicas totales a causa de una inundación en el distrito de Pucará son de S/. 83,419,101.29, es un valor muy elevado que se puede evitar tomando algunas medidas preventivas de mitigación. Cabe recalcar que además de darse pérdidas económicas, también puede generarse focos infecciosos y por ende darse enfermedades como el dengue, resfríos, fiebres, etc. Los afectados según el censo de la INEI es de 10000 habitantes.

Estimación de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo

Estimación del Nivel de Peligrosidad

Se utilizó la asistencia del programa HEC-RAS para determinar el nivel de riesgo. Nos muestra las alturas de inundación para varios tiempos de retorno. Para explicar cómo se determinó el nivel de peligrosidad, utilizaremos como referencia el periodo de retorno de 100 años. Durante este tiempo, recibimos una altura de inundación promedio de 5.37 m, la cual usamos en la Tabla 52 para determinar el nivel de intensidad Muy Alta. A continuación, analizaremos nuestros datos estadísticos para determinar con qué frecuencia ocurren las inundaciones. Este análisis reveló que la distribución de los parámetros log normal 2 se ajusta mejor a la frecuencia de las inundaciones y encontramos que la precipitación máxima para cada periodo de retorno (T_r) podría ser igualada o superada.

INTENSIDAD DE INUNDACIÓN			
Descripción del área de estudio	Rango	Rango estimado	Nivel
Profundidad del nivel de agua	$H > 1.5$	5.37	Muy alta
Nivel de intensidad		$5.37 > 1.5$	Muy alta
Nivel de intensidad	Muy alta		

Tabla 68: Nivel de intensidad de inundación del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

PROBABILIDAD DE INUNDACIÓN			
Descripción del área de estudio	Rango	Rango estimado	Nivel
Periodo de retorno (TR)	$15 < T < 50$ años	20.50	Media
Frecuencia de ocurrencia		21	Media
Nivel de probabilidad	Media		

Tabla 69: Nivel de probabilidad de inundación del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Ya calculado las tablas anteriores se relaciona la intensidad y la probabilidad, obteniendo el nivel de peligro (Tabla 70).

Nivel de Peligro de Inundación			
Descripción del área de estudio	Rango	Rango estimado	Nivel
Nivel de intensidad (NI)	$H > 1.5$	20.50	Muy alta
Frecuencia de ocurrencia (F)	$0.25 < F \leq 0.5$	0.50	Media
Nivel de peligro	0.50		
	Peligro Alto		

Tabla 70: Nivel de peligro de inundación de la zona en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Estimación del Nivel de Vulnerabilidad

Para la estimación del nivel de vulnerabilidad se usaron las tablas que nos proporciona INDECI [23], las cuales detallan el valor para cada tipo de vulnerabilidad, por ello es posible calcular el valor de cada tipo de vulnerabilidad. Por eso se llevó a cabo una encuesta con respecto a la vulnerabilidad física, lo que nos permitió determinar el rango para esta, los demás tipos de vulnerabilidad se determinaron con la visita y observación de la zona en estudio.

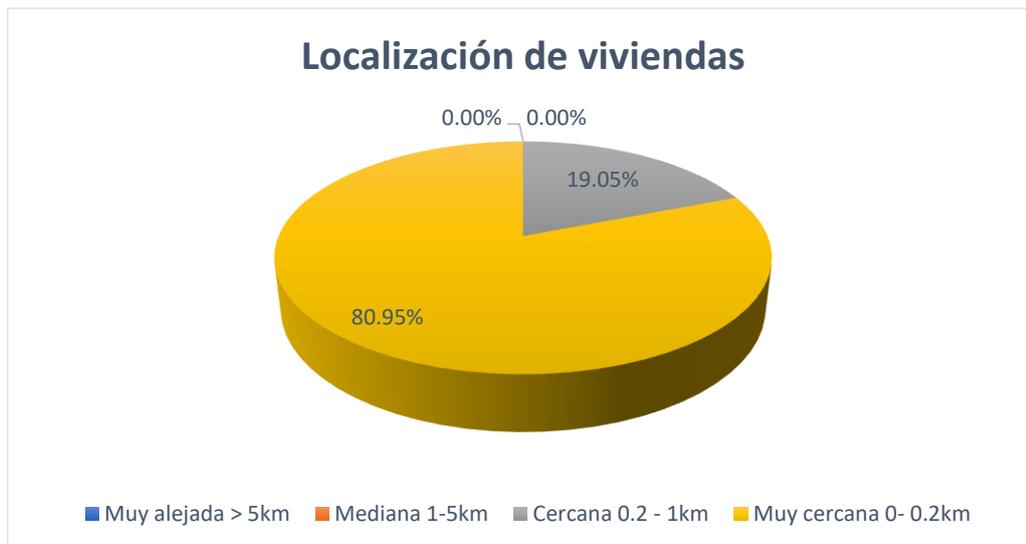
➤ Vulnerabilidad física

FICHA EVALUATIVA				
		Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo		
Ánalysis de vulnerabilidad y riesgo por inundación en la ciudad de				
Lugar:	Distrito de Pucará	Evaluador:	Ing. Juan Alejandro Agreda Barbaran	Pucará, agosto del 2022
		Asesor:	Díaz Fernández Anghela Michel	
Guía de observación física				
1.1 Localización de viviendas				
Muy alejada > 5km				
Mediana 1-5km				
Cercana 0.2 - 1km			100.00	
Muy cercana 0- 0.2km			425.00	
1.2 Material de construcción utilizada en viviendas				
Estructuras sismorresistentes con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)				
Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva.			50	
Estructura de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales.			325	
Estructura de adobe, caña y otros de menos resistencia, en estado precario.			150	
1.3 Cumpliendo de la normativa técnica vigente en los procedimientos				
Con normativa vigente estrictamente cumplidas				
Con normativa vigente medianamente cumplidas				
Desconocimiento e incumplimiento con normativa vigente			525	

Tabla 71: Encuesta de vulnerabilidad física.

Fuente: Elaboración propia.

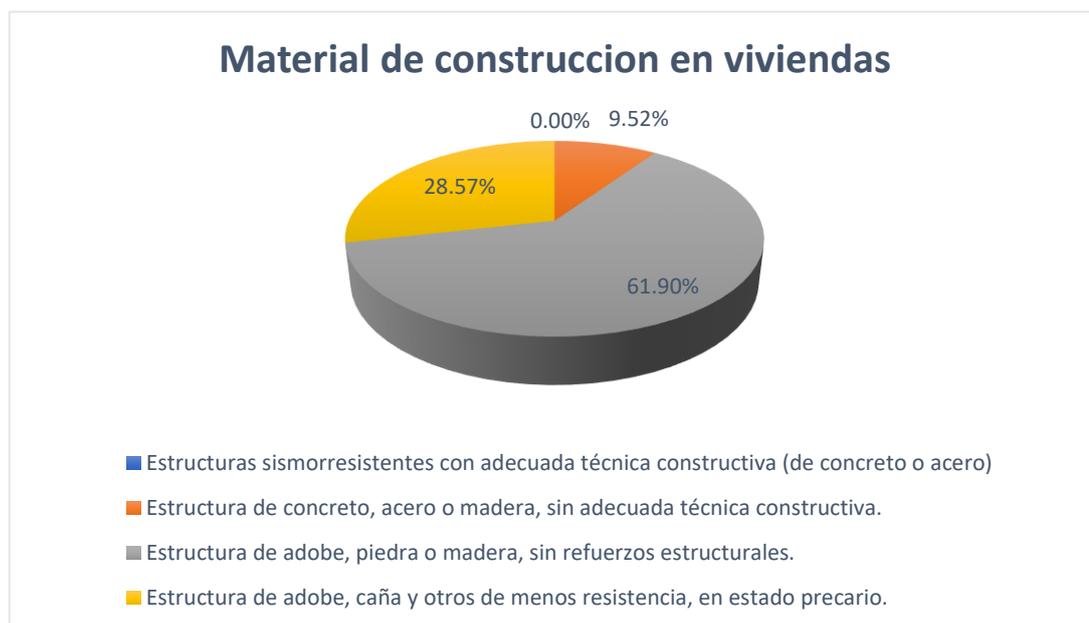
En cuanto a la cercanía de las viviendas se muestra la Tabla 55, donde podemos observar que el 80.95% de las viviendas están muy cerca del río y el 19.05% están cerca del mismo.



Gráfica N° 17: Porcentaje de la localización de las viviendas con respecto al río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente figura ilustra los materiales de construcción utilizados en las viviendas.



Gráfica N° 18: Porcentaje según el material de construcción en viviendas.

Fuente: Elaboración propia.

Y en cuanto al cumplimiento de la ley, se descubrió que la mayoría ni construye ni conoce la ley de la construcción.



Gráfica N° 19: Porcentaje del cumplimiento de normativas en las construcciones.

Fuente: Elaboración propia.

Ya una vez analizado los datos de la encuesta se realizó una tabla donde se calcula el grado de vulnerabilidad de la vulnerabilidad física.

LOCALIZACIÓN DE VIVIENDAS		
Ubicación de viviendas	Rango	Grado
Muy cercana 0.20 - 0 km	1	Muy alta
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN VIVIENDAS		
Material	Rango	Grado
Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales.	0.75	Alta
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, CALIDAD Y TIPO DE SUELO		
Características	Rango	Grado
Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas.	0.25	Baja
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA TÉCNICA		
Indicador	Rango	Grado
Con normativa vigente sin cumplimiento.	0.75	Alta
Vulnerabilidad física	0.69	
	Alta	

Tabla 72: Cálculo de vulnerabilidad física del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de las otras vulnerabilidades se observó el área de estudio y se aplicó una encuesta con una serie de alternativas (Anexo N° 12), posteriormente se presentarán las tablas de cada una de las vulnerabilidades analizadas según las tablas que nos ofrece INDECI.

➤ **Vulnerabilidad Ambiental – Ecológica**

Aquí se consideró los aspectos en función a la explotación de los recursos del río Huancabamba y todas las fuentes que generan sustancias contaminantes o peligrosas.

EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES		
<i>Indicador</i>	<i>Rango</i>	<i>Grado</i>
Prácticas de degradación del cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales) sin asesoramiento técnico capacitado. Pero las actividades son de baja intensidad.	0.50	Media
FUENTES EMISORAS DE SUSTANCIAS O MATERIALES PELIGROSOS		
<i>Indicador</i>	<i>Rango</i>	<i>Grado</i>
El área de estudio no presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, por lo que la población no se ve afectada.	0.25	Baja
Vulnerabilidad ambiental y ecológica	0.38	
	Media	

Tabla 73: Cálculo de vulnerabilidad ambiental-ecológica del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Vulnerabilidad Económica**

Aquí se considera que tan productivo y competitivo es el distrito de Pucara, así como la rentabilidad de las diversas actividades económicas que desarrollan.

ACTIVIDAD ECONÓMICA		
<i>Indicador</i>	<i>Rango</i>	<i>Grado</i>
El sistema de producción cuenta con algunos puntos que presentan competitividad. Algunas actividades económicas realizadas por la población presentan cierto nivel de rentabilidad. Existen algunas inversiones que empiezan a dinamizar el área en estudio. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas. El área en estudio se encuentra a una distancia que proporciona cierta fluidez (diaria) en las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo (locales, nacionales y/o internacionales).	0.50	Media
Vulnerabilidad económica	0.50	
	Media	

Tabla 74: Cálculo de vulnerabilidad económica del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Vulnerabilidad Social**

Para su cálculo se consideró tener en cuenta que tan organizada se encuentra la población del distrito de Pucará ante eventos o desastres naturales con lo es una inundación y que tan organizada e integrada son las instituciones y organizaciones que se encuentran en la

localidad de Pucará, ya que de ello dependerá el impacto que pueda generar una inundación.

NIVEL DE ORGANIZACIÓN		
Indicador	Rango	Grado
La organización política o social de la población es efímera o nunca funcionan. Existen disputas internas entre estas organizaciones. Presentan algunos casos de corrupción en su clase dirigenzial y desprestigio popular. Existe un bajo interés de la población por participar en algún tipo de organización social. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, debido a su nivel de desorganización tiene poca fuerza en la toma de decisiones. Existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros), pero son muy deficientes en su gestión. No existen gremios organizados.	0.75	Alta
GRADO Y TIPO DE RELACIÓN E INTEGRACIÓN ENTRE LAS INSTITUCIONES Y ORGA. LOCALES		
Indicador	Rango	Grado
Existe una parcial relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales.	0.50	Media
Vulnerabilidad social	0.63	Alta

Tabla 75: Cálculo de vulnerabilidad social del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

➤ Vulnerabilidad Educativa

Se calculó a partir tener noción de las actividades que realizan las instituciones del distrito de Pucara, para lograr informar a la población y a las instituciones acerca de lo que se tiene que realizar al presentarse una inundación.

EXISTENCIA DE CAPACITACIÓN EN COLEGIOS EN TEMAS CONCERNIENTES A DEFENSA CIVIL		
Indicador	Rango	Grado
No cuentan ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil.	1.00	Muy alta
EXISTENCIA DE CAPACITACIÓN DE LA POBLACIÓN CIVIL EN TEMAS DE DEFENSA CIVIL		
Indicador	Rango	Grado
La población está escasamente capacitada en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura escasa.	0.75	Alta
CAMPAÑAS DE DIFUSIÓN		
Indicador	Rango	Grado
No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de defensa civil para la población local.	1.00	Muy alta
Vulnerabilidad educativa	0.92	Muy alta

Tabla 76: Cálculo de vulnerabilidad educativa del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

➤ Vulnerabilidad Política e Institucional

Se considera que tan eficientes son las autoridades e instituciones para garantizar la reducción de los riesgos naturales que puedan generar en la zona.

POLÍTICO Y LEGAL		
Indicador	Rango	Grado
El soporte legal del territorio que ayude a la reducción de riesgos del territorio (local, regional o nacional) en el que se encuentra el área en estudio, no se hacen cumplir. Existe poco interés en el desarrollo planificado del territorio. El desorden en la configuración territorial del área en estudio se presenta en casi todo el territorio donde se encuentra el área en estudio.	0.75	Alta
ORGANIZACIÓN Y CAPACIDAD INSTITUCIONAL		
Indicador	Rango	Grado
Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan poca efectividad en su gestión. Empiezan a generar desprestigio y desaprobación popular. Las instituciones gubernamentales de nivel sectorial muestran algunos índices de gestión de eficiencia pero en casos aislados, Existe cierta coordinación intersectorial. No existe madurez política. Las instituciones privadas, generan con flictos aislados, muestran un relativo interés con la realidad local, al gunas de ellas coadyuvan con la informalidad, se encuentran integradas al territorio en el que se encuentran. Existe un bajo apoyo e identificación institucional e interinstitucional.	0.75	Alta
Vulnerabilidad política e institucional	0.75	Alta

Tabla 77: Cálculo de vulnerabilidad política e institucional del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

➤ Vulnerabilidad Cultural e Ideológica

CONOCIMIENTO COLECTIVO SOBRE OCURRENCIA PASADA DE PELIGROS		
Indicador	Rango	Grado
La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.50	Media
PERCEPCIÓN LOCAL DEL RIESGO		
Indicador	Rango	Grado
La mayoría de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.	0.50	Media
ACTITUD FRENTE AL RIESGO		
Indicador	Rango	Grado
Actitud escasamente previsoras de la mayoría de la población.	0.75	Alta
Vulnerabilidad cultural e ideológica	0.58	Alta

Tabla 78: Cálculo de vulnerabilidad cultura e ideología del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Vulnerabilidad Científica y Tecnológica**

Aquí se investigó si existen estudios o información acerca de los riesgos de inundación, si existe un plan de monitoreo y equipo técnico que se encargue de ello. También está el conocimiento que tenga la población acerca de los desastres naturales.

INFORMACIÓN Y SOPORTE TÉCNICO		
Indicador	Rango	Grado
Existen estudios sobre el lugar, que pueden servir tangencialmente a la estimación del Riesgo del Lugar en estudio. Los centros de investigación y/o organismos del estado cuentan con información al gún tipo de información aislado del lugar. El área no cuenta con equipos tecnológicos que puedan monitorear y analizar el peligro. Tampoco Mitigarlo. No existen técnicos calificados que puedan asesorar en la gestión del riesgo de desastre (prevención y mitigación).	0.75	Alta
CONOCIMIENTO Y CUMPLIMIENTO DE RECOMENDACIONES		
Indicador	Rango	Grado
La población posee un conocimiento básico sobre los estudios realizados en el centro urbano o rural de los peligros más recurrentes, no cumpliendo las recomendaciones dadas.	0.75	Alta
Vulnerabilidad política e institucional	0.75	Alta

Tabla 79: Cálculo de vulnerabilidad política e institucional del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, ya al tener las vulnerabilidades evaluadas en la zona en estudio, realizamos el cálculo de la vulnerabilidad total o nivel de vulnerabilidad por una inundación, que es el promedio de todas las vulnerabilidades que se analizaron.

Nivel de Vulnerabilidad de Inundación		
Tipos de vulnerabilidad	Rango	Nivel
Vulnerabilidad física	0.69	Alta
Vulnerabilidad ambiental y ecológica	0.38	Media
Vulnerabilidad económica	0.50	Media
Vulnerabilidad social	0.63	Alta
Vulnerabilidad educativa	0.92	Muy alta
Vulnerabilidad política e institucional	0.75	Alta
Vulnerabilidad cultural e ideológica	0.58	Alta
Vulnerabilidad científica y tecnológica	0.75	Alta
Vulnerabilidad Total	0.65	Alta

Tabla 80: Nivel de peligro de inundación del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Estimación del Nivel de Riesgo

Pasamos a la Tabla 66 utilizando los resultados del Nivel de Peligrosidad y el Nivel de Vulnerabilidad y determinamos el Nivel de Riesgo en la ciudad de Pucará, como se muestra en la Tabla 67, que nuestro Nivel de Riesgo está en línea con nuestra Hipótesis de Alto Riesgo de Inundación.

Peligro Muy Alto 1	Riesgo Medio 0.25	Riesgo Alto 0.5	Riesgo Muy Alto 0.75	Riesgo Muy Alto 1
Peligro Alto 0.75	Riesgo Bajo 0.19	Riesgo Medio 0.38	Riesgo Alto 0.56	Riesgo Muy Alto 0.75
Peligro Medio 0.5	Riesgo Bajo 0.13	Riesgo Medio 0.25	Riesgo Medio 0.38	Riesgo Alto 0.5
Peligro Bajo 0.25	Riesgo Bajo 0.06	Riesgo Bajo 0.13	Riesgo Bajo 0.19	Peligro Medio 0.25
	Vulnerabilidad Baja 0.25	Vulnerabilidad Media 0.5	Vulnerabilidad Alta 0.75	Vulnerabilidad Muy Alta 1

Tabla 81: Relación de nivel de peligro y vulnerabilidad de inundación del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Nivel de Riesgo de Inundación		
	Rango	Nivel
Nivel de peligro	0.50	Peligro Alto
Vulnerabilidad Total	0.65	Alta
Riesgo Total	0.56	
	Riesgo Alto	

Tabla 82: Nivel de riesgo de inundación del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Propuestas de Alternativas de Solución con Defensas Ribereñas

Ubicación de las defensas ribereñas

Con la elaboración de los mapas de riesgo de inundación para cada periodo se pudo ver las áreas afectadas en todo el tramo de estudio que son 5 km y por ende se plantean dos alternativas de solución, las cuales vendrían a ser dos tipos de defensas ribereñas. La selección del tipo de defensa ribereña se realizó de acuerdo con la verificación y existencia de los materiales en la zona, ya que esto garantiza la factibilidad de su realización para una posible ejecución.

Se plateo de esta manera mitigar los daños que pueden causar una futura inundación, aguas arriba de la progresiva 1 + 725 km del tramo en estudio tanto para el margen derecho e izquierdo se plantea la construcción de estructuras de enrocado las cuales protegerán las zonas agrícolas, aguas debajo de la progresiva 1 + 725 km hasta 3 + 225 km se plantea la construcción de una defensa de concreto armado con el objetivo de proteger las viviendas aledañas al río Huancabamba y puesto que se imposibilita la construcción de otro tipo de

estructura. Y aguas abajo de la progresiva 3 + 225 km hasta 5 + 025 km se plantea la construcción de una defensa ribereña de enrocado con el fin de proteger las áreas de cultivo de arroz que existen en ambos márgenes del río.

Se debe adicionar a la construcción de las defensas ribereñas la descolmatación del río, generalmente aguas arriba y debajo de la zona urbana, con el objetivo de remover los sedimentos y por ende se logrará que al darse una máxima venida el flujo del río siga su curso, de esta manera no se desviaría a los márgenes y no aumentara el tirante del agua.

EVALUACIÓN LONGITUDINAL DE PROTECCIÓN					
Ancho B	Tramo		Longitud	Protección	
				M. Derecho	M. Izquierdo
140	0 + 000	0 + 825	825	Enrocado	Enrocado
80	0 + 825	1 + 125	300	Enrocado	Enrocado
140	1 + 125	1 + 575	450	Enrocado	Enrocado
80	1 + 575	1 + 688	113	Enrocado	Enrocado
50	1 + 688	1 + 725	37	Concreto Armado	Concreto Armado
40	1 + 725	1 + 950	225	Concreto Armado	Concreto Armado
50	1 + 950	2 + 175	225	Concreto Armado	Concreto Armado
40	2 + 175	2 + 325	150	Concreto Armado	Concreto Armado
35	2 + 325	2 + 400	75	Concreto Armado	Concreto Armado
50	2 + 400	2 + 550	150	Concreto Armado	Concreto Armado
40	2 + 550	2 + 850	300	Concreto Armado	Concreto Armado
40	2 + 850	3 + 075	225	Concreto Armado	Concreto Armado
50	3 + 075	3 + 225	150	Concreto Armado	Concreto Armado
80	3 + 225	4 + 050	825	Enrocado	Enrocado
100	4 + 050	4 + 200	150	Enrocado	Enrocado
140	4 + 200	4 + 500	300	Enrocado	Enrocado
100	4 + 500	4 + 745	245	Enrocado	Enrocado
80	4 + 745	5 + 025	280	Enrocado	Enrocado

Tabla 83: Tipo de defensa ribereña para las áreas críticas.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de las alternativas de solución

Defensa ribereña de Enrocado

Para esta propuesta de solución se hizo uso del programa River con el cual se realizó un diseño preliminar, el caudal que se utilizó es de 1086.64 m³/s para un periodo de retorno de 100 años, ya que con este periodo el caudal es más crítico y se alcanza los niveles más altos de agua.

Lo primero que realiza el programa es el cálculo del ancho estable del río Huancabamba, que vendría a ser el ancho con el cual el río tiene un buen comportamiento y por ende el flujo tiene un buen drenaje del caudal de avenidas.

➤ **Ancho estable**

El programa River determina el ancho estable a través de 5 métodos que son los siguientes: el de Recomendación Práctica, el Método de Petits, el Método de Simons y Altunin, el Método de Blench y Altunin y el Método de Manning y Strickler.

- Con respecto al método de Recomendación Práctica el cual se calcula en función al caudal de diseño, se obtuvo un ancho estable de 107.64 m.
- Según el método de Petits también es calculada en relación con el caudal de diseño y se obtiene como ancho estable 146.36 m.
- Para el método de Simons y Altunin para el cual se consideran las condiciones del fondo del río y el caudal de diseño, logrando obtener un ancho estable de 95.60 m.
- Por otra parte, el método de Blench y Altunin trabaja tomando en cuenta tanto el tipo de cauce del río, el ancho estable y el tipo de material que posee el río, el resultado que se obtuvo es un ancho estable de 168.76 m.
- El método de Manning y Stricker también está relacionado con el cauce, el material y tipo de río, obteniendo como ancho estable 162.75 m.

Ancho Estable del Cauce (B)	
Recomendacion Practica	107.64
Metodo de Petits	146.36
Metodo de Simons y Henderson	95.60
Metodo de Blench y Altunin	168.76
Metodo de Manning y Strickler	162.75

Figura N° 70: Ancho estable según River para el río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Tras concluir con el cálculo del ancho estable por los 5 métodos, se obtuvo un promedio de ellos y por ende el ancho estable resulto ser de $B= 136$ m. Para el valor del talud se usó un $Z= 2.00$, ya que es el valor más usado para este tipo de defensa ribereña.

Una vez ya definido el ancho estable y el talud, nos dirigimos a establecer la sección teórica que tendrá el cauce del río Huancabamba, el cual puede observarse en la Figura N° 71.

Seccion Teorica del Cauce		
Metodo de Manning		Plantilla (B)
Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
2.52	146.09	2.00
Area (A)	Perimetro	B. Libre (Bl)
356.01	147.29	0.88
Velocidad	Nº Froude	Rugosidad
3.053	0.614	0.0450

Figura N° 71: Sección teórica del cauce del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Diseño de Dique Recto con un $B=140m$**

Se realiza el diseño con un ancho estable de $B = 140 m$ para las zonas de cultivos de arroz, se estableció un talud de $Z = 2$ y se obtuvo como sección teórica lo que se observa en la Figura N° 72.

Seccion Teorica del Cauce		
Metodo de Manning		Plantilla (B)
Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
2.48	149.92	2.00
Area (A)	Perimetro	B. Libre (Bl)
359.65	151.10	1.02
Velocidad	Nº Froude	Rugosidad
3.022	0.613	0.0450

Figura N° 72: Para un $B=140m$ su sección teórica del cauce del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Luego se tiene que calcular la altura o profundidad de socavación del río Huancabamba, de los estudios de mecánica de suelos se obtuvo que el suelo del tramo en estudio es No Cohesivo, se considera que la forma del dique sea recto, logrando obtener como resultado las características de un Dique Recto que poseerá un tirante de socavación de 4.51 m, una profundidad de socavación de 2.03 m, una altura de Uña de 2.10 m, la altura del dique será de 3.50 m y finalmente la altura total del dique será de 5.60 m, todo estos resultados se calcularon con el método de Li. List Van Levediev y se puede observar en la Figura N° 73.

Dimensiones del Dique

Forma Dique: Recto Curva

Tipo de Suelo: No Cohesivo Cohesivo

Dm (mm): 3.00

Radio Curva:

Metodo de U. List Van Levediev

Dique en Recta Dique en Curva

Tirante de Socavacion (m): 4.51

Profundidad de Socavacion (m): 2.03

Altura de Uña: 2.10

Altura de Dique: 3.50

Altura Total (m): 5.60

Figura N° 73: Dimensiones del Dique Recto según List Van Levediev.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecido estas características del dique recto, nos disponemos a realizar el Diseño Preliminar Sugerido, tal y como se observa en la Figura N° 74.

Diseño Preliminar Sugerido		
	D.Recto	D.Curva
Ancho Corona (m)	4.00	4.00
Altura Dique (m)	3.50	3.50
Altura Enrocado	3.50	3.50
Altura Uña (m)	2.10	2.10
Ancho de Uña (m)	3.20	3.20
Altura Total (m)	5.60	5.60

Figura N° 74: Diseño preliminar Sugerido para B=140m.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se llevará a cabo el cálculo del diámetro medio que tendrán las rocas, es por ello por lo que se hizo uso del método de Maynard e Isbash, el diámetro de la roca resulto ser de 0.50 cm.

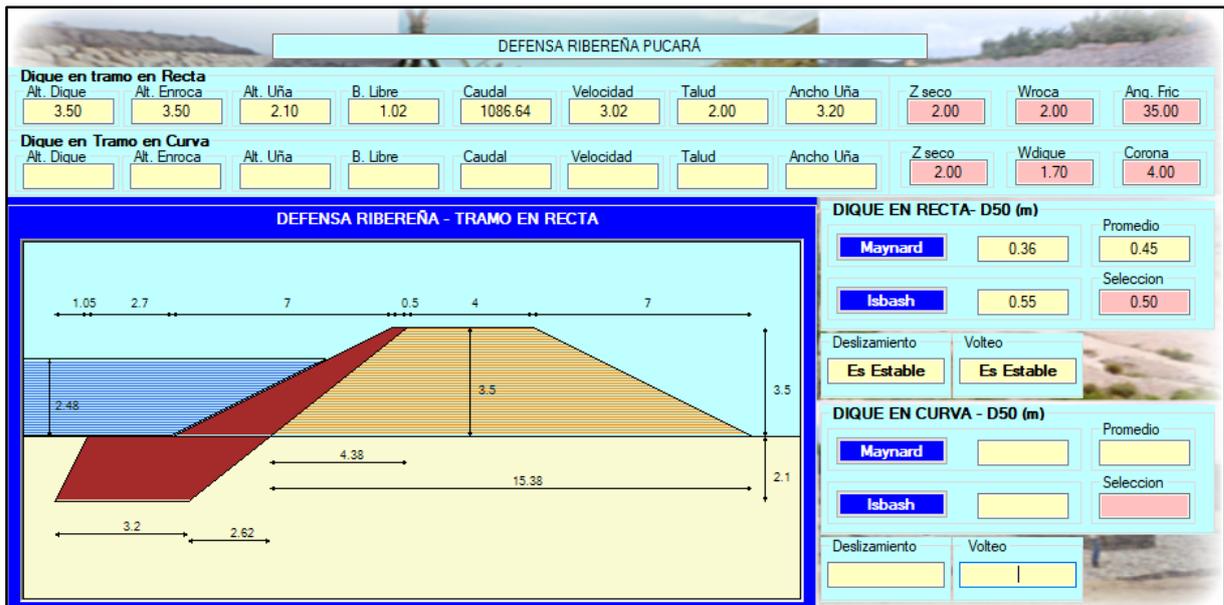


Figura N° 75: Diseño de defensa ribereña Enrocado usando River.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Diseño de Dique Recto con un B=100m**

Se realiza el diseño con un ancho estable de B = 100 m para las zonas de cultivos de arroz debido a que en algunos tramos se reduce el ancho estable del río, se estableció un talud de Z =2 y se obtuvo como sección teórica lo que se observa en la Figura N° 76.

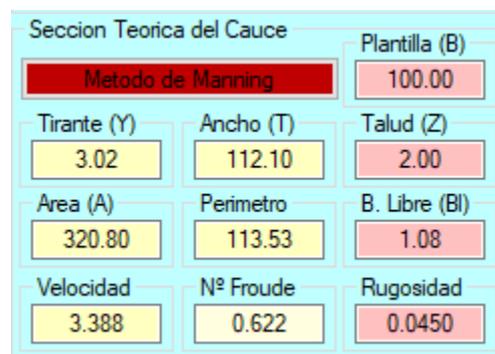


Figura N° 76: Para un B=100 m su sección teórica del cauce del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Luego se tiene que calcular la altura o profundidad de socavación del río Huancabamba, de los estudios de mecánica de suelos se obtuvo que el suelo del tramo en estudio es No Cohesivo, se considera que la forma del dique sea recto, logrando obtener como resultado las características de un Dique Recto que poseerá un tirante de socavación de 5.59 m, una profundidad de socavación de 2.56 m, una altura de Uña de 2.60 m, la altura del dique será de 4.10 m y finalmente la altura total del dique será

de 6.70 m, todo estos resultados se calcularon con el método de Li. List Van Levediev y se puede observar en la Figura N° 77.

Dimensiones del Dique	
Forma Dique	Tipo de Suelo
<input checked="" type="radio"/> Recto	<input checked="" type="radio"/> No Cohesivo
<input type="radio"/> Curva	<input type="radio"/> Cohesivo
Dm (mm)	Radio Curva
3.00	
Metodo de <input type="checkbox"/> List Van Levediev	
Dique en Recta	Dique en Curva
Tirante de Socavacion (m)	
5.59	
Profundidad de Socavacion (m)	
2.56	
Altura de Uña	
2.60	
Altura de Dique	
4.10	
Altura Total (m)	
6.70	

Figura N° 77: Dimensiones del Dique Recto según List Van Levediev.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecido estas características del dique recto, nos disponemos a realizar el Diseño Preliminar Sugerido, tal y como se observa en la Figura N° 78.

Diseño Preliminar Sugerido	Diseño Preliminar Sugerido	
	D.Recto	D.Curva
Ancho Corona (m)	4.00	4.00
Altura Dique (m)	4.10	4.10
Altura Enrocado	4.10	4.10
Altura Uña (m)	2.60	2.60
Ancho de Uña (m)	3.90	3.90
Altura Total (m)	6.70	6.70

Figura N° 78: Diseño preliminar Sugerido para B= 100 m.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se llevará a cabo el cálculo del diámetro medio que tendrán las rocas, es por ello por lo que se hizo uso del método de Maynard e Isbash, el diámetro de la roca resulto ser de 0.60 cm.

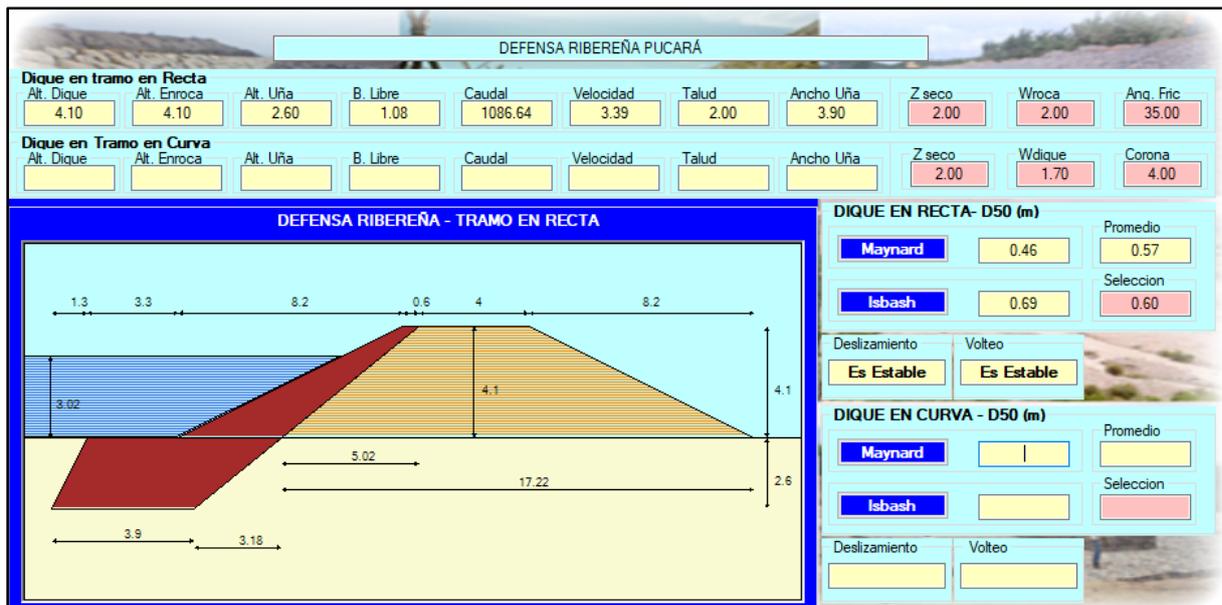


Figura N° 79: Diseño de defensa ribereña Enrocado usando River.

Fuente: Elaboración propia.

➤ Diseño de Dique Recto con un $B=80m$

Se realiza el diseño con un ancho estable de $B = 80 m$ para las zonas de cultivos de arroz debido a que en algunos tramos se reduce el ancho estable del río, este ancho es el más desfavorable para el diseño de una defensa ribereña de enrocado en todo el tramo en estudio, se estableció un talud de $Z = 2$ y se obtuvo como sección teórica lo que se observa en la Figura N° 80.

Seccion Teorica del Cauce		Plantilla (B)
Metodo de Manning		80.00
Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
3.44	93.77	2.00
Area (A)	Perimetro	B. Libre (Bl)
299.24	95.40	1.06
Velocidad	Nº Froude	Rugosidad
3.633	0.625	0.0450

Figura N° 80: Para un $B=80 m$ su sección teórica del cauce del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Luego se tiene que calcular la altura o profundidad de socavación del río Huancabamba, de los estudios de mecánica de suelos se obtuvo que el suelo del tramo en estudio es No Cohesivo, se considera que la forma del dique sea recto, logrando obtener como resultado las características de un Dique Recto que poseerá un tirante de socavación de 6.38 m, una profundidad de socavación de 2.93 m, una altura de Uña de 3.00 m, la altura del dique será de 4.50 m y finalmente la altura total del dique será

de 7.50 m, todo estos resultados se calcularon con el método de Li. List Van Levediev y se puede observar en la Figura N° 81.

Dimensiones del Dique	
Forma Dique	Tipo de Suelo
<input checked="" type="radio"/> Recto	<input checked="" type="radio"/> No Cohesivo
<input type="radio"/> Curva	<input type="radio"/> Cohesivo
Dm (mm)	Radio Curva
3.00	
Metodo de U. List Van Levediev	
<u>Dique en Recta</u>	<u>Dique en Curva</u>
Tirante de Socavacion (m)	
6.38	
Profundidad de Socavacion (m)	
2.93	
Altura de Uña	
3.00	
Altura de Dique	
4.50	
Altura Total (m)	
7.50	

Figura N° 81: Dimensiones del Dique Recto según List Van Levediev.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecido estas características del dique recto, nos disponemos a realizar el Diseño Preliminar Sugerido, tal y como se observa en la Figura N° 82.

Diseño Preliminar Sugerido		
	D.Recto	D.Curva
Ancho Corona (m)	4.00	4.00
Altura Dique (m)	4.50	4.50
Altura Enrocado	4.50	4.50
Altura Uña (m)	3.00	3.00
Ancho de Uña (m)	4.50	4.50
Altura Total (m)	7.50	7.50

Figura N° 82: Diseño preliminar Sugerido para B= 80 m.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se llevará a cabo el cálculo del diámetro medio que tendrán las rocas, es por ello por lo que se hizo uso del método de Maynard e Isbash, el diámetro de la roca resulto ser de 0.70 cm

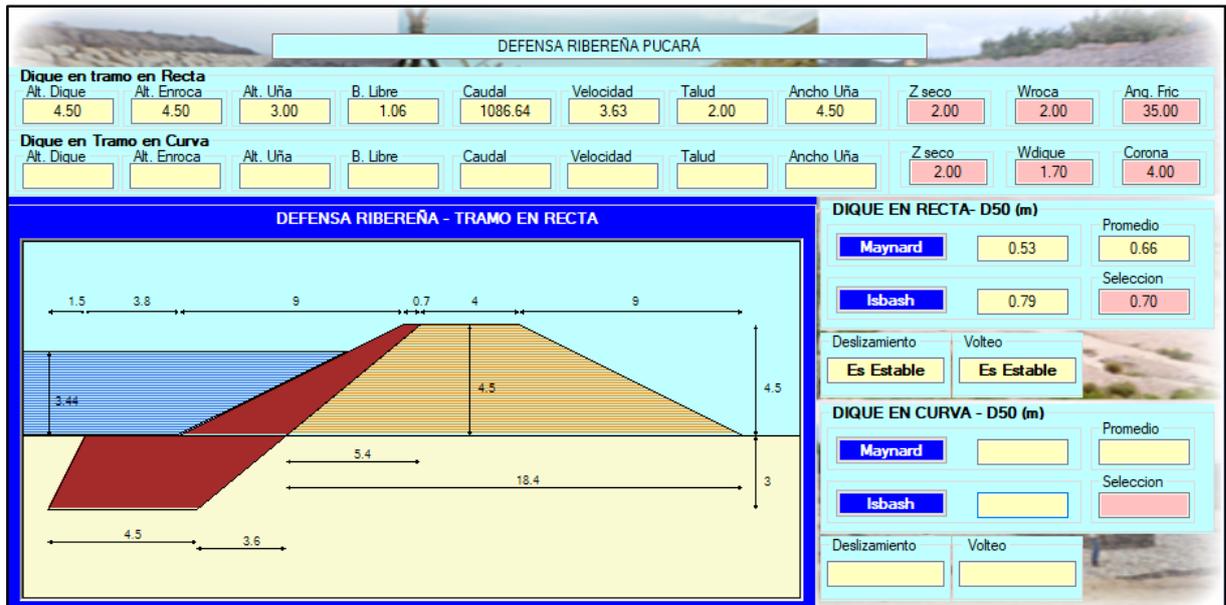


Figura N° 83: Diseño de defensa ribereña Enrocado usando River.

Fuente: Elaboración propia.

Defensa ribereña de Concreto Armado

Para este tipo de diseño se usó un caudal de diseño de 1086.64 m³/s que es para un periodo de retorno de 100 años, ya que este es el caudal que genera los mayores tirantes de inundación en el distrito de Pucará.

Primero se realizó el análisis hidráulico, para ello se usó el programa River, aquí se utilizó un ancho estable de B = 40 m debido a que en la zona urbana existen viviendas en las laderas del río y por ende nos restringe darle un mayor ancho estable.

Tras realizar el análisis hidráulico (Figura N° 84) ya se conocen la sección teórica del cauce para un ancho estable de 40 m y también se tiene noción de algunas dimensiones (Figura N° 85) que puede presentar nuestra defensa ribereña de concreto armado. Las defensas ribereñas de concreto armado son casi rectas por lo que en el análisis se consideró un talud de Z = 0.1.

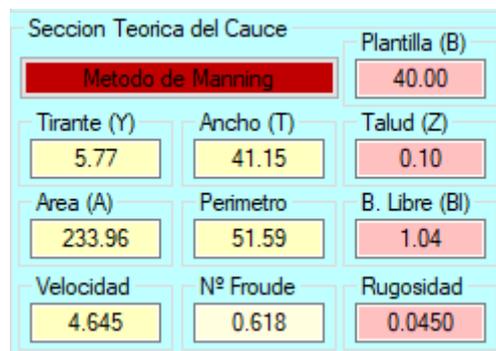


Figura N° 84: Sección Teórica del Cauce para una defensa de Concreto Armado.

Fuente: Elaboración propia.

Metodo de U. List Van Levediev	
Dique en Recta	Dique en Curva
Tirante de Socavacion (m)	
11.86	
Profundidad de Socavacion (m)	
6.10	
Altura de Uña	
6.10	
Altura de Dique	
6.80	
Altura Total (m)	
12.90	

Figura N° 85: Dimensiones de una defensa de Concreto Armado.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de conocer las dimensiones de la defensa ribereña, nos disponemos a su diseño. Como se observa en la Figura N° 85 la altura total del muro de concreto armado es de $H=12.9$ m y se decide redondear a un $H=13$ m, de los cuales se planteó diseñar un muro con una altura de $H=11$ m y una cuña de 2 m.

➤ Dimensionamiento de Muro

El predimensionamiento se llevó a cabo tomando en cuenta a los Principios de Ingeniería de Cimentaciones de Braja M.

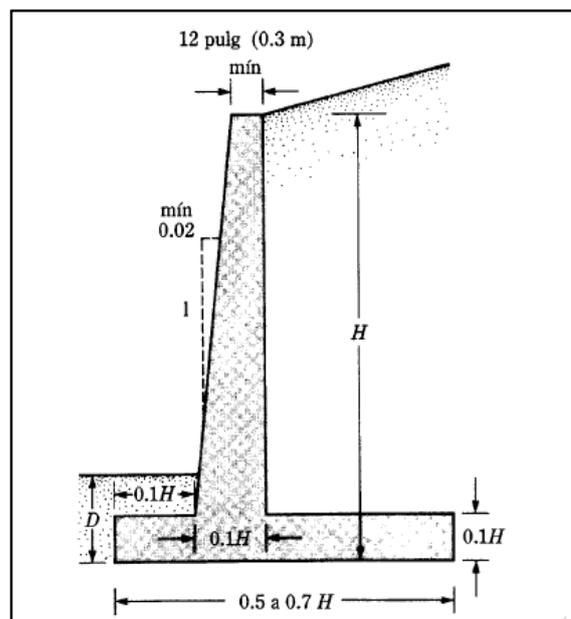


Figura N° 86: Formulas para el predimensionamiento del muro.

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones de Braja M.

DIMENSION	CALCULADO	REDONDEADO	OBSERVACION
H	11.00 m	11.00 m	Dato
h	4.20 m	4.20 m	Dato
B=0.6H	6.60 m	6.60 m	Criterio
D=0.1H	1.10 m	1.10 m	Criterio
t _{sup}	0.30 m	0.30 m	Valor mínimo
t _{inf} =0.1H	1.10 m	1.00 m	Criterio
L=B/3	2.20 m	2.20 m	Criterio
e _{losa}	0.00 m	0.00 m	Dato
h _{viga}	0.00 m	0.00 m	Dato
e _{neopreno}	0.00 m	0.00 m	Dato
h _{parapeto}	0.00 m	0.00 m	e _{losa} +h _{viga} +e _{neopreno}
b _{parapeto}	0.00 m	0.00 m	Asumido
e1	0.00 m	0.00 m	Asumido
e2	0.00 m	0.00 m	Asumido
DIMENSION	CALCULADO	REDONDEADO	OBSERVACION
b1	0.00 m	0.00 m	Asumido
b2	0.00 m	0.00 m	Asumido
s°	4.40°	4.40°	Calculado
N _{mínimo}	0.27 m	--	Según Norma MTC
N	0.30 m	0.30 m	Calculado
h _a	5.77 m	5.77 m	Dato
t _{ha}	0.32 m	0.32 m	Calculado
H _{pant}	9.90 m	9.90 m	Calculado

Tabla 84: Dimensiones del muro.

Fuente: Elaboración propia.

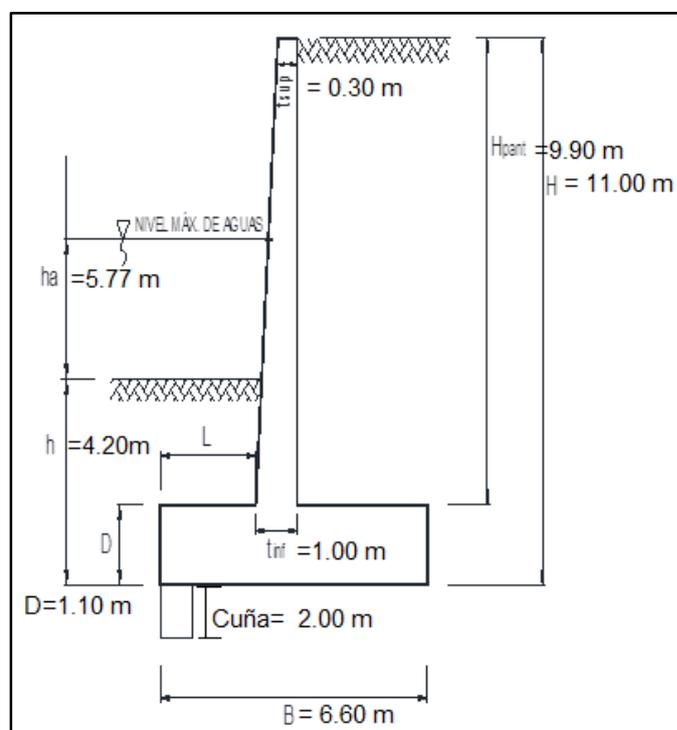


Tabla 85: Muro de concreto armado con sus dimensiones.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Definición de Cargas**

1. Datos Previos

$\gamma_{\text{concreto}} =$	2.40 Ton/m ³
$\gamma_m =$	1.85 Ton/m ³
$\phi =$	35°
(1) A =	0.28
(2) % Cargas de Impacto =	0.00%
(3) q =	0.60 Ton/m

2. Peso Propio (DC) y del Suelo (EV)

CALCULO DE DC				
N°	VOL. (m3)	DC (Ton)	x (m)	DC*x (Ton*m)
1	7.26	17.42	3.30	57.50
2	2.97	7.13	3.05	21.74
3	3.47	8.32	2.67	22.18
N°	VOL. (m3)	DC (Ton)	x (m)	DC*x (Ton*m)
4	0.00	0.00	2.90	0.00
5	0.00	0.00	3.20	0.00
6	0.00	0.00	3.05	0.00
7	0.00	0.00	3.20	0.00
Σ	--	32.87	--	101.42
CALCULO DE EV				
N°	VOL. (m3)	EV (Ton)	x (m)	EV*x (Ton*m)
8	0.00	0.00	3.20	0.00
9	33.66	62.27	4.90	305.13
Σ	--	62.27	--	305.13

$$\text{DC} = 32.87 \text{ Ton}$$

$$x = 3.09 \text{ m}$$

$$\text{EV} = 62.27 \text{ Ton}$$

$$x = 4.90 \text{ m}$$

3. Peso Propio proveniente de la Superestructura (DC)

$$\text{DC} = 0.00 \text{ Ton/m}$$

$$x = 3.05 \text{ m}$$

4. Carga Muerta proveniente de la Superestructura (DW)

$$\text{DW} = 0.00 \text{ Ton/m}$$

$$x = 3.05 \text{ m}$$

5. Presión Estática del Suelo (EH Y EV)

$$\delta = \phi/2 = 17.5^\circ$$

$$\gamma_m = 1.85 \text{ g/cm}^3$$

$$(4) K_a = 0.2461$$

$$k_h = A/2 = 0.14$$

$$\theta = 7.97^\circ$$

$$(5) K_e = 0.3332$$

<i>Empuje estático:</i>	<i>Empuje dinámico:</i>
E= 27.55 Ton	Ee= 37.30 Ton
EH= 26.27 Ton	EHe= 35.57 Ton
EV= 8.28 Ton	EVe= 11.21 Ton
y= 3.67 m	$\Delta Ee= 9.75$ Ton
x= 6.60 m	(6) y= 4.43 m
	x= 6.60 m

6. Carga Viva proveniente de la Superestructura (LL)

$$LL = 0.00 \text{ Ton/m}$$

$$x = 3.05 \text{ m}$$

7. Carga de Impacto (IM)

$$IM = 0.00 \text{ Ton/m}$$

8. Fuerza de Frenado y Aceleración (BR):

$$BR=5\%LL= 0.00 \text{ Ton/m}$$

$$hBR= 1.80 \text{ m}$$

$$y = 12.80 \text{ m}$$

9. Sobrecarga Peatonal proveniente de la Superestructura (PL)

$$PL= 0.00 \text{ Ton/m}$$

$$x = 3.05 \text{ m}$$

10. Sobrecarga Superficial y de Tráfico (LS)

pH= 0.15 Ton/m	
LSH= 1.62 Ton	LSV= 2.04 Ton
y= 5.50 m	x= 4.90 m

11. Subpresión de Agua (WA)

$$WA= -13.10 \text{ Ton}$$

$$x = 3.30 \text{ m}$$

12. Fuerza Sísmica (EQ)

$$EQ=10\%DC= 0.00 \text{ Ton}$$

$$y = 11.00 \text{ m}$$

13. Combinación de Cargas

ESTADO	DC	DW	EH	EV	LL IM BR PL LS	WA	EQ	n
RESISTENCIA 1	0.90	0.65	1.50	1.35	1.75	1.00	0.00	1.05
RESISTENCIA 1	0.90	1.50	1.50	1.35	1.75	1.00	0.00	1.05
RESISTENCIA 1	1.25	0.65	1.50	1.35	1.75	1.00	0.00	1.05
RESISTENCIA 1	1.25	1.50	1.50	1.35	1.75	1.00	0.00	1.05
EV. EXTREMO 1	0.90	0.65	1.50	1.35	0.5	1.00	1.00	1.00
EV. EXTREMO 1	0.90	1.50	1.50	1.35	0.5	1.00	1.00	1.00
EV. EXTREMO 1	1.25	0.65	1.50	1.35	0.5	1.00	1.00	1.00
EV. EXTREMO 1	1.25	1.50	1.50	1.35	0.5	1.00	1.00	1.00

➤ *Verificación de Estabilidad*

1. Datos Previos

F.S.D.=	1.40	μ =	0.7
F.S.V.=	2.00	σ =	3.20 Kg/cm ²

2. Fuerzas y Momentos Actuales Factorados

FUERZAS ACTUANTES (Ton)					
COMBINACIÓN	E _H	L _{SH}	BR	EQ	nΣF
RESISTENCIA 1	39.41	2.84	0.00	0.00	44.36
RESISTENCIA 1	39.41	2.84	0.00	0.00	44.36
RESISTENCIA 1	39.41	2.84	0.00	0.00	44.36
RESISTENCIA 1	39.41	2.84	0.00	0.00	44.36
EV. EXTREMO 1	53.35	0.81	0.00	0.00	54.17
EV. EXTREMO 1	53.35	0.81	0.00	0.00	54.17
EV. EXTREMO 1	53.35	0.81	0.00	0.00	54.17
EV. EXTREMO 1	53.35	0.81	0.00	0.00	54.17

MOMENTOS ACTUANTES (Ton-m)					
COMBINACIÓN	E _H	L _{SH}	BR	EQ	nΣM
RESISTENCIA 1	144.50	15.63	0.00	0.00	168.14
RESISTENCIA 1	144.50	15.63	0.00	0.00	168.14
RESISTENCIA 1	144.50	15.63	0.00	0.00	168.14
RESISTENCIA 1	144.50	15.63	0.00	0.00	168.14
EV. EXTREMO 1	236.54	4.47	0.00	0.00	241.01
EV. EXTREMO 1	236.54	4.47	0.00	0.00	241.01
EV. EXTREMO 1	236.54	4.47	0.00	0.00	241.01
EV. EXTREMO 1	236.54	4.47	0.00	0.00	241.01

3. Fuerzas y Momentos Resistentes Factorados

FUERZAS RESISTENTES (Ton)									
COMBINACIÓN	DC	DW	LL	IM	PL	E _v	L _{Sv}	WA	nΣF
RESISTENCIA 1	29.58	0.00	0.00	0.00	0.00	95.25	3.57	-13.10	121.06
RESISTENCIA 1	29.58	0.00	0.00	0.00	0.00	95.25	3.57	-13.10	121.06
RESISTENCIA 1	41.09	0.00	0.00	0.00	0.00	95.25	3.57	-13.10	133.14
RESISTENCIA 1	41.09	0.00	0.00	0.00	0.00	95.25	3.57	-13.10	133.14
EV. EXTREMO 1	29.58	0.00	0.00	0.00	0.00	99.21	1.02	-13.10	116.70
EV. EXTREMO 1	29.58	0.00	0.00	0.00	0.00	99.21	1.02	-13.10	116.70
EV. EXTREMO 1	41.09	0.00	0.00	0.00	0.00	99.21	1.02	-13.10	128.21
EV. EXTREMO 1	41.09	0.00	0.00	0.00	0.00	99.21	1.02	-13.10	128.21

MOMENTOS RESISTENTES (Ton-m)									
COMBINACIÓN	DC	DW	LL	IM	PL	E _v	LS _v	WA	nΣM
RESISTENCIA 1	91.27	0.00	0.00	0.00	0.00	485.73	17.49	-43.24	578.82
RESISTENCIA 1	91.27	0.00	0.00	0.00	0.00	485.73	17.49	-43.24	578.82
RESISTENCIA 1	126.77	0.00	0.00	0.00	0.00	485.73	17.49	-43.24	616.09
RESISTENCIA 1	126.77	0.00	0.00	0.00	0.00	485.73	17.49	-43.24	616.09
EV. EXTREMO 1	91.27	0.00	0.00	0.00	0.00	511.85	5.00	-43.24	564.88
EV. EXTREMO 1	91.27	0.00	0.00	0.00	0.00	511.85	5.00	-43.24	564.88
EV. EXTREMO 1	126.77	0.00	0.00	0.00	0.00	511.85	5.00	-43.24	600.37
EV. EXTREMO 1	126.77	0.00	0.00	0.00	0.00	511.85	5.00	-43.24	600.37

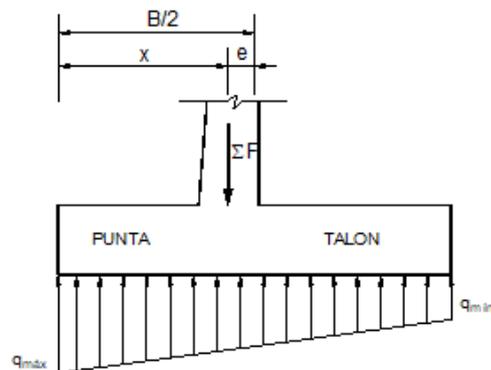
4. Estabilidad al Deslizamiento

COMBINACION	$\mu\Sigma F_v/\Sigma F_H$	
RESISTENCIA 1	1.91	OK!
RESISTENCIA 1	1.91	OK!
RESISTENCIA 1	2.10	OK!
RESISTENCIA 1	2.10	OK!
EV. EXTREMO 1	1.51	OK!
EV. EXTREMO 1	1.51	OK!
EV. EXTREMO 1	1.66	OK!
EV. EXTREMO 1	1.66	OK!

5. Estabilidad al Volteo

COMBINACION	$\Sigma M_R/\Sigma M_A$	
RESISTENCIA 1	3.442	OK!
RESISTENCIA 1	3.442	OK!
RESISTENCIA 1	3.664	OK!
RESISTENCIA 1	3.664	OK!
EV. EXTREMO 1	2.344	OK!
EV. EXTREMO 1	2.344	OK!
EV. EXTREMO 1	2.491	OK!
EV. EXTREMO 1	2.491	OK!

6. Presiones sobre el Suelo



$$B/6 = 1.10 \text{ m}$$

COMBINACIÓN	x (m)	e (m)		qmax (Ton/m)		qmin (Ton/m)	
RESISTENCIA 1	3.392	0.092	OK!	19.88	OK!	16.80	OK!
RESISTENCIA 1	3.392	0.092	OK!	19.88	OK!	16.80	OK!
RESISTENCIA 1	3.364	0.064	OK!	21.36	OK!	18.99	OK!
RESISTENCIA 1	3.364	0.064	OK!	21.36	OK!	18.99	OK!
EV. EXTREMO 1	2.775	0.525	OK!	26.12	OK!	9.25	OK!
EV. EXTREMO 1	2.775	0.525	OK!	26.12	OK!	9.25	OK!
EV. EXTREMO 1	2.803	0.497	OK!	28.20	OK!	10.65	OK!
EV. EXTREMO 1	2.803	0.497	OK!	28.20	OK!	10.65	OK!

➤ *Análisis Estructural*

1. Cálculo del Cortante y Momento de Diseño (en la base de la pantalla)

$$y = 9.90 \text{ m}$$

COMBINACIÓN	CORTANTE Vd (Ton) - A "d" DE LA CARA				
	E _H	L _{S_H}	BR	EQ	nΣVd
RESISTENCIA 1	31.60	2.55	0.00	0.00	35.85
RESISTENCIA 1	31.60	2.55	0.00	0.00	35.85
RESISTENCIA 1	31.60	2.55	0.00	0.00	35.85
RESISTENCIA 1	31.60	2.55	0.00	0.00	35.85
EV. EXTREMO 1	42.78	0.73	0.00	0.00	43.51
EV. EXTREMO 1	42.78	0.73	0.00	0.00	43.51
EV. EXTREMO 1	42.78	0.73	0.00	0.00	43.51
EV. EXTREMO 1	42.78	0.73	0.00	0.00	43.51

COMBINACIÓN	MOMENTO M (Ton-m) - MÁXIMO				
	E _H	L _{S_H}	BR	EQ	nΣM
RESISTENCIA 1	105.34	12.66	0.00	0.00	123.90
RESISTENCIA 1	105.34	12.66	0.00	0.00	123.90
RESISTENCIA 1	105.34	12.66	0.00	0.00	123.90
RESISTENCIA 1	105.34	12.66	0.00	0.00	123.90
EV. EXTREMO 1	172.44	3.62	0.00	0.00	176.05
EV. EXTREMO 1	172.44	3.62	0.00	0.00	176.05
EV. EXTREMO 1	172.44	3.62	0.00	0.00	176.05
EV. EXTREMO 1	172.44	3.62	0.00	0.00	176.05

2. Ubicación de m/2 para el Corte del Acero

$$y = 7.000 \text{ m}$$

$$t_y = 0.795 \text{ m}$$

$$M_u = 176.05 \text{ Ton-m}$$

$$M_u/2 = 88.02 \text{ Ton-m} \quad \text{OK!}$$

COMBINACIÓN	MOMENTO M/2 (Ton-m)				
	E _H	L _{SH}	BR	EQ	nΣ(M/2)
RESISTENCIA 1	52.66	6.33	0.00	0.00	61.95
RESISTENCIA 1	52.66	6.33	0.00	0.00	61.95
RESISTENCIA 1	52.66	6.33	0.00	0.00	61.95
RESISTENCIA 1	52.66	6.33	0.00	0.00	61.95
EV. EXTREMO 1	86.21	1.81	0.00	0.00	88.02
EV. EXTREMO 1	86.21	1.81	0.00	0.00	88.02
EV. EXTREMO 1	86.21	1.81	0.00	0.00	88.02
EV. EXTREMO 1	86.21	1.81	0.00	0.00	88.02

3. Cálculo del Cortante y Momento en la Base del Parapeto

COMBINACIÓN	CORTANTE V _{dparap} (Ton) - A "d" DE LA CARA				
	E _H	L _{SH}	BR	EQ	nΣV _d
RESISTENCIA 1	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01
RESISTENCIA 1	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01
RESISTENCIA 1	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01
RESISTENCIA 1	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01
EV. EXTREMO 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EV. EXTREMO 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EV. EXTREMO 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EV. EXTREMO 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

COMBINACIÓN	MOMENTO M _{parap} (Ton-m) - MÁXIMO				
	E _H	L _{SH}	BR	EQ	nΣM
RESISTENCIA 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RESISTENCIA 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RESISTENCIA 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RESISTENCIA 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4. Cálculo del Cortante y Momento en el Talón de la Zapata

COMBINACIÓN	q _{cara} (Ton/m)	CORTANTE V _d (Ton) - A "d" DE LA CARA				
		DC	L _{Sv}	EV	Q	nΣV _d
RESISTENCIA 1	18.389	-7.96	-3.57	-84.07	64.10	-33.07
RESISTENCIA 1	18.389	-7.96	-3.57	-84.07	64.10	-33.07
RESISTENCIA 1	20.209	-11.06	-3.57	-84.07	69.62	-30.52
RESISTENCIA 1	20.209	-11.06	-3.57	-84.07	69.62	-30.52
EV. EXTREMO 1	17.938	-7.96	-1.02	-84.07	73.80	-19.25
EV. EXTREMO 1	17.938	-7.96	-1.02	-84.07	73.80	-19.25
EV. EXTREMO 1	19.691	-11.06	-1.02	-84.07	80.22	-15.92
EV. EXTREMO 1	19.691	-11.06	-1.02	-84.07	80.22	-15.92

COMBINACIÓN	q _{cara} (Ton/m)	MOMENTO M (Ton-m) - MÁXIMO				
		DC	L _{Sv}	EV	Q	nΣM
RESISTENCIA 1	18.389	-13.73	-6.07	-142.91	112.04	-53.21
RESISTENCIA 1	18.389	-13.73	-6.07	-142.91	112.04	-53.21
RESISTENCIA 1	20.209	-19.07	-6.07	-142.91	121.22	-49.17
RESISTENCIA 1	20.209	-19.07	-6.07	-142.91	121.22	-49.17
EV. EXTREMO 1	17.938	-13.73	-1.73	-142.91	135.21	-23.17
EV. EXTREMO 1	17.938	-13.73	-1.73	-142.91	135.21	-23.17
EV. EXTREMO 1	19.691	-19.07	-1.73	-142.91	146.61	-17.11
EV. EXTREMO 1	19.691	-19.07	-1.73	-142.91	146.61	-17.11

5. Cálculo del Cortante y Momento en la Punta de la Zapata

COMBINACIÓN	q _{cara} (Ton/m)	CORTANTE V _d (Ton) - A "d" DE LA CARA		
		DC	Q	nΣV
RESISTENCIA 1	18.856	-5.11	41.64	38.36
RESISTENCIA 1	18.856	-5.11	41.64	38.36
RESISTENCIA 1	20.567	-7.10	45.07	39.87
RESISTENCIA 1	20.567	-7.10	45.07	39.87
EV. EXTREMO 1	20.494	-5.11	50.11	45.00
EV. EXTREMO 1	20.494	-5.11	50.11	45.00
EV. EXTREMO 1	22.351	-7.10	54.34	47.25
EV. EXTREMO 1	22.351	-7.10	54.34	47.25

COMBINACIÓN	q _{cara} (Ton/m)	MOMENTO M (Ton-m) - MÁXIMO		
		DC	Q	nΣM
RESISTENCIA 1	18.856	-5.75	48.94	45.35
RESISTENCIA 1	18.856	-5.75	48.94	45.35
RESISTENCIA 1	20.567	-7.99	52.32	46.55
RESISTENCIA 1	20.567	-7.99	52.32	46.55
EV. EXTREMO 1	20.494	-5.75	67.74	61.99
EV. EXTREMO 1	20.494	-5.75	67.74	61.99
EV. EXTREMO 1	22.351	-7.99	72.97	64.98
EV. EXTREMO 1	22.351	-7.99	72.97	64.98

➤ *Diseño Estructural*

1. Datos

$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
$r(\text{pant}) = 0.05 \text{ m}$	$r(\text{zapata}) = 0.075 \text{ m}$
$\phi(\text{Flexión}) = 0.90$	$\phi(\text{Corte}) = 0.90$

2. Diseño de la Pantalla

VERIFICACION DE CORTANTE

$$\phi V_c = 65.67 \text{ Ton}$$

$$V_u = 43.51 \text{ Ton}$$

OK!

ACERO VERTICAL

CARA INTERIOR		OK!	CARA EXTERIOR	
DESC.	VALOR		DESC.	VALOR
Mu	176.05 Ton-m		#5	1.98 cm ²
d	0.95 m		5	14.25 cm ²
a	12.34 cm		Nº Aceros	7.20
As	52.43 cm ²		s (Calculado)	13.89 cm
ρ	0.0055		s (Redond.)	14 cm
ρ _{min}	0.0015		As _{vert}	#5@14
#8	5.07 cm ²			
Nº Aceros	10.34			
s (Calculado)	10 cm			
s (Redond.)	10 cm			
1 As _{vint}	#8@10			
L _d	0.72 m			
L _{corte (calc)}	3.62 m			
L _{corte (redond)}	4.50 m			
As _{vint/2}	#8@20			

ACERO HORIZONTAL

PARTE INFERIOR		PARTE SUPERIOR	
DESC.	VALOR	DESC.	VALOR
#4	1.27 cm ²	#4	1.27 cm ²
ρ	0.0020	ρ	0.0020
Ash	19.00 cm ²	Ash	14.90 cm ²
Ash/3	6.33 cm ²	Ash/3	4.97 cm ²
Nº Aceros	4.99	Nº Aceros	3.91
s (Calculado)	20.05 cm	s (Calculado)	25.6 cm
s (Redond.)	20 cm	s (Redond.)	25 cm
Ash _{int}	#4@20	Ash _{int}	#4@25
#4	1.27 cm ²	#4	1.27
2*Ash/3	12.67 cm ²	2*Ash/3	9.93 cm ²
Nº Aceros	9.97	Nº Aceros	7.82
s (Calculado)	10.03 cm	s (Calculado)	12.8 cm
s (Redond.)	10 cm	s (Redond.)	12.5 cm
Ash _{ext}	#4@10	Ash _{ext}	#4@12.5

RESUMEN:	Ash _{int}	#4,1@5,23@20,r@25
	Ash _{ext}	#4,1@5,45@10,r@12.5

3. Diseño del Talón de la Zapata

VERIFICACION DE CORTANTE

$$\phi V_c = 72.58 \text{ Ton}$$

$$V_u = -15.92 \text{ Ton}$$

OK!

ACERO LONGITUDINAL

CARA INFERIOR			CARA SUPERIOR	
DESC.	VALOR		DESC.	VALOR
Mu	-17.11 Ton-m		#5	1.98 cm ²
d	1.03 m		As _{min}	15.38 cm ²
a	-1.03 cm		Nº Aceros	7.77
As	-4.39 cm ²		s (Calculado)	12.88 cm
ρ	-0.0004		s (Redond.)	12.5 cm
ρ _{min}	0.0015		As _{sup}	#5@12.5
#5	1.98 cm ²	Usar As _{min} !		
Nº Aceros	7.77			
s (Calculado)	12.88 cm			
s (Redond.)	12.5 cm	Espaciamiento max 45 cm		
As _{inf}	#5@12.5			

ACERO TRANSVERSAL

Ast	#5@12.5
-----	---------

4. Diseño de la Punta de la Zapata

VERIFICACION DE CORTANTE

$$\phi V_c = 72.58 \text{ Ton}$$

$$V_u = 47.25 \text{ Ton}$$

OK!

ACERO LONGITUDINAL

CARA INFERIOR			CARA SUPERIOR	
DESC.	VALOR		DESC.	VALOR
Mu	64.98 Ton-m		#5	1.98 cm ²
d	1.03 m		As _{min}	15.38 cm ²
a	4.03 cm		Nº Aceros	7.77
As	17.11 cm ²		s (Calculado)	12.88 cm
ρ	0.0017		s (Redond.)	12.5 cm
ρ _{min}	0.0015		As _{sup}	#5@12.5
#5	1.98 cm ²	OK!		
Nº Aceros	8.64			
s (Calculado)	11.57 cm			
s (Redond.)	12.5 cm			
As _{inf}	#5@12.5			

ACERO TRANSVERSAL

Ast inf	#5@12.5
---------	---------

Ast sup	#5@20
---------	-------

Estudio de Canteras para Materiales de Defensas Ribereñas

Identificación de canteras en la zona

Para llevar a cabo la identificación de las canteras existentes en la zona en estudio, se llevó a cabo la localización y se evaluaron las posibles fuentes de materiales, se incluyó también evaluar su área superficial, donde se ubican y como acceder a ellas.

Este trabajo de reconocimiento de la existencia de canteras en la zona de influencia se realizó de manera visual, explorando la zona, el suelo, las laderas y toda la superficie.

Realizando la visita a campo se logró identificar zonas de agregado fino y grueso que servirán para la defensa de concreto armado y también se observó zonas donde existe material rocoso que puede utilizarse para el enrocado.

Cantera Lamparan

1. Ubicación

La cantera está ubicada desde la salida de la zona urbana del distrito de Pucará, a la salida existe un parque llamado El Campesino se puede salir por esa calle o se podría tomar directamente la carretera Fernando Belaunde Terry, tomando cualquiera de las salidas se tendría un recorrido de aproximadamente 5.50 km, este recorrido es por la carretera Fernando Belaunde Terry.

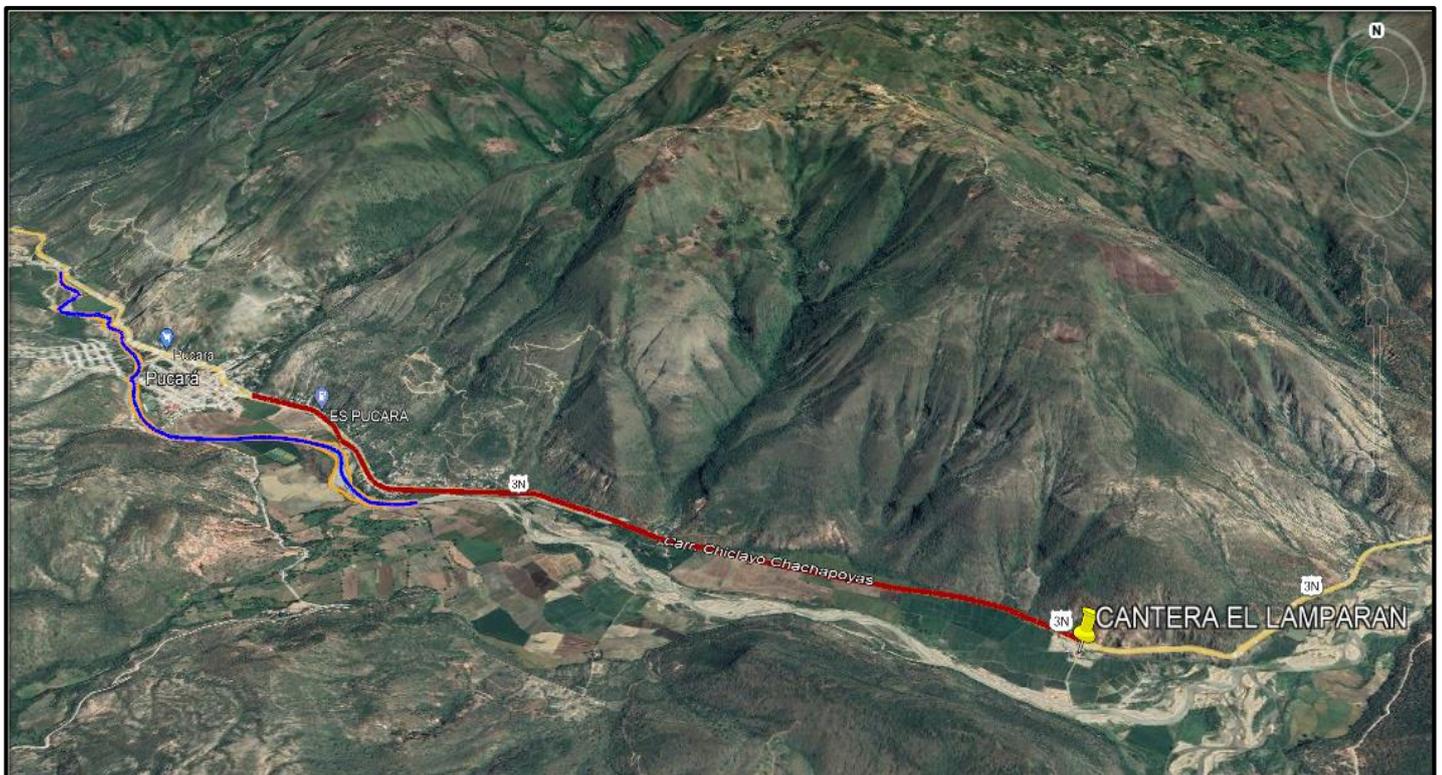


Figura N° 87: Ubicación de la Cantera Lamparan.

Fuente: Elaboración propia.

2. Descripción

La cantera cuenta con volúmenes significativos de materiales de construcción, estos materiales son utilizados para la protección de riberas, entre estos materiales se destacan la arena, grava, hormigón y piedra de distintos diámetros.

El material de la cantera se obtiene directamente del río Huancabamba, es decir que proviene por acción del río tras darse erosión de las partículas, al transportarse y luego sedimentar, formando de esta manera depósitos de material.

Cabe mencionar que en la actualidad la Cantera el Lamparan brinda sus servicios a la empresa IRSA NORTE la cual alquilo un área de la cantera para obtener material para el asfalto y también para los muros de concreto armado, el asfaltado es para la carretera Fernando Belaunde Terry y los muros de concreto armado lo vienen realizando en la localidad de Hualapampa que está a aproximadamente 50 km de la cantera.

3. Equipo de explotación de canteras

- Excavadora.
- Volquete.
- Cargador frontal.
- Malla para el zarandeo.
- Fajas transportadoras.

4. Potencia

Con respecto a ello se realiza una extracción con una altura promedio de 2 a 2.5 metros. La cantera en su explotación tiene un perfil con una capa que varía entre 0.20 – 0.30 m, la cual debe ser eliminada ya que son suelos compuestos con arenas finas limosas.

5. Forma de producción

La producción de la cantera es de obtener material aluvial y fluvial, quiere decir que es material obtenido del fondo del río, transportados por el río Huancabamba del distrito de Pucará. Los materiales transportados sedimentan y se acumulan en cantidades grandes, estos materiales son extraídas con maquinaria pesada tales como cargadores frontales, volquetes, para luego llevar el material hacia el tamizado.

Cantera Limonal

1. Ubicación

Esta cantera se ubica en el margen izquierdo de la carretera Fernando Belaunde Terry a aproximadamente a 7.50 km del distrito de Pucará, en las siguientes coordenadas: Este= $6^{\circ}03'08.66''$ y Norte= $79^{\circ}04'09.39''$.

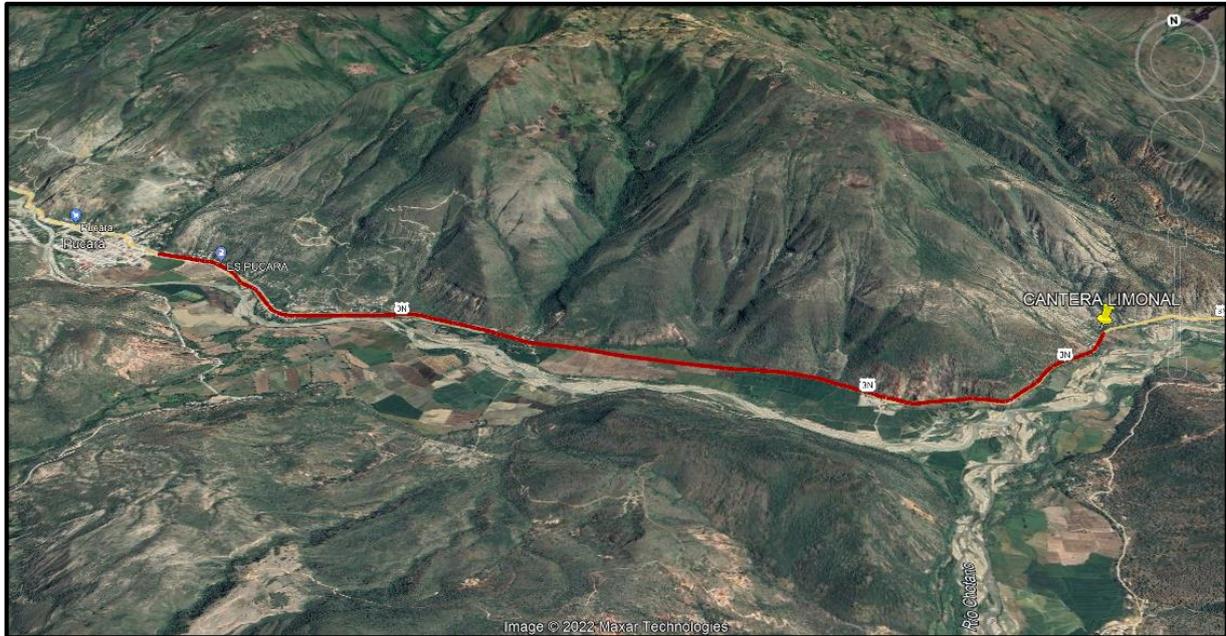


Figura N° 88: Ubicación de la Cantera Limonal.

Fuente: Elaboración propia.

2. Material y forma de extraer material

Se extrae canto rodado y piedras para enrocado. Estos materiales se extraen haciendo uso de picos y palanas, para luego ser transportados en camiones o volquetes para llevarlos a la chancadora.

3. Potencia

La extracción del material es a una altura promedio de 5 a 15 metros, el perfil que presenta la cantera tiene una capa que varía entre 0.20 – 0.30 m, ya que su composición es de arena fina limosa, la cual es eliminada durante la exploración de dicha cantera.

Ensayos de Laboratorio

Se llevó a cabo dos ensayos de laboratorio para el material de cada cantera, se realizó el ensayo de Desgaste de los Ángeles para el material de la Cantera Limonal y granulometría, peso específico y absorción del agregado grueso de la Cantera Lamparan.

Cantera	Cantera Lamparan
Ubicación	Distrito de Pucará
Material	Piedra Chancada
Granulometría	Uniforme
Clasificación del SUCS	GP-GM
Peso específico	2.738 g/cm ³
Porcentaje de absorción	0.50%
Contenido de Humedad	0.28%

Tabla 86: Ensayos del material de la cantera Lamparan.

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar se llevó a cabo el ensayo de resistencia a la abrasión (o desgaste de agregados), el cual es establecido por la norma AASTHO - T - 96 y se obtiene el siguiente dato:

Cantera	Cantera Limonal
Ubicación	Distrito de Pucará
Material	Canto Rodado
% de desgaste	16.10%
% de uniformidad	0.60%
Gradación	B

Tabla 87: Ensayo realizado al material de la cantera Limonal.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe recalcar que, para llevar a cabo la construcción de obras de protección y encauzamiento, se está necesitando una serie de materiales, en este caso se requiere afirmado (para la construcción del dique), canto rodado (para el filtro) y roca o piedra grande con buena resistencia que garantice la protección de este.

Evaluación impacto ambiental

Características generales

Población

Según datos censales realizados por el INEI, al año 2016, el distrito de Pucará tiene una población de 10,000 habitantes.

Ubicación política

El proyecto que se llevara a cabo se encuentra ubicado en el distrito de Pucará situada al suroeste de la provincia de Jaén en el km 117 de la carretera Fernando Belaunde Terry. Es atravesada por el río Huancabamba desde norte a sur generando es sus orillas un gran valle muy apto para la agricultura.

- Departamento: Cajamarca

- Provincia: Jaén
- Distrito: Pucará



Figura N° 89: Ubicación Política de Pucará.

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca.

Ubicación geográfica

- Latitud Sur: 79°07'32"
- Longitud: 06°02'08"
- Límites:
 - Por el Norte con el distrito de Pomahuaca.
 - Por el Este con el distrito de Colasay.
 - Por el Sur con el Distrito de Querocotillo (Provincia de Cutervo).
 - Por el Oeste con el distrito de Cañaris (Provincia de Ferreñafe).
- Superficie: Aproximadamente de 240.30 km².

Ubicación Hidrográfica de la Zona de Estudio

La cuenca del Río Huancabamba hidrográficamente forma parte de la Región Hidrográfica del Amazonas, forman parte de la Vertiente del Atlántico y desembocan en la Intercuenca Alto Marañón. El río Huancabamba nace en la laguna Shimbe a una altura de 3900 m y está ubicada en la provincia de Huancabamba, a partir de la confluencia con la quebrada Mazín ubicada en el distrito de Sallique el río empieza a ser parte del límite de la provincia de Jaén,

ya que sigue su recorrido hacia el sur hasta la confluencia con el río Chotano frente al caserío Lamparán, a partir de allí recibe el nombre de río Chamaya.

Cabe recalcar que hidrográficamente, pertenece a la cuenca Chamaya:

- Norte: Cuenca Chira, Cuenca Chinchipe y Cuenca Piura.
- Sur: Cuenca Chancay-Lambayeque y Intercuenca Alto Marañón IV.
- Este: Intercuenca Alto Marañón III y Cuenca Utcubamba.
- Oeste: Cuenca Cascajal, Cuenca Olmos y Cuenca Motupe.



Figura N° 90: Demarcación hidrográfica de la Cuenca Chamaya.

Fuente: Elaboración propia.

Vías de Acceso

El acceso hacia la cuenca del río Huancabamba se puede hacer directamente a través de la carretera Fernando Belaunde Terry, ya que esta se ubica al margen izquierdo del río en todo su recorrido del tramo en estudio, actualmente la carretera está en buen estado y se encuentra totalmente asfaltada

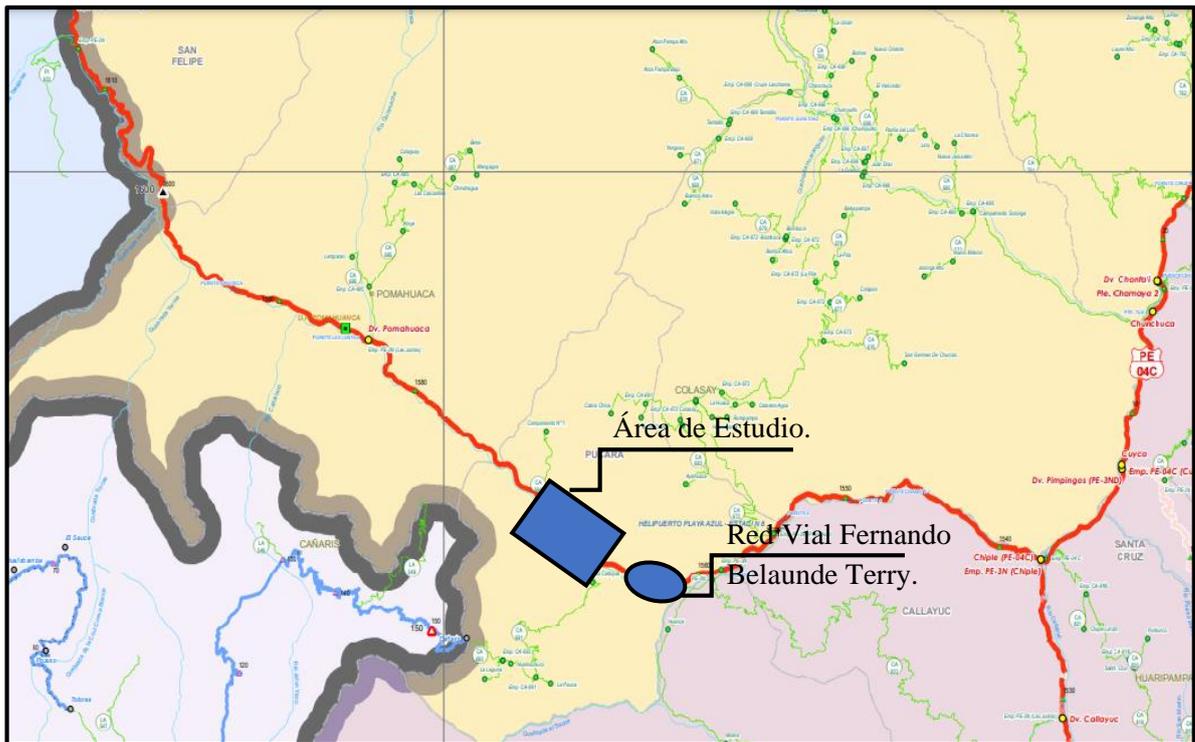


Figura N° 91: Red Vial del Área de Estudio.

Fuente: MTC (2012).

Línea base

Área de influencia directa

Población aledaña al río, en los distritos de Pucará.

Aire y clima

El clima del distrito de Pucará es caluroso en las partes bajas y la temperatura que varía entre los 30° a 38°C a la sombra, pero cabe mencionar que en las partes altas presenta un clima templado y frío con la temperatura que oscila entre los 12 °C y 18 °C.

Comportamiento de las Temperaturas Máximas

Clima Semicálido - Muy Seco: comprende los ámbitos donde se encuentran los pueblos de Chignia, Bigote y San Pedro dentro de la cuenca del río Piura y, localidades ubicadas en la parte baja del río Huancabamba, incluyendo a Sondor y Sondorillo. Si bien, en la mayoría de ellos no se registran mediciones de temperatura en forma indirecta, se estima una fluctuación de 18 a 24°C. Las precipitaciones anuales fluctúan entre 250 y 500 mm.

Recurso agua

Suelos

Asociación Ustortent Lítico - Misceláneo Cárcavas. Comprende 18,000 Ha aproximadamente ocupando la porción baja y seca de la cuenca del Huancabamba.

Asociación Ustocrept - Ustocrept lítico. Comprende 18,000 Ha ocupado la porción meso baja de la cuenca del Huancabamba hasta Tronera.

Morfología

Geomorfología

- **Clasificación de la flora**

Las unidades están conformadas por asociaciones de cultivos anuales, permanentes (café, cacao) y frutales. Las otras unidades la conforman: especies de bosque seco (Pasallo-Barbasco-Palo Santo), (Sapote-Aromo-HualtacoAlgarrobo) y (Algarrobo-sapote); especies de matorral (Chilca, suro, turucasha, marco, culen, urpiquisca, mutuy), Bosque húmedo (chachacomo, sajpa picahuay, quinal, carapacho, puma maqui, aliso, laurel y una gran cantidad de especies desconocidas); y especies de pastos naturales (graminales de vida efímera: géneros Stipa/Ichu y Stipa obtusa, Eragrostis, Pennisetum, entre otras), y pajonal (gramíneas perennes) distribuidas en especies de porte alto, medio y bajo: como Stipa brachyphylla, Stipa mucronata, Festuca parviniculata, Paspalum tuberosum,

- **Clasificación de la fauna**

Dos especies de aves, Phalacrocorax olivaceus "cuervo de mar" y Vultur gryphus "cóndor andino"

Método de la Matriz de Leopold por alternativas y la solución de propuestas

El mecanismo que permite recopilar, comparar y organizar la información sobre los efectos causados durante el desarrollo, operación y mantenimiento de un proyecto se denomina evaluación de impacto ambiental.

La matriz se apega a los siguientes criterios:

En la parte de la columna, enumeraremos todas las acciones realizadas durante el proyecto, incluidas las de construcción y las fases de operación y mantenimiento, y en las filas, enumeraremos todos los factores ambientales que han sido impactado o cambiado. Las cuadrillas definidas por la intersección de las filas y columnas de la matriz mostrarán los efectos de cada acción sobre cada factor ambiental. Se pueden identificar muchos impactos, pero se debe dar prioridad a los más significativos, mientras que se deben subestimar los menos significativos. Un impacto se puede definir como el cambio de una acción realizada en un proyecto sobre un componente ambiental.

Después de ser priorizados, todos los impactos significativos se eligen, describen y cuantifican determinando su "magnitud e importancia".

Conclusiones

1. Al procesar la información geográfica y al realizar el análisis geomorfológica de la cuenca Chamaya, se logró obtener un área de 3605.1 Km², la cual se clasifica como una cuenca muy grande, con respecto al índice de compacidad es de 2, indicándonos que es una cuenca alargada de forma irregular, presenta un gran tiempo de concentración, con una menor tendencia a repentinas crecidas, pero sí con un elevado riesgo de generarse acumulación de caudales al presentarse lluvias extremas, de la curva hipsométrica, que la cuenca del río Huancabamba está en una etapa intermedia, es decir geológicamente madura, con la existencia de montañas en el tramo de estudio, de la red hidrográfica se concluye que su red de drenaje es dendrítica presenta una densidad de 0.006 Km/Km², lo que nos indica que es una cuenca drenada pobremente y cuya respuesta hidrológica es lenta.
2. Con respecto al hidrograma de diseño se realizó haciendo uso del programa HEC-HMS, donde se ingresaron los parámetros hidrológicos y se obtuvieron caudales de 780.50 m³/s, 1034.10 m³/s, 1208.60 m³/s, 1459.20 m³/s y 1860.20 m³/s para los siguientes periodos de retorno de 10, 20, 30, 50 y 100 años respectivamente, este hidrograma es del análisis hidrológico sin tomar en cuenta la presa Limón que se ubica a 30 km del tramo en estudio y mediante el uso del método de Muskingum, es decir, con presencia de la presa Limón, se obtuvieron caudales de 455.35 m³/s, 603.28 m³/s, 705.35 m³/s, 851.95 m³/s y 1086.64 m³/s para cada periodo de retorno de 10, 20, 30, 50, 100 años respectivamente.
3. Para el modelo hidráulico se utilizó el software HEC-RAS, donde el flujo es permanente y su régimen es mixto. Gracias al modelo se pudo simular el comportamiento del cauce en presencia de una avenida, logrando establecer los perfiles hidráulicos y conocer los tirantes de inundación de: TR-10 = 5.92 m, TR-20 = 6.50 m, TR-30 = 7.77 m, TR-50 = 9.99 m y TR-100 = 10.42 m, estableciendo de esta manera las planicies de inundación.
4. De la encuesta realizada a la población se identificaron las pérdidas económicas por una inundación la cual afectara a una población de 10000 habitantes, 525 viviendas, 800 m de carretera principal, 102.87 ha de zonas agrícolas y la red de alcantarillado del distrito. La inundación también afecta a 3 de las 5 instituciones educativas que existen en el distrito de Pucará, de las cuales la Institución Educativa Inicial Santa Rosa acoge a un alumnado de nivel inicial y es la más afectada ya que está a menos de 30 metros del río, la institución Fe y Alegría – 78 acoge estudiantes del nivel primario y secundario, también es muy afectada ya que existe una distancia de 70 metros con el margen del río, la institución Alfonso Villanueva Pinillos alberga estudiantes del nivel secundario, es muy claro que las infraestructuras estarían expuestas a un colapso y por ende la población estudiantil sería la más afectada ya que se quedarían sin un lugar de estudios, concluyendo que el costo

económico es de S/83,419,101.29, siendo la pérdida económica muy alta y ocasionando grandes estragos en la población del distrito de Pucará.

5. Se elaboraron los mapas de riesgo de inundación para cada periodo de retorno analizado (Anexos-Mapas), con ayuda de los resultados obtenidos de la simulación hidráulica.
6. Del análisis de riesgo por inundación en el distrito de Pucará, se obtuvo que su nivel de peligrosidad es Alto, el nivel de vulnerabilidad es Alta y cuyo nivel de riesgo es Alto, es por ello por lo que debe de informarse más acerca de estos temas a la población del distrito y sobre todo plantear alternativas que mitiguen los daños que generaran.
7. Se propone como alternativas de solución ante una inundación, para un caudal máximo de 1086.64 m³/s de un periodo de retorno de 100 años hacer uso de defensas ribereñas de Enrocado en los tramos aguas arriba y abajo de la zona urbana del distrito, en la zona urbana defensa ribereña de concreto armado debido a que el ancho estable es reducido por las viviendas ubicadas en las riberas del río.
8. Se concluyó que para el diseño de las defensas ribereña de enrocado el ancho estable será de 140 m con tirante de socavación de 4.51 m, una profundidad de socavación de 2.03 m, una altura de uña de 2.10 m, la altura del dique de 3.50 m y una altura total del dique de 5.60 m; para un ancho estable de 100 m se tuvo un tirante de socavación de 5.59 m, una profundidad de socavación de 2.56 m, una altura de uña de 2.60 m, la altura del dique de 4.10 m y la altura total del dique de 6.70 m y para un ancho estable de 80 m se tiene un tirante de socavación de 6.38 m, una profundidad de socavación de 2.93 m, una altura de uña de 3.00 m, la altura del dique será de 4.50 m y la altura total del dique de 7.50 m; con respecto a la defensa ribereña de concreto armado su ancho es de 35, 40 y 50 m, se diseñó para un ancho estable de 40 m obteniendo según el análisis hidráulico que tendrá una altura de 11 m con una cuña de 2 m de altura.
9. Tras realizar el estudio de canteras se identificaron dos canteras, la Cantera Lamparan y la Cantera Limonal, las cuales se ubican a aproximadamente 6 – 8 km del tramo en estudio y se concluye que el material de la cantera Lamparan tiene una granulometría uniforme adecuada para el uso de la defensa ribereña de concreto armado y el canto rodado de la cantera Limonal presenta un porcentaje de desgaste de 16.10% cumpliendo con lo recomendado por la norma AASTHO, por ende se puede utilizar para el enrocado.

Recomendaciones

1. Para tener información más precisa de la geográfica se recomienda realizar un levantamiento batimétrico y altimétrico en la zona en estudio.
2. Si por temas de costos no se puede realizar la batimetría o altimetría, se recomienda hacer uso de imágenes de elevación digital (DEM), de las cuales la más exactas son las 5m x 5m.
3. Es necesario conocer con mayor exactitud la información pluviométrica si se quiere realizar estudios hidrológicos de distintas cuencas de país o el mundo, debido a que los datos de lluvias máximas en 2 horas no son muy precisos. Es por ello por lo que se recomienda el uso de los datos de PISCO que nos proporciona SENAHMI, esta es una data ya trabajada e interpolada para obtener los datos de precipitación de todos los lugares del Perú, ya no teniendo impedimento de llevar a cabo un análisis hidrológico.
4. Con respecto al modelo hidráulico se recomiendo realizarla en 2D, ya que allí se estaría considerando la sedimentación y erosión del cauce del río en estudio, logrando de esta manera conocer el comportamiento más real del cauce ante los fenómenos naturales, obtenido un análisis de inundación mucho más preciso y por ende los riesgos que este causara.
5. La presente investigación está a disposición de las autoridades pertinentes, con el fin de informar acerca del riesgo de inundación que puede alcanzarse en el Distrito de Pucará, ya que se identificaron las zonas más vulnerables y por ende es más factible el desarrollo de estrategias preventivas como el ordenamiento territorial tomando en cuenta las zonas más susceptibles a una inundación.
6. Al realizar el análisis de perdidas económicos, fue muy notorio que el costo es muy elevado por lo que se recomienda llevar a cabo la ejecución de defensas ribereñas en el tramo de estudio, como también llevar a cabo la limpieza y descolmatación del río Huancabamba de manera periódica, de esta manera se estaría disminuyendo la magnitud de inundación del distrito de Pucará.
7. Se recomienda a las autoridades realizar la reubicación de las viviendas más cercanas al río, de este modo se reduce el riesgo y vulnerabilidad a causa de una inundación. La municipalidad no debería permitir la construcción de infraestructuras cerca de las laderas de un río, para ello deberían gestionar mapas de riesgo y sobre todo informar a los pobladores acerca de los riesgos que conlleva la construcción de una vivienda o tener áreas agrícolas cerca de un río y establecer los lugares donde construir.

8. Con respecto al cálculo hidráulico de una defensa ribereña se recomienda analizar la formación de las curvas de remanso ya sea aguas arriba o abajo, de esta manera se podría definir la altura de la defensa ribereña y ver cómo es su influencia en el río.
9. Como estructuras para la mitigación de una inundación se recomienda el uso de defensas ribereñas de Enrocados, debido a que en la zona existe el material para llevar a cabo su construcción, y en la zona urbana se recomienda el uso de una defensa ribereña de concreto armado debido a que el ancho estable es de 40 m y no se podría aplicar otro tipo de defensa, y además en la zona también existen canteras con el material a usar.
10. Si se quiere ejecutar la construcción de un enrocado se recomienda realizar una calicata con una profundidad de 5 a 8 m, ya que de esta manera se sabría si el material gravoso aumenta de diámetro a mayor profundidad, por ende, en el diseño de la defensa las dimensiones del dique disminuirían.

Referencias

- [1] S. N. d. M. e. H. d. P. – S. (. G. d. M. -. D. d. Climatología), «Reducir la vulnerabilidad de la población y sus medios de vida ante riesgo de desastres.,» Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-08286, Lima, 2014.
- [2] C. E. B. García Guevara y C. A. León Angulo, «Zonificación de áreas inundables uilizando softwares computacionales, una revisión sistematica,» Cajamarca- Perú, 2020.
- [3] INEI, «Instituto Nacional de Estadística e Informatica,» Instituto Nacional de Estadística e Informatica, [En línea]. Available: <https://www.inei.gob.pe/>. [Último acceso: 13 Octubre 2021].
- [4] L. R. Lianet, «Procedimiento para la simulación hidráulica a partir de los software ArcGIS y HEC-RAS para eventos extremos máximos.,» Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara (Cuba), 2017.
- [5] G. M. G. Olivares Castillo, «Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC – RAS 5.0 en un tramo del río Huancabamba, desde la quebrada Chula (KM 2.42) hasta la quebrada Lungulo (KM 5.51), provincia de Huancabamba, departamento de Piura",» Universidad Nacional de Piura, Piura, 2018.
- [6] M. Belizario Quispe y Y. G. Pancca Cruz, «"Comparativo del comportamiento hidráulico de zonas inundables con el software y HEC-RAS del río Coata C.P. Almosanche",» Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2020.
- [7] R. D. Diaz Aguilar, «Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC–RAS 5.0.7 en un tramo del río Ramis, distrito de Taraco - Huancané-Puno,» Universidad Peruana Union, Juliaca , 2020.
- [8] G. Palmer Murga, «dDeterminación de las áreas inundables en los sectores San Pedro y Niño Pobre, según caudales máximos estimados del río Utcubamba, aplicando modelo HEX-RAS y software ArcGIS,» Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, 2017.
- [9] M. d. A. y. Riego, «Ley de Recursos Hídricos N° 29338,» ©Autoridad Nacional del Agua, Lima, 2019.
- [10] I. N. d. D. Civil, «Instituto Nacional de Defensa Civil,» INDECI, [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/indeci>. [Último acceso: 07 Noviembre 2021].
- [11] M. d. D. A. y. Riego, «Autoridad Nacional del Agua,» 06 10 2021. [En línea]. Available: <https://www.ana.gob.pe/contenido/la-autoridad-nacional-del-agua>.
- [12] B. d. V. Redondo, «El Río,» Salamanca, 1983.
- [13] M. G.-F. Dario, El medio ambiente en Colombia, Colombia, 2012.
- [14] A. G. A. I. D. G. M. : Helena Cotler Ávalos, «Cuencas Hidrográficas, Fundamentos y Perspectivas para su Manejo y Gestión,» México, 2013.
- [15] S. R. Javier Sánchez, «Precipitaciones,» Dpto. Geología, Slamanca (España).

- [16] D. E. L. Romero, «Inundaciones. Centro Nacional de Prevención de Desastres,» México, 2012.
- [17] M. A. Aguirre Segura, «Análisis de vulnerabilidad y riesgo por inundación en la ciudad de Namballe como consecuencia del desborde del río Namballe en época de fuertes lluvias mediante el uso de modelos matemáticos,» Chiclayo, 2021.
- [18] I. N. d. D. Civil, «Instituto Nacional de Defensa Civil,» [En línea]. Available: <http://bvpad.indeci.gob.pe/html/es/maestria-grd/documentos/TEER/vulnerabilidad.pdf>.
- [19] T. P. Shupingahua, «Construcción Civil,» Jaén, 2017.
- [20] W. R. G. Morales, «Texto Básico Autoformativo de Topografía General,» Managua(Nicaragua), 2015.
- [21] AZIMUT, «Aplicaciones del software Hec-ras,» HOME, Valencia, 2018.
- [22] R. Puerta Tuesta, «ARGIS: Básico 10,» *Universidad Nacional Agraria de la Selva*, vol. 1, p. 148, 2011.
- [23] I. N. d. D. Civil, «Manual de Estimación del riesgo ante Inundaciones Fluviales,» Biblioteca del Instituto Nacional de Defensa Civil, Lima, 2011.
- [24] S. N. d. M. e. H. d. Perú, «Uso del Producto Grillado PISCO de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico,» SENAMHI, Lima, 2017.
- [25] M. d. T. y. Comunicaciones, «Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje,» Laboratorio DEE, Lima, 2011.
- [26] F. J. S. S. Román, «Tránsito de Hidrogramas,» *Hidrología - Hidrogeología (Universidad de Salamanca)*, vol. 1, nº 1, p. 10, 2013.
- [27] INDECI, «INDECI».
- [28] I. N. d. D. Civil, «Manual Básico para la estimación del Riesgo,» Lima, 2006.

Anexos

Anexo 01: Data del Levantamiento Topográfico

N° DE PUNTOS	COORDENADAS UTM		COTA	DESCRIPCIÓN
	NORTE	ESTE		
1	9333022	705664	955	EST-1
2	9333013	705657	956	REF
3	9333007.63	705652.829	956.162	REF-1
4	9333007.63	705652.826	956.162	REF-1
5	9333021.77	705657.384	954.842	BM-1
6	9333014.77	705670.981	953.351	BM-2
7	9333661.19	705492.354	905.739	BORDE
8	9333608.37	705516.294	907.271	BORDE
9	9333529.27	705562.166	907.553	BORDE
10	9333834.57	705299.064	909.939	BORDE
11	9333504.42	705594.715	907.04	BORDE
12	9333799.25	705348.974	909.381	BORDE
13	9333474.73	705624.601	907.369	BORDE
14	9333747.56	705403.644	908.794	BORDE
15	9333704.2	705426.217	907.492	BORDE
16	9333653.76	705453.907	907.258	BORDE
17	9333591.53	705475.257	907.65	BORDE
18	9333562.77	705491.124	907.635	BORDE
19	9333469.12	705584.113	905.261	BORDE
20	9333454.1	705593.59	905.109	RIO
21	9333432.47	705613.52	905.072	RIO
22	9333458.92	705649.23	904.409	BORDE
23	9333392.69	705483.619	905.615	BORDE
24	9333418.32	705636.827	904.519	RIO
25	9333336.72	705475.25	905.676	BORDE
26	9333394.05	705657.357	903.898	RIO
27	9333283.84	705501.904	904.566	BORDE
28	9333417.39	705702.01	903.958	BORDE
29	9333252.3	705550.277	904.339	BORDE
30	9333242.9	705577.326	904.35	BORDE
31	9333212.92	705618.328	904.19	BORDE
32	9333383.71	705712.121	903.754	RIO
33	9333389.4	705728.991	903.754	RIO
34	9333197.59	705623.692	903.272	BORDE
35	9333375.25	705742.189	903.255	BORDE
36	9333375.21	705742.167	903.392	BORDE
37	9333151.67	705632.158	902.765	BORDE
38	9333108.19	705636.47	902.462	BORDE

39	9333085.24	705646.132	902.644	BORDE
40	9333359.9	705750.844	903.727	BORDE
41	9333013.7	705795.289	902.646	BORDE
42	9333013.78	705822.03	901.864	BORDE
43	9333326.63	705776.863	903.29	BORDE
44	9333006.7	705882.279	901.728	BORDE
45	9333255.64	705747.259	902.76	BORDE
46	9332998.06	705901.261	901.918	BORDE
47	9332992.49	705932.475	902.781	BORDE
48	9332976.52	705962.961	901.569	BORDE
49	9333188.94	705727.042	902.596	BORDE
50	9332942.88	706014.874	900.361	BORDE
51	9332916.62	706043.441	900.558	BORDE
52	9333116.07	705719.013	901.86	BORDE
53	9332894.95	706062.503	900.447	BORDE
55	9333083.79	705740.738	901.474	BORDE
56	9332883.18	706084.776	900.214	BORDE
58	9332860.57	706105.516	899.981	BORDE
59	9333056.98	705837.164	900.708	BORDE
60	9332840.55	706129.353	900.222	BORDE
61	9332816.75	706151.689	899.514	BORDE
62	9333049.25	705875.059	900.587	BORDE
63	9333041.6	705914.686	900.394	BORDE
64	9333023.27	705968.52	900.109	BORDE
65	9332800.18	706162.581	899.495	BORDE
66	9332774.4	706178.951	900.253	BORDE
67	9332760.99	706194.728	899.006	BORDE
68	9332722.04	706214.24	898.711	BORDE
70	9333016.29	705835.566	901.172	BORDE
71	9332995.15	705996.181	900.174	BORDE
72	9332977.41	706021.295	899.987	BORDE
73	9332946.62	706047.59	899.904	TN
74	9332957.29	706054.098	901.074	BORDE
75	9332950.26	706082.295	899.876	BORDE
76	9332931.77	706082.967	899.91	RIO
77	9332917.75	706121.937	899.872	RIO
78	9332949.21	706130.255	899.601	RIO
79	9332924.64	706159.047	899.233	BORDE
80	9332891.65	706150.571	899.559	BORDE
81	9332896.45	706159.128	899.498	BORDE
85	9333022.13	705770.628	903.428	BORDE
260	9333712.15	705466.397	905.973	BORDE
261	9333762.51	705431.679	907.275	BORDE
262	9333816.44	705365.956	907.862	BORDE
263	9333849.45	705324.536	908.42	BORDE

264	9333793.35	705337.481	909.987	TN
265	9333828.67	705287.571	910.545	BM-1
266	9333741.66	705392.151	909.4	BORDE
267	9333729.13	705374.287	910.007	BORDE
268	9333784.82	705320.2	910.594	BM-1
269	9333822.78	705276.079	911.152	TN
270	9333698.2	705412.552	908.098	TN
271	9333688.43	705395.75	908.705	TN
272	9333642.42	705437.681	907.864	TN
273	9333632.16	705409.071	908.471	TN
274	9333572.83	705438.041	908.256	TN
275	9333566.06	705413.113	908.863	TN
276	9333549.21	705465.461	908.241	TN
277	9333532.18	705436.725	908.848	TN
278	9333394.65	705454.662	906.221	TN
279	9333395.26	705421.264	906.828	TN
280	9333338.68	705446.293	906.282	TN
281	9333339.29	705412.895	906.889	TN
282	9333285.79	705472.947	905.172	TN
283	9333286.41	705439.549	905.779	TN
284	9333232.09	705529.443	904.945	TN
285	9333206.64	705499.923	905.552	TN
286	9333177.39	705602.858	903.878	TN
287	9333151.94	705573.338	904.485	TN
288	9333854.19	705330.162	908.845	TN
289	9333821.18	705371.582	908.287	TN
290	9333767.25	705437.305	907.7	TN
291	9333716.92	705472.299	906.425	TN
292	9333665.96	705498.256	906.191	TN
293	9333613.14	705522.196	907.723	TN
294	9333534.03	705568.068	908.005	TN
295	9333538.8	705573.97	908.457	TN
296	9333513.95	705606.519	907.944	TN
297	9333468.45	705661.034	905.313	TN
298	9333426.92	705713.814	904.862	TN
299	9333398.93	705740.795	904.658	TN
300	9333369.44	705762.648	904.631	TN
301	9333403.7	705746.697	905.11	TN
302	9333374.2	705768.55	905.083	TN
303	9333336.17	705788.667	904.194	TN
304	9333340.93	705794.569	904.646	TN
305	9333254.83	705762.411	903.664	TN
306	9333254.03	705777.564	904.568	TN
307	9333188.14	705742.194	903.5	TN
308	9333187.33	705757.347	904.404	TN

309	9333115.27	705734.165	902.764	TN
310	9333114.47	705749.318	903.668	BM-2
311	9333088.81	705755.058	902.378	TN
312	9333093.83	705769.378	903.282	TN
313	9333113.66	705764.47	904.572	TN
314	9333120.59	705779.454	905.476	TN
315	9333087.2	705785.363	904.186	TN
316	9333094.22	705798.946	905.09	TN
317	9333064.82	705850.156	901.612	BM-2
318	9333069.44	705880.149	903.42	TN
319	9333085.34	705880.37	904.324	TN
321	9333108.11	705620.434	901.558	TN
322	9332996.51	705821.837	903.077	TN
323	9333081.55	705641.32	903.25	TN
324	9333077.24	705637.308	903.857	TN
325	9333087.49	705620.118	903.426	BORDE
326	9333040.84	705694.244	903.653	TN
327	9333067.26	705663.362	902.826	BORDE
328	9333053.51	705699.762	902.44	BORDE
329	9333039.75	705736.162	902.054	BORDE
330	9333045.75	705696.848	903.046	TN
331	9333007.83	705820.808	902.47	TN
332	9333031.99	705733.249	902.66	TN
333	9333027.09	705730.644	903.267	TN
334	9332993.97	705858.044	902.084	TN
335	9332982.9	705860.631	902.691	TN
336	9333061.95	705659.79	903.432	TN
337	9333056.15	705657.305	904.039	TN
338	9333022.7	705728.753	905	TN
339	9333014.38	705767.714	904.034	TN
340	9333009.47	705765.11	904.641	TN
341	9333005.08	705763.219	906.374	TN
342	9333005.94	705792.376	903.252	TN
343	9333000.4	705791.969	903.859	TN
344	9332995.62	705792.006	905.592	TN
345	9332991.08	705820.666	903.683	TN
346	9333079.7	705923.022	904.131	TN
347	9333061.79	705919.776	903.227	TN
348	9333043.46	705973.61	902.942	TN
349	9333058.35	705975.848	903.846	TN
350	9332992	705900.875	902.524	TN
351	9332980.93	705903.462	903.131	TN
352	9332975.39	705903.055	903.737	TN
353	9332972.21	705958.68	902.175	TN
354	9332962.17	705953.338	902.782	TN

355	9332958.27	705949.384	903.388	TN
356	9332912.31	706039.16	901.164	TN
357	9332905.72	706029.01	901.771	TN
358	9332893.44	706019.269	902.377	TN
359	9332889.54	706015.315	902.984	TN
360	9332899.38	706021.239	902.377	TN
361	9332856.12	706100.973	900.606	TN
362	9332849.53	706090.824	901.213	TN
363	9332837.25	706081.082	901.819	TN
364	9332833.35	706077.128	902.426	TN
365	9332843.2	706083.052	901.819	TN
366	9332813.02	706146.9	900.12	TN
367	9332803.74	706140.336	900.727	TN
368	9332800.36	706135.923	901.333	TN
370	9332749.3	706182.009	900.219	TN
371	9332715.71	706198.166	899.924	TN
372	9332665.75	706218.414	899.629	TN
373	9332731.86	706161.852	902.038	TN
374	9332741	706168.826	901.432	TN
375	9332706.7	706173.081	901.743	TN
376	9332712.71	706182.877	901.137	TN
377	9332656.73	706193.33	901.448	TN
378	9332662.74	706203.125	900.842	TN
379	9332614.94	706267.757	899.334	TN
380	9332595.66	706249.347	901.153	TN
381	9332605.42	706255.423	900.547	TN
382	9332582.22	706318.203	899.039	TN
383	9332560.18	706303.2	900.858	TN
385	9332549.45	706341.47	898.744	TN
386	9332534.17	706319.624	900.563	TN
388	9332506.53	706374.105	898.449	TN
390	9332499.63	706360.137	899.662	TN
391	9332469.52	706416.749	898.154	TN
393	9332462.62	706402.782	899.367	TN
394	9332429.05	706454.462	897.859	BM-3
395	9332413.78	706432.616	899.678	TN
396	9332422.15	706440.494	899.072	TN
397	9332388.58	706492.174	897.564	TN
398	9332373.3	706470.329	899.383	TN
399	9332381.67	706478.207	898.777	TN
403	9332347.31	706523.328	897.269	TN
404	9332334.6	706499.897	899.088	TN
405	9332342.03	706508.67	898.482	TN
406	9332307.07	706550.905	896.974	TN
407	9332997.59	706026.385	902.82	TN

408	9333013.49	706026.606	903.724	TN
409	9332986.35	706087.606	903.613	TN
410	9332985.29	706135.566	903.338	TN
411	9332298.61	706525.628	898.793	TN
413	9332970.45	706087.385	902.709	TN
414	9332969.39	706135.345	902.434	TN
415	9332844.05	706208.696	906.602	PISTA
416	9332928.58	706179.46	905.627	PISTA
417	9332871.01	706190.743	907.31	TN
418	9332304.4	706535.553	898.187	TN
419	9332966.74	706014.787	898.817	TN
420	9332984.48	705989.673	899.004	TN
421	9333012.61	705962.012	898.939	TN
422	9333073.12	705734.23	900.304	TN
423	9333062.45	705727.722	899.134	TN
424	9333383.39	705650.849	902.728	TN
425	9333458.46	705577.605	904.091	TN
426	9333518.6	705555.658	906.383	TN
427	9333507.93	705549.15	905.213	TN
428	9333603.63	705504.731	906.101	TN
429	9333598.9	705493.169	904.931	TN
430	9333656.46	705480.791	904.569	TN
431	9333651.72	705469.229	903.399	TN
432	9333707.42	705454.835	904.803	TN
433	9333702.68	705443.272	903.633	TN
434	9333503.2	705537.587	904.043	TN
435	9333498.46	705526.025	904.873	TN
436	9333447.79	705571.097	902.921	TN
437	9333437.12	705564.589	901.751	TN
438	9333432.38	705553.026	900.581	TN
439	9333427.65	705541.464	901.411	TN
440	9333407.66	705630.319	903.349	TN
441	9333396.99	705623.811	902.179	TN
442	9333392.25	705612.248	901.009	TN
443	9333387.51	705600.686	901.839	TN
444	9333188.6	705714.551	901.426	TN
445	9333188.26	705702.06	900.256	TN
446	9333195.38	705691.795	899.086	TN
447	9333202.51	705681.53	899.916	TN
448	9332858.38	706170.435	899.246	BORDE
449	9332828	706196.022	898.094	BORDE
450	9332886.63	706136.251	898.655	BORDE
452	9332875.96	706129.743	897.485	TN
453	9332865.29	706123.235	897.315	TN
454	9332822.99	706181.702	898.09	BORDE

455	9332812.32	706175.194	897.02	TN
458	9332809.74	706220.489	898.852	BORDE
459	9332789.94	706237.967	897.605	BORDE
488	9332802.15	706266.697	918.956	PISTA
490	9332750.6	706318.401	918.661	PISTA
491	9332827.76	706230.435	922.424	PISTA
494	9332710.21	706343.115	918.366	PISTA
496	9332675.49	706365.815	918.071	PISTA
497	9332639.78	706382.519	917.776	PISTA
645	9332776.96	706214.498	896.725	TN
646	9332726.99	706234.746	896.43	TN
647	9332677.02	706254.994	896.135	TN
648	9332641.37	706295.441	895.84	TN
649	9332730.65	706250.746	897.31	BORDE
650	9332680.68	706270.994	897.015	BORDE
651	9332737.97	706283.995	899.07	TN
652	9332672.07	706234.488	898.416	BORDE
653	9332691.36	706303.323	898.775	TN
654	9332631.58	706288.05	898.121	BORDE
655	9332651.8	706308.117	896.72	BORDE
657	9332601.96	706335.494	897.826	BORDE
658	9332625.19	706351.979	896.425	BORDE
659	9332612.83	706341.182	895.545	TN
660	9332633.19	706363.064	898.185	TN
661	9332564.46	706367.492	897.531	BORDE
662	9332577.64	706388.298	896.13	BORDE
663	9332569.91	706373.817	895.25	TN
664	9332582.74	706404.943	897.89	TN
665	9332521.54	706400.127	897.236	BORDE
666	9332534.72	706420.933	895.835	BORDE
667	9332527	706406.452	894.955	TN
668	9332539.82	706437.578	897.595	TN
669	9332476.29	706430.002	896.941	BORDE
670	9332495.85	706459.68	895.54	BORDE
671	9332486.53	706444.165	894.66	TN
672	9332508.46	706469.751	897.3	TN
673	9332435.81	706467.715	896.646	BORDE
674	9332457.58	706501.396	895.245	BORDE
675	9332446.05	706481.877	894.365	TN
676	9332466.25	706515.409	897.005	TN
677	9332394.18	706503.943	896.351	BORDE
678	9332417.55	706540.088	894.95	BORDE
679	9332405.58	706519.59	894.07	TN
680	9332423.58	706549.118	896.71	TN
681	9332352.53	706537.26	896.056	BORDE

682	9332370.73	706572.867	894.655	BORDE
683	9332361.11	706552.489	893.775	TN
684	9332377.76	706587.769	896.415	TN
685	9332309.8	706565.53	895.761	BORDE
686	9332320.16	706599.533	894.36	BORDE
687	9332315.62	706582.012	893.48	TN
688	9332324.51	706615.427	896.12	TN
689	9332046.82	706634.538	897.918	EST-2
690	9332038.82	706638.538	898.918	REF
691	9332034.79	706640.529	898.369	
692	9332034.77	706640.485	898.368	REF1
693	9332034.79	706640.482	898.368	REF1
694	9332256.95	706624.601	894.237	BORDE
695	9332180.37	706634.424	893.639	BORDE
696	9332238.92	706630.653	894.403	BORDE
697	9332266.2	706616.445	894.065	BORDE
698	9332132.83	706608.492	894.123	BORDE
699	9332147.49	706610.689	893.59	BORDE
700	9332075.35	706615.588	895.819	BORDE
701	9332114	706637.638	893.449	BORDE
702	9332097.99	706640.465	893.312	BORDE
703	9332034.95	706640.874	898.279	BORDE
704	9332075.45	706652.578	894.642	BORDE
705	9332023.71	706656.907	897.518	BORDE
706	9332018.17	706653.55	897.475	CAR
707	9332007.27	706663.044	897.569	CAR
708	9332045.31	706627.742	898.021	BM-3
709	9332020.54	706660.161	897.254	EST-3
710	9332022.51	706658.794	897.338	PUENTE
711	9332022.18	706666.761	897.079	PUENTE
712	9332022.59	706669.564	897.023	PUENTE
713	9332022.51	706668.726	897.068	PUENTE
714	9332018.84	706672.96	896.999	PUENTE
715	9332018.25	706672.349	897.103	PUENTE
716	9332008.87	706671.1	897.145	BM-4
717	9332004.77	706665.274	897.364	CAR
718	9331994.67	706670.573	896.995	CAR
719	9331995.8	706674.333	896.94	CAR
720	9332028.91	706676.494	897.211	EST-4
721	9332048.06	706669.031	895.106	BORDE
722	9332069.19	706652.284	892.725	BORDE
723	9332043.53	706680.53	892.818	BORDE
724	9332040.03	706692.53	898.546	PUENTE
725	9332042.53	706689.353	896.996	PUENTE
726	9332025.45	706697.663	893.057	RELLENO

727	9332005.62	706679.782	892.61	RELLENO
728	9331993.71	706710.477	892.663	BORDE
729	9331983.83	706714.249	892.755	BORDE
730	9332026.33	706702.351	894.111	RELLENO
731	9331940.94	706734.658	892.578	RELLENO
732	9331902.39	706699.537	895.49	CAR
733	9331914.78	706732.801	891.567	RELLENO
734	9331749.5	706783.235	891.016	RELLENO
735	9331720.76	706796.664	890.974	EST-5
736	9332028.97	706676.49	897.04	REF
737	9331728.71	706797.344	890.94	BORDE
738	9331755.53	706813.634	890.904	BORDE
739	9331696.49	706845.769	890.656	BORDE
740	9331384.22	707109.057	896.048	EST-6
741	9331388.09	707104.987	896.068	REF
742	9331712.82	706803.045	892.198	BORDE
743	9331711.35	706810.498	892.222	BORDE
744	9331427.18	707134.986	888.152	BORDE
745	9331447.33	707088.708	888.359	BORDE
746	9331822.83	706727.023	895.13	CAR
747	9331406.68	707107.889	889.528	BORDE
748	9331411.54	707097.404	889.588	BORDE
749	9331414.83	707090.881	889.691	BORDE
750	9331398.78	707122.014	889.43	BORDE
751	9331401.57	707258.006	888.968	BORDE
752	9331379.34	707169.667	891.397	BORDE
753	9331426.02	707139.593	888.022	BORDE
754	9331407.25	707208.929	887.698	BORDE
755	9331385.75	707103.538	896.073	BORDE
756	9331314.37	708135.899	893.327	EST-7
757	9331314.06	708143.367	893.351	REF
758	9331318.86	707990.42	883.84	BORDE
759	9331306.44	708015.747	883.916	BORDE
760	9331390.59	707907.542	884.731	BORDE
761	9331375.1	707833.283	884.86	BORDE
762	9331291.63	708042.188	883.813	BORDE
763	9331406.45	707840.097	885.322	BORDE
764	9331265.91	708082.805	885.184	BORDE
765	9331268.77	708083.103	883.442	BORDE
766	9331292.3	708041.239	883.786	BORDE
767	9331300.67	708109.972	883.386	BORDE
768	9331225.48	708124.179	882.928	BORDE
769	9331248.41	708103.599	883.115	BORDE
770	9331202.09	708141.002	883.011	BORDE
771	9331181.87	708152.892	882.965	BORDE

772	9331181.99	708152.896	882.881	BORDE
773	9331159.25	708185.531	882.854	RELLENO
774	9331128.1	708214.873	882.56	RELLENO
775	9331096.74	708233.644	882.249	RELLENO
776	9331069.15	708245.808	881.721	RELLENO
777	9331400.3	707840.049	884.022	RELLENO
778	9331024.33	708241.651	882.001	RELLENO
779	9330978.08	708240.57	881.783	RELLENO
780	9331382.02	707906.925	883.791	RELLENO
781	9331344.33	708054.884	883.836	RELLENO
782	9330922.58	708233.66	881.525	RELLENO
783	9330923.48	708228.972	881.476	RELLENO
784	9331021.16	708174.107	882.722	BORDE
785	9331285.23	708149.24	893.073	EST-8
786	9330767.47	708304.878	881.489	BORDE
787	9330772.11	708313.093	880.943	RELLENO
788	9331337.1	708086.867	883.396	BORDE
789	9330779.65	708330.322	880.523	RELLENO
790	9330777.41	708349.655	880.16	RELLENO
791	9331336.49	708089.531	883.135	RELLENO
792	9330755.53	708356.496	882.387	RELLENO
793	9331257.52	708149.251	883.083	BORDE
794	9331293.73	708123.869	883.578	BORDE
795	9330730.76	708366.645	882.68	BORDE
796	9331276.08	708135.29	882.878	BORDE
797	9330736.89	708339.104	883.423	BORDE
798	9331249.13	708148.85	883.183	BORDE
799	9330747.83	708321.058	881.94	BORDE
800	9331239.49	708176.108	882.963	BORDE
801	9331227.75	708191.855	882.49	BORDE
802	9330700.47	708372.382	883.837	BORDE
803	9331204.5	708222.25	882.213	BORDE
804	9331189.48	708232.72	882.21	BORDE
805	9331143.1	708261.888	882.108	BORDE
806	9331193.8	708240.084	882.318	BORDE
807	9331055.01	708278.087	881.82	BORDE
808	9331097.56	708275.926	881.599	BORDE
809	9330704.39	708371.035	883.861	EST-9
810	9331037.82	708276.756	881.654	BORDE
811	9331285.07	708149.302	892.963	REF
812	9330854.61	708369.857	880.007	RELLENO
813	9330749.55	708441.073	879.434	REF
814	9330737.35	708502.456	878.982	EST-12
815	9330749.54	708441.147	879.42	REF
816	9330794.13	708454.408	879.873	BORDE

817	9330760.41	708419.512	879.588	BORDE
818	9330774.98	708390.787	879.637	BORDE
819	9330788.49	708471.253	878.924	BORDE
820	9330780.64	708370.399	879.625	BORDE
821	9330773.67	708371.597	879.962	BORDE
822	9330780.95	708495.044	878.632	BORDE
823	9330765.66	708556.653	878.519	BORDE
824	9330721.74	708535.164	878.818	BORDE
825	9330717.42	708563.926	878.9	BORDE
826	9330720.45	708596.37	878.57	BORDE
827	9330765.1	708603.801	878.254	BORDE
828	9330726.77	708622.059	878.264	BORDE
829	9330768.07	708646.747	877.967	BORDE
830	9330735.42	708651.012	878.285	BORDE
831	9330747.2	708719.938	878.094	BORDE
832	9330747.2	708719.935	878.092	BORDE
833	9330823.54	709135.14	886.053	EST-13
834	9330823.36	709140.916	885.982	REF
835	9330733.05	709184.836	875.665	BORDE
836	9330745.3	709149.322	875.945	BORDE
837	9330757.31	709099.826	876.041	BORDE
838	9330795.62	709119.095	877.852	BORDE
839	9331743.99	706769.789	894.77	CAR
840	9331638.86	706825.723	894.63	CAR
841	9332147.94	706604.632	894.196	TN
842	9332145.93	706588	895.409	TN
843	9332146.45	706577.985	896.016	TN
844	9330712.88	708293.28	881.182	BORDE
845	9330795.99	708201.091	883.382	BORDE
846	9330924.67	708179.344	883.996	BORDE
847	9332260.71	706633.51	894.687	TN
848	9332273.64	706622.622	894.515	TN
849	9332264.47	706642.42	895.137	TN
850	9332281.08	706628.798	894.965	TN
851	9332246.44	706648.472	895.303	TN
852	9332180.64	706653.762	894.539	TN
853	9332114.28	706656.976	894.349	TN
854	9332075.72	706671.916	895.542	TN
855	9332055.81	706686.747	896.006	TN
856	9331989.1	706732.857	893.655	TN
857	9331946.21	706753.266	893.478	TN
858	9332242.68	706639.562	894.853	TN
859	9332180.51	706644.093	894.089	TN
860	9332180.78	706663.431	894.989	TN
861	9332114.14	706647.307	893.899	TN

862	9332114.42	706666.645	894.799	TN
863	9332075.58	706662.247	895.092	TN
864	9332051.93	706677.889	895.556	TN
865	9331986.46	706723.553	893.205	TN
866	9331943.57	706743.962	893.028	TN
867	9331835.68	706769.149	890.379	RELLENO
868	9331021.85	708126.997	885.242	BORDE
869	9331174.13	708103.869	885.401	BORDE
870	9331228.15	708050.599	887.62	BORDE
871	9331281.1	707958.214	886.276	BORDE
872	9331330.52	707811.474	887.296	BORDE
873	9331356.81	707658.395	888.316	BORDE
874	9331972.25	706694.368	892.433	RELLENO
875	9331523.17	706987.178	889.02	BORDE
876	9331337.19	707502.106	889.336	BORDE
877	9331450.25	707012.173	889.994	BORDE
878	9331511.38	706950.219	890.288	BORDE
879	9331823.68	706741.531	891.376	RELLENO
880	9331903.24	706714.045	891.736	RELLENO
881	9331576.79	706892.812	890.582	BORDE
882	9331644.37	706839.169	890.876	BORDE
883	9331405.48	707668.124	885.88	BORDE
884	9331386.81	707501.235	886.9	BORDE
885	9331368.14	707334.345	887.92	BORDE
886	9331441.28	707673.722	885.913	BORDE
887	9331422.61	707506.833	886.933	BORDE
888	9330868.45	708238.272	881.169	RELLENO
889	9330677.85	708593.909	881.42	BORDE
890	9330813.42	708247.572	880.862	RELLENO
891	9331409.05	707341.171	887.953	BORDE
892	9330939.24	708300.135	880.621	RELLENO
893	9330761.6	708788.084	877.899	BORDE
894	9330770.75	708857.781	877.706	BORDE
895	9330782.53	708926.704	877.513	BORDE
896	9330781.99	708973.864	877.32	BORDE
897	9330780.01	708687.781	877.68	BORDE
898	9330791.95	708728.816	877.393	BORDE
899	9330806.8	708768.888	877.106	BORDE
900	9330823.93	708807.596	876.819	BORDE
901	9330814.49	708969.477	877.226	BORDE
902	9330833.92	708848.73	876.532	BORDE
903	9330828.12	708890.66	876.245	BORDE
904	9330800.85	709048.294	878.207	BORDE
905	9330783.73	709189.086	877.497	BORDE
906	9331903.31	706706.813	895.271	CAR

907	9331823.75	706734.299	894.911	CAR
908	9331747.22	706776.371	894.551	CAR
909	9331642.09	706832.305	894.411	CAR
910	9331569.22	706886.488	890.678	BORDE
911	9331561.71	706876.3	890.775	BORDE
912	9331503.8	706943.894	890.384	BORDE
913	9331496.29	706933.706	890.481	BORDE
914	9331446.49	707009.15	890.09	BORDE
915	9331440.52	707003.193	890.187	BORDE
916	9331588.59	706929.771	889.314	BORDE
917	9330707.63	708749.918	880.612	BORDE
918	9330806.37	708225.76	883.089	RELLENO
919	9330925.09	708206.107	883.703	RELLENO
920	9331022.27	708153.759	884.949	RELLENO
921	9331179.42	708130.109	885.108	RELLENO
922	9331249.22	708067.097	887.327	RELLENO
923	9331302.18	707974.712	885.983	RELLENO
924	9331355.03	707822.215	887.003	BM-5
925	9331383.25	707662.534	888.023	RELLENO
926	9331363.91	707500.512	889.043	RELLENO
927	9331361.66	707338.311	888.016	BORDE
928	9331368.65	707152.64	898.035	REF
929	9330721.18	708860.351	880.226	BORDE
930	9330729.93	708997.206	879.84	BORDE
931	9330698.53	708576.911	881.127	BM-6
932	9330728.31	708732.92	880.319	RELLENO
933	9330747.83	708857.908	879.933	RELLENO
934	9330756.66	708995.8	879.547	RELLENO
935	9330710.14	709184.073	877.892	RELLENO
936	9330683.41	709185.478	878.185	BORDE
937	9331255.29	708191.906	892.37	REF
938	9331840.94	706787.757	891.279	TN
939	9331760.8	706832.243	891.804	TN
940	9331215.07	708243.234	891.62	TN
941	9331153.67	708282.872	891.515	TN
942	9331108.18	708297.083	891.107	TN
943	9331838.31	706778.453	890.829	TN
944	9331758.17	706822.938	891.354	TN
945	9331705.91	706859.885	891.106	TN
946	9331709.57	706871.324	890.556	TN
947	9331532.59	707001.294	889.47	TN
948	9331536.25	707012.733	888.92	TN
949	9331598.01	706943.887	889.764	TN
950	9331601.67	706955.326	889.214	BM-4
951	9331447.37	707140.076	890.985	TN

952	9331465.28	707143.322	891.889	TN
953	9331429.65	707338.152	890.786	TN
954	9331447.45	707334.298	891.69	TN
955	9331427.84	707205.987	890.533	TN
956	9331445.64	707202.133	891.437	TN
957	9331443.2	707503.891	889.768	TN
958	9331461	707500.037	890.672	TN
959	9331461.87	707670.78	888.748	TN
960	9331479.66	707666.926	889.652	TN
961	9331408.32	707918.41	887.566	TN
962	9331424.48	707926.792	888.47	TN
963	9331362.06	708065.752	886.671	TN
964	9331378.22	708074.134	887.575	TN
965	9330870.02	708383.829	882.842	TN
966	9330884.34	708395.066	883.746	TN
967	9330954.77	708313.972	883.456	TN
968	9330969.19	708325.086	884.36	TN
969	9330809.65	708468.246	882.708	TN
970	9330824.08	708479.359	883.612	TN
971	9330797.28	708510.075	881.535	TN
972	9330811.7	708521.189	882.439	TN
973	9330788.76	708648.798	880.802	TN
974	9330806.96	708649.297	881.706	TN
975	9330786.36	708558.705	881.354	TN
976	9330804.56	708559.204	882.258	TN
977	9330802.58	708728.497	880.228	TN
978	9330827.15	708714.233	881.132	TN
979	9330828.86	708804.899	879.654	TN
980	9330838.51	708802.526	880.558	TN
981	9330838.85	708846.033	879.367	TN
982	9330848.5	708843.66	880.271	TN
983	9330833.05	708887.963	879.08	TN
984	9330842.7	708885.59	879.984	TN
985	9330819.42	708966.78	880.061	TN
986	9330829.07	708964.407	880.965	TN
987	9331669.25	706901.683	889.508	TN
988	9330815.98	709051.374	881.946	TN
989	9330805.16	709116.911	880.687	TN
990	9330814.81	709114.538	881.591	BM-7
991	9330789.34	709189.384	880.332	TN
992	9330798.8	709192.441	881.236	TN
993	9331656.17	706876.128	889.608	BORDE
994	9331665.59	706890.244	890.058	TN

Anexo 02: Planos de Perfil Longitudinal y Secciones Transversales

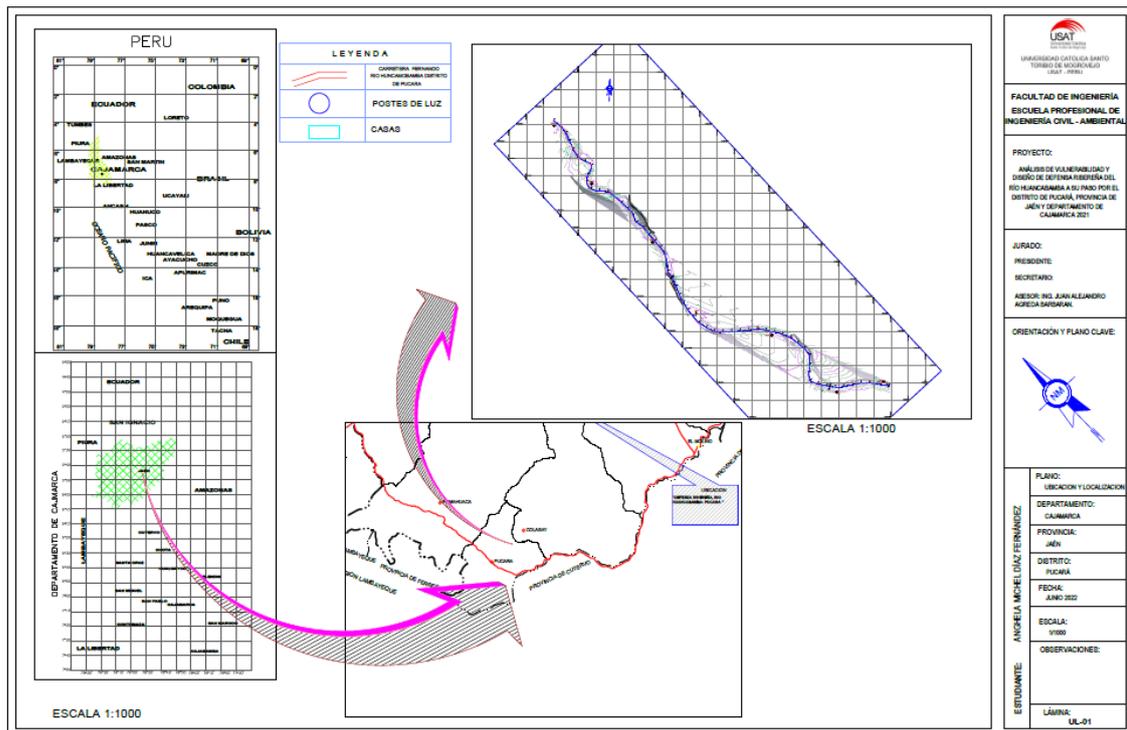


Figura N° 92: Plano de ubicación de la zona en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

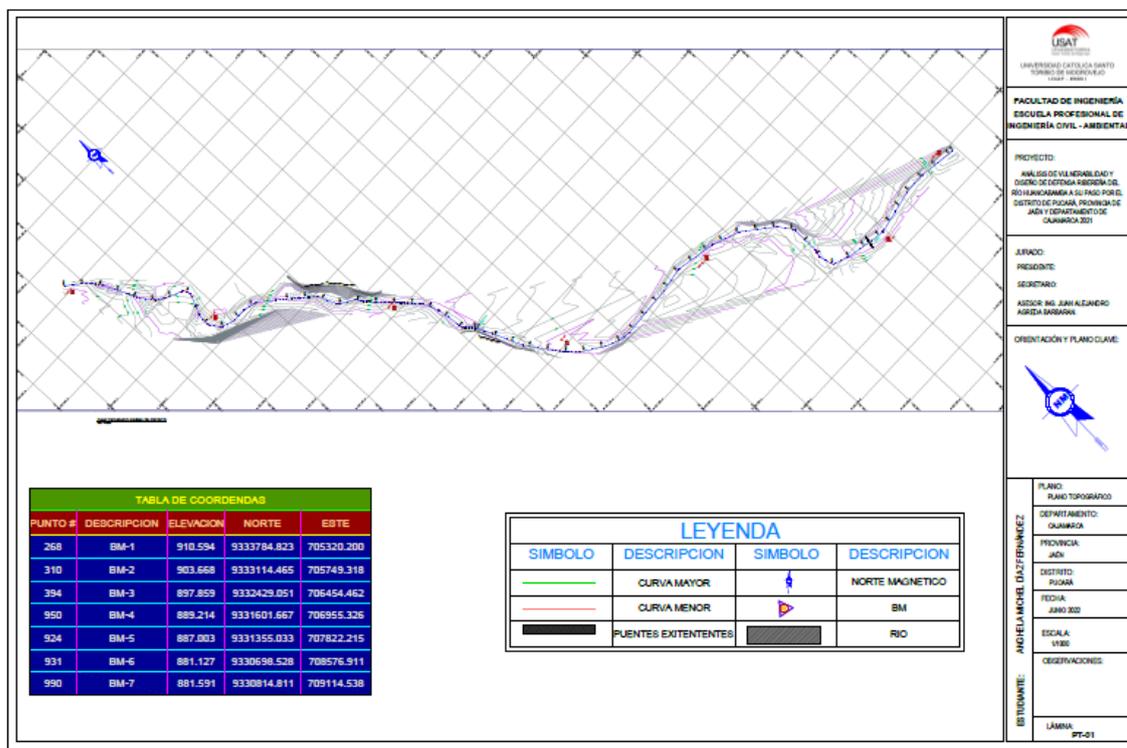


Figura N° 93: Plano topográfico del tramo en estudio del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

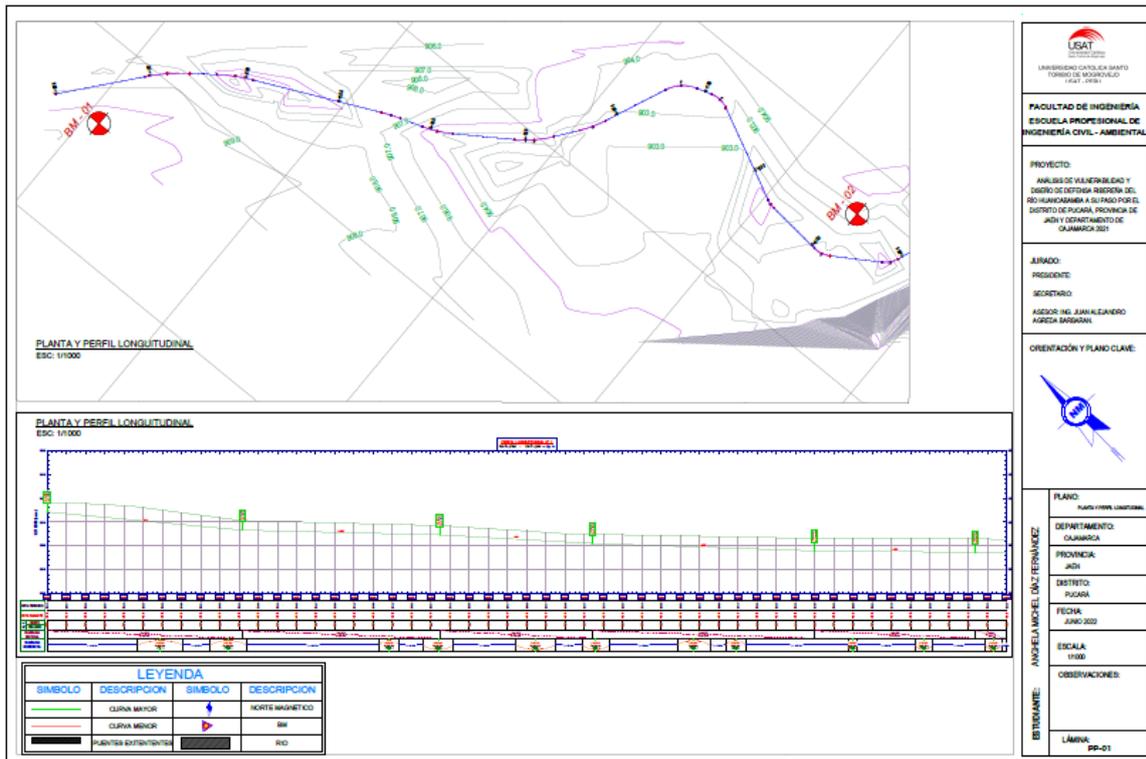


Figura N° 94: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 0+000 a 1+000 km.

Fuente: Elaboración propia.

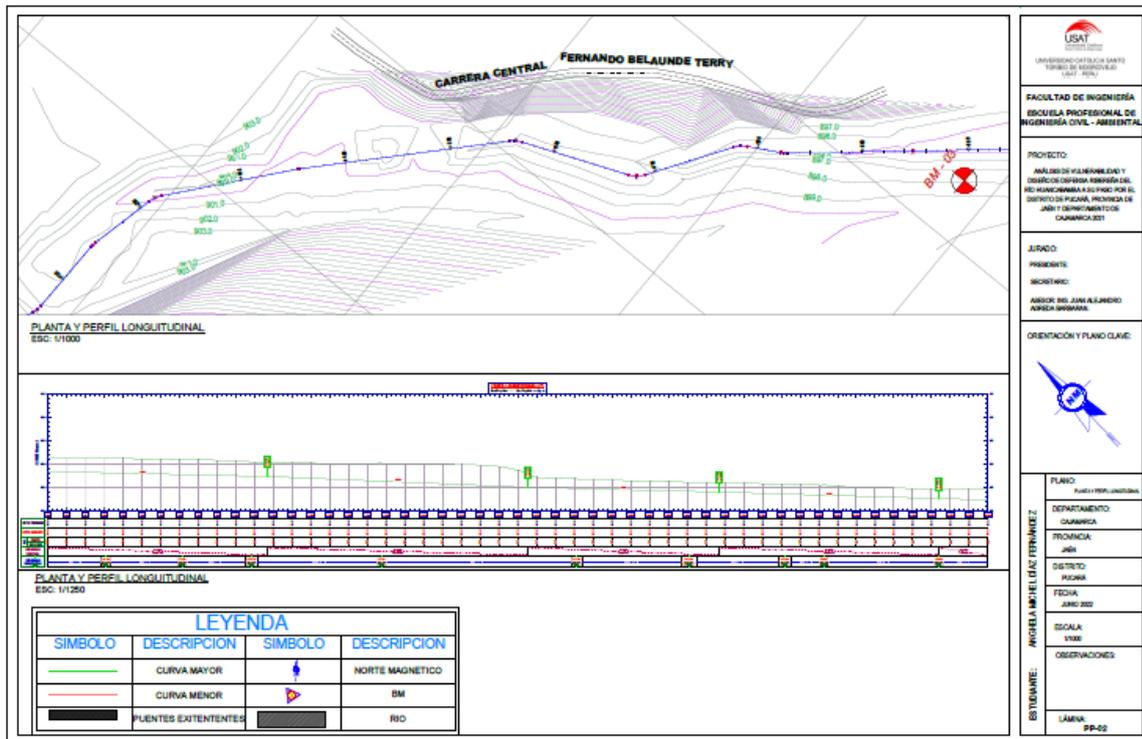


Figura N° 95: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 1+000 a 2+000 km.

Fuente: Elaboración propia.

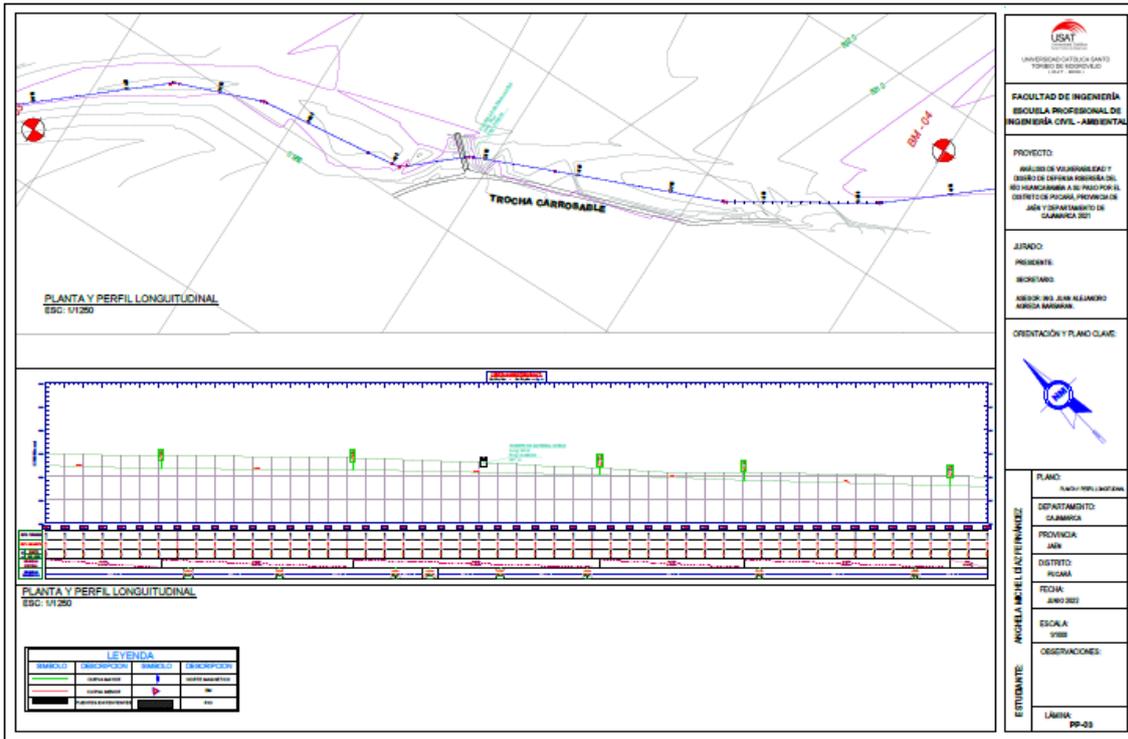


Figura N° 96: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 2+000 a 3+000 km.

Fuente: Elaboración propia.

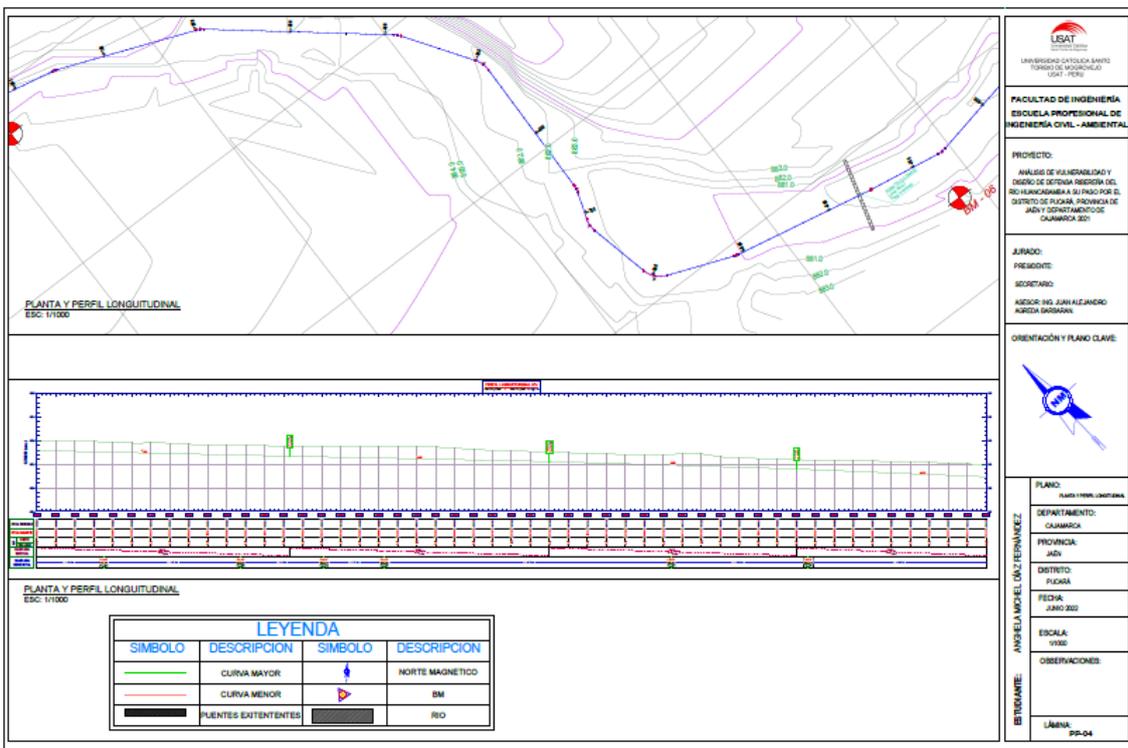


Figura N° 97: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 3+000 a 4+000 km.

Fuente: Elaboración propia.

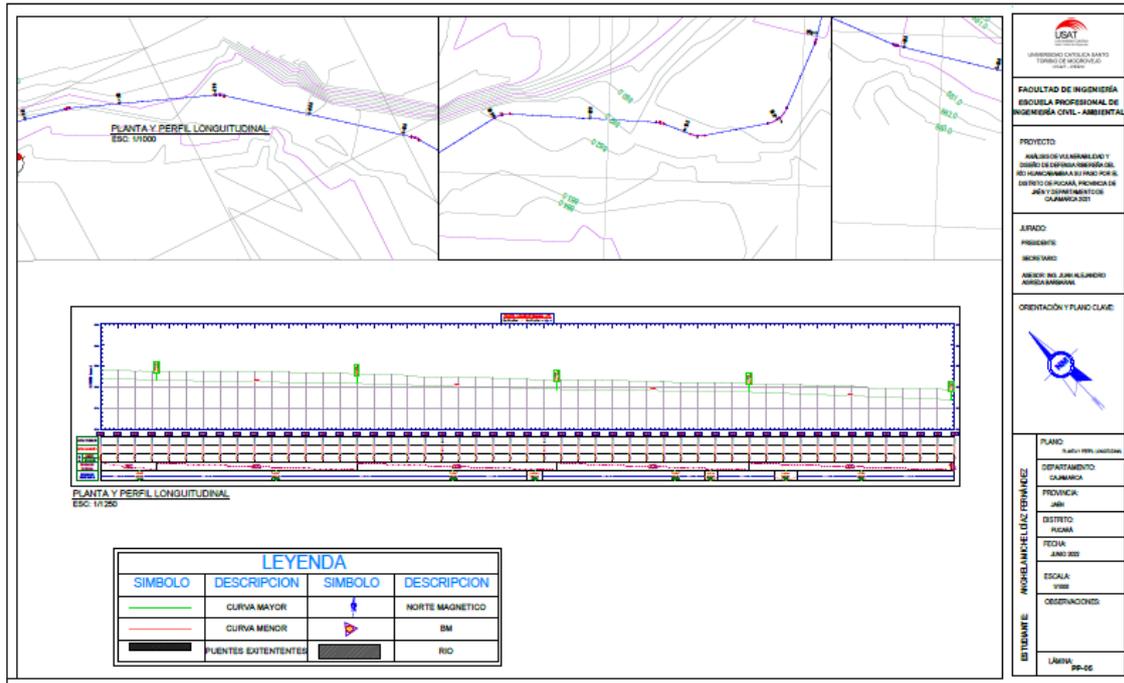


Figura N° 98: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 4+000 a 5+000 km.

Fuente: Elaboración propia.

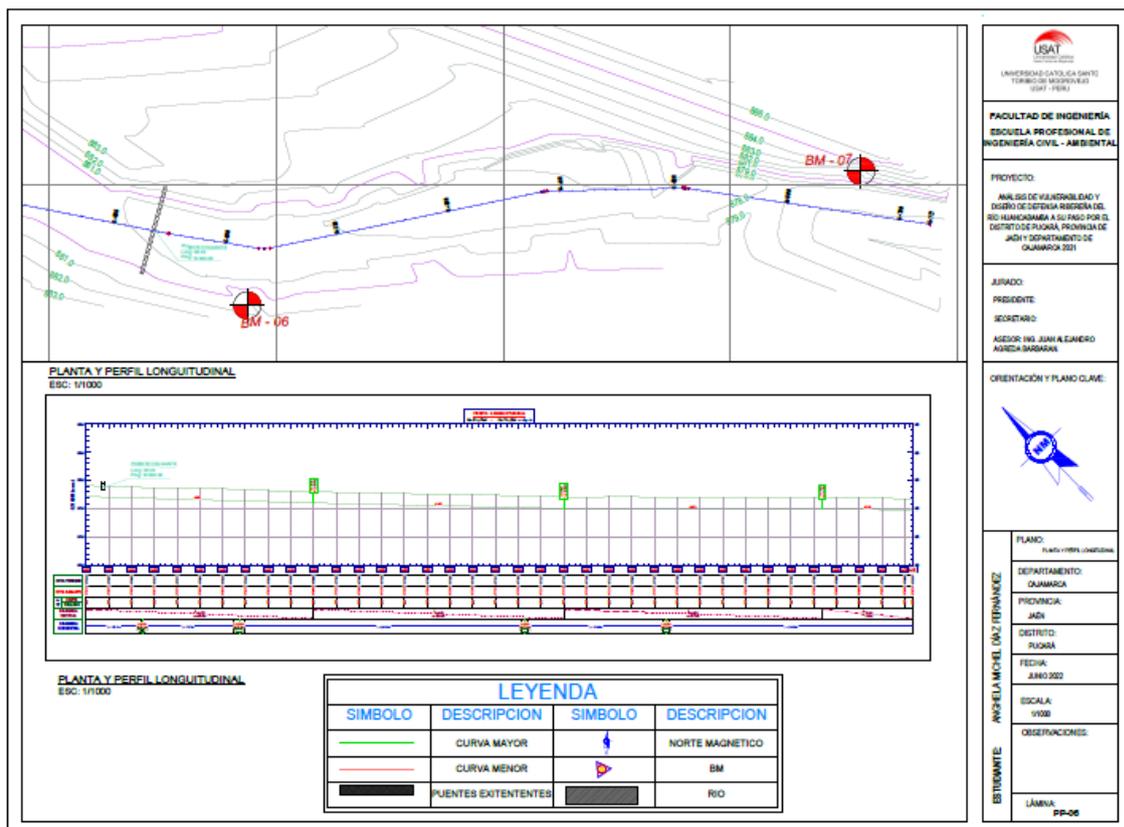


Figura N° 99: Plano de planta y perfil del tramo en estudio del río Huancabamba de 5+000 a 5+727 km.

Fuente: Elaboración propia.

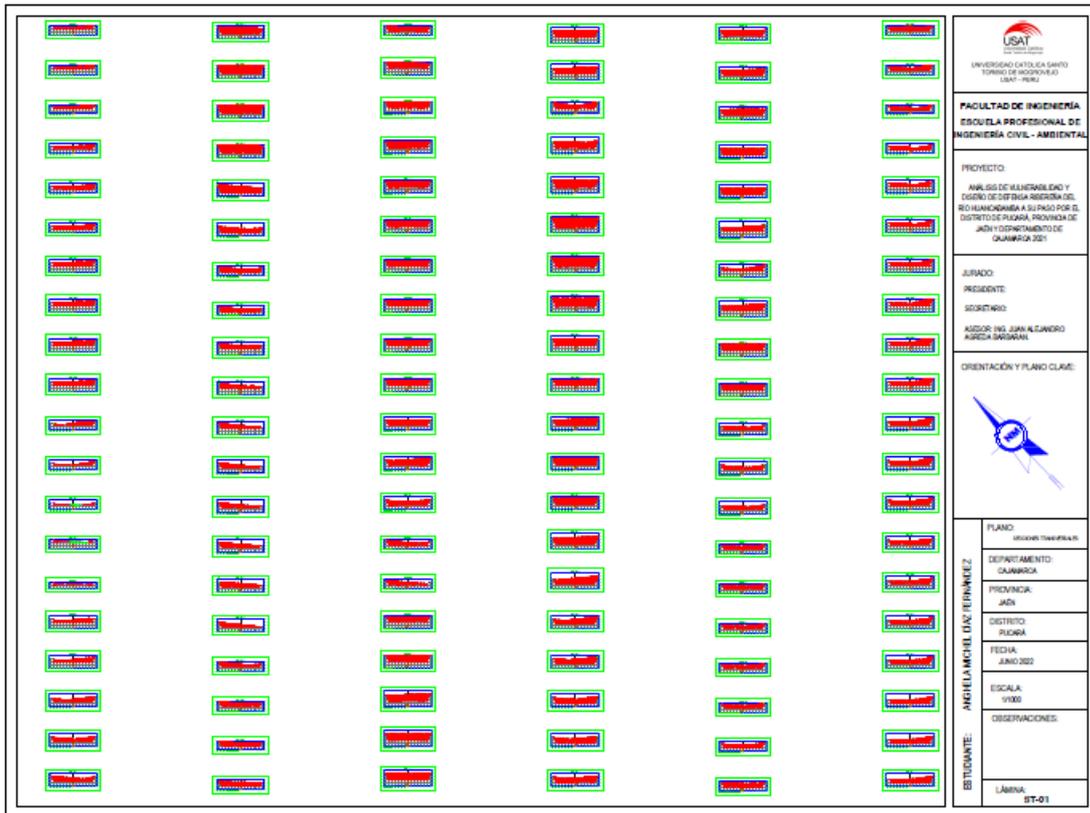


Figura N° 100: Secciones transversales del tramo en estudio del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

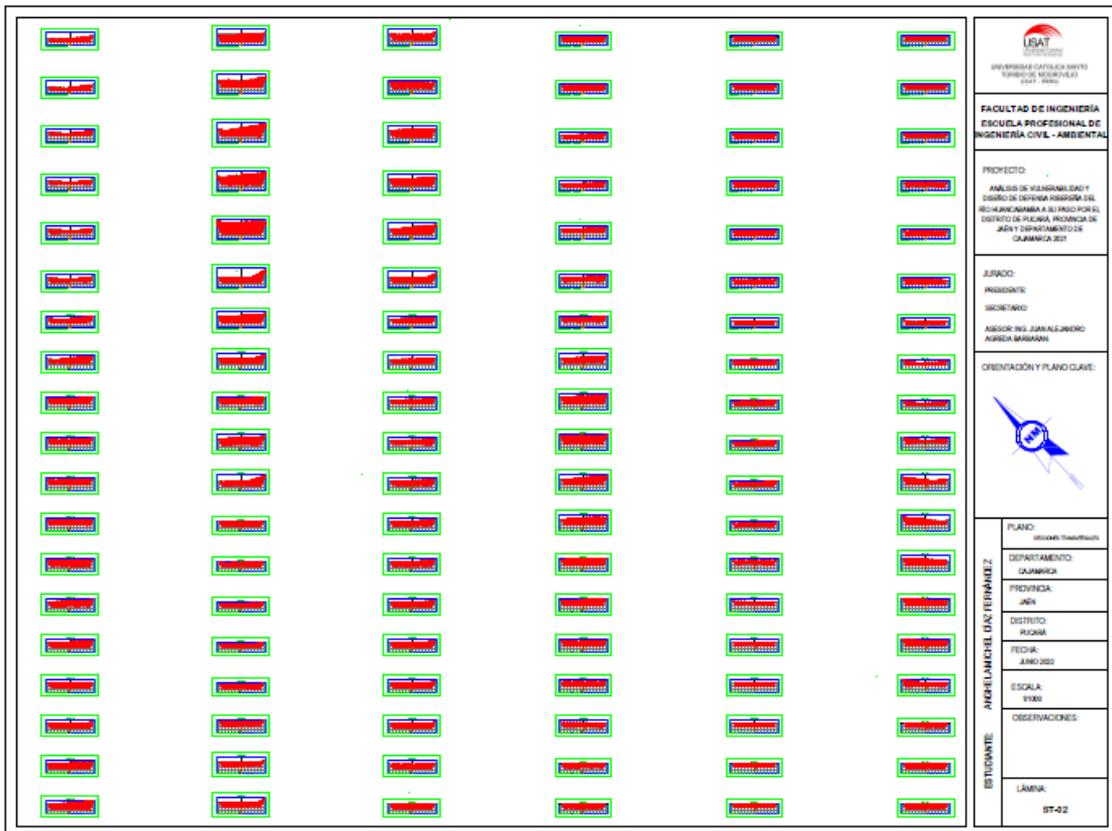


Figura N° 101: Secciones transversales del tramo en estudio del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 03: Estudio de Mecánica de Suelos

Calicata N° 01

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

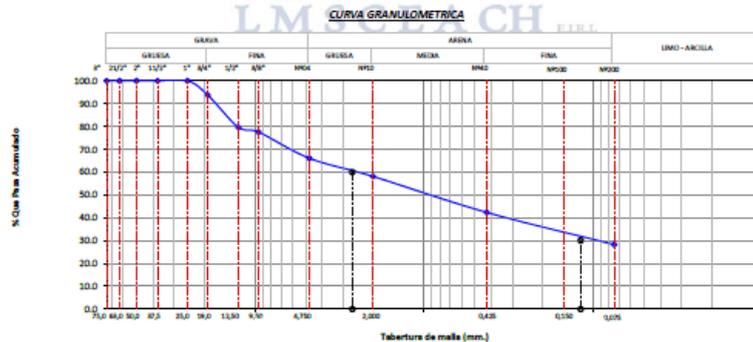
Pág.: 01 de 04

SOLICITANTE: : DÍAZ FERNÁNDEZ ANGHELA MICHEL
 ATENCION: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RÍO HUANCABAMBA A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021"
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 FECHA RECEPCIÓN: : sábado, 23 de abril de 2022
 FECHA EMISION: : viernes, 13 de mayo de 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. (NORMA: MTC E-107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88)

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN: Suelo de terreno natural CALICATA: C-1 MUESTRA: M-1
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno CANTIDAD: 97 kg aprox. Este: 350811 Norte: 8903146 FECHA DEL ENSAYO: 26/04/2022

TAMICES (PULG) (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULAD	% QUE PASA	DISTRIBUCION GRANULOMERTRICA		
					TOTAL	100 %	
3"	75.000				% GRAVA	GRAVA GRUESA	34 %
2 1/2"	63.000			100.0			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0		ARENA GRUESA	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0			
1"	25.000	0.0	0.0	100.0		ARENA FINA	
3/4"	19.000	30.0	6.2	93.8			
1/2"	12.500	69.0	14.2	79.6	28 %		
3/8"	9.500	10.0	2.1	77.6			
1/4"	6.300						
NP04	4.750	19.6	4.0	66.1			
NP08	2.360	45.0	6.2	59.9			
NP10	2.000	12.8	1.8	58.1			
NP16	1.190	0.0	0.0	58.1			
NP20	0.850						
NP30	0.600	0.0	0.0	53.5			
NP40	0.425	80.7	11.1	42.3			
NP50	0.300	37.0	5.1	37.2			
NP80	0.177						
NP100	0.150	4.4	0.6	30.0			
NP200	0.075	12.7	1.8	28.3			
< NP200	FONDO	204.8	28.3	100.0	0.0		



ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG:	
Límite Líquido (LL.)	: 00 %
Límite Plástico (LP.)	: 00 %
Índice de Plasticidad (I.P.)	: 00 %
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	: 04 %

(Firma)
 DISEÑER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 147898

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :	
Arena limosa con grava	
SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTOB	A-2-4(0)
SISTEMA DE CLASIFICACION SUCSB	Bueno
	SM

(Firma)
LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.
 JORGE ARRIAS, GOVERNAPARCA DISTR. DE INGENIEROS Y PAVIMENTISTAS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 02 de 04

SOLICITANTE: : DÍAZ FERNÁNDEZ ANGHELA MICHEL
 ATENCION: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA DEL RÍO HUANCABAMBA A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021."
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 FECHA RECEPCIÓN: : sábado, 23 de abril de 2022
 FECHA EMISION: : viernes, 13 de mayo de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

N 200= 28.3
 N 4= 37.8

L.L.= 0
 I.P.= 0

Cu = 265180.32
 Cc = 528.41

CLASIFICACION SUCS: SM

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningún fino	Cu > 4 1 < Cc < 3	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para GW	
			GM	Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A o Ip > 7	
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu > 6 1 < Cc < 3	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para SW	
			SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A o Ip > 7	
Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)	limos y arcillas (Límite líquido wl<50)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del 12 % - GM, GC, SM, SC De 5 a 12 % - casos frontera que requieren doble símbolo		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.			
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	limos y arcillas (Límite líquido wl>50)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o distomoscos, suelos elásticos.			
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
	Suelos Altamente orgánicos	Pt	Turba o otros suelos altamente orgánicos			

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Excavación realizado a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de terreno natural
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y OMENTACIONES - Norma E.050)


 DISEÑER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 147898


 LMSCEACH E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS
 JORGE ARRIAL ZOMAPARCA, BOLIVIA
 TÉCNICO DE DISEÑO Y PAPELERIA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 03 de 04

SOLICITANTE: : DÍAZ FERNÁNDEZ ANGHELA MICHEL
 ATENCION: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RÍO HUANCABAMBA A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021."
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 FECHA RECEPCIÓN: sábado, 23 de abril de 2022
 FECHA EMISION: viernes, 13 de mayo de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

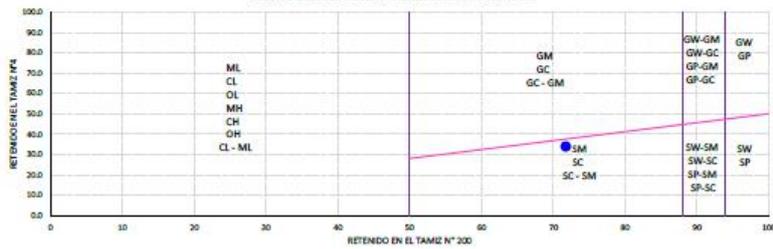
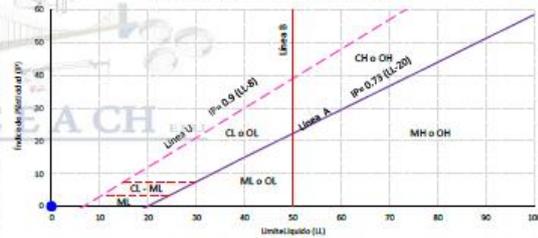


DIAGRAMA DE GRADACIÓN DE SUELOS GRUESOS



CARTA DE PLASTICIDAD PARA SUELOS FINOS



CLASIFICACIÓN SUCS: SM Arena limosa con grava

- OBSERVACIONES:
- 1- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
 - 2- Excavación realizado a cielo abierto.
 - 3- Según lo indicado por el petionario, la muestra procede de la Suelo de terreno natural
 - 4- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

(Signature)
 DISEÑER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 147898

(Signature)
LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS
 OFICINA CENTRAL: ZONAMARCA, BOLETA, TERCER DISTRITO DE PUNTA HUELA, PROVINCIA DE TACNA, DEPARTAMENTO DE TACNA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág: 04 de 04

SOLICITANTE: : DÍAZ FERNÁNDEZ ANGHELA MICHEL
 ATENCION: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA DEL RÍO HUANCABAMBA A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021"
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 FECHA RECEPCIÓN: sábado, 23 de abril de 2022 FECHA EMISION: viernes, 13 de mayo de 2022

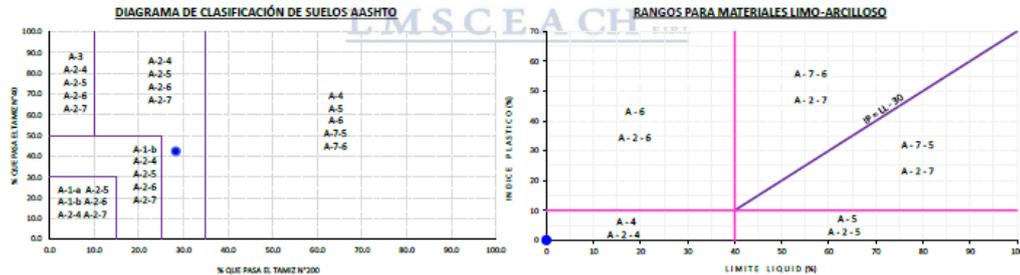
SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (85% O MENOS DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)							MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (MAS DEL 85% DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
Porcentaje de material que pasa el tamiz													
No 10	58.1	50 max		51 min									
No 40	42.3	30 max											
No 200	28.3	15 max		10 max		35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz No 40													
Límite líquido	0			N.P.		40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Índice plástico	0	6 max				10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Índice de Grupo	0	0		0		0	4 max	8 max	12 max	16 max	20 max	20 max	20 max

$$(IG) = 0.2 (a) + 0.005 (a) (c) + 0.01 (b) (d)$$

a = 1.0
 b = 14.0
 c = 1.0
 d = 1.0

IG = 0



CLASIFICACIÓN AASHTO: A-2-4(0) Bueno

- OBSERVACIONES:
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
 - Excavación realizado a cielo abierto.
 - Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de terreno natural
 - Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

(Signature)
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. N° 147898

(Signature)
 LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.
 OFICINA CENTRAL: AV. BOLIVAR, CAJAMARCA, PERU.
 OFICINA DE ROTON Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 01

SOLICITANTE: : DÍAZ FERNÁNDEZ ANGHELA MICHEL
 ATENCION: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RÍO HUANCABAMBA A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021 "
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 FECHA RECEPCIÓN: : sábado, 23 de abril de 2022 FECHA EMISION: viernes, 13 de mayo de 2022

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

(NORMA: MTC E-108 / ASTM D 2216)

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Suelo de terreno natural
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno

CALICATA: C-1
 CANTIDAD: 97 kg aprox.

MUESTRA: M-1

FECHA DEL ENSAYO: 26/04/2022

DATOS DEL ENSAYO	1	2
Peso del suelo húmedo + tara	955.6 g.	955.6 g.
Peso del suelo seco + tara	918.7 g.	918.7 g.
Peso de tara	125.5 g.	125.5 g.
Peso de agua	36.9 g.	36.9 g.
Peso de suelo seco	793.2 g.	793.2 g.
Contenido de agua	4.65 %	4.65 %
Promedio del contenido de agua	4.65 %	

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 4.65 %

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- 2.- Excavación realizado a cielo abierto.
- 3.- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de terreno natural
- 4.- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

LMSCEACH
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS
 JORGE ARRIAL TOMAPARCA BANTA
INGENIERO CIVIL
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DESIGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 147898

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



EXPEDIENTE N°: 2101 - 0001 5

INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 01

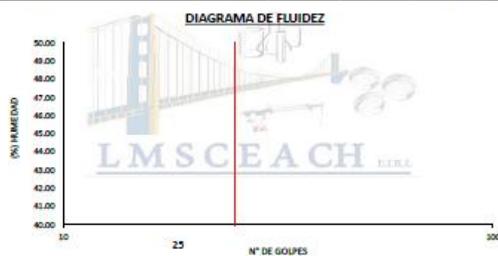
SOLICITANTE: : DÍAZ FERNÁNDEZ ANGHELA MICHEL
 ATENCION: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RÍO HUANCABAMBA A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021"
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 FECHA RECEPCIÓN: : sábado, 23 de abril de 2022
 FECHA EMISION: : viernes, 13 de mayo de 2022

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS
 (NORMA: MTC E-110 / E-111 / ASTM D 4318 / AASHTO T 89/ T 90)

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Suelo de terreno natural CALICATA: C-1 MUESTRA: M-1
 PRESENTACIÓN: Bolsa de Polietileno CANTIDAD: 97 kg aprox. FECHA DEL ENSAYO: 29/04/2022

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	A-04	A-03	A-02	A-01	T-1	T-1
Número de capsula	14	23	28	36	---	---
Número de golpes	14	23	28	36	---	---
Peso de capsula + suelo húmedo (g)	56.43	45	26.91	45.76	20.71	20.71
Peso de capsula + suelo seco (g)	56.43	45	26.91	45.76	20.71	20.71
Peso del Agua (g)	0	0	0	0	0.00	0
Peso de la capsula (g)	28.48	27.99	13.97	27.89	17.23	17.23
Peso del suelo seco (g)	27.95	17.01	12.94	17.87	3.48	3.48
Porcentaje de humedad (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Nota:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N°40

LÍMITE LÍQUIDO = 0 %
 LÍMITE PLÁSTICO = 0 %
 ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 0 %

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Excavación realizado a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de terreno natural
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y CIMENTACIONES - Norma E.050)

JORGE ARRIBAL TOMAPASCA BONTA
 ING. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DESIGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 147898

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 01 de 04

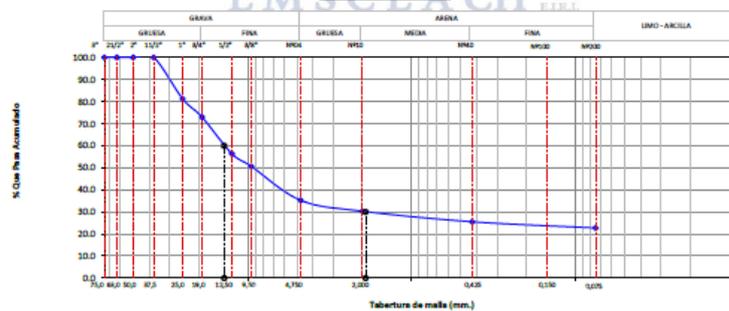
SOLICITANTE: : DÍAZ FERNÁNDEZ ANGHELA MICHEL
 ATENCIÓN: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DISEÑO DE DEFENSA RIBERENA DEL RÍO HUANCABAMBA A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021"
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 FECHA RECEPCIÓN: : sábado, 23 de abril de 2022
 FECHA EMISIÓN: : viernes, 13 de mayo de 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.
 (NORMA: MTC E-107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88)

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN: Suelo de terreno natural CALICATA: C-1 MUESTRA: M-2
 PRESENTACIÓN: Bolsas de Polietileno CANTIDAD: 97 kg aprox. Este: 350811 Norte: 8903145 FECHA DEL ENSAYO: 26/04/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA		
	(PULG)	(mm)					TOTAL	100 %	
	3"	75.000							
2 1/2"	63.000					100.0	% GRAVA	GRAVA GRUESA	65 %
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0				
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0				
1"	25.000	92.2	18.7	18.7	81.3				
3/4"	19.000	41.4	8.4	27.1	72.9				
1/2"	12.500	81.8	16.6	43.6	56.4				
3/8"	9.500	28.3	5.7	49.4	50.6				
1/4"	6.300						GRAVA FINA	38 %	
ND04	4.750	25.7	5.2	64.8	35.2	% FINO	ARENA GRUESA	13 %	
ND08	2.360	51.2	3.7	68.5	31.5				
ND10	2.000	16.5	1.2	69.7	30.3				
ND16	1.190	0.0	0.0	0.0	30.3				
ND30	0.850								
ND60	0.600	0.0	0.0	0.0	27.7				
ND40	0.425	30.7	2.2	74.5	25.5		ARENA MEDIA		05 %
ND50	0.300	10.0	0.7	75.2	24.8	ARENA FINA	03 %		
ND80	0.177								
ND100	0.150	3.4	0.2	76.8	23.2	% LIMO - ARCILLA	23 %	23 %	
ND200	0.075	7.0	0.5	77.3	22.7				
<ND200	FONDO	310.0	22.7	100.0	0.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG:	
Límite Líquido (LL)	: 00 %
Límite Plástico (LP)	: 00 %
Índice de Plasticidad (LP)	: 00 %
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	: 04 %


 DESIGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 147896

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	
Grava limosa	
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO	
A-1-b(0)	Buena
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCSB	
GM	


 LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.
 JORGE ANIBAL ROMAPARCA BUSTA
 TECNICO DE MUESTRAS Y VOLUMETROS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pág.: 02 de 04

SOLICITANTE: : DÍAZ FERNÁNDEZ ANGHELA MICHEL
 ATENCION: : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO: : "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RÍO HUANCABAMBA A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021"
 UBICACIÓN: : DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 FECHA RECEPCIÓN: : sábado, 23 de abril de 2022
 FECHA EMISION: : viernes, 13 de mayo de 2022

SISTEMA DE CLASIFICACION SUCS

N 200= 22.7
 N 4= 12.6

LL= 0
 LP= 0

Cu = 1393039.26
 Cc = 26051.89

CLASIFICACION SUCS: GM

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TIPOICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningún fino	Cu > 4 1 < Cc < 3	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para GW	
			GM	Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó Ip > 7	
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu > 6 1 < Cc < 3	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para SW	
			SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó Ip < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó Ip > 7	
Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)	limos y arcillas (Limite liquido wL<50)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del 12 % - GM, GC, SM, SC De 5 a 12 % - casos frontera que requieren doble símbolo		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja e media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.			
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	limos y arcillas (Limite liquido wL>50)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.			
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
	Suelos Altamente orgánicos	Pt	Turba o otros suelos altamente orgánicos			

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Ejecución realizado a cielo abierto.
- Según lo indicado por el peticionario, la muestra procede de la Suelo de terreno natural
- Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en sí mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obras. (Artículo 5 - SUELOS Y OMENTACIONES - Norma E.050)

DESIGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. Nº 147898

DIRECTOR GENERAL
 LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.
 OFICINA GENERAL CAJAMARCA BUENA VISTA
 TERCER DE MAYO Y PAVIMENTON



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.

Solicitante : DÍAZ FERNÁNDEZ ANGHELA MICHEL
 Tesis : "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RÍO HUANCABAMBA A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021"
 Ubicación : DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Abril del 2022

ENSAYO: SUELOS. Método de ensayo para el ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas
 REFERENCIA: N.T.P. 339.171 - 2002 / ASTM D - 3080

Calicata : C - 1
 Muestra : M - 1

Profundidad : 0.80 - 1.50 mts

SUCS: GM
 Estado: Remoldeado

ESPECIMEN N°	DENSIDAD REMOLDEADA g/ cm ³	DENSIDAD SECA g/ cm ³	ESFUERZO NORMAL kg/ cm ²	HUMEDAD NATURAL %	HUMEDAD ENSAYO %	ESFUERZO CORTE MÁX. kg/ cm ²
N° 01	1.929	1.621	0.50	19.00	19.00	0.235
N° 02	1.926	1.623	1.00	18.65	18.65	0.417
N° 03	1.954	1.652	1.50	18.29	18.29	0.627

ESPECIMEN N°01			ESPECIMEN N°02			ESPECIMEN N°03		
DEFORMACION TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)	DEFORMACION TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)	DEFORMACION TANGENCIAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/Cm ²)	ESFUERZO NORMALIZ. (Kg/Cm ²)
0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.10	0.092	0.184	0.10	0.037	0.031	0.10	0.098	0.065
0.20	0.126	0.252	0.20	0.044	0.042	0.20	0.120	0.080
0.35	0.147	0.295	0.35	0.053	0.053	0.35	0.131	0.087
0.50	0.169	0.339	0.50	0.064	0.064	0.50	0.142	0.095
0.75	0.180	0.361	0.75	0.086	0.086	0.75	0.164	0.109
1.00	0.202	0.405	1.00	0.119	0.119	1.00	0.186	0.124
1.25	0.213	0.427	1.25	0.130	0.130	1.25	0.208	0.139
1.50	0.224	0.449	1.50	0.175	0.175	1.50	0.241	0.161
1.75	0.235	0.471	1.75	0.197	0.197	1.75	0.285	0.190
2.00	0.235	0.471	2.00	0.230	0.230	2.00	0.340	0.227
2.50	0.235	0.471	2.50	0.252	0.252	2.50	0.362	0.242
3.00	0.235	0.471	3.00	0.285	0.285	3.00	0.406	0.271
3.50	0.235	0.471	3.50	0.307	0.307	3.50	0.450	0.300
4.00	0.235	0.471	4.00	0.319	0.319	4.00	0.473	0.315
4.50	0.235	0.471	4.50	0.351	0.351	4.50	0.495	0.330
5.00	0.235	0.471	5.00	0.362	0.362	5.00	0.517	0.344
5.50	0.235	0.471	5.50	0.373	0.373	5.50	0.561	0.374
6.00	0.235	0.471	6.00	0.395	0.395	6.00	0.583	0.388
6.50	0.235	0.471	6.50	0.417	0.417	6.50	0.616	0.410
7.00	0.235	0.471	7.00	0.417	0.417	7.00	0.627	0.418
7.50	0.235	0.471	7.50	0.417	0.417	7.50	0.627	0.418
8.00	0.235	0.471	8.00	0.417	0.417	8.00	0.627	0.418
8.50	0.235	0.471	8.50	0.417	0.417	8.50	0.627	0.418
9.00	0.235	0.471	9.00	0.417	0.417	9.00	0.627	0.418
9.50	0.235	0.471	9.50	0.417	0.417	9.50	0.627	0.418
10.00	0.235	0.471	10.00	0.417	0.417	10.00	0.627	0.418
11.00	0.235	0.471	11.00	0.417	0.417	11.00	0.627	0.418
12.00	0.235	0.471	12.00	0.417	0.417	12.00	0.627	0.418


 DESIGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL


 JORGE ARRIAL COMAPASCA SANTA
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N° 787 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Tel.: 074-437218 / Celular: Bitel
 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

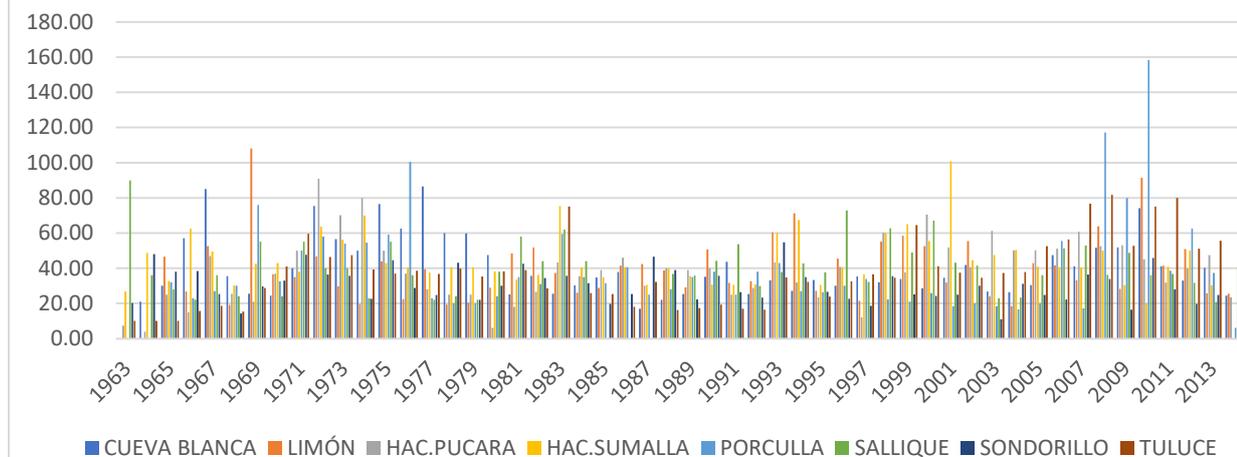
Anexo 04: Análisis de Precipitaciones

N°	AÑO ESTACIÓN	MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA ANUAL POR AÑO DE CADA ESTACIÓN								MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA
		CUEVA BLANCA	LIMÓN	HAC.PUCARA	HAC.SUMALLA	PORCULLA	SALLIQUE	SONDORILLO	TULUCE	PMDA (mm)
		PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	
1	1963	0.00	0.00	7.40	26.80	0.00	90.00	20.30	10.00	90.00
2	1964	21.00	0.00	4.00	48.80	0.00	36.00	48.00	10.00	48.80
3	1965	30.00	46.50	25.00	32.80	32.00	28.00	38.00	10.00	46.50
4	1966	57.00	26.80	15.00	62.50	23.00	22.00	38.40	15.70	62.50
5	1967	85.00	52.50	47.00	49.50	27.00	36.00	25.40	18.60	85.00
6	1968	35.50	19.20	25.50	30.30	30.00	24.00	14.30	15.40	35.50
7	1969	25.50	108.00	21.00	42.50	76.00	55.00	29.60	28.70	108.00
8	1970	24.50	36.50	37.00	43.00	32.50	24.00	32.90	40.90	43.00
9	1971	40.00	35.00	50.00	38.00	50.00	55.00	47.70	59.60	59.60
10	1972	75.50	46.70	90.80	63.70	58.00	40.00	36.40	46.40	90.80
11	1973	56.50	29.60	70.20	56.10	54.00	40.00	35.60	47.40	70.20
12	1974	50.00	19.70	80.00	70.00	54.60	23.00	22.60	39.30	80.00
13	1975	76.50	43.90	50.00	43.00	59.00	55.00	44.50	36.90	76.50
14	1976	62.50	22.40	37.00	40.40	100.50	36.00	28.70	38.60	100.50
15	1977	86.50	39.50	28.00	37.50	23.00	22.00	24.80	36.80	86.50
16	1978	60.00	19.40	25.00	40.60	20.00	24.00	43.20	39.90	60.00
17	1979	59.80	20.50	25.00	40.60	20.00	22.00	22.00	35.30	59.80
18	1980	47.50	28.90	6.00	38.30	24.00	38.00	30.00	38.20	47.50
19	1981	25.10	48.40	18.00	33.50	35.00	58.00	42.60	38.90	58.00
20	1982	35.70	51.80	26.60	36.30	31.00	44.00	34.40	28.60	51.80
21	1983	25.50	37.30	43.30	75.50	59.50	62.00	35.70	75.10	75.50
22	1984	30.30	26.00	35.40	40.30	35.00	44.00	31.50	25.80	44.00
23	1985	34.80	28.70	39.00	35.00	31.50	0.00	19.70	25.30	39.00
24	1986	37.90	41.40	46.00	40.50	40.50	0.00	25.30	18.10	46.00
25	1987	16.90	42.30	30.00	30.50	25.00	0.00	46.60	32.20	46.60
26	1988	22.10	38.80	40.00	40.00	28.00	36.80	38.90	16.30	40.00
27	1989	25.40	29.20	39.00	35.50	35.00	35.90	22.20	17.30	39.00
28	1990	35.10	50.70	40.00	30.50	38.00	44.20	35.60	19.40	50.70
29	1991	43.70	31.70	25.00	30.50	25.00	53.70	26.40	16.90	53.70
30	1992	25.40	32.50	28.80	30.80	38.00	29.80	23.30	16.40	38.00
31	1993	33.10	60.30	43.30	60.20	43.00	37.90	54.70	34.80	60.30
32	1994	27.10	71.20	31.80	67.50	27.00	42.80	34.90	32.30	71.20
33	1995	33.40	27.10	23.60	30.50	26.50	37.60	26.60	23.90	37.60
34	1996	30.00	45.40	40.70	40.50	30.00	72.80	22.60	32.50	72.80
35	1997	35.30	21.60	12.10	36.50	33.80	32.30	18.70	36.60	36.60
36	1998	32.00	55.10	60.10	60.00	22.20	62.70	35.50	34.50	62.70
37	1999	33.90	58.50	37.60	65.00	21.00	48.90	25.20	64.60	65.00
38	2000	28.60	52.60	70.50	55.50	25.80	67.00	24.20	41.10	70.50
39	2001	34.60	31.80	51.80	100.80	18.40	43.10	24.90	37.40	100.80
40	2002	41.80	55.40	40.60	44.50	20.00	41.40	30.00	34.50	55.40
41	2003	26.80	24.10	61.30	47.50	18.50	23.00	11.00	37.30	61.30
42	2004	26.40	18.40	50.10	50.40	16.70	23.30	31.10	37.80	50.40
43	2005	30.40	43.00	50.20	40.80	20.00	36.00	24.70	52.50	52.50
44	2006	47.40	41.70	51.10	40.50	55.40	51.20	22.30	56.30	56.30
45	2007	41.10	33.20	60.70	40.30	17.20	53.00	36.40	76.70	76.70
46	2008	51.70	63.80	52.50	50.00	117.10	36.20	33.80	81.80	117.10
47	2009	51.80	28.20	53.10	30.40	79.90	48.70	16.50	52.80	79.90
48	2010	74.10	91.30	45.10	20.10	158.40	36.00	45.90	75.00	158.40
49	2011	41.10	41.50	31.80	40.80	38.50	36.80	28.00	79.90	79.90
50	2012	32.90	51.00	39.80	50.00	62.50	31.60	19.70	51.10	62.50
51	2013	40.20	25.60	47.50	30.20	37.30	20.80	24.80	55.60	55.60
52	2014	24.40	25.50	23.50	0.00	6.10	41.00	46.80	0.00	46.80
	Máxima Precipitación Diaria Anual	86.50	108.00	90.80	75.50	100.50	90.00	54.70	75.10	mm

Tabla 88: Máxima precipitación diaria anual por año de cada estación (SENAMHI).

Fuente: Elaboración propia.

PRECIPITACIONES POR SENAHMI



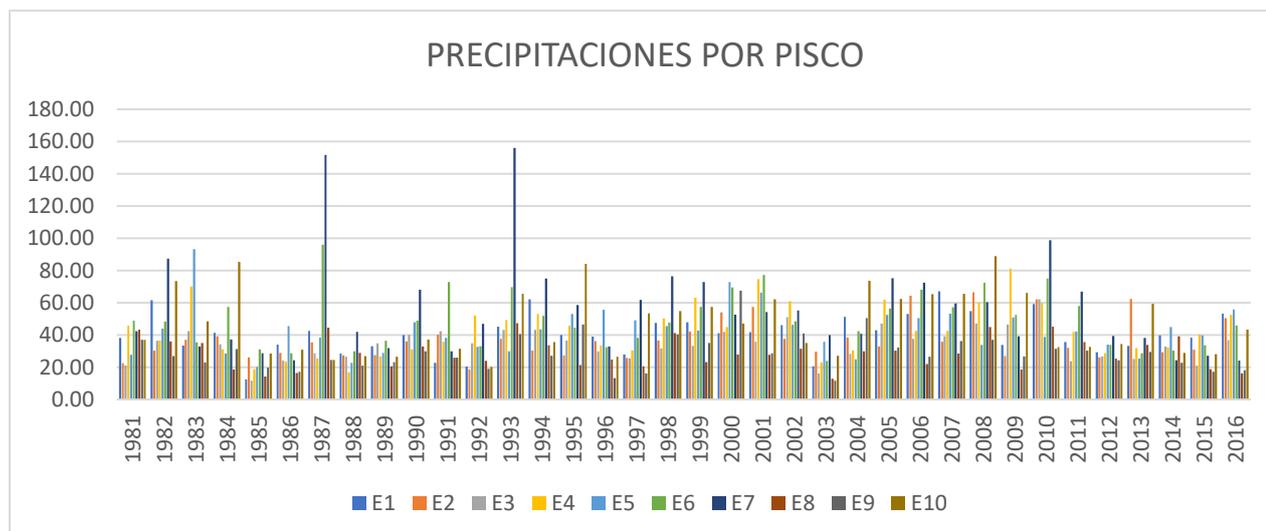
Gráfica N° 20: Representación de las máximas precipitaciones de cada estación por año.

Fuente: Elaboración propia.

N°	AÑO ESTACIÓN	MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA ANUAL POR AÑO DE CADA ESTACIÓN										MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	PMDA (mm)
		PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	PMDA (mm)	
1	1981	38.21	22.52	21.19	45.67	27.77	48.81	42.26	43.25	37.09	37.09	48.81
2	1982	61.53	30.20	36.47	36.62	43.91	48.27	87.24	35.98	26.88	73.53	87.24
3	1983	33.52	37.08	42.30	70.16	93.15	35.49	32.78	35.06	22.95	48.40	93.15
4	1984	41.44	39.22	34.23	31.13	28.53	38.34	37.20	18.60	31.27	85.30	85.30
5	1985	12.46	26.07	11.68	18.70	20.23	31.12	28.75	14.31	19.74	28.53	31.12
6	1986	33.94	28.96	24.21	23.59	45.55	28.69	24.42	16.37	17.29	30.89	45.55
7	1987	42.46	35.51	28.62	25.53	38.34	96.09	151.65	44.55	24.52	24.43	151.65
8	1988	28.58	27.20	26.43	16.77	22.81	29.88	41.99	28.85	20.98	26.82	41.99
9	1989	32.95	27.54	34.76	26.75	28.93	36.44	31.78	20.53	23.04	26.42	36.44
10	1990	39.99	35.96	40.25	31.07	47.86	48.95	68.17	32.75	29.79	37.14	68.17
11	1991	22.82	40.17	42.35	35.86	38.18	72.85	29.91	25.95	25.84	31.39	72.85
12	1992	20.30	18.59	34.75	51.99	32.69	32.99	46.95	23.99	18.99	20.07	51.99
13	1993	45.20	37.60	43.09	49.22	29.93	69.63	155.94	47.30	40.47	65.49	155.94
14	1994	62.14	30.22	43.15	53.02	43.48	51.95	75.03	33.59	27.12	35.60	75.03
15	1995	40.00	27.27	36.54	45.65	53.09	44.59	58.57	21.34	46.57	84.19	84.19
16	1996	39.00	36.21	29.88	33.52	55.53	32.54	32.81	24.63	13.33	26.59	55.53
17	1997	27.88	25.64	25.49	30.37	49.04	38.20	61.79	20.57	16.17	53.53	61.79
18	1998	47.41	36.65	31.71	50.18	45.56	47.79	76.42	41.09	40.43	54.89	76.42
19	1999	47.98	42.08	33.19	63.12	42.75	57.37	72.79	23.12	35.04	57.48	72.79
20	2000	41.06	54.12	42.01	44.89	72.77	69.47	52.65	27.95	67.45	47.18	72.77
21	2001	41.78	57.47	35.89	74.69	66.27	77.10	54.22	27.72	28.63	62.07	77.10
22	2002	46.12	37.56	50.99	60.92	46.37	48.53	55.20	31.40	40.87	35.08	60.92
23	2003	20.49	29.77	16.25	22.96	35.86	23.91	39.93	12.84	11.72	27.09	39.93
24	2004	51.28	38.34	28.27	30.39	24.87	42.28	40.70	29.90	50.53	73.62	73.62
25	2005	42.96	32.91	47.07	61.99	52.43	56.37	75.15	30.36	32.30	62.38	75.15
26	2006	53.05	64.38	37.50	42.56	50.41	68.02	72.38	22.04	26.51	65.38	72.38
27	2007	67.09	35.76	39.27	42.59	53.18	57.26	59.51	28.51	36.29	65.49	67.09
28	2008	54.83	66.47	47.12	60.11	33.87	72.47	60.42	44.97	36.91	88.94	88.94
29	2009	33.85	26.86	46.47	81.16	50.95	52.51	39.10	18.54	26.65	66.11	81.16
30	2010	59.14	62.07	62.23	59.69	38.83	74.95	98.72	45.15	31.54	32.39	98.72
31	2011	35.67	31.98	23.65	41.99	42.23	58.02	66.94	35.63	30.18	32.70	66.94
32	2012	29.22	26.09	26.74	28.68	34.00	33.74	39.36	25.38	24.29	34.43	39.36
33	2013	33.30	62.28	25.10	31.79	25.25	28.66	38.10	33.87	29.49	59.42	62.28
34	2014	39.77	29.25	32.89	32.24	44.93	30.35	24.40	39.09	22.78	28.87	44.93
35	2015	38.33	30.83	20.90	40.39	39.70	33.62	27.09	18.80	17.28	28.04	40.39
36	2016	53.32	50.38	36.85	52.35	55.84	45.83	24.11	16.18	18.15	43.42	55.84
Máxima Precipitación Diaria Anual		67.09	66.47	62.23	81.16	93.15	96.09	155.94	47.30	67.45	88.94	mm

Tabla 89: Máxima precipitación diaria anual por año de cada estación (SENAMHI-PISCO).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 21: Representación de las máximas precipitaciones de cada estación por año (PISCO).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05: Análisis de frecuencia

ESTACIÓN E1

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	38.21	3.6431
2	1982	61.53	4.1196
3	1983	33.52	3.5120
4	1984	41.44	3.7243
5	1985	12.46	2.5223
6	1986	33.94	3.5246
7	1987	42.46	3.7485
8	1988	28.58	3.3526
9	1989	32.95	3.4949
10	1990	39.99	3.6887
11	1991	22.82	3.1277
12	1992	20.30	3.0106
13	1993	45.20	3.8110
14	1994	62.14	4.1294
15	1995	40.00	3.6889
16	1996	39.00	3.6635
17	1997	27.88	3.3279
18	1998	47.41	3.8588
19	1999	47.98	3.8708
20	2000	41.06	3.7152
21	2001	41.78	3.7323
22	2002	46.12	3.8312
23	2003	20.49	3.0199
24	2004	51.28	3.9374
25	2005	42.96	3.7602
26	2006	53.05	3.9713
27	2007	67.09	4.2060
28	2008	54.83	4.0042
29	2009	33.85	3.5220
30	2010	59.14	4.0799
31	2011	35.67	3.5743
32	2012	29.22	3.3747
33	2013	33.30	3.5056
34	2014	39.77	3.6830
35	2015	38.33	3.6463
36	2016	53.32	3.9762

Ordenar de Mayor a Menor

67.09

62.14

61.53

59.14

54.83

53.32

53.05

51.28

47.98

47.41

46.12

45.20

42.96

42.46

41.78

41.44

41.06

40.00

39.99

39.77

39.00

38.33

38.21

35.67

33.94

33.85

33.52

33.30

32.95

29.22

28.58

27.88

22.82

20.49

20.30

12.46

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	67.09	4.21
Mínimo	12.46	2.52
Promedio \bar{x}	40.53	3.65
Desviación Estandar S	12.42	0.35
Coficiente de Asimetría Cs	0.0433	-1.0861

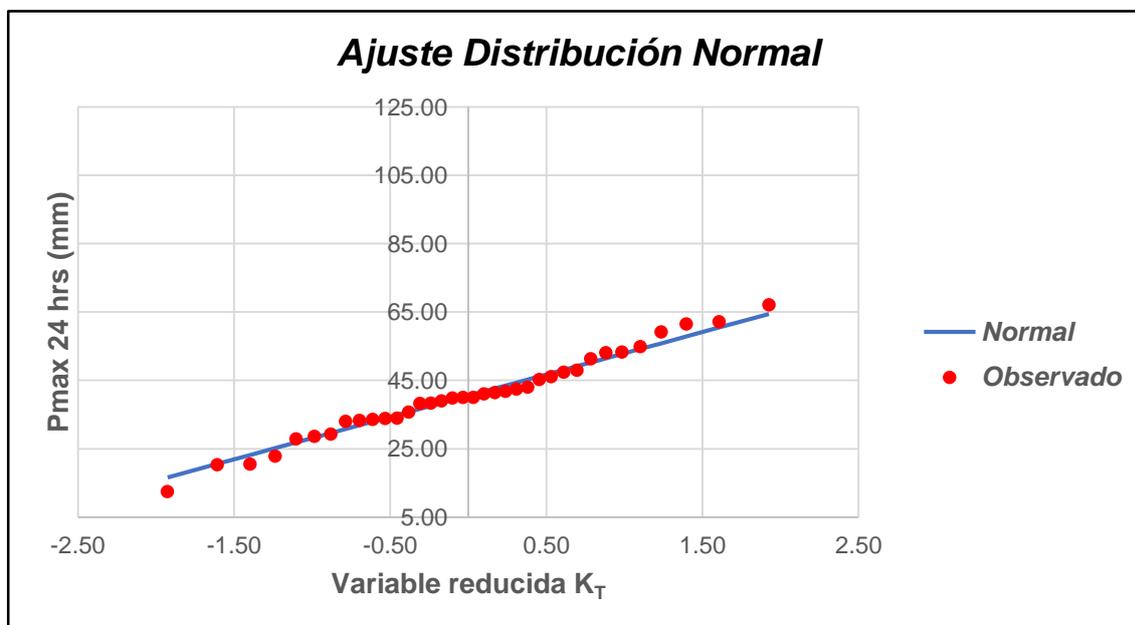
Tabla 90: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 1 (E1).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E1														
N°	T	P(X≥X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO						
1	37.00	2.70%	67.09	4.21	1.93	64.45	1.93	75.35	2.35	69.77	1.95	64.69	1.41	62.81
2	18.50	5.41%	62.14	4.13	1.61	60.48	1.61	67.39	1.80	62.92	1.62	60.62	1.27	59.94
3	12.33	8.11%	61.53	4.12	1.40	57.89	1.40	62.64	1.48	58.86	1.40	57.97	1.17	57.86
4	9.25	10.81%	59.14	4.08	1.24	55.88	1.24	59.21	1.24	55.93	1.24	55.93	1.08	56.15
5	7.40	13.51%	54.83	4.00	1.10	54.22	1.10	56.50	1.05	53.62	1.10	54.24	1.01	54.67
6	6.17	16.22%	53.32	3.98	0.99	52.77	0.99	54.24	0.90	51.71	0.99	52.76	0.94	53.33
7	5.29	18.92%	53.05	3.97	0.88	51.47	0.88	52.29	0.77	50.06	0.88	51.45	0.87	52.10
8	4.63	21.62%	51.28	3.94	0.79	50.28	0.79	50.56	0.65	48.61	0.78	50.24	0.81	50.95
9	4.11	24.32%	47.98	3.87	0.70	49.17	0.70	49.01	0.55	47.31	0.69	49.12	0.74	49.86
10	3.70	27.03%	47.41	3.86	0.61	48.13	0.61	47.60	0.45	46.12	0.61	48.07	0.68	48.82
11	3.36	29.73%	46.12	3.83	0.53	47.14	0.53	46.29	0.36	45.03	0.53	47.07	0.62	47.81
12	3.08	32.43%	45.20	3.81	0.46	46.19	0.46	45.07	0.28	44.01	0.45	46.11	0.57	46.84
13	2.85	35.14%	42.96	3.76	0.38	45.27	0.38	43.91	0.20	43.05	0.38	45.19	0.51	45.88
14	2.64	37.84%	42.46	3.75	0.31	44.37	0.31	42.82	0.13	42.14	0.30	44.29	0.45	44.95
15	2.47	40.54%	41.78	3.73	0.24	43.50	0.24	41.78	0.06	41.27	0.23	43.42	0.39	44.03
16	2.31	43.24%	41.44	3.72	0.17	42.64	0.17	40.79	-0.01	40.44	0.16	42.55	0.33	43.12
17	2.18	45.95%	41.06	3.72	0.10	41.79	0.10	39.82	-0.07	39.64	0.09	41.70	0.27	42.21
18	2.06	48.65%	40.00	3.69	0.03	40.95	0.03	38.89	-0.13	38.87	0.03	40.86	0.21	41.31
19	1.95	51.35%	39.99	3.69	-0.03	40.11	-0.03	37.98	-0.19	38.11	-0.04	40.02	0.14	40.40
20	1.85	54.05%	39.77	3.68	-0.10	39.26	-0.10	37.09	-0.25	37.37	-0.11	39.18	0.08	39.49
21	1.76	56.76%	39.00	3.66	-0.17	38.42	-0.17	36.21	-0.31	36.65	-0.18	38.33	0.01	38.57
22	1.68	59.46%	38.33	3.65	-0.24	37.56	-0.24	35.35	-0.37	35.93	-0.25	37.47	-0.06	37.64
23	1.61	62.16%	38.21	3.64	-0.31	36.68	-0.31	34.49	-0.43	35.22	-0.32	36.60	-0.13	36.70
24	1.54	64.86%	35.67	3.57	-0.38	35.79	-0.38	33.63	-0.49	34.51	-0.39	35.71	-0.21	35.73
25	1.48	67.57%	33.94	3.52	-0.46	34.87	-0.46	32.77	-0.54	33.79	-0.46	34.80	-0.29	34.74
26	1.42	70.27%	33.85	3.52	-0.53	33.92	-0.53	31.91	-0.60	33.07	-0.54	33.86	-0.37	33.72
27	1.37	72.97%	33.52	3.51	-0.61	32.93	-0.61	31.03	-0.66	32.34	-0.62	32.87	-0.47	32.66
28	1.32	75.68%	33.30	3.51	-0.70	31.89	-0.70	30.13	-0.72	31.59	-0.70	31.84	-0.56	31.55
29	1.28	78.38%	32.95	3.49	-0.79	30.78	-0.79	29.21	-0.78	30.81	-0.79	30.75	-0.67	30.38
30	1.23	81.08%	29.22	3.37	-0.88	29.59	-0.88	28.25	-0.85	30.01	-0.88	29.57	-0.79	29.13
31	1.19	83.78%	28.58	3.35	-0.99	28.29	-0.99	27.23	-0.92	29.15	-0.99	28.29	-0.93	27.79
32	1.16	86.49%	27.88	3.33	-1.10	26.84	-1.10	26.14	-0.99	28.22	-1.10	26.86	-1.08	26.31
33	1.12	89.19%	22.82	3.13	-1.24	25.17	-1.24	24.94	-1.07	27.20	-1.23	25.22	-1.27	24.65
34	1.09	91.89%	20.49	3.02	-1.40	23.17	-1.40	23.58	-1.17	26.02	-1.39	23.26	-1.50	22.71
35	1.06	94.59%	20.30	3.01	-1.61	20.58	-1.61	21.92	-1.28	24.57	-1.60	20.72	-1.83	20.30
36	1.03	97.30%	12.46	2.52	-1.93	16.61	-1.93	19.60	-1.45	22.51	-1.91	16.85	-2.36	16.87

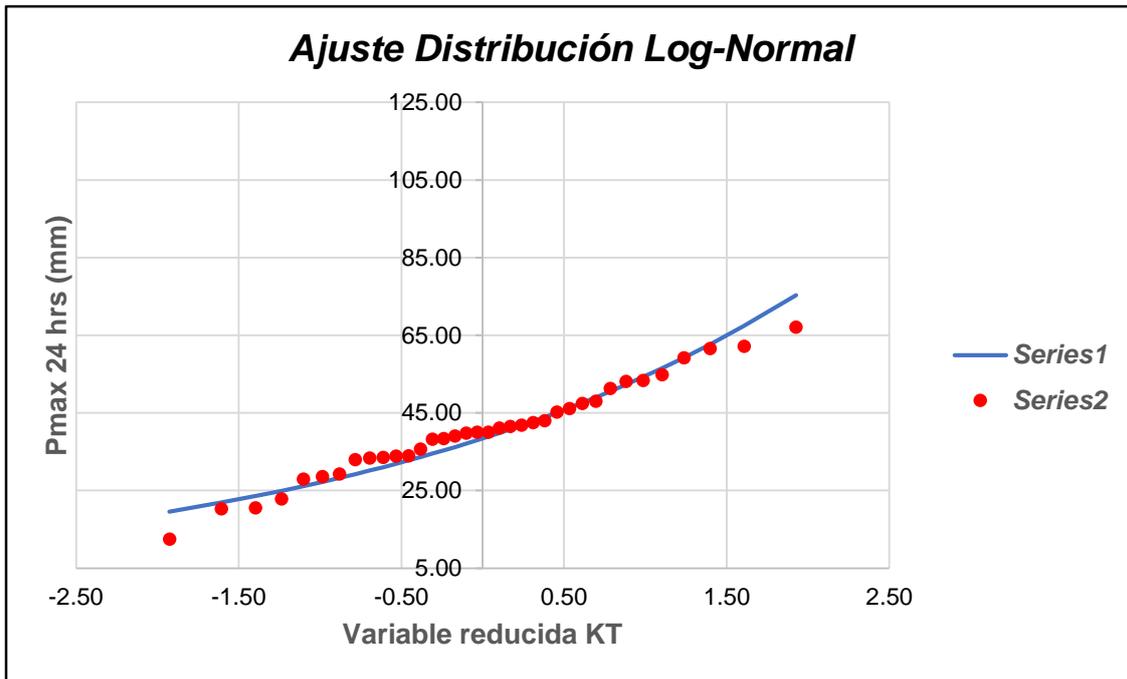
Tabla 91: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 1 (E1).

Fuente: Elaboración propia.

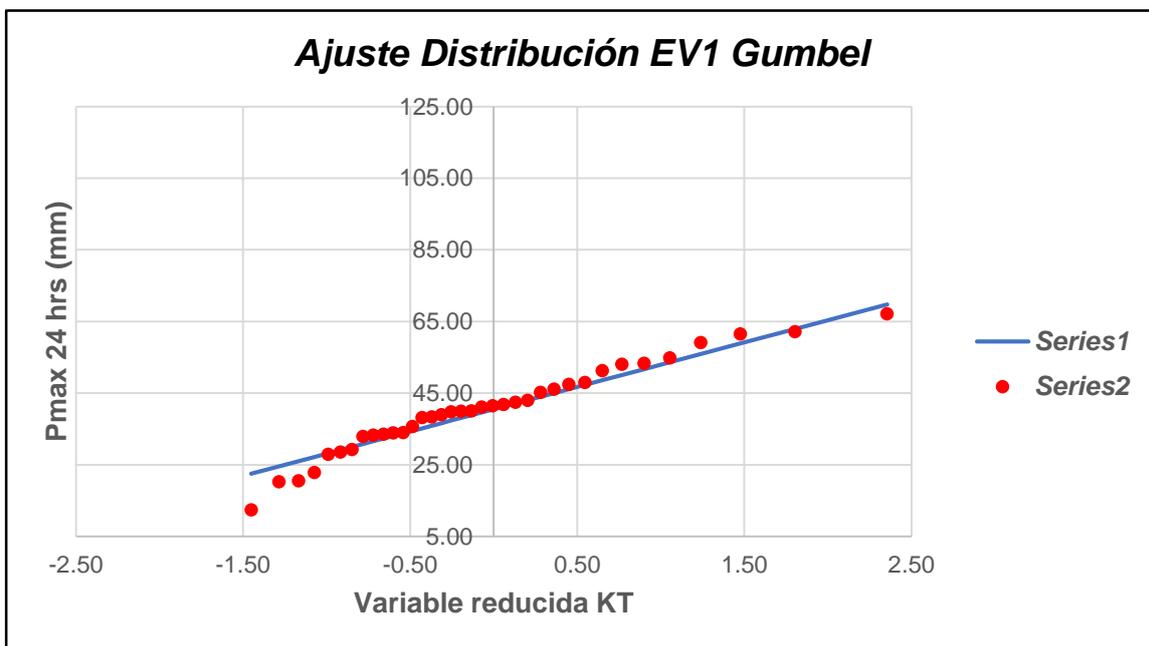


Gráfica N° 22: Ajuste de Distribución Normal de la estación 1 (E1).

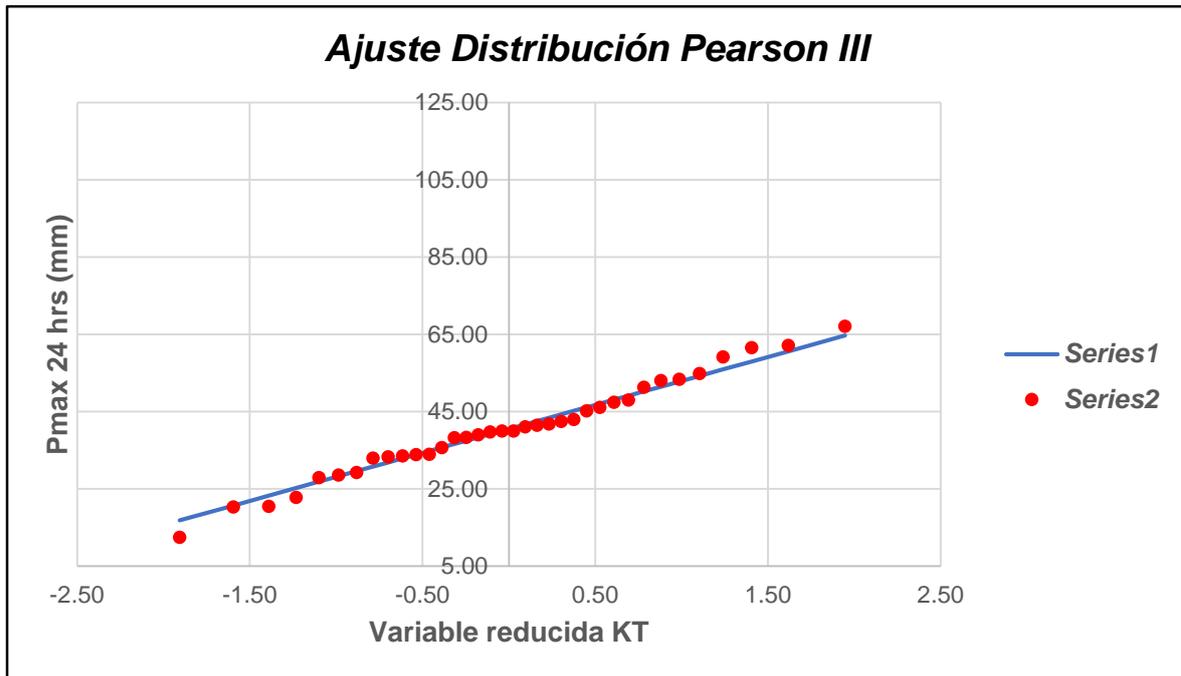
Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

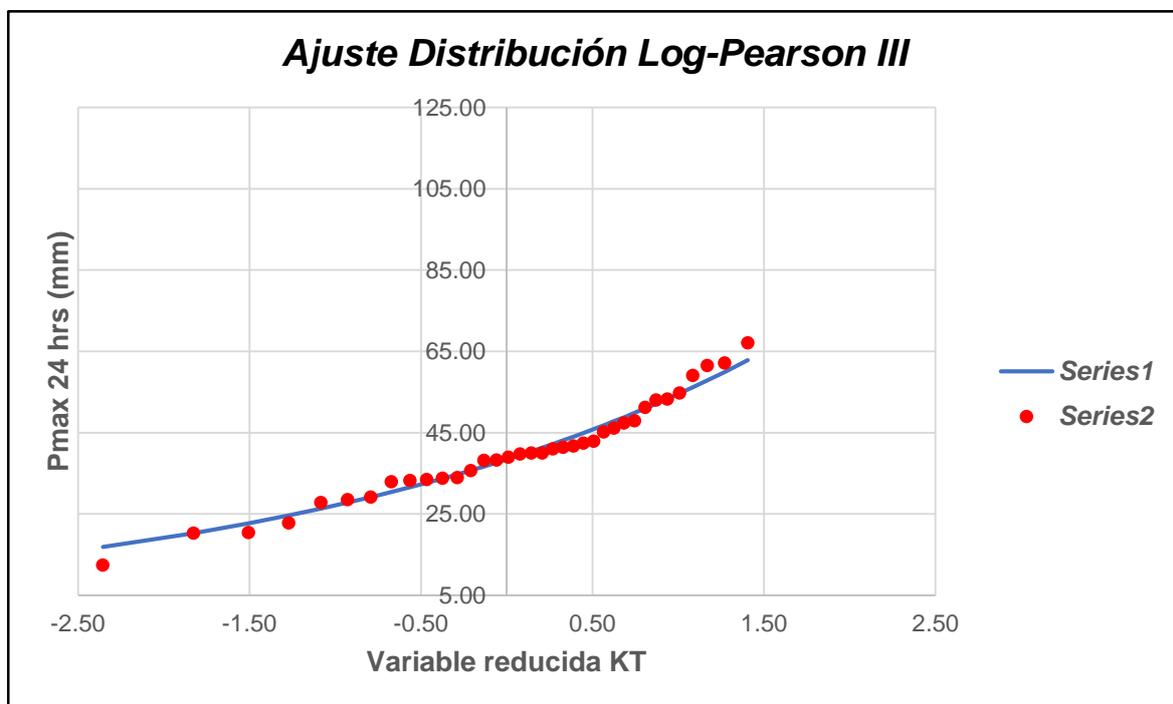


Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 25: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 1 (E1).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 26: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 1 (E1).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _m)	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearson n III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	67.09	0.9730	0.9838	0.0108	4.2060	0.9445	0.0284	0.9645	0.0085	0.9827	0.0098	0.9269	0.0461
2	62.14	0.9459	0.9591	0.0132	4.1294	0.9154	0.0305	0.9416	0.0044	0.9579	0.0119	0.9041	0.0419
3	61.53	0.9189	0.9546	0.0357	4.1196	0.9110	0.0079	0.9379	0.0190	0.9534	0.0345	0.9007	0.0182
4	59.14	0.8919	0.9330	0.0412	4.0799	0.8913	0.0006	0.9212	0.0293	0.9319	0.0400	0.8861	0.0058
5	54.83	0.8649	0.8752	0.0104	4.0042	0.8453	0.0195	0.8797	0.0148	0.8748	0.0099	0.8528	0.0121
6	53.32	0.8378	0.8484	0.0106	3.9762	0.8255	0.0123	0.8608	0.0230	0.8484	0.0105	0.8385	0.0007
7	53.05	0.8108	0.8434	0.0326	3.9713	0.8219	0.0111	0.8573	0.0465	0.8434	0.0326	0.8359	0.0251
8	51.28	0.7838	0.8068	0.0230	3.9374	0.7954	0.0117	0.8312	0.0474	0.8073	0.0235	0.8168	0.0330
9	47.98	0.7568	0.7258	0.0309	3.8708	0.7373	0.0195	0.7710	0.0143	0.7274	0.0294	0.7738	0.0171
10	47.41	0.7297	0.7102	0.0195	3.8588	0.7259	0.0038	0.7589	0.0291	0.7119	0.0178	0.7652	0.0355
11	46.12	0.7027	0.6736	0.0291	3.8312	0.6990	0.0037	0.7296	0.0269	0.6757	0.0270	0.7446	0.0419
12	45.20	0.6757	0.6465	0.0291	3.8110	0.6787	0.0030	0.7071	0.0314	0.6488	0.0268	0.7286	0.0529
13	42.96	0.6486	0.5776	0.0711	3.7602	0.6250	0.0236	0.6461	0.0026	0.5803	0.0684	0.6850	0.0363
14	42.46	0.6216	0.5617	0.0599	3.7485	0.6122	0.0094	0.6312	0.0096	0.5645	0.0571	0.6742	0.0526
15	41.78	0.5946	0.5400	0.0546	3.7323	0.5944	0.0002	0.6104	0.0158	0.5428	0.0517	0.6589	0.0643
16	41.44	0.5676	0.5293	0.0383	3.7243	0.5854	0.0178	0.5999	0.0323	0.5321	0.0354	0.6511	0.0836
17	41.06	0.5405	0.5172	0.0233	3.7152	0.5752	0.0347	0.5879	0.0473	0.5201	0.0204	0.6421	0.1016
18	40.00	0.5135	0.4831	0.0305	3.6889	0.5456	0.0321	0.5527	0.0392	0.4859	0.0276	0.6154	0.1019
19	39.99	0.4865	0.4827	0.0037	3.6887	0.5453	0.0589	0.5524	0.0659	0.4856	0.0009	0.6152	0.1287
20	39.77	0.4595	0.4755	0.0160	3.6830	0.5389	0.0795	0.5447	0.0852	0.4784	0.0189	0.6093	0.1498
21	39.00	0.4324	0.4509	0.0185	3.6635	0.5167	0.0842	0.5180	0.0856	0.4537	0.0213	0.5884	0.1559
22	38.33	0.4054	0.4298	0.0243	3.6463	0.4970	0.0916	0.4943	0.0889	0.4325	0.0271	0.5694	0.1640
23	38.21	0.3784	0.4259	0.0475	3.6431	0.4934	0.1150	0.4899	0.1115	0.4286	0.0502	0.5658	0.1874
24	35.67	0.3514	0.3477	0.0036	3.5743	0.4155	0.0642	0.3955	0.0442	0.3500	0.0014	0.4847	0.1333
25	33.94	0.3243	0.2978	0.0265	3.5246	0.3611	0.0368	0.3299	0.0056	0.2996	0.0247	0.4222	0.0978
26	33.85	0.2973	0.2954	0.0019	3.5220	0.3584	0.0611	0.3267	0.0294	0.2972	0.0001	0.4189	0.1216
27	33.52	0.2703	0.2861	0.0158	3.5120	0.3477	0.0775	0.3140	0.0437	0.2878	0.0175	0.4060	0.1357
28	33.30	0.2432	0.2803	0.0370	3.5056	0.3410	0.0977	0.3059	0.0627	0.2819	0.0386	0.3977	0.1545
29	32.95	0.2162	0.2707	0.0545	3.4949	0.3298	0.1135	0.2926	0.0764	0.2722	0.0560	0.3837	0.1675
30	29.22	0.1892	0.1811	0.0081	3.3747	0.2164	0.0272	0.1643	0.0249	0.1814	0.0078	0.2277	0.0386
31	28.58	0.1622	0.1679	0.0057	3.3526	0.1983	0.0361	0.1452	0.0170	0.1680	0.0058	0.2004	0.0382
32	27.88	0.1351	0.1542	0.0190	3.3279	0.1793	0.0441	0.1257	0.0094	0.1541	0.0190	0.1711	0.0360
33	22.82	0.1081	0.0769	0.0312	3.1277	0.0680	0.0401	0.0303	0.0778	0.0758	0.0323	0.0138	0.0943
34	20.49	0.0811	0.0533	0.0278	3.0199	0.0360	0.0451	0.0117	0.0694	0.0520	0.0291	0.0000	0.0811
35	20.30	0.0541	0.0516	0.0024	3.0106	0.0339	0.0201	0.0107	0.0434	0.0503	0.0037	0.0000	0.0541
36	12.46	0.0270	0.0119	0.0151	2.5223	0.0006	0.0264	0.0000	0.0270	0.0110	0.0161	0.0000	0.0270

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III
Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.0711	0.1150	0.1115	0.0684	0.1874
Δ _{crítico}	0.2040		Si se ajusta				
		Mejor Ajuste	2	4	3	1	5

Tabla 92: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 1 (E1).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	
10	0.9000	1.2816	56.44	1.2816	4.0968	60.15	1.3046	56.73	1.2861	56.50	1.1094	4.04	56.63	56.50
20	0.9500	1.6449	60.95	1.6449	4.2238	68.29	1.8658	63.70	1.6571	61.10	1.2887	4.10	60.30	61.10
30	0.9667	1.8339	63.30	1.8339	4.2898	72.96	2.1887	67.70	1.8509	63.51	1.3692	4.13	62.02	63.51
50	0.9800	2.0537	66.03	2.0537	4.3667	78.78	2.5923	72.72	2.0769	66.32	1.4525	4.16	63.85	66.32
100	0.9900	2.3263	69.41	2.3263	4.4620	86.66	3.1367	79.48	2.3582	69.81	1.5414	4.19	65.86	69.81

Tabla 93: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 1 (E1).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E2

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	22.52	3.1145
2	1982	30.20	3.4080
3	1983	37.08	3.6130
4	1984	39.22	3.6691
5	1985	26.07	3.2608
6	1986	28.96	3.3659
7	1987	35.51	3.5699
8	1988	27.20	3.3034
9	1989	27.54	3.3157
10	1990	35.96	3.5823
11	1991	40.17	3.6931
12	1992	18.59	2.9227
13	1993	37.60	3.6270
14	1994	30.22	3.4085
15	1995	27.27	3.3059
16	1996	36.21	3.5894
17	1997	25.64	3.2440
18	1998	36.65	3.6013
19	1999	42.08	3.7396
20	2000	54.12	3.9912
21	2001	57.47	4.0513
22	2002	37.56	3.6260
23	2003	29.77	3.3934
24	2004	38.34	3.6466
25	2005	32.91	3.4938
26	2006	64.38	4.1649
27	2007	35.76	3.5769
28	2008	66.47	4.1968
29	2009	26.86	3.2905
30	2010	62.07	4.1282
31	2011	31.98	3.4652
32	2012	26.09	3.2616
33	2013	62.28	4.1317
34	2014	29.25	3.3759
35	2015	30.83	3.4285
36	2016	50.38	3.9196

Ordenar de Mayor a Menor

66.47
64.38
62.28
62.07
57.47
54.12
50.38
42.08
40.17
39.22
38.34
37.60
37.56
37.08
36.65
36.21
35.96
35.76
35.51
32.91
31.98
30.83
30.22
30.20
29.77
29.25
28.96
27.54
27.27
27.20
26.86
26.09
26.07
25.64
22.52
18.59

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	66.47	4.20
Mínimo	18.59	2.92
Promedio \bar{x}	37.26	3.57
Desviación Estandar S	12.50	0.31
Coficiente de Asimetría Cs	1.0909	0.4924

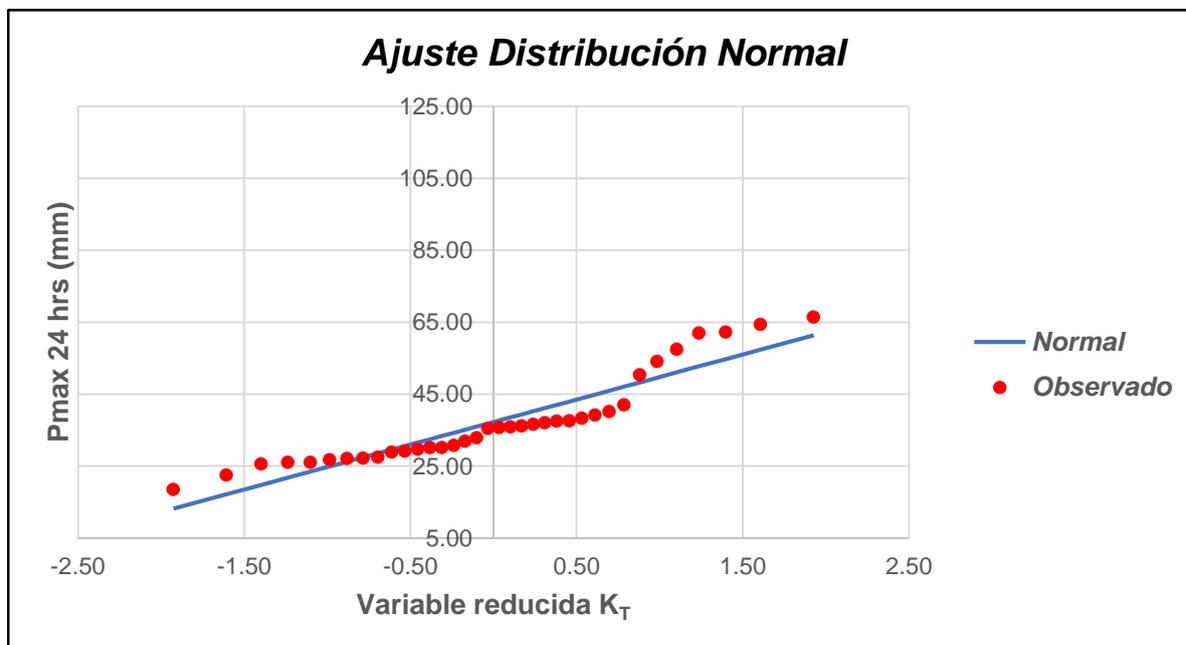
Tabla 94: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E2														
N	T	P(X≥X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO						
1	37.00	2.70%	66.47	4.20	1.93	61.34	1.93	64.56	2.35	66.70	2.36	66.72	2.14	68.94
2	18.50	5.41%	64.38	4.16	1.61	57.35	1.61	58.45	1.80	59.80	1.83	60.09	1.72	60.61
3	12.33	8.11%	62.28	4.13	1.40	54.73	1.40	54.78	1.48	55.71	1.50	56.07	1.46	55.90
4	9.25	10.81%	62.07	4.13	1.24	52.72	1.24	52.10	1.24	52.76	1.27	53.14	1.27	52.60
5	7.40	13.51%	57.47	4.05	1.10	51.04	1.10	49.97	1.05	50.44	1.08	50.80	1.11	50.06
6	6.17	16.22%	54.12	3.99	0.99	49.58	0.99	48.19	0.90	48.51	0.93	48.85	0.97	47.99
7	5.29	18.92%	50.38	3.92	0.88	48.27	0.88	46.65	0.77	46.86	0.79	47.16	0.85	46.23
8	4.63	21.62%	42.08	3.74	0.79	47.07	0.79	45.28	0.65	45.40	0.67	45.66	0.74	44.71
9	4.11	24.32%	40.17	3.69	0.70	45.96	0.70	44.04	0.55	44.08	0.56	44.31	0.65	43.35
10	3.70	27.03%	39.22	3.67	0.61	44.91	0.61	42.91	0.45	42.89	0.46	43.07	0.55	42.13
11	3.36	29.73%	38.34	3.65	0.53	43.91	0.53	41.85	0.36	41.79	0.37	41.92	0.47	41.01
12	3.08	32.43%	37.60	3.63	0.46	42.95	0.46	40.87	0.28	40.76	0.29	40.86	0.39	39.98
13	2.85	35.14%	37.56	3.63	0.38	42.03	0.38	39.94	0.20	39.79	0.21	39.85	0.31	39.03
14	2.64	37.84%	37.08	3.61	0.31	41.13	0.31	39.06	0.13	38.88	0.13	38.90	0.23	38.13
15	2.47	40.54%	36.65	3.60	0.24	40.25	0.24	38.21	0.06	38.01	0.06	37.99	0.16	37.27
16	2.31	43.24%	36.21	3.59	0.17	39.38	0.17	37.40	-0.01	37.17	-0.01	37.11	0.09	36.47
17	2.18	45.95%	35.96	3.58	0.10	38.53	0.10	36.61	-0.07	36.37	-0.08	36.27	0.02	35.69
18	2.06	48.65%	35.76	3.58	0.03	37.68	0.03	35.85	-0.13	35.58	-0.14	35.46	-0.05	34.95
19	1.95	51.35%	35.51	3.57	-0.03	36.83	-0.03	35.10	-0.19	34.82	-0.21	34.67	-0.11	34.23
20	1.85	54.05%	32.91	3.49	-0.10	35.98	-0.10	34.37	-0.25	34.08	-0.27	33.89	-0.18	33.53
21	1.76	56.76%	31.98	3.47	-0.17	35.13	-0.17	33.65	-0.31	33.35	-0.33	33.13	-0.25	32.85
22	1.68	59.46%	30.83	3.43	-0.24	34.26	-0.24	32.93	-0.37	32.63	-0.39	32.38	-0.31	32.18
23	1.61	62.16%	30.22	3.41	-0.31	33.38	-0.31	32.22	-0.43	31.91	-0.45	31.64	-0.38	31.53
24	1.54	64.86%	30.20	3.41	-0.38	32.48	-0.38	31.51	-0.49	31.19	-0.51	30.91	-0.45	30.88
25	1.48	67.57%	29.77	3.39	-0.46	31.56	-0.46	30.79	-0.54	30.47	-0.57	30.18	-0.51	30.23
26	1.42	70.27%	29.25	3.38	-0.53	30.60	-0.53	30.07	-0.60	29.75	-0.63	29.44	-0.58	29.59
27	1.37	72.97%	28.96	3.37	-0.61	29.60	-0.61	29.33	-0.66	29.01	-0.68	28.70	-0.66	28.94
28	1.32	75.68%	27.54	3.32	-0.70	28.56	-0.70	28.57	-0.72	28.25	-0.74	27.94	-0.73	28.28
29	1.28	78.38%	27.27	3.31	-0.79	27.44	-0.79	27.79	-0.78	27.47	-0.81	27.17	-0.81	27.61
30	1.23	81.08%	27.20	3.30	-0.88	26.24	-0.88	26.98	-0.85	26.66	-0.87	26.37	-0.89	26.91
31	1.19	83.78%	26.86	3.29	-0.99	24.93	-0.99	26.11	-0.92	25.80	-0.94	25.54	-0.98	26.18
32	1.16	86.49%	26.09	3.26	-1.10	23.47	-1.10	25.18	-0.99	24.86	-1.01	24.66	-1.07	25.41
33	1.12	89.19%	26.07	3.26	-1.24	21.79	-1.24	24.15	-1.07	23.83	-1.08	23.70	-1.18	24.57
34	1.09	91.89%	25.64	3.24	-1.40	19.78	-1.40	22.97	-1.17	22.65	-1.17	22.64	-1.31	23.63
35	1.06	94.59%	22.52	3.11	-1.61	17.17	-1.61	21.53	-1.28	21.19	-1.27	21.38	-1.47	22.49
36	1.03	97.30%	18.59	2.92	-1.93	13.17	-1.93	19.49	-1.45	19.11	-1.40	19.71	-1.70	20.94

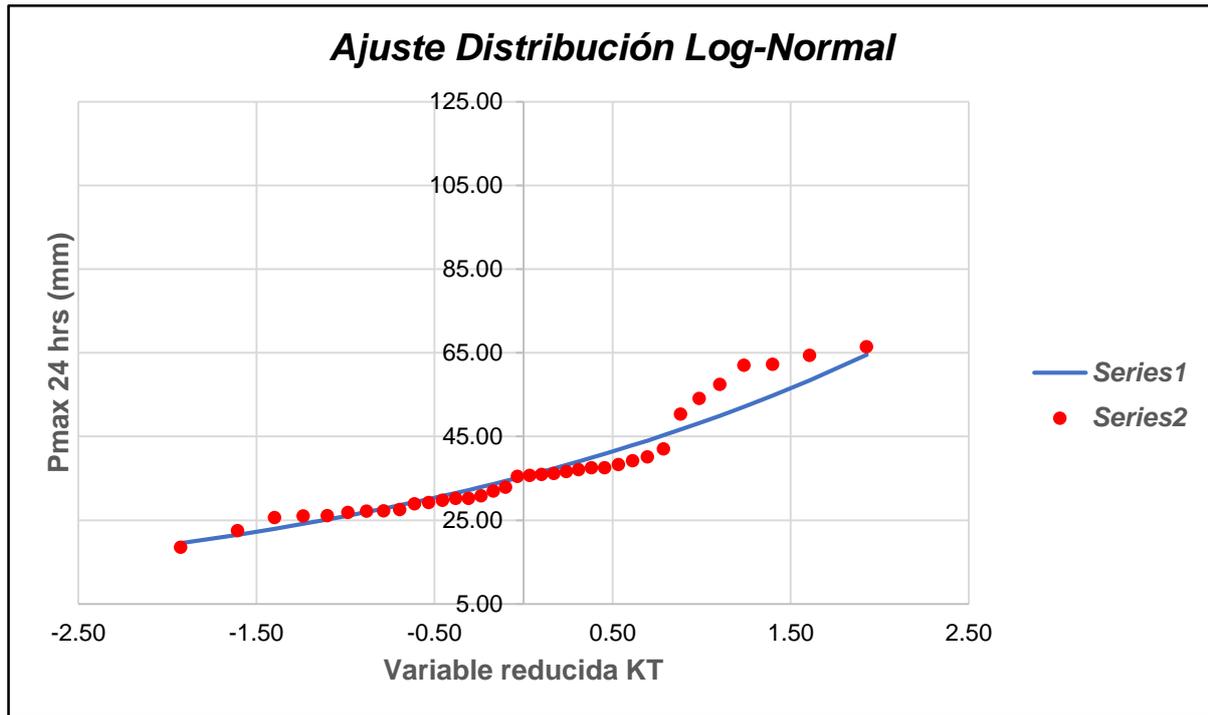
Tabla 95: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.



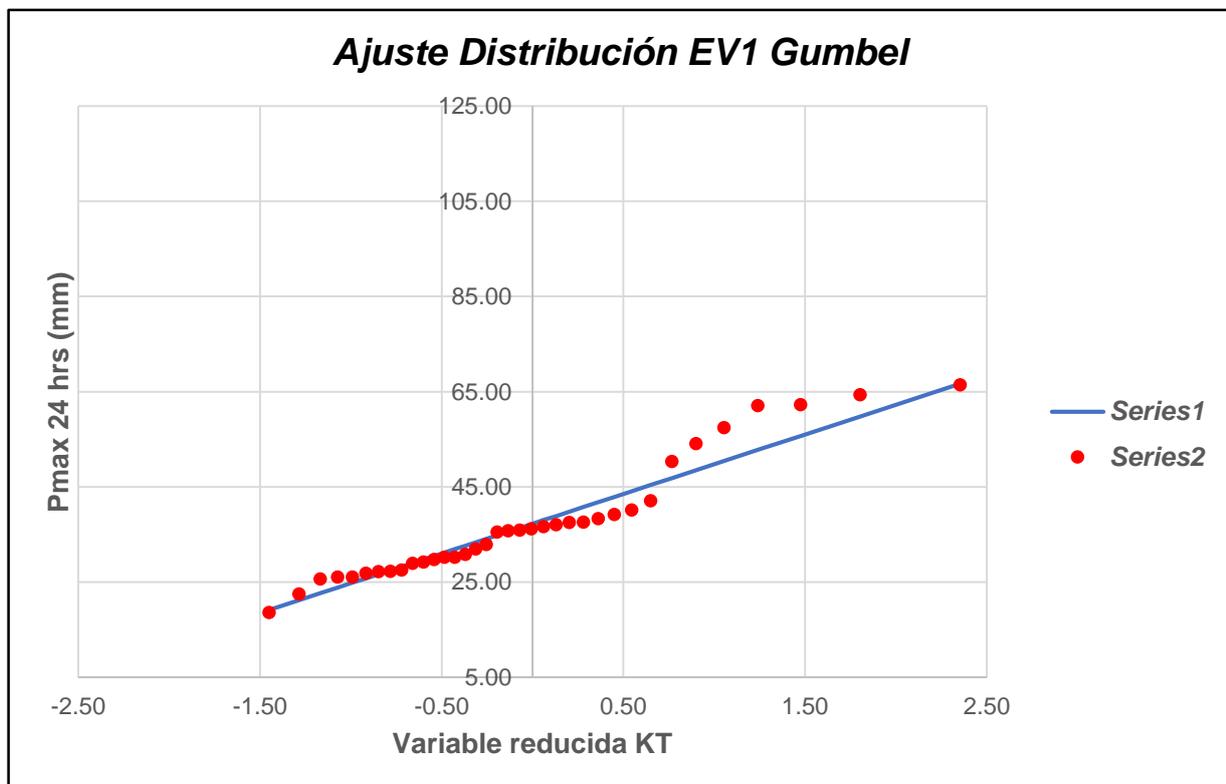
Gráfica N° 27: Ajuste de Distribución Normal de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.



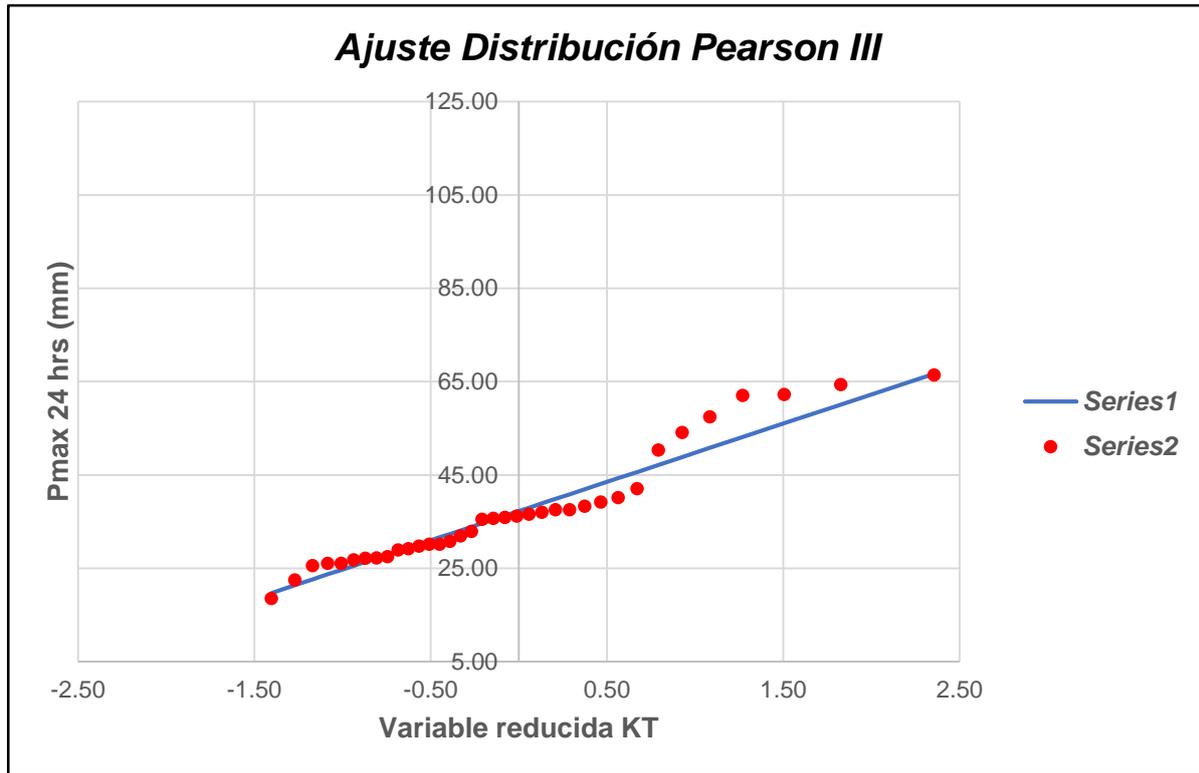
Gráfica N° 28: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.



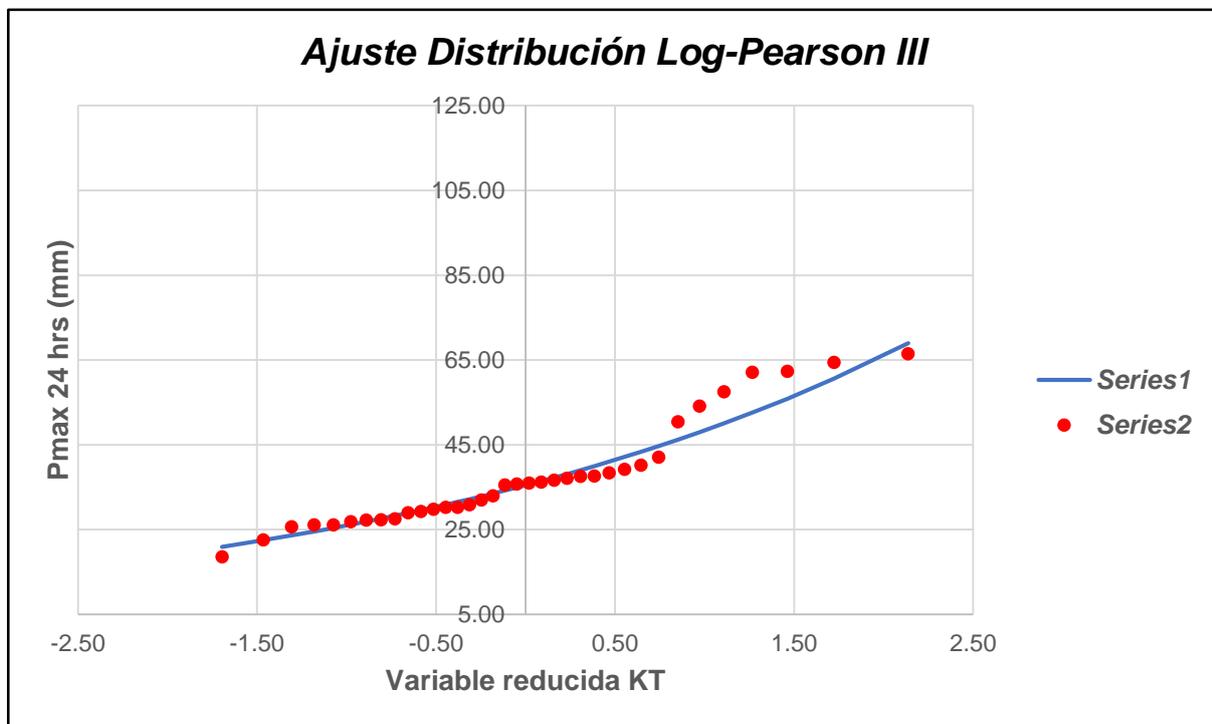
Gráfica N° 29: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 30: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 31: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _n) Log Normal	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearson n III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	66.47	0.9730	0.9903	0.0173	4.1968	0.9783	0.0054	0.9723	0.0006	0.9722	0.0008	0.9669	0.0060
2	64.38	0.9459	0.9850	0.0390	4.1649	0.9724	0.0265	0.9659	0.0199	0.9652	0.0193	0.9607	0.0147
3	62.28	0.9189	0.9773	0.0584	4.1317	0.9649	0.0460	0.9578	0.0389	0.9566	0.0377	0.9530	0.0341
4	62.07	0.8919	0.9764	0.0845	4.1282	0.9641	0.0722	0.9569	0.0650	0.9556	0.0637	0.9522	0.0603
5	57.47	0.8649	0.9471	0.0822	4.0513	0.9397	0.0749	0.9319	0.0670	0.9289	0.0641	0.9292	0.0643
6	54.12	0.8378	0.9113	0.0734	3.9912	0.9129	0.0751	0.9052	0.0674	0.9009	0.0631	0.9052	0.0673
7	50.38	0.8108	0.8531	0.0423	3.9196	0.8705	0.0597	0.8641	0.0533	0.8584	0.0476	0.8684	0.0576
8	42.08	0.7838	0.6503	0.1335	3.7396	0.7088	0.0750	0.7102	0.0736	0.7060	0.0777	0.7284	0.0554
9	40.17	0.7568	0.5921	0.1647	3.6931	0.6554	0.1014	0.6593	0.0974	0.6572	0.0996	0.6805	0.0763
10	39.22	0.7297	0.5623	0.1674	3.6691	0.6266	0.1031	0.6318	0.0979	0.6309	0.0988	0.6541	0.0757
11	38.34	0.7027	0.5346	0.1681	3.6466	0.5988	0.1039	0.6052	0.0975	0.6056	0.0971	0.6282	0.0745
12	37.60	0.6757	0.5109	0.1648	3.6270	0.5742	0.1014	0.5815	0.0942	0.5831	0.0925	0.6050	0.0707
13	37.56	0.6486	0.5097	0.1389	3.6260	0.5730	0.0757	0.5803	0.0683	0.5820	0.0667	0.6038	0.0449
14	37.08	0.6216	0.4942	0.1274	3.6130	0.5565	0.0651	0.5644	0.0572	0.5669	0.0547	0.5880	0.0336
15	36.65	0.5946	0.4806	0.1140	3.6013	0.5417	0.0529	0.5501	0.0445	0.5534	0.0412	0.5737	0.0209
16	36.21	0.5676	0.4667	0.1008	3.5894	0.5264	0.0411	0.5353	0.0323	0.5393	0.0282	0.5588	0.0087
17	35.96	0.5405	0.4586	0.0819	3.5823	0.5174	0.0232	0.5265	0.0140	0.5310	0.0095	0.5500	0.0094
18	35.76	0.5135	0.4525	0.0610	3.5769	0.5105	0.0030	0.5198	0.0063	0.5247	0.0111	0.5431	0.0296
19	35.51	0.4865	0.4445	0.0419	3.5699	0.5014	0.0149	0.5110	0.0245	0.5163	0.0298	0.5342	0.0477
20	32.91	0.4595	0.3641	0.0953	3.4938	0.4047	0.0547	0.4161	0.0433	0.4261	0.0334	0.4351	0.0244
21	31.98	0.4324	0.3366	0.0959	3.4652	0.3694	0.0630	0.3812	0.0513	0.3925	0.0400	0.3973	0.0351
22	30.83	0.4054	0.3037	0.1017	3.4285	0.3259	0.0795	0.3378	0.0676	0.3504	0.0550	0.3497	0.0557
23	30.22	0.3784	0.2868	0.0916	3.4085	0.3031	0.0753	0.3149	0.0635	0.3279	0.0504	0.3242	0.0542
24	30.20	0.3514	0.2864	0.0650	3.4080	0.3024	0.0489	0.3143	0.0371	0.3273	0.0240	0.3234	0.0279
25	29.77	0.3243	0.2746	0.0497	3.3934	0.2863	0.0380	0.2981	0.0263	0.3113	0.0130	0.3052	0.0192
26	29.25	0.2973	0.2610	0.0363	3.3759	0.2674	0.0299	0.2790	0.0183	0.2923	0.0049	0.2836	0.0137
27	28.96	0.2703	0.2535	0.0168	3.3659	0.2570	0.0133	0.2685	0.0018	0.2818	0.0115	0.2716	0.0013
28	27.54	0.2432	0.2186	0.0246	3.3157	0.2078	0.0355	0.2186	0.0247	0.2310	0.0123	0.2141	0.0292
29	27.27	0.2162	0.2123	0.0039	3.3059	0.1989	0.0174	0.2095	0.0068	0.2216	0.0054	0.2035	0.0127
30	27.20	0.1892	0.2107	0.0215	3.3034	0.1966	0.0074	0.2072	0.0180	0.2192	0.0300	0.2009	0.0117
31	26.86	0.1622	0.2028	0.0406	3.2905	0.1853	0.0231	0.1956	0.0334	0.2071	0.0449	0.1874	0.0253
32	26.09	0.1351	0.1859	0.0508	3.2616	0.1615	0.0264	0.1712	0.0361	0.1813	0.0462	0.1591	0.0239
33	26.07	0.1081	0.1855	0.0774	3.2608	0.1609	0.0528	0.1706	0.0625	0.1806	0.0725	0.1583	0.0502
34	25.64	0.0811	0.1763	0.0953	3.2440	0.1480	0.0669	0.1573	0.0763	0.1664	0.0854	0.1430	0.0619
35	22.52	0.0541	0.1193	0.0653	3.1145	0.0719	0.0179	0.0785	0.0244	0.0782	0.0242	0.0546	0.0006
36	18.59	0.0270	0.0678	0.0407	2.9227	0.0188	0.0082	0.0222	0.0049	0.0133	0.0137	0.0059	0.0211

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III
Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.1681	0.1039	0.0979	0.0996	0.0763
Δ _{crítico}	0.2040		Si se ajusta				
		Mejor Ajuste	5	4	2	3	1

Tabla 96: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e ^{λx_T}	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e ^{λx_T}	
10	0.9000	1.2816	53.28	1.2816	3.9671	52.83	1.3046	53.57	1.3344	53.94	1.3214	3.98	53.4902	53.49
20	0.9500	1.6449	57.82	1.6449	4.0800	59.15	1.8658	60.59	1.8868	60.85	1.7718	4.12	61.5270	61.53
30	0.9667	1.8339	60.19	1.8339	4.1388	62.73	2.1887	64.62	2.1982	64.74	2.0158	4.20	66.3745	66.37
50	0.9800	2.0537	62.94	2.0537	4.2071	67.16	2.5923	69.67	2.5814	69.53	2.3080	4.29	72.6838	72.68
100	0.9900	2.3263	66.34	2.3263	4.2918	73.10	3.1367	76.48	3.0895	75.89	2.6830	4.40	81.6713	81.67

Tabla 97: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E3

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	21.19	3.0535
2	1982	36.47	3.5964
3	1983	42.30	3.7447
4	1984	34.23	3.5330
5	1985	11.68	2.4579
6	1986	24.21	3.1868
7	1987	28.62	3.3542
8	1988	26.43	3.2746
9	1989	34.76	3.5485
10	1990	40.25	3.6950
11	1991	42.35	3.7459
12	1992	34.75	3.5481
13	1993	43.09	3.7633
14	1994	43.15	3.7647
15	1995	36.54	3.5984
16	1996	29.88	3.3972
17	1997	25.49	3.2381
18	1998	31.71	3.4565
19	1999	33.19	3.5021
20	2000	42.01	3.7380
21	2001	35.89	3.5806
22	2002	50.99	3.9316
23	2003	16.25	2.7878
24	2004	28.27	3.3418
25	2005	47.07	3.8517
26	2006	37.50	3.6244
27	2007	39.27	3.6706
28	2008	47.12	3.8528
29	2009	46.47	3.8389
30	2010	62.23	4.1309
31	2011	23.65	3.1632
32	2012	26.74	3.2863
33	2013	25.10	3.2230
34	2014	32.89	3.4933
35	2015	20.90	3.0397
36	2016	36.85	3.6067

Ordenar de Mayor a Meno

62.23
50.99
47.12
47.07
46.47
43.15
43.09
42.35
42.30
42.01
40.25
39.27
37.50
36.85
36.54
36.47
35.89
34.76
34.75
34.23
33.19
33.19
32.89
31.71
29.88
28.62
28.27
26.74
26.43
25.49
25.10
24.21
23.65
21.19
20.90
16.25
11.68

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	62.23	4.13
Mínimo	11.68	2.46
Promedio \bar{X}	34.43	3.49
Desviación Estandar S	10.35	0.33
Coefficiente de Asimetría Cs	0.1908	-0.9249

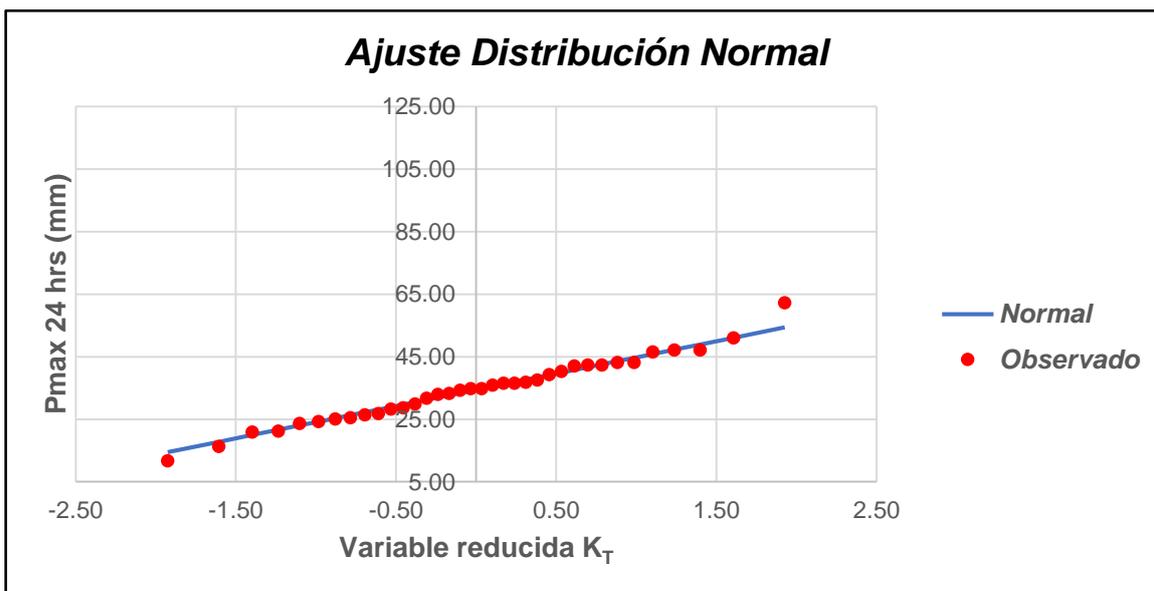
Tabla 98: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 3 (E3).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E3															
N	T	P(X≥X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III		
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO							
1	37.00	2.70%	62.23	4.13	1.93	54.37	1.93	62.34	2.35	58.81	2.01	55.25	1.48	53.79	
2	18.50	5.41%	50.99	3.93	1.61	51.06	1.61	56.03	1.80	53.10	1.66	51.56	1.33	51.02	
3	12.33	8.11%	47.12	3.85	1.40	48.90	1.40	52.25	1.48	49.71	1.43	49.19	1.21	49.08	
4	9.25	10.81%	47.07	3.85	1.24	47.23	1.24	49.52	1.24	47.27	1.25	47.39	1.11	47.53	
5	7.40	13.51%	46.47	3.84	1.10	45.84	1.10	47.35	1.05	45.35	1.11	45.89	1.03	46.20	
6	6.17	16.22%	43.15	3.76	0.99	44.63	0.99	45.54	0.90	43.75	0.98	44.61	0.95	45.02	
7	5.29	18.92%	43.09	3.76	0.88	43.55	0.88	43.97	0.77	42.38	0.87	43.46	0.88	43.94	
8	4.63	21.62%	42.35	3.75	0.79	42.56	0.79	42.59	0.65	41.17	0.77	42.42	0.81	42.94	
9	4.11	24.32%	42.30	3.74	0.70	41.63	0.70	41.34	0.55	40.08	0.68	41.45	0.74	42.00	
10	3.70	27.03%	42.01	3.74	0.61	40.77	0.61	40.20	0.45	39.09	0.59	40.55	0.68	41.11	
11	3.36	29.73%	40.25	3.69	0.53	39.94	0.53	39.14	0.36	38.18	0.51	39.69	0.62	40.25	
12	3.08	32.43%	39.27	3.67	0.46	39.15	0.46	38.15	0.28	37.33	0.43	38.88	0.55	39.43	
13	2.85	35.14%	37.50	3.62	0.38	38.38	0.38	37.22	0.20	36.53	0.35	38.09	0.49	38.63	
14	2.64	37.84%	36.85	3.61	0.31	37.64	0.31	36.34	0.13	35.77	0.28	37.33	0.43	37.84	
15	2.47	40.54%	36.54	3.60	0.24	36.91	0.24	35.49	0.06	35.05	0.21	36.59	0.37	37.08	
16	2.31	43.24%	36.47	3.60	0.17	36.19	0.17	34.68	-0.01	34.36	0.14	35.87	0.31	36.32	
17	2.18	45.95%	35.89	3.58	0.10	35.48	0.10	33.90	-0.07	33.69	0.07	35.16	0.25	35.57	
18	2.06	48.65%	34.76	3.55	0.03	34.78	0.03	33.14	-0.13	33.05	0.00	34.45	0.18	34.83	
19	1.95	51.35%	34.75	3.55	-0.03	34.08	-0.03	32.40	-0.19	32.42	-0.07	33.75	0.12	34.08	
20	1.85	54.05%	34.23	3.53	-0.10	33.38	-0.10	31.67	-0.25	31.80	-0.13	33.05	0.05	33.34	
21	1.76	56.76%	33.19	3.50	-0.17	32.67	-0.17	30.96	-0.31	31.19	-0.20	32.35	-0.02	32.59	
22	1.68	59.46%	32.89	3.49	-0.24	31.95	-0.24	30.25	-0.37	30.60	-0.27	31.65	-0.09	31.84	
23	1.61	62.16%	31.71	3.46	-0.31	31.22	-0.31	29.55	-0.43	30.00	-0.34	30.93	-0.16	31.07	
24	1.54	64.86%	29.88	3.40	-0.38	30.48	-0.38	28.85	-0.49	29.41	-0.41	30.21	-0.24	30.29	
25	1.48	67.57%	28.62	3.35	-0.46	29.71	-0.46	28.14	-0.54	28.81	-0.48	29.46	-0.32	29.49	
26	1.42	70.27%	28.27	3.34	-0.53	28.92	-0.53	27.43	-0.60	28.21	-0.55	28.70	-0.40	28.67	
27	1.37	72.97%	26.74	3.29	-0.61	28.09	-0.61	26.71	-0.66	27.60	-0.63	27.90	-0.49	27.81	
28	1.32	75.68%	26.43	3.27	-0.70	27.23	-0.70	25.97	-0.72	26.98	-0.71	27.07	-0.59	26.92	
29	1.28	78.38%	25.49	3.24	-0.79	26.30	-0.79	25.21	-0.78	26.33	-0.80	26.19	-0.69	25.99	
30	1.23	81.08%	25.10	3.22	-0.88	25.31	-0.88	24.42	-0.85	25.66	-0.89	25.25	-0.81	24.99	
31	1.19	83.78%	24.21	3.19	-0.99	24.23	-0.99	23.58	-0.92	24.94	-0.98	24.24	-0.94	23.92	
32	1.16	86.49%	23.65	3.16	-1.10	23.02	-1.10	22.68	-0.99	24.17	-1.09	23.11	-1.09	22.74	
33	1.12	89.19%	21.19	3.05	-1.24	21.63	-1.24	21.68	-1.07	23.32	-1.22	21.82	-1.27	21.42	
34	1.09	91.89%	20.90	3.04	-1.40	19.96	-1.40	20.55	-1.17	22.34	-1.37	20.29	-1.50	19.88	
35	1.06	94.59%	16.25	2.79	-1.61	17.80	-1.61	19.16	-1.28	21.13	-1.55	18.34	-1.80	17.95	
36	1.03	97.30%	11.68	2.46	-1.93	14.49	-1.93	17.22	-1.45	19.41	-1.84	15.39	-2.30	15.20	

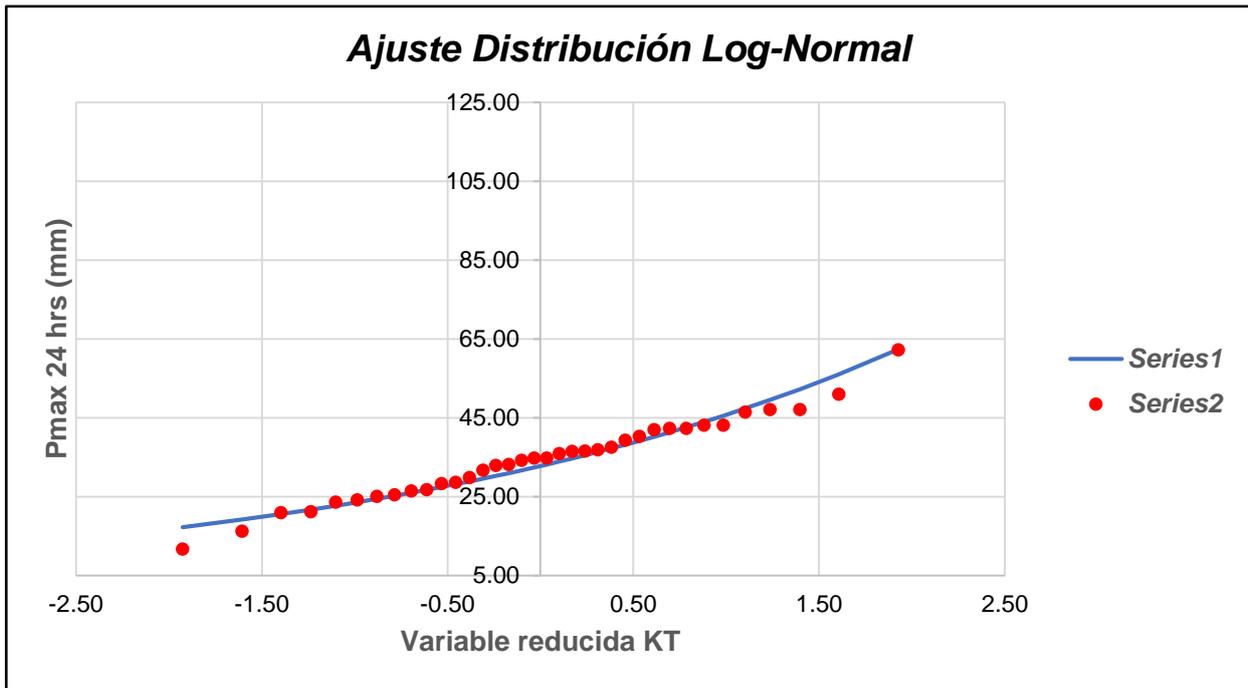
Tabla 99: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 3 (E3).

Fuente: Elaboración propia.



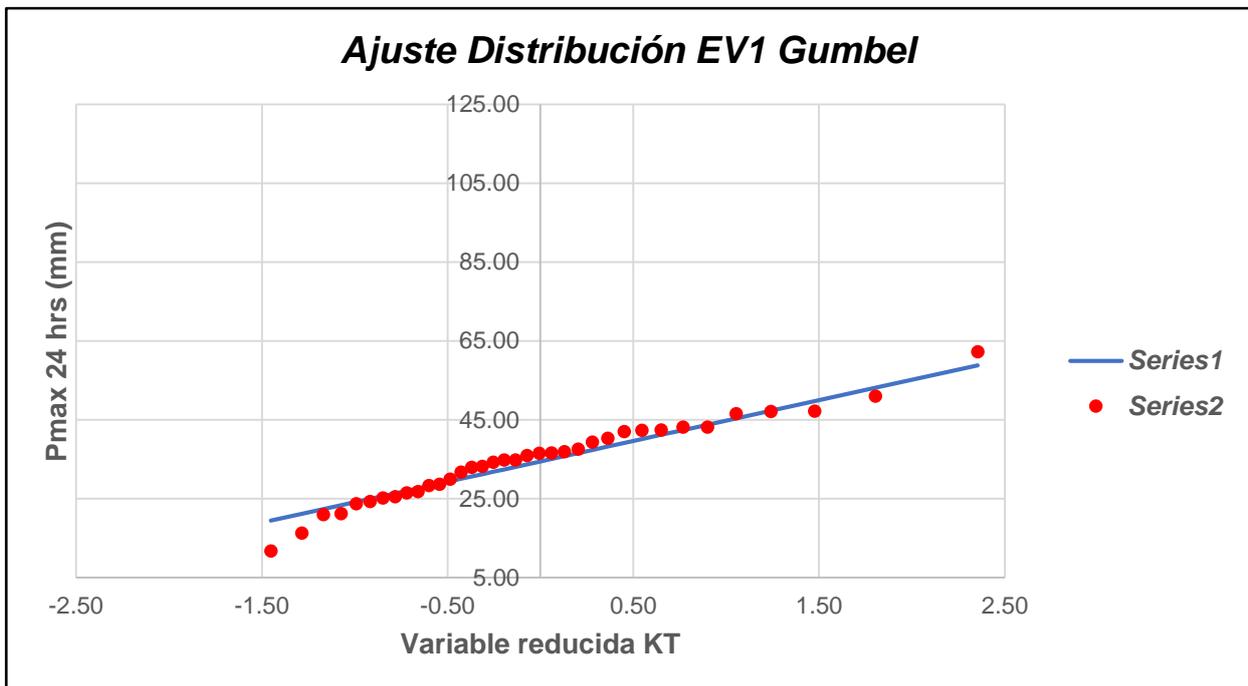
Gráfica N° 32: Ajuste de Distribución Normal de la estación 3 (E3).

Fuente: Elaboración propia.



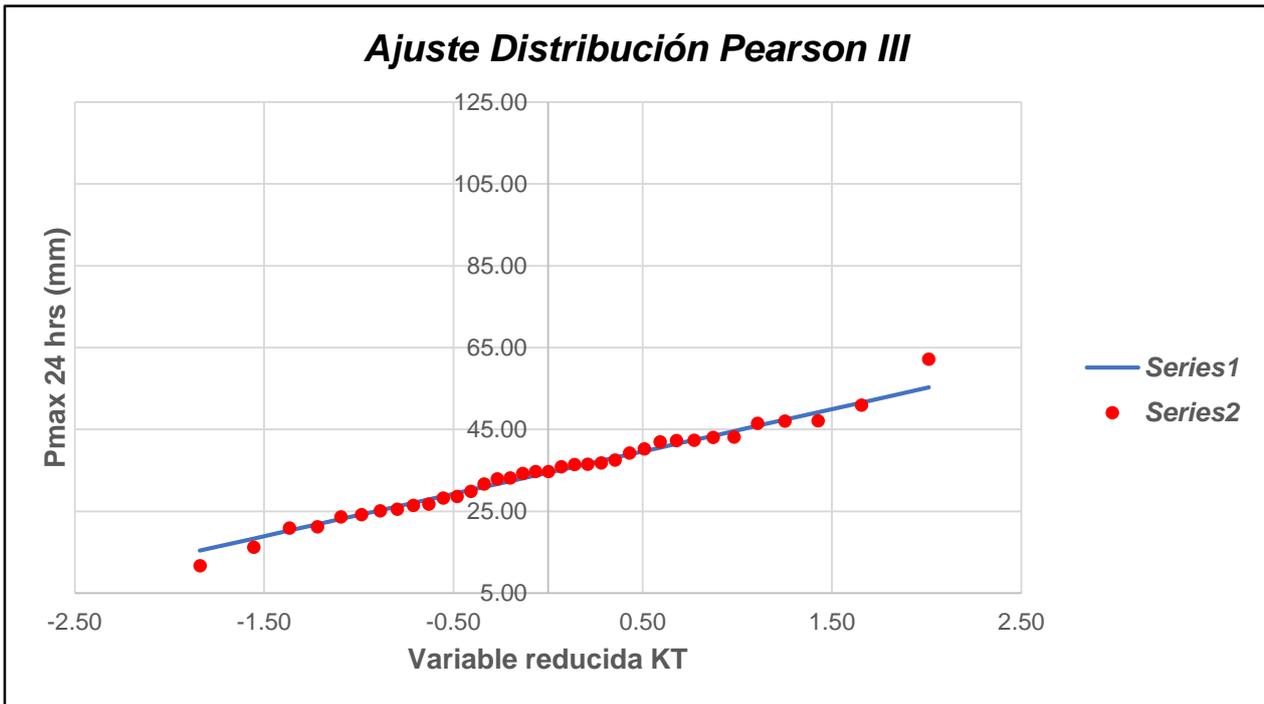
Gráfica N° 33: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 3 (E3).

Fuente: Elaboración propia.



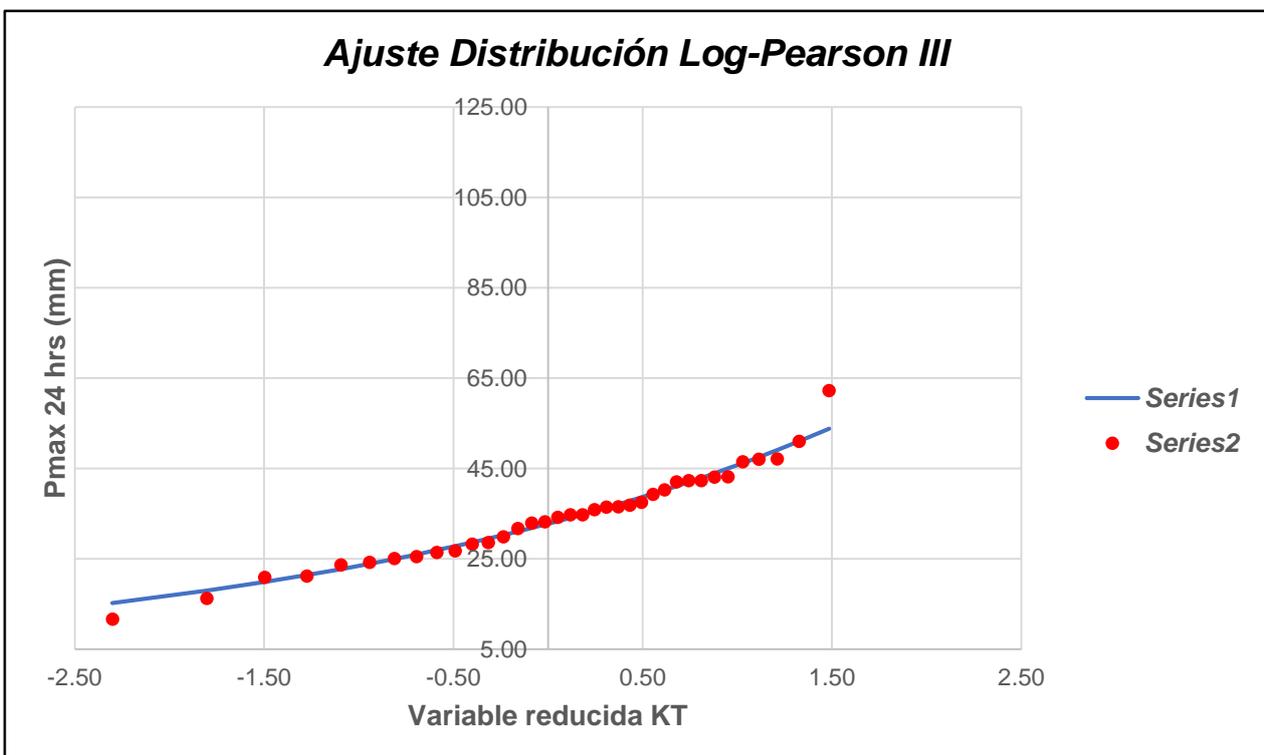
Gráfica N° 34: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 2 (E2).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 35: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 3 (E3).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 36: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 3 (E3).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _n)	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearson n III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	62.23	0.9730	0.9964	0.0234	4.1309	0.9726	0.0003	0.9822	0.0093	0.9941	0.0211	0.9538	0.0191
2	50.99	0.9459	0.9451	0.0008	3.9316	0.9073	0.0387	0.9304	0.0156	0.9401	0.0058	0.8981	0.0479
3	47.12	0.9189	0.8900	0.0290	3.8528	0.8618	0.0571	0.8900	0.0289	0.8874	0.0315	0.8633	0.0557
4	47.07	0.8919	0.8890	0.0029	3.8517	0.8610	0.0309	0.8894	0.0025	0.8865	0.0054	0.8627	0.0292
5	46.47	0.8649	0.8776	0.0128	3.8389	0.8523	0.0125	0.8814	0.0165	0.8758	0.0110	0.8561	0.0087
6	43.15	0.8378	0.8002	0.0377	3.7647	0.7951	0.0427	0.8264	0.0114	0.8030	0.0349	0.8129	0.0249
7	43.09	0.8108	0.7986	0.0122	3.7633	0.7940	0.0168	0.8253	0.0145	0.8015	0.0093	0.8120	0.0012
8	42.35	0.7838	0.7778	0.0060	3.7459	0.7788	0.0050	0.8101	0.0263	0.7818	0.0019	0.8004	0.0166
9	42.30	0.7568	0.7763	0.0196	3.7447	0.7777	0.0210	0.8091	0.0523	0.7805	0.0237	0.7996	0.0429
10	42.01	0.7297	0.7681	0.0383	3.7380	0.7717	0.0420	0.8030	0.0732	0.7727	0.0430	0.7950	0.0652
11	40.25	0.7027	0.7129	0.0102	3.6950	0.7309	0.0282	0.7610	0.0583	0.7203	0.0176	0.7633	0.0606
12	39.27	0.6757	0.6801	0.0044	3.6706	0.7063	0.0306	0.7349	0.0592	0.6889	0.0133	0.7437	0.0680
13	37.50	0.6486	0.6167	0.0319	3.6244	0.6570	0.0084	0.6813	0.0327	0.6277	0.0209	0.7034	0.0547
14	36.85	0.6216	0.5923	0.0294	3.6067	0.6373	0.0157	0.6595	0.0379	0.6039	0.0177	0.6868	0.0652
15	36.54	0.5946	0.5808	0.0138	3.5984	0.6280	0.0334	0.6490	0.0545	0.5926	0.0019	0.6788	0.0842
16	36.47	0.5676	0.5780	0.0105	3.5964	0.6257	0.0581	0.6465	0.0789	0.5899	0.0224	0.6769	0.1093
17	35.89	0.5405	0.5562	0.0157	3.5806	0.6076	0.0670	0.6261	0.0855	0.5685	0.0280	0.6611	0.1206
18	34.76	0.5135	0.5127	0.0008	3.5485	0.5702	0.0567	0.5834	0.0699	0.5254	0.0119	0.6278	0.1143
19	34.75	0.4865	0.5122	0.0258	3.5481	0.5697	0.0833	0.5829	0.0964	0.5249	0.0384	0.6274	0.1409
20	34.23	0.4595	0.4921	0.0327	3.5330	0.5519	0.0924	0.5622	0.1028	0.5048	0.0454	0.6110	0.1516
21	33.19	0.4324	0.4522	0.0197	3.5021	0.5151	0.0827	0.5194	0.0870	0.4646	0.0322	0.5763	0.1438
22	32.89	0.4054	0.4410	0.0356	3.4933	0.5046	0.0992	0.5070	0.1016	0.4533	0.0479	0.5660	0.1606
23	31.71	0.3784	0.3962	0.0179	3.4565	0.4607	0.0823	0.4553	0.0769	0.4077	0.0293	0.5220	0.1437
24	29.88	0.3514	0.3301	0.0212	3.3972	0.3911	0.0398	0.3728	0.0215	0.3394	0.0119	0.4472	0.0959
25	28.62	0.3243	0.2874	0.0369	3.3542	0.3427	0.0184	0.3157	0.0086	0.2948	0.0295	0.3912	0.0669
26	28.27	0.2973	0.2759	0.0214	3.3418	0.3292	0.0319	0.2999	0.0026	0.2827	0.0146	0.3749	0.0776
27	26.74	0.2703	0.2289	0.0414	3.2863	0.2714	0.0011	0.2333	0.0369	0.2330	0.0372	0.3020	0.0317
28	26.43	0.2432	0.2199	0.0234	3.2746	0.2599	0.0167	0.2204	0.0228	0.2235	0.0197	0.2869	0.0437
29	25.49	0.2162	0.1938	0.0224	3.2381	0.2258	0.0096	0.1826	0.0336	0.1957	0.0205	0.2407	0.0245
30	25.10	0.1892	0.1838	0.0054	3.2230	0.2124	0.0232	0.1681	0.0211	0.1851	0.0041	0.2222	0.0330
31	24.21	0.1622	0.1618	0.0004	3.1868	0.1823	0.0202	0.1365	0.0257	0.1616	0.0006	0.1797	0.0175
32	23.65	0.1351	0.1488	0.0136	3.1632	0.1642	0.0291	0.1181	0.0170	0.1477	0.0126	0.1537	0.0186
33	21.19	0.1081	0.1004	0.0077	3.0535	0.0958	0.0123	0.0553	0.0528	0.0963	0.0118	0.0581	0.0500
34	20.90	0.0811	0.0956	0.0145	3.0397	0.0890	0.0079	0.0497	0.0314	0.0912	0.0101	0.0494	0.0317
35	16.25	0.0541	0.0395	0.0146	2.7878	0.0178	0.0363	0.0048	0.0493	0.0334	0.0207	0.0000	0.0541
36	11.68	0.0270	0.0140	0.0130	2.4579	0.0010	0.0260	0.0001	0.0269	0.0096	0.0174	0.0000	0.0270

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III
Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.0414	0.0992	0.1028	0.0479	0.1606
Δ _{crítico}	0.2040	Si se ajusta		Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta
Mejor Ajuste		1	3	4	2	5	

Tabla 100: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 3 (E3).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	
10	0.9000	1.2816	47.70	1.2816	3.9173	50.26	1.3046	47.93	1.3001	47.89	1.1414	3.87	47.9663	47.70
20	0.9500	1.6449	51.46	1.6449	4.0386	56.75	1.8658	53.74	1.6972	52.00	1.3462	3.94	51.3612	51.46
30	0.9667	1.8339	53.41	1.8339	4.1017	60.44	2.1887	57.09	1.9074	54.17	1.4410	3.97	53.0131	53.41
50	0.9800	2.0537	55.69	2.0537	4.1751	65.05	2.5923	61.27	2.1547	56.74	1.5417	4.00	54.8250	55.69
100	0.9900	2.3263	58.51	2.3263	4.2661	71.24	3.1367	66.90	2.4660	59.96	1.6529	4.04	56.8991	58.51

Tabla 101: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 3 (E3).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E4

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	45.67	3.8214
2	1982	36.62	3.6005
3	1983	70.16	4.2508
4	1984	31.13	3.4381
5	1985	18.70	2.9287
6	1986	23.59	3.1610
7	1987	25.53	3.2398
8	1988	16.77	2.8197
9	1989	26.75	3.2864
10	1990	31.07	3.4363
11	1991	35.86	3.5797
12	1992	51.99	3.9510
13	1993	49.22	3.8962
14	1994	53.02	3.9707
15	1995	45.65	3.8210
16	1996	33.52	3.5122
17	1997	30.37	3.4134
18	1998	50.18	3.9157
19	1999	63.12	4.1450
20	2000	44.89	3.8043
21	2001	74.69	4.3133
22	2002	60.92	4.1095
23	2003	22.96	3.1338
24	2004	30.39	3.4140
25	2005	61.99	4.1269
26	2006	42.56	3.7508
27	2007	42.59	3.7516
28	2008	60.11	4.0962
29	2009	81.16	4.3964
30	2010	59.69	4.0892
31	2011	41.99	3.7373
32	2012	28.68	3.3561
33	2013	31.79	3.4592
34	2014	32.24	3.4731
35	2015	40.39	3.6987
36	2016	52.35	3.9579

Ordenar de Mayor a Menor

81.16
74.69
70.16
63.12
61.99
60.92
60.11
59.69
53.02
52.35
51.99
50.18
49.22
45.67
45.65
44.89
42.59
42.56
41.99
40.39
36.62
35.86
33.52
32.24
31.79
31.13
31.07
30.39
30.37
28.68
26.75
25.53
23.59
22.96
18.70
16.77

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	81.16	4.40
Mínimo	16.77	2.82
Promedio \bar{x}	43.01	3.69
Desviación Estandar S	16.12	0.39
Coficiente de Asimetría Cs	0.4980	-0.2498

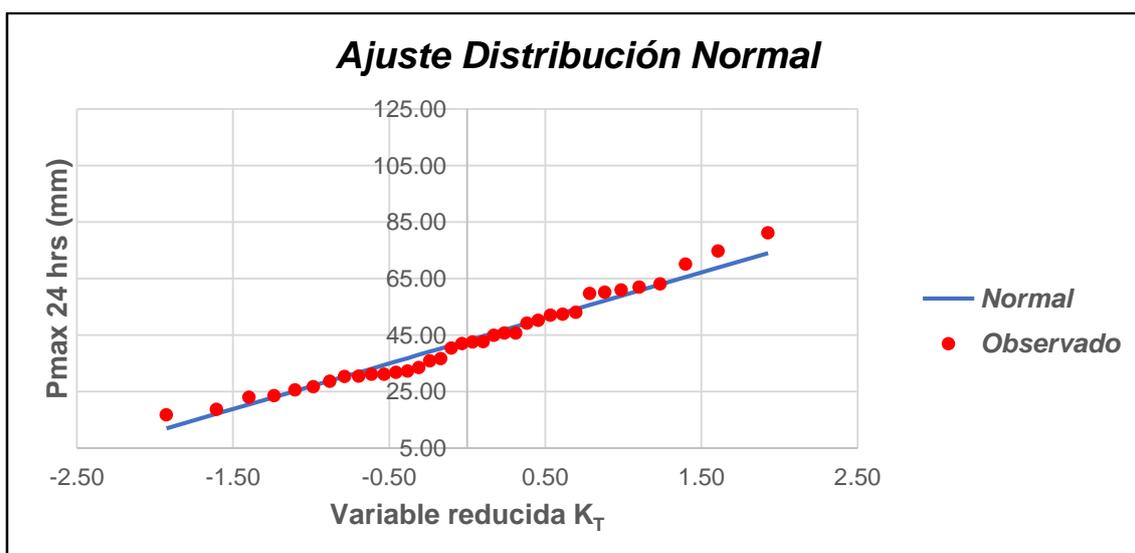
Tabla 102: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 4 (E4).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E4															
N	T	P(X≥X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III		
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO							
1	37.00	2.70%	81.16	4.40	1.93	74.06	1.93	84.82	2.35	80.97	2.14	77.51	1.81	81.10	
2	18.50	5.41%	74.69	4.31	1.61	68.91	1.61	74.89	1.80	72.08	1.72	70.81	1.54	72.91	
3	12.33	8.11%	70.16	4.25	1.40	65.54	1.40	69.04	1.48	66.80	1.46	66.60	1.35	67.90	
4	9.25	10.81%	63.12	4.15	1.24	62.94	1.24	64.84	1.24	63.00	1.27	63.44	1.21	64.21	
5	7.40	13.51%	61.99	4.13	1.10	60.78	1.10	61.54	1.05	60.01	1.11	60.87	1.09	61.25	
6	6.17	16.22%	60.92	4.11	0.99	58.90	0.99	58.80	0.90	57.52	0.97	58.68	0.98	58.76	
7	5.29	18.92%	60.11	4.10	0.88	57.21	0.88	56.45	0.77	55.39	0.85	56.74	0.89	56.60	
8	4.63	21.62%	59.69	4.09	0.79	55.66	0.79	54.39	0.65	53.50	0.74	55.00	0.80	54.67	
9	4.11	24.32%	53.02	3.97	0.70	54.23	0.70	52.53	0.55	51.81	0.64	53.40	0.72	52.93	
10	3.70	27.03%	52.35	3.96	0.61	52.87	0.61	50.84	0.45	50.27	0.55	51.92	0.64	51.32	
11	3.36	29.73%	51.99	3.95	0.53	51.59	0.53	49.29	0.36	48.85	0.47	50.52	0.56	49.83	
12	3.08	32.43%	50.18	3.92	0.46	50.35	0.46	47.84	0.28	47.52	0.38	49.20	0.49	48.43	
13	2.85	35.14%	49.22	3.90	0.38	49.16	0.38	46.48	0.20	46.28	0.31	47.94	0.42	47.10	
14	2.64	37.84%	45.67	3.82	0.31	48.00	0.31	45.20	0.13	45.10	0.23	46.73	0.35	45.84	
15	2.47	40.54%	45.65	3.82	0.24	46.87	0.24	43.98	0.06	43.98	0.16	45.56	0.28	44.64	
16	2.31	43.24%	44.89	3.80	0.17	45.75	0.17	42.81	-0.01	42.90	0.09	44.42	0.21	43.48	
17	2.18	45.95%	42.59	3.75	0.10	44.65	0.10	41.68	-0.07	41.86	0.02	43.31	0.14	42.35	
18	2.06	48.65%	42.56	3.75	0.03	43.55	0.03	40.59	-0.13	40.85	-0.05	42.22	0.08	41.25	
19	1.95	51.35%	41.99	3.74	-0.03	42.46	-0.03	39.54	-0.19	39.87	-0.12	41.14	0.01	40.18	
20	1.85	54.05%	40.39	3.70	-0.10	41.37	-0.10	38.51	-0.25	38.91	-0.18	40.07	-0.06	39.13	
21	1.76	56.76%	36.62	3.60	-0.17	40.26	-0.17	37.49	-0.31	37.97	-0.25	39.01	-0.13	38.10	
22	1.68	59.46%	35.86	3.58	-0.24	39.15	-0.24	36.50	-0.37	37.04	-0.31	37.95	-0.20	37.07	
23	1.61	62.16%	33.52	3.51	-0.31	38.01	-0.31	35.51	-0.43	36.11	-0.38	36.88	-0.27	36.05	
24	1.54	64.86%	32.24	3.47	-0.38	36.86	-0.38	34.53	-0.49	35.19	-0.45	35.80	-0.34	35.03	
25	1.48	67.57%	31.79	3.46	-0.46	35.66	-0.46	33.55	-0.54	34.26	-0.51	34.71	-0.42	34.00	
26	1.42	70.27%	31.13	3.44	-0.53	34.43	-0.53	32.56	-0.60	33.33	-0.58	33.59	-0.50	32.97	
27	1.37	72.97%	31.07	3.44	-0.61	33.14	-0.61	31.57	-0.66	32.37	-0.66	32.44	-0.58	31.91	
28	1.32	75.68%	30.39	3.41	-0.70	31.79	-0.70	30.55	-0.72	31.40	-0.73	31.25	-0.67	30.84	
29	1.28	78.38%	30.37	3.41	-0.79	30.35	-0.79	29.51	-0.78	30.40	-0.81	30.00	-0.77	29.72	
30	1.23	81.08%	28.68	3.36	-0.88	28.81	-0.88	28.43	-0.85	29.34	-0.89	28.68	-0.87	28.56	
31	1.19	83.78%	26.75	3.29	-0.99	27.12	-0.99	27.29	-0.92	28.23	-0.98	27.26	-0.98	27.34	
32	1.16	86.49%	25.53	3.24	-1.10	25.24	-1.10	26.08	-0.99	27.03	-1.07	25.72	-1.11	26.02	
33	1.12	89.19%	23.59	3.16	-1.24	23.07	-1.24	24.75	-1.07	25.70	-1.18	23.98	-1.26	24.57	
34	1.09	91.89%	22.96	3.13	-1.40	20.47	-1.40	23.25	-1.17	24.17	-1.31	21.95	-1.43	22.92	
35	1.06	94.59%	18.70	2.93	-1.61	17.10	-1.61	21.43	-1.28	22.29	-1.46	19.41	-1.67	20.92	
36	1.03	97.30%	16.77	2.82	-1.93	11.95	-1.93	18.92	-1.45	19.61	-1.69	15.72	-2.04	18.13	

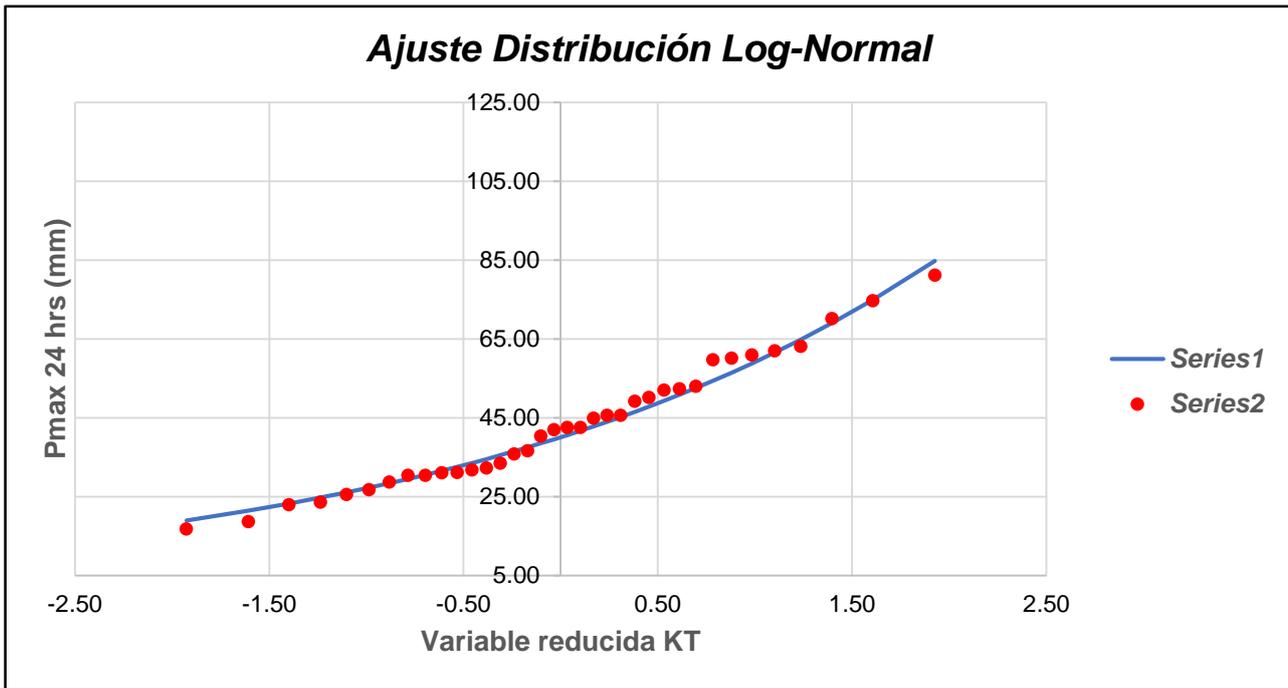
Tabla 103: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 4 (E4).

Fuente: Elaboración propia.



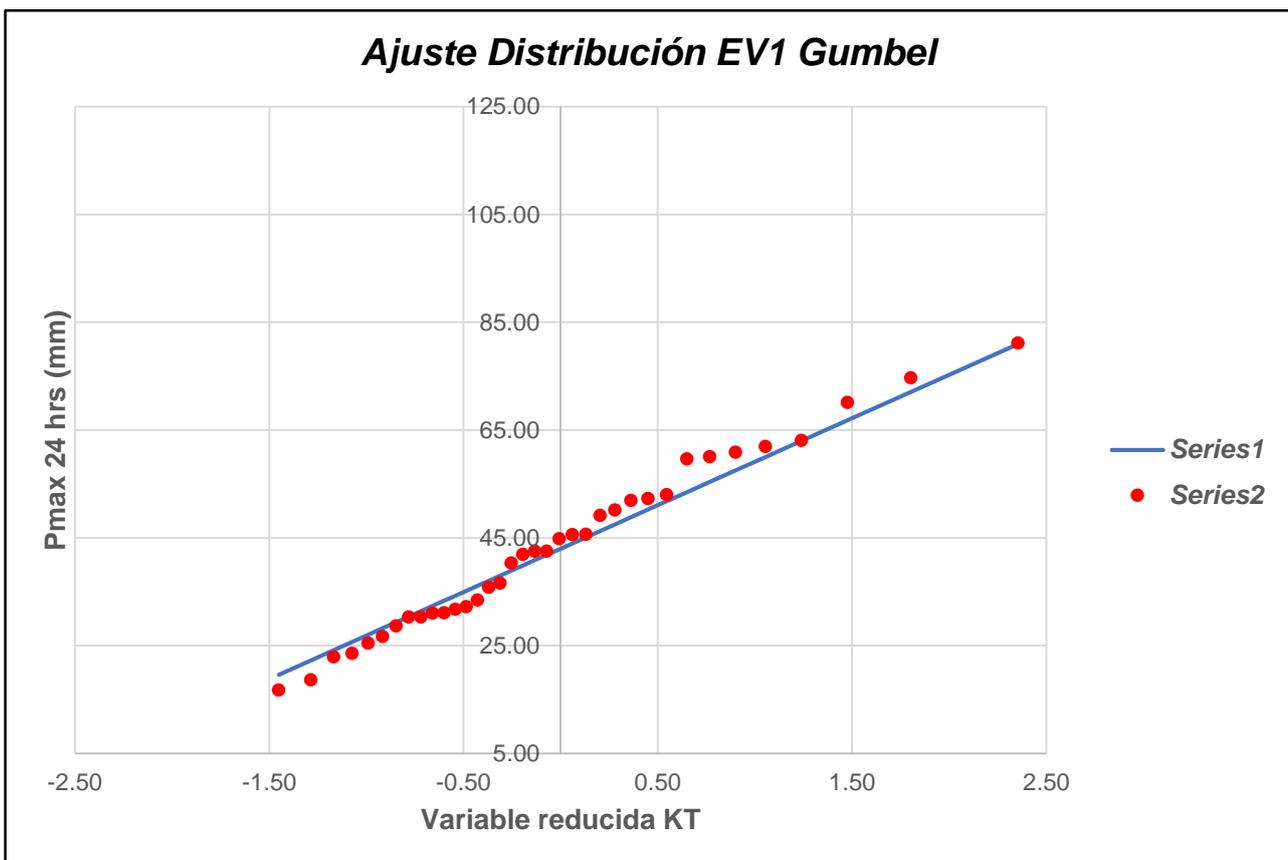
Gráfica N° 37: Ajuste de Distribución Normal de la estación 4 (E4).

Fuente: Elaboración propia.



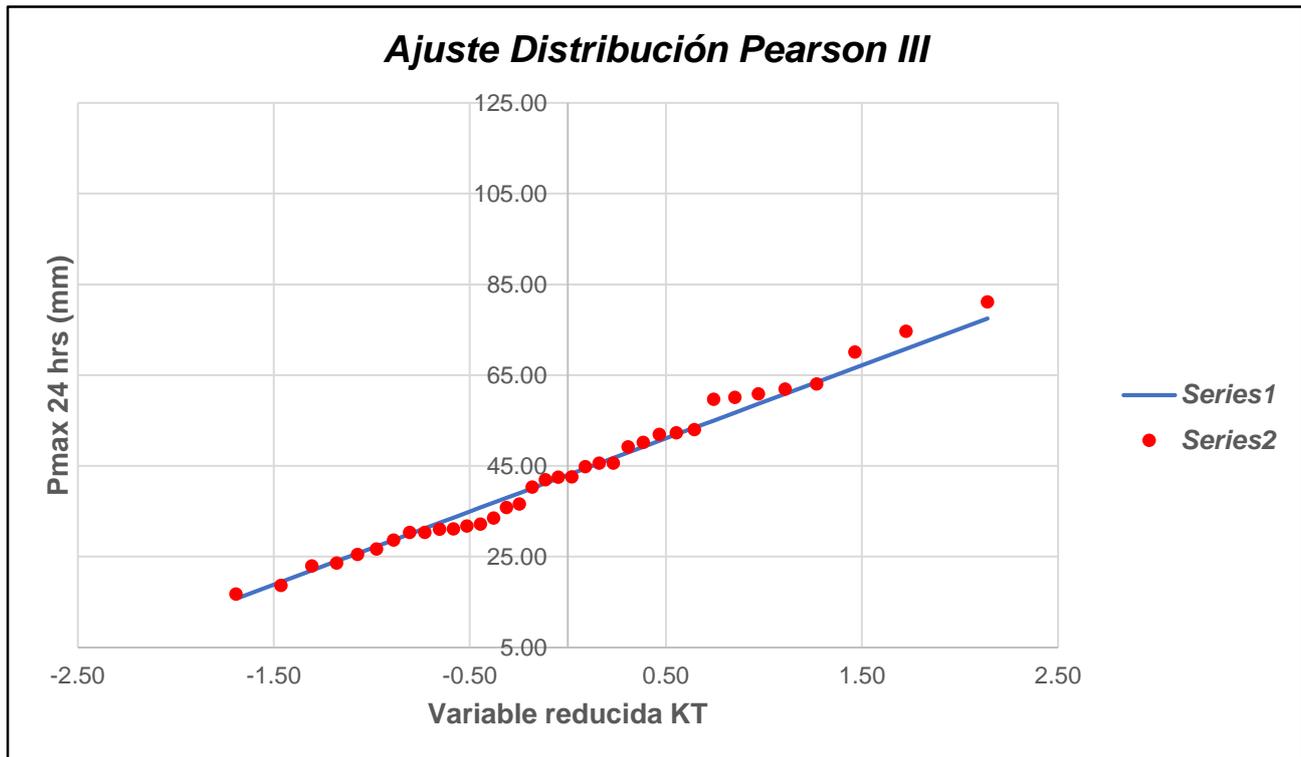
Gráfica N° 38: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 4 (E4).

Fuente: Elaboración propia.



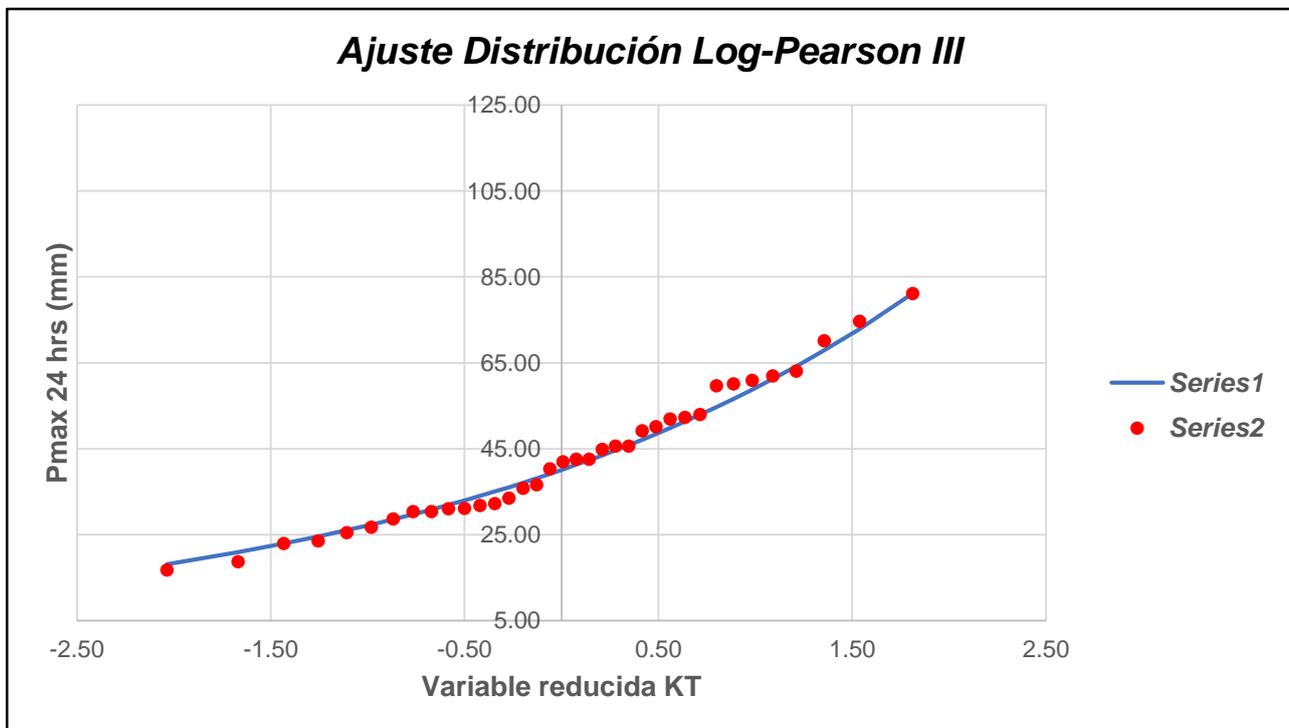
Gráfica N° 39: Ajuste de Distribución EVI Gumbel de la estación 4 (E4).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 40: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 4 (E4).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 41: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 4 (E4).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _n)	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearso n III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	81.16	0.9730	0.9910	0.0181	4.3964	0.9651	0.0079	0.9734	0.0004	0.9819	0.0090	0.9584	0.0145
2	74.69	0.9459	0.9753	0.0294	4.3133	0.9452	0.0008	0.9558	0.0099	0.9636	0.0176	0.9389	0.0071
3	70.16	0.9189	0.9539	0.0350	4.2508	0.9249	0.0060	0.9373	0.0184	0.9423	0.0233	0.9195	0.0006
4	63.12	0.8919	0.8939	0.0020	4.1450	0.8785	0.0134	0.8928	0.0009	0.8885	0.0034	0.8762	0.0157
5	61.99	0.8649	0.8805	0.0156	4.1269	0.8689	0.0040	0.8833	0.0185	0.8770	0.0121	0.8673	0.0025
6	60.92	0.8378	0.8667	0.0288	4.1095	0.8591	0.0213	0.8736	0.0358	0.8651	0.0273	0.8583	0.0205
7	60.11	0.8108	0.8556	0.0448	4.0962	0.8513	0.0405	0.8659	0.0551	0.8557	0.0449	0.8511	0.0403
8	59.69	0.7838	0.8497	0.0659	4.0892	0.8471	0.0634	0.8617	0.0779	0.8506	0.0668	0.8473	0.0635
9	53.02	0.7568	0.7327	0.0240	3.9707	0.7642	0.0074	0.7764	0.0196	0.7498	0.0070	0.7705	0.0138
10	52.35	0.7297	0.7188	0.0109	3.9579	0.7539	0.0242	0.7656	0.0359	0.7375	0.0078	0.7610	0.0313
11	51.99	0.7027	0.7112	0.0085	3.9510	0.7483	0.0456	0.7597	0.0570	0.7308	0.0281	0.7558	0.0531
12	50.18	0.6757	0.6719	0.0038	3.9157	0.7186	0.0429	0.7282	0.0525	0.6957	0.0200	0.7279	0.0523
13	49.22	0.6486	0.6499	0.0013	3.8962	0.7015	0.0528	0.7099	0.0613	0.6758	0.0271	0.7118	0.0632
14	45.67	0.6216	0.5655	0.0561	3.8214	0.6317	0.0101	0.6349	0.0132	0.5970	0.0246	0.6455	0.0239
15	45.65	0.5946	0.5651	0.0295	3.8210	0.6313	0.0367	0.6345	0.0399	0.5966	0.0020	0.6452	0.0506
16	44.89	0.5676	0.5465	0.0211	3.8043	0.6150	0.0474	0.6167	0.0492	0.5787	0.0112	0.6294	0.0619
17	42.59	0.5405	0.4896	0.0509	3.7516	0.5624	0.0218	0.5596	0.0191	0.5227	0.0178	0.5783	0.0378
18	42.56	0.5135	0.4888	0.0247	3.7508	0.5616	0.0481	0.5587	0.0452	0.5219	0.0084	0.5775	0.0640
19	41.99	0.4865	0.4747	0.0118	3.7373	0.5479	0.0614	0.5439	0.0574	0.5078	0.0213	0.5641	0.0776
20	40.39	0.4595	0.4356	0.0239	3.6987	0.5084	0.0490	0.5009	0.0415	0.4677	0.0083	0.5250	0.0656
21	36.62	0.4324	0.3459	0.0866	3.6005	0.4086	0.0238	0.3931	0.0393	0.3720	0.0604	0.4240	0.0084
22	35.86	0.4054	0.3288	0.0766	3.5797	0.3880	0.0174	0.3711	0.0343	0.3531	0.0523	0.4028	0.0026
23	33.52	0.3784	0.2781	0.1002	3.5122	0.3236	0.0548	0.3030	0.0754	0.2961	0.0823	0.3354	0.0429
24	32.24	0.3514	0.2520	0.0993	3.4731	0.2883	0.0630	0.2664	0.0850	0.2660	0.0854	0.2981	0.0532
25	31.79	0.3243	0.2433	0.0810	3.4592	0.2763	0.0481	0.2540	0.0703	0.2558	0.0685	0.2852	0.0391
26	31.13	0.2973	0.2306	0.0667	3.4381	0.2585	0.0388	0.2358	0.0615	0.2410	0.0563	0.2662	0.0311
27	31.07	0.2703	0.2295	0.0407	3.4363	0.2570	0.0133	0.2343	0.0360	0.2398	0.0305	0.2646	0.0057
28	30.39	0.2432	0.2168	0.0264	3.4140	0.2388	0.0044	0.2160	0.0273	0.2248	0.0184	0.2450	0.0018
29	30.37	0.2162	0.2165	0.0003	3.4134	0.2384	0.0222	0.2155	0.0007	0.2244	0.0082	0.2445	0.0283
30	28.68	0.1892	0.1870	0.0022	3.3561	0.1953	0.0061	0.1728	0.0164	0.1895	0.0003	0.1978	0.0086
31	26.75	0.1622	0.1566	0.0056	3.2864	0.1497	0.0125	0.1291	0.0331	0.1531	0.0091	0.1482	0.0140
32	25.53	0.1351	0.1391	0.0040	3.2398	0.1235	0.0116	0.1048	0.0303	0.1323	0.0029	0.1197	0.0154
33	23.59	0.1081	0.1142	0.0061	3.1610	0.0869	0.0212	0.0720	0.0361	0.1028	0.0054	0.0803	0.0278
34	22.96	0.0811	0.1068	0.0258	3.1338	0.0764	0.0047	0.0629	0.0182	0.0941	0.0130	0.0691	0.0120
35	18.70	0.0541	0.0658	0.0118	2.9287	0.0252	0.0288	0.0206	0.0334	0.0478	0.0063	0.0178	0.0362
36	16.77	0.0270	0.0518	0.0248	2.8197	0.0127	0.0144	0.0108	0.0162	0.0333	0.0063	0.0073	0.0198

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III
Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.1002	0.0634	0.0850	0.0854	0.0776
Δcrítico	0.2040	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta
		Mejor Ajuste	5	1	3	4	2

Tabla 104: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 4 (E4).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e [^] x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e [^] x _T	
10	0.9000	1.2816	63.67	1.2816	4.19	65.9842	1.3046	64.04	1.3217	64.32	1.2516	4.18	65.2201	65.98
20	0.9500	1.6449	69.53	1.6449	4.33	76.0101	1.8658	73.09	1.7731	71.59	1.5709	4.30	73.8513	76.01
30	0.9667	1.8339	72.57	1.8339	4.40	81.8164	2.1887	78.29	2.0177	75.54	1.7329	4.37	78.6615	81.82
50	0.9800	2.0537	76.12	2.0537	4.49	89.1277	2.5923	84.80	2.3107	80.26	1.9179	4.44	84.5365	89.13
100	0.9900	2.3263	80.51	2.3263	4.60	99.1076	3.1367	93.58	2.6869	86.33	2.1422	4.52	92.2513	99.11

Tabla 105: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 4 (E4).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E5

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	27.77	3.3241
2	1982	43.91	3.7821
3	1983	93.15	4.5342
4	1984	28.53	3.3510
5	1985	20.23	3.0073
6	1986	45.55	3.8188
7	1987	38.34	3.6464
8	1988	22.81	3.1271
9	1989	28.93	3.3650
10	1990	47.86	3.8682
11	1991	38.18	3.6422
12	1992	32.69	3.4870
13	1993	29.93	3.3987
14	1994	43.48	3.7723
15	1995	53.09	3.9719
16	1996	55.53	4.0170
17	1997	49.04	3.8927
18	1998	45.56	3.8190
19	1999	42.75	3.7555
20	2000	72.77	4.2873
21	2001	66.27	4.1937
22	2002	46.37	3.8367
23	2003	35.86	3.5797
24	2004	24.87	3.2135
25	2005	52.43	3.9594
26	2006	50.41	3.9202
27	2007	53.18	3.9737
28	2008	33.87	3.5226
29	2009	50.95	3.9308
30	2010	38.83	3.6592
31	2011	42.23	3.7432
32	2012	34.00	3.5265
33	2013	25.25	3.2287
34	2014	44.93	3.8051
35	2015	39.70	3.6812
36	2016	55.84	4.0225

Ordenar de Mayor a Menor

93.15

72.77

66.27

55.84

55.53

53.18

53.09

52.43

50.95

50.41

49.04

47.86

46.37

45.56

45.55

44.93

43.91

43.48

42.75

42.23

39.70

38.83

38.34

38.18

35.86

34.00

33.87

32.69

29.93

28.93

28.53

27.77

25.25

24.87

22.81

20.23

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	93.15	4.53
Mínimo	20.23	3.01
Promedio \bar{x}	43.20	3.71
Desviación Estandar S	14.68	0.33
Coefficiente de Asimetría Cs	1.1722	-0.0008

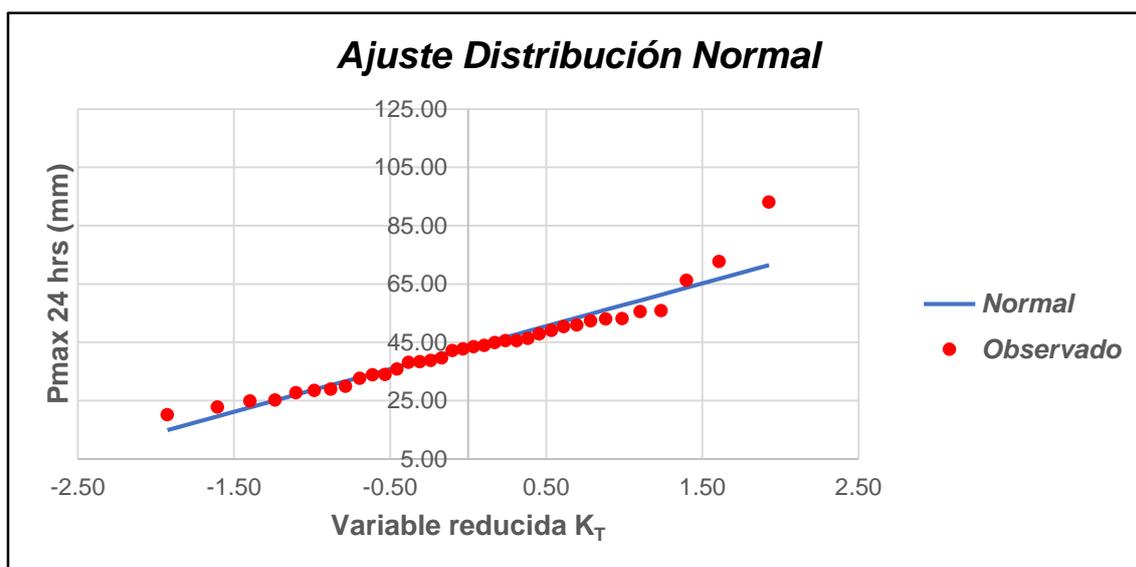
Tabla 106: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 5 (E5).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E5															
N	T	P(X>X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III		
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO							
1	37.00	2.70%	93.15	4.53	1.93	71.47	1.93	77.32	2.35	77.76	2.38	78.17	1.93	77.31	
2	18.50	5.41%	72.77	4.29	1.61	66.78	1.61	69.59	1.80	69.67	1.84	70.15	1.61	69.58	
3	12.33	8.11%	66.27	4.19	1.40	63.71	1.40	64.96	1.48	64.86	1.51	65.32	1.40	64.95	
4	9.25	10.81%	55.84	4.02	1.24	61.35	1.24	61.60	1.24	61.40	1.27	61.80	1.24	61.59	
5	7.40	13.51%	55.53	4.02	1.10	59.38	1.10	58.93	1.05	58.68	1.08	59.01	1.10	58.93	
6	6.17	16.22%	53.18	3.97	0.99	57.66	0.99	56.70	0.90	56.41	0.92	56.68	0.99	56.70	
7	5.29	18.92%	53.09	3.97	0.88	56.13	0.88	54.78	0.77	54.47	0.78	54.67	0.88	54.78	
8	4.63	21.62%	52.43	3.96	0.79	54.72	0.79	53.08	0.65	52.75	0.66	52.89	0.79	53.08	
9	4.11	24.32%	50.95	3.93	0.70	53.41	0.70	51.54	0.55	51.21	0.55	51.29	0.70	51.54	
10	3.70	27.03%	50.41	3.92	0.61	52.18	0.61	50.13	0.45	49.81	0.45	49.83	0.61	50.13	
11	3.36	29.73%	49.04	3.89	0.53	51.01	0.53	48.83	0.36	48.51	0.36	48.48	0.53	48.83	
12	3.08	32.43%	47.86	3.87	0.46	49.88	0.46	47.61	0.28	47.31	0.27	47.22	0.46	47.62	
13	2.85	35.14%	46.37	3.84	0.38	48.80	0.38	46.47	0.20	46.17	0.19	46.03	0.38	46.47	
14	2.64	37.84%	45.56	3.82	0.31	47.74	0.31	45.38	0.13	45.10	0.12	44.92	0.31	45.38	
15	2.47	40.54%	45.55	3.82	0.24	46.71	0.24	44.34	0.06	44.08	0.04	43.85	0.24	44.34	
16	2.31	43.24%	44.93	3.81	0.17	45.69	0.17	43.34	-0.01	43.10	-0.02	42.83	0.17	43.34	
17	2.18	45.95%	43.91	3.78	0.10	44.69	0.10	42.37	-0.07	42.15	-0.09	41.85	0.10	42.37	
18	2.06	48.65%	43.48	3.77	0.03	43.69	0.03	41.43	-0.13	41.23	-0.16	40.90	0.03	41.43	
19	1.95	51.35%	42.75	3.76	-0.03	42.70	-0.03	40.52	-0.19	40.34	-0.22	39.98	-0.03	40.52	
20	1.85	54.05%	42.23	3.74	-0.10	41.70	-0.10	39.62	-0.25	39.47	-0.28	39.09	-0.10	39.62	
21	1.76	56.76%	39.70	3.68	-0.17	40.70	-0.17	38.74	-0.31	38.61	-0.34	38.21	-0.17	38.74	
22	1.68	59.46%	38.83	3.66	-0.24	39.68	-0.24	37.86	-0.37	37.76	-0.40	37.35	-0.24	37.87	
23	1.61	62.16%	38.34	3.65	-0.31	38.65	-0.31	37.00	-0.43	36.92	-0.46	36.49	-0.31	37.00	
24	1.54	64.86%	38.18	3.64	-0.38	37.59	-0.38	36.13	-0.49	36.08	-0.51	35.65	-0.38	36.13	
25	1.48	67.57%	35.86	3.58	-0.46	36.51	-0.46	35.26	-0.54	35.23	-0.57	34.81	-0.46	35.26	
26	1.42	70.27%	34.00	3.53	-0.53	35.39	-0.53	34.38	-0.60	34.38	-0.63	33.97	-0.53	34.38	
27	1.37	72.97%	33.87	3.52	-0.61	34.21	-0.61	33.49	-0.66	33.52	-0.69	33.12	-0.61	33.49	
28	1.32	75.68%	32.69	3.49	-0.70	32.98	-0.70	32.57	-0.72	32.63	-0.74	32.26	-0.70	32.57	
29	1.28	78.38%	29.93	3.40	-0.79	31.67	-0.79	31.63	-0.78	31.71	-0.80	31.39	-0.78	31.63	
30	1.23	81.08%	28.93	3.37	-0.88	30.27	-0.88	30.65	-0.85	30.76	-0.87	30.49	-0.88	30.65	
31	1.19	83.78%	28.53	3.35	-0.99	28.73	-0.99	29.61	-0.92	29.74	-0.93	29.56	-0.99	29.61	
32	1.16	86.49%	27.77	3.32	-1.10	27.02	-1.10	28.49	-0.99	28.65	-1.00	28.57	-1.10	28.49	
33	1.12	89.19%	25.25	3.23	-1.24	25.05	-1.24	27.25	-1.07	27.44	-1.07	27.51	-1.24	27.25	
34	1.09	91.89%	24.87	3.21	-1.40	22.68	-1.40	25.84	-1.17	26.05	-1.15	26.34	-1.40	25.84	
35	1.06	94.59%	22.81	3.13	-1.61	19.61	-1.61	24.12	-1.28	24.34	-1.24	24.97	-1.61	24.12	
36	1.03	97.30%	20.23	3.01	-1.93	14.92	-1.93	21.71	-1.45	21.90	-1.36	23.18	-1.93	21.71	

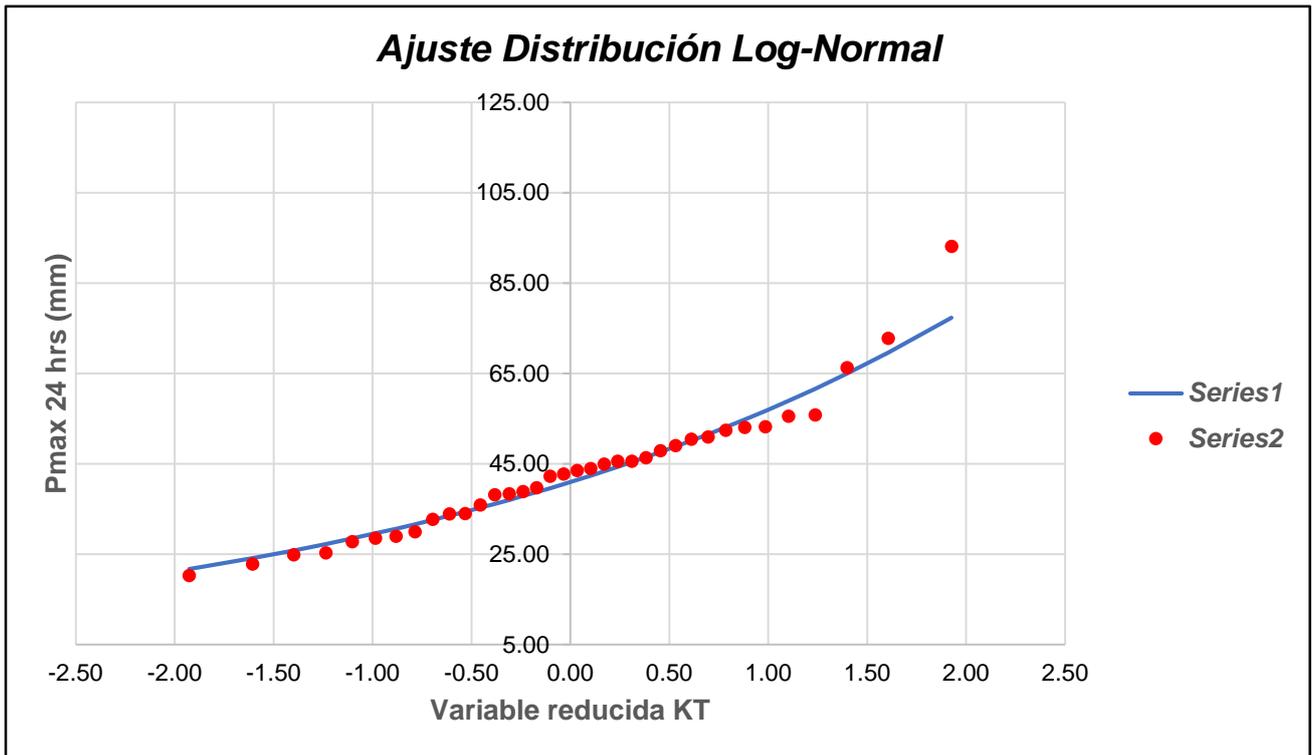
Tabla 107: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 5 (E5).

Fuente: Elaboración propia.



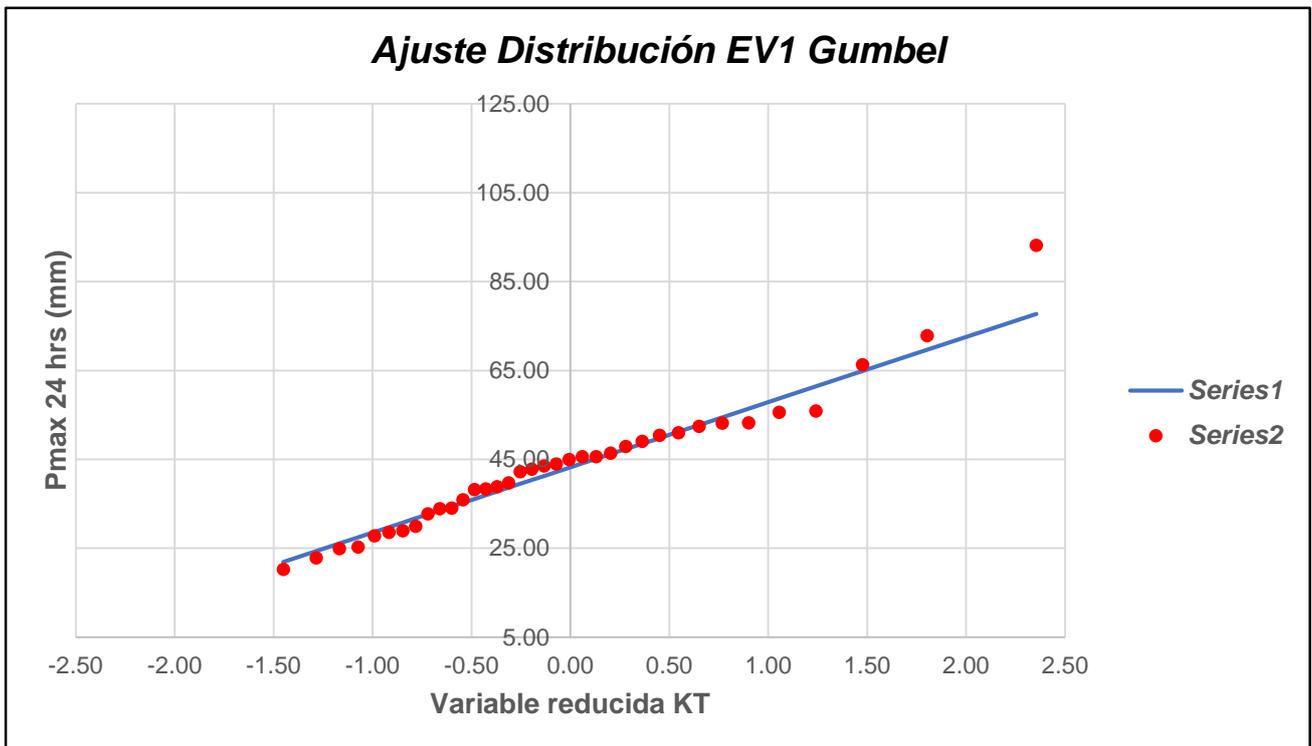
Gráfica N° 42: Ajuste de Distribución Normal de la estación 54 (E5).

Fuente: Elaboración propia.



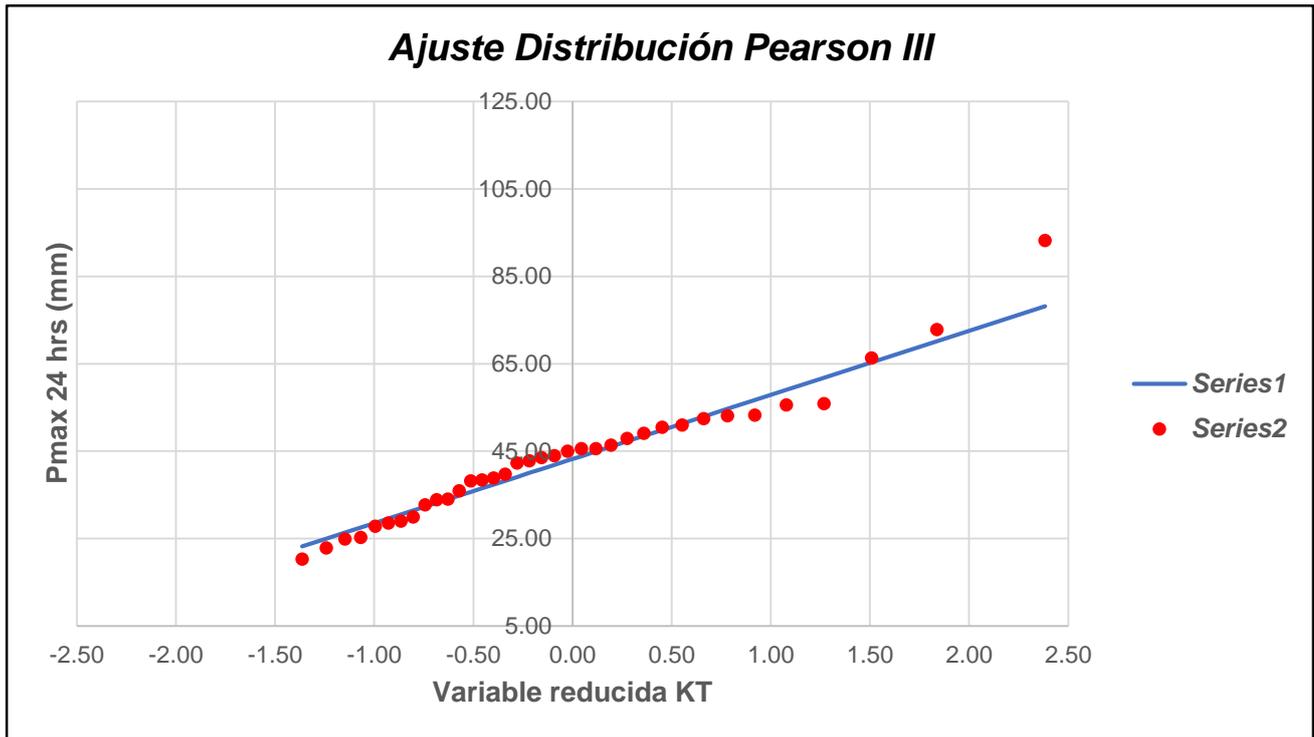
Gráfica N° 43: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 5 (E5).

Fuente: Elaboración propia.



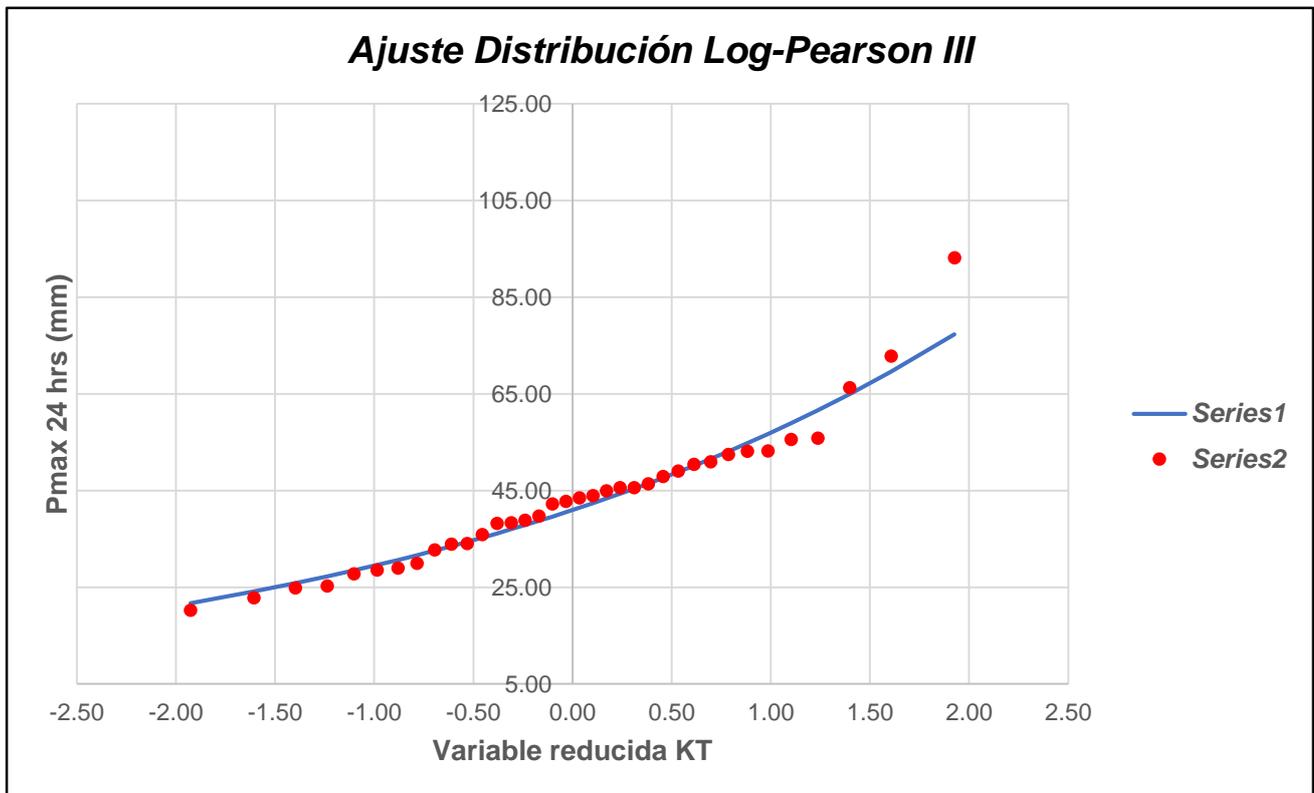
Gráfica N° 44: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 5 (E5).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 45: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 5 (E5).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 46: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 5 (E5).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _n)	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG-NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearson III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	93.15	0.9730	0.9997	0.0267	4.5342	0.9936	0.0207	0.9929	0.0199	0.9931	0.0201	0.9936	0.0206
2	72.77	0.9459	0.9780	0.0321	4.2873	0.9593	0.0133	0.9585	0.0126	0.9564	0.0105	0.9592	0.0133
3	66.27	0.9189	0.9420	0.0231	4.1937	0.9276	0.0087	0.9279	0.0090	0.9244	0.0054	0.9276	0.0087
4	55.84	0.8919	0.8055	0.0864	4.0225	0.8262	0.0657	0.8303	0.0616	0.8259	0.0660	0.8262	0.0657
5	55.53	0.8649	0.7997	0.0652	4.0170	0.8218	0.0430	0.8261	0.0388	0.8218	0.0431	0.8218	0.0430
6	53.18	0.8378	0.7519	0.0860	3.9737	0.7856	0.0522	0.7909	0.0470	0.7875	0.0504	0.7856	0.0522
7	53.09	0.8108	0.7497	0.0611	3.9719	0.7839	0.0269	0.7893	0.0215	0.7859	0.0249	0.7840	0.0268
8	52.43	0.7838	0.7353	0.0485	3.9594	0.7727	0.0111	0.7783	0.0055	0.7753	0.0085	0.7727	0.0111
9	50.95	0.7568	0.7013	0.0554	3.9308	0.7457	0.0110	0.7519	0.0049	0.7499	0.0069	0.7457	0.0110
10	50.41	0.7297	0.6885	0.0413	3.9202	0.7353	0.0055	0.7416	0.0119	0.7401	0.0103	0.7353	0.0056
11	49.04	0.7027	0.6548	0.0479	3.8927	0.7073	0.0046	0.7140	0.0113	0.7137	0.0110	0.7073	0.0046
12	47.86	0.6757	0.6246	0.0511	3.8682	0.6812	0.0056	0.6882	0.0126	0.6892	0.0136	0.6813	0.0056
13	46.37	0.6486	0.5856	0.0630	3.8367	0.6463	0.0023	0.6535	0.0048	0.6564	0.0077	0.6464	0.0023
14	45.56	0.6216	0.5639	0.0577	3.8190	0.6262	0.0046	0.6333	0.0117	0.6374	0.0157	0.6263	0.0046
15	45.55	0.5946	0.5636	0.0310	3.8188	0.6259	0.0313	0.6331	0.0385	0.6371	0.0425	0.6260	0.0314
16	44.93	0.5676	0.5470	0.0205	3.8051	0.6102	0.0426	0.6172	0.0497	0.6222	0.0546	0.6102	0.0426
17	43.91	0.5405	0.5193	0.0212	3.7821	0.5831	0.0426	0.5900	0.0495	0.5965	0.0559	0.5832	0.0426
18	43.48	0.5135	0.5077	0.0058	3.7723	0.5715	0.0580	0.5783	0.0648	0.5855	0.0719	0.5716	0.0581
19	42.75	0.4865	0.4880	0.0015	3.7555	0.5513	0.0649	0.5579	0.0714	0.5662	0.0797	0.5514	0.0649
20	42.23	0.4595	0.4738	0.0143	3.7432	0.5366	0.0771	0.5429	0.0834	0.5520	0.0925	0.5366	0.0771
21	39.70	0.4324	0.4057	0.0267	3.6812	0.4617	0.0293	0.4665	0.0341	0.4794	0.0470	0.4618	0.0294
22	38.83	0.4054	0.3830	0.0224	3.6592	0.4353	0.0298	0.4394	0.0340	0.4533	0.0479	0.4353	0.0299
23	38.34	0.3784	0.3703	0.0081	3.6464	0.4201	0.0417	0.4238	0.0454	0.4383	0.0599	0.4201	0.0418
24	38.18	0.3514	0.3662	0.0148	3.6422	0.4151	0.0638	0.4187	0.0673	0.4333	0.0820	0.4152	0.0638
25	35.86	0.3243	0.3087	0.0156	3.5797	0.3431	0.0188	0.3445	0.0202	0.3605	0.0362	0.3432	0.0188
26	34.00	0.2973	0.2656	0.0317	3.5265	0.2859	0.0114	0.2855	0.0118	0.3008	0.0035	0.2859	0.0114
27	33.87	0.2703	0.2626	0.0076	3.5226	0.2819	0.0116	0.2814	0.0111	0.2966	0.0263	0.2819	0.0117
28	32.69	0.2432	0.2370	0.0063	3.4870	0.2466	0.0033	0.2450	0.0018	0.2588	0.0155	0.2466	0.0034
29	29.93	0.2162	0.1830	0.0333	3.3987	0.1703	0.0459	0.1669	0.0493	0.1742	0.0420	0.1703	0.0459
30	28.93	0.1892	0.1656	0.0236	3.3650	0.1457	0.0435	0.1419	0.0473	0.1459	0.0433	0.1457	0.0435
31	28.53	0.1622	0.1588	0.0033	3.3510	0.1361	0.0260	0.1323	0.0298	0.1349	0.0272	0.1361	0.0260
32	27.77	0.1351	0.1467	0.0116	3.3241	0.1191	0.0160	0.1153	0.0199	0.1151	0.0201	0.1191	0.0160
33	25.25	0.1081	0.1107	0.0026	3.2287	0.0710	0.0372	0.0676	0.0405	0.0583	0.0498	0.0709	0.0372
34	24.87	0.0811	0.1059	0.0248	3.2135	0.0649	0.0162	0.0617	0.0194	0.0512	0.0299	0.0649	0.0162
35	22.81	0.0541	0.0824	0.0283	3.1271	0.0378	0.0163	0.0356	0.0184	0.0209	0.0331	0.0378	0.0163
36	20.23	0.0270	0.0588	0.0318	3.0073	0.0162	0.0109	0.0154	0.0117	0.0025	0.0245	0.0161	0.0109

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson II
Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.0864	0.0771	0.0834	0.0925	0.0771
Crítico	0.2040	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta
		Mejor Ajuste	4	1	3	5	2

Tabla 108: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 5 (E5).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	
10	0.9000	1.2816	62.01	1.2816	4.1354	62.51	1.3046	62.34	1.3332	62.76	1.2815	4.14	62.51	62.51
20	0.9500	1.6449	67.34	1.6449	4.2552	70.47	1.8658	70.58	1.8989	71.07	1.6446	4.26	70.46	70.46
30	0.9667	1.8339	70.11	1.8339	4.3175	75.00	2.1887	75.32	2.2192	75.77	1.8336	4.32	74.99	74.99
50	0.9800	2.0537	73.34	2.0537	4.3900	80.64	2.5923	81.25	2.6149	81.58	2.0533	4.39	80.63	80.63
100	0.9900	2.3263	77.34	2.3263	4.4798	88.22	3.1367	89.24	3.1415	89.31	2.3258	4.48	88.20	88.20

Tabla 109: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 5 (E5).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E6

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	48.81	3.8879
2	1982	48.27	3.8768
3	1983	35.49	3.5694
4	1984	57.38	4.0496
5	1985	31.12	3.4378
6	1986	28.69	3.3565
7	1987	96.09	4.5653
8	1988	29.88	3.3971
9	1989	36.44	3.5956
10	1990	48.95	3.8908
11	1991	72.85	4.2884
12	1992	32.99	3.4963
13	1993	69.63	4.2432
14	1994	51.95	3.9502
15	1995	44.59	3.7974
16	1996	32.54	3.4824
17	1997	38.20	3.6429
18	1998	47.79	3.8668
19	1999	57.37	4.0495
20	2000	69.47	4.2409
21	2001	77.10	4.3451
22	2002	48.53	3.8822
23	2003	23.91	3.1745
24	2004	42.28	3.7443
25	2005	56.37	4.0319
26	2006	68.02	4.2198
27	2007	57.26	4.0477
28	2008	72.47	4.2832
29	2009	52.51	3.9610
30	2010	74.95	4.3168
31	2011	58.02	4.0608
32	2012	33.74	3.5186
33	2013	28.66	3.3556
34	2014	30.35	3.4127
35	2015	33.62	3.5152
36	2016	45.83	3.8249

Ordenar de Mayor a Menor

96.09
77.10
74.95
72.85
72.47
69.63
69.47
68.02
58.02
57.38
57.37
57.26
56.37
52.51
51.95
48.95
48.81
48.53
48.27
47.79
47.79
45.83
44.59
42.28
38.20
36.44
35.49
33.74
33.62
32.99
32.54
31.12
30.35
29.88
28.69
28.66
23.91

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	96.09	4.57
Mínimo	23.91	3.17
Promedio \bar{x}	49.50	3.84
Desviación Estandar S	17.22	0.35
Coficiente de Asimetría Cs	0.6421	0.0234

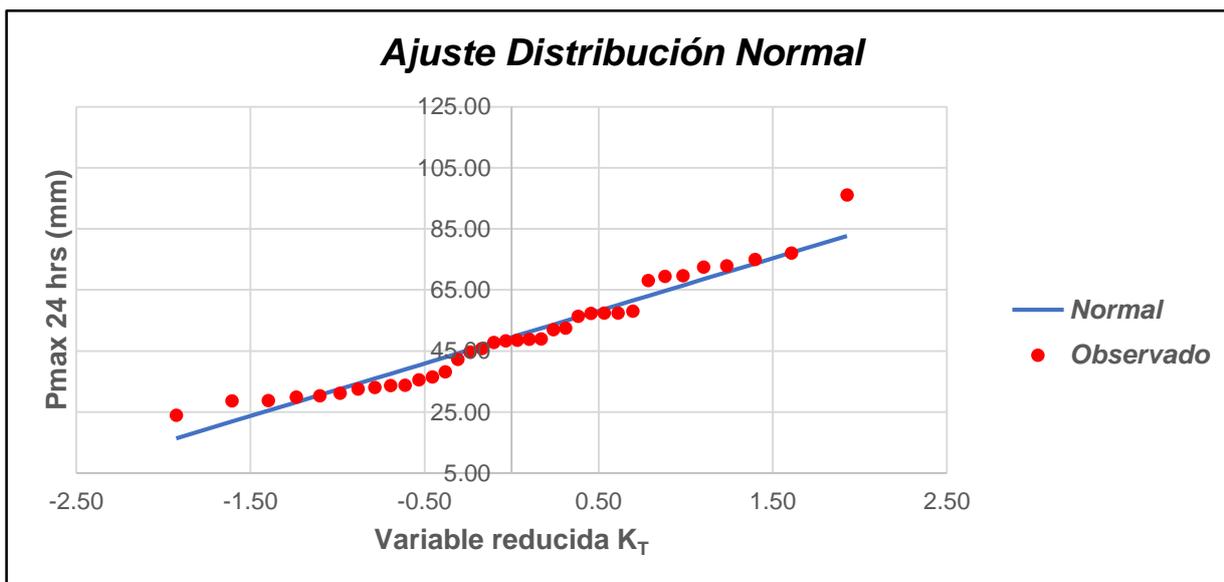
Tabla 110: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 6 (E6).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E6														
N	T	P(X>X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO						
1	37.00	2.70%	96.09	4.57	1.93	82.68	1.93	91.14	2.35	90.06	2.20	87.33	1.94	91.47
2	18.50	5.41%	77.10	4.35	1.61	77.18	1.61	81.57	1.80	80.56	1.75	79.70	1.61	81.74
3	12.33	8.11%	74.95	4.32	1.40	73.58	1.40	75.86	1.48	74.92	1.48	74.95	1.40	75.96
4	9.25	10.81%	72.85	4.29	1.24	70.80	1.24	71.74	1.24	70.86	1.27	71.41	1.24	71.79
5	7.40	13.51%	72.47	4.28	1.10	68.49	1.10	68.47	1.05	67.67	1.11	68.54	1.10	68.49
6	6.17	16.22%	69.63	4.24	0.99	66.48	0.99	65.75	0.90	65.01	0.96	66.10	0.99	65.75
7	5.29	18.92%	69.47	4.24	0.88	64.67	0.88	63.41	0.77	62.73	0.84	63.97	0.88	63.39
8	4.63	21.62%	68.02	4.22	0.79	63.02	0.79	61.33	0.65	60.71	0.73	62.05	0.78	61.30
9	4.11	24.32%	58.02	4.06	0.70	61.49	0.70	59.46	0.55	58.91	0.63	60.30	0.69	59.42
10	3.70	27.03%	57.38	4.05	0.61	60.04	0.61	57.76	0.45	57.26	0.53	58.68	0.61	57.71
11	3.36	29.73%	57.37	4.05	0.53	58.67	0.53	56.18	0.36	55.74	0.44	57.16	0.53	56.12
12	3.08	32.43%	57.26	4.05	0.46	57.35	0.46	54.71	0.28	54.33	0.36	55.73	0.45	54.65
13	2.85	35.14%	56.37	4.03	0.38	56.08	0.38	53.32	0.20	53.00	0.28	54.37	0.38	53.26
14	2.64	37.84%	52.51	3.96	0.31	54.84	0.31	52.01	0.13	51.74	0.21	53.07	0.31	51.94
15	2.47	40.54%	51.95	3.95	0.24	53.63	0.24	50.75	0.06	50.54	0.13	51.82	0.24	50.69
16	2.31	43.24%	48.95	3.89	0.17	52.43	0.17	49.55	-0.01	49.39	0.06	50.60	0.17	49.48
17	2.18	45.95%	48.81	3.89	0.10	51.26	0.10	48.38	-0.07	48.28	-0.01	49.41	0.10	48.32
18	2.06	48.65%	48.53	3.88	0.03	50.09	0.03	47.26	-0.13	47.20	-0.07	48.25	0.03	47.19
19	1.95	51.35%	48.27	3.88	-0.03	48.92	-0.03	46.16	-0.19	46.15	-0.14	47.11	-0.04	46.10
20	1.85	54.05%	47.79	3.87	-0.10	47.75	-0.10	45.08	-0.25	45.13	-0.20	45.99	-0.11	45.02
21	1.76	56.76%	45.83	3.82	-0.17	46.57	-0.17	44.03	-0.31	44.12	-0.27	44.87	-0.17	43.97
22	1.68	59.46%	44.59	3.80	-0.24	45.38	-0.24	42.98	-0.37	43.12	-0.33	43.76	-0.24	42.93
23	1.61	62.16%	42.28	3.74	-0.31	44.17	-0.31	41.95	-0.43	42.14	-0.40	42.64	-0.31	41.89
24	1.54	64.86%	38.20	3.64	-0.38	42.93	-0.38	40.91	-0.49	41.15	-0.46	41.52	-0.38	40.86
25	1.48	67.57%	36.44	3.60	-0.46	41.66	-0.46	39.87	-0.54	40.16	-0.53	40.38	-0.46	39.83
26	1.42	70.27%	35.49	3.57	-0.53	40.34	-0.53	38.83	-0.60	39.16	-0.60	39.23	-0.53	38.79
27	1.37	72.97%	33.74	3.52	-0.61	38.96	-0.61	37.77	-0.66	38.14	-0.67	38.05	-0.61	37.74
28	1.32	75.68%	33.62	3.52	-0.70	37.52	-0.70	36.68	-0.72	37.10	-0.74	36.83	-0.70	36.66
29	1.28	78.38%	32.99	3.50	-0.79	35.98	-0.79	35.57	-0.78	36.03	-0.81	35.56	-0.79	35.55
30	1.23	81.08%	32.54	3.48	-0.88	34.33	-0.88	34.40	-0.85	34.91	-0.89	34.22	-0.88	34.39
31	1.19	83.78%	31.12	3.44	-0.99	32.53	-0.99	33.18	-0.92	33.72	-0.97	32.80	-0.99	33.18
32	1.16	86.49%	30.35	3.41	-1.10	30.52	-1.10	31.86	-0.99	32.43	-1.06	31.25	-1.10	31.87
33	1.12	89.19%	29.88	3.40	-1.24	28.20	-1.24	30.41	-1.07	31.01	-1.16	29.53	-1.23	30.43
34	1.09	91.89%	28.69	3.36	-1.40	25.43	-1.40	28.75	-1.17	29.38	-1.28	27.54	-1.39	28.79
35	1.06	94.59%	28.66	3.36	-1.61	21.83	-1.61	26.74	-1.28	27.37	-1.42	25.07	-1.60	26.80
36	1.03	97.30%	23.91	3.17	-1.93	16.32	-1.93	23.94	-1.45	24.51	-1.62	21.55	-1.92	24.02

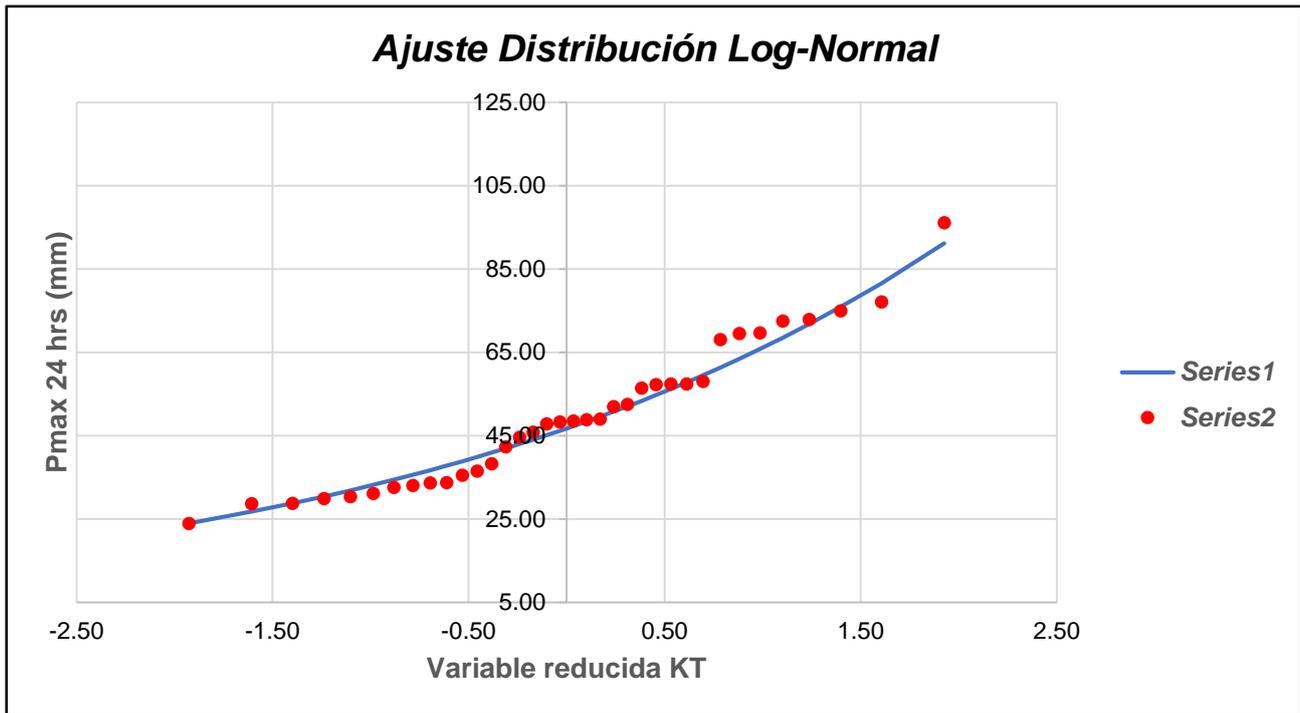
Tabla 111: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 6 (E6).

Fuente: Elaboración propia.



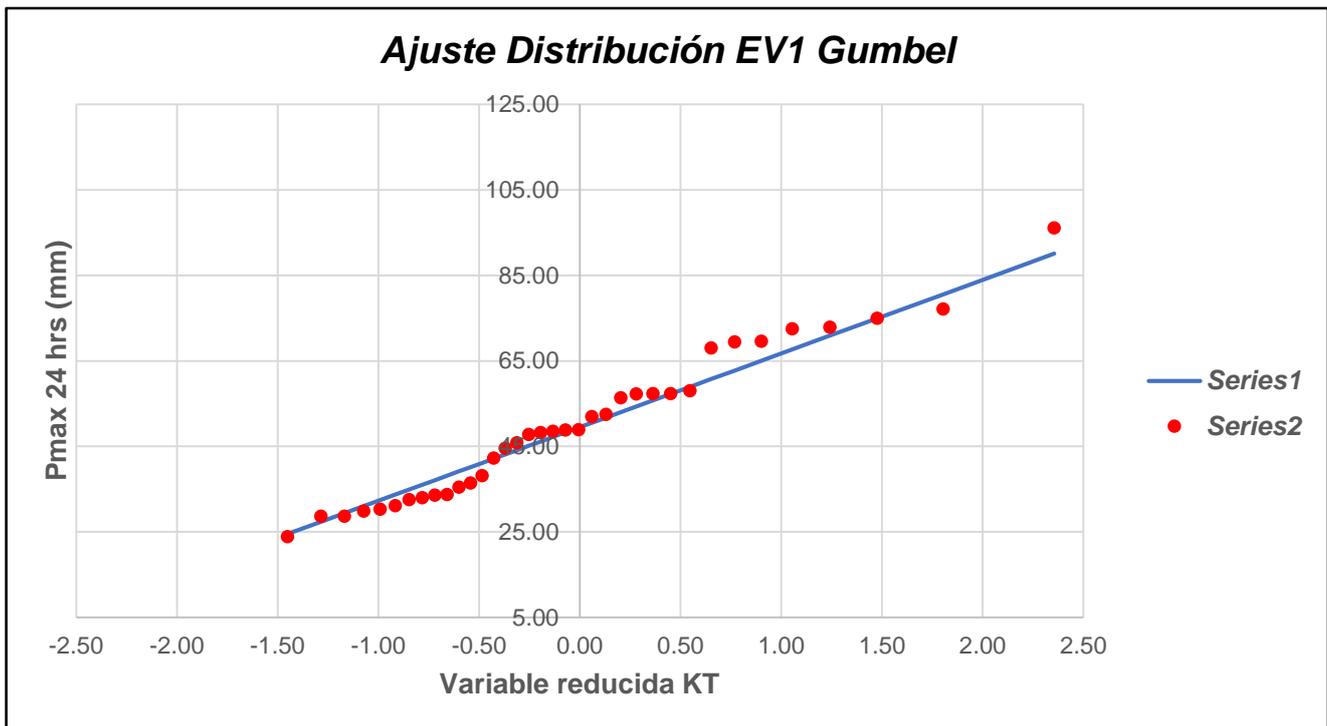
Gráfica N° 47: Ajuste de Distribución Normal de la estación 6 (E6).

Fuente: Elaboración propia.



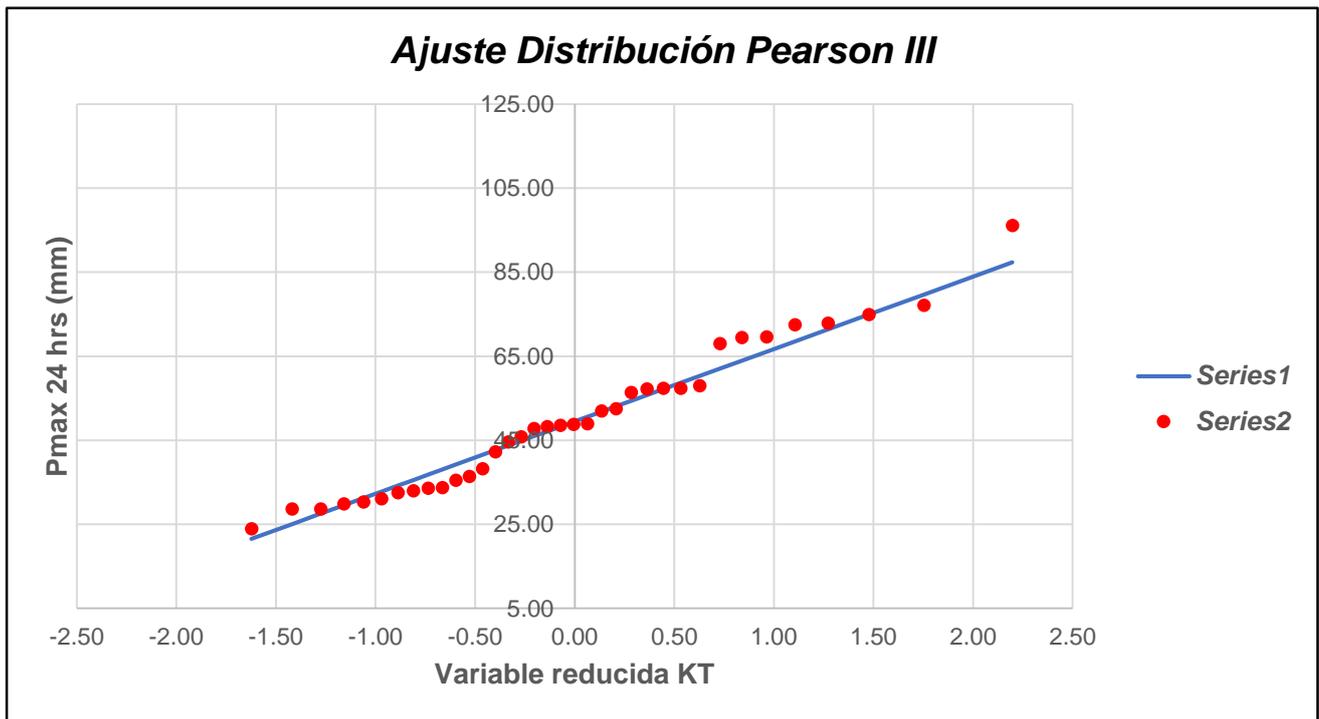
Gráfica N° 48: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 6 (E6).

Fuente: Elaboración propia.



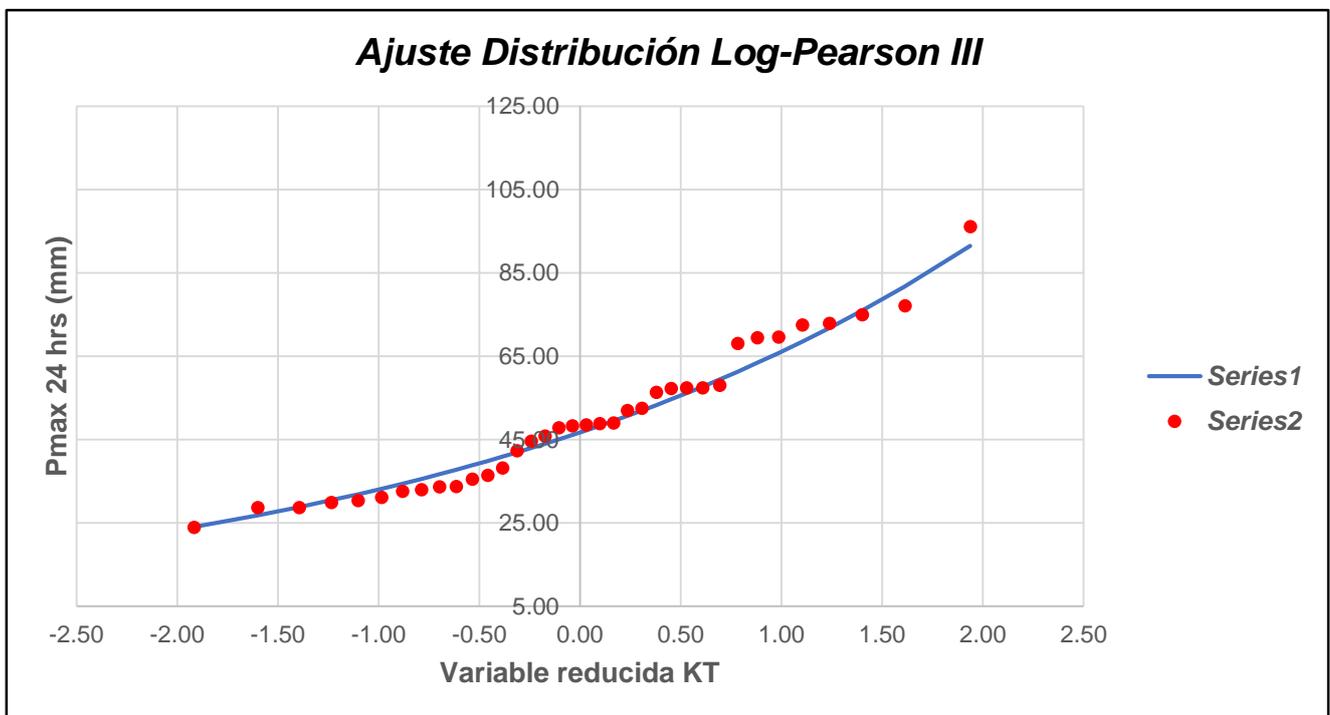
Gráfica N° 49: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 6 (E6).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 50: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 6 (E6).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 51: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 6 (E6).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _n)	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearso n III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	96.09	0.9730	0.9966	0.0236	4.5653	0.9812	0.0082	0.9827	0.0097	0.9885	0.0155	0.9806	0.0076
2	77.10	0.9459	0.9455	0.0005	4.3451	0.9257	0.0202	0.9306	0.0153	0.9322	0.0138	0.9251	0.0208
3	74.95	0.9189	0.9302	0.0113	4.3168	0.9135	0.0054	0.9191	0.0001	0.9187	0.0002	0.9130	0.0059
4	72.85	0.8919	0.9124	0.0205	4.2884	0.8999	0.0080	0.9060	0.0141	0.9034	0.0115	0.8995	0.0076
5	72.47	0.8649	0.9089	0.0440	4.2832	0.8973	0.0324	0.9035	0.0386	0.9005	0.0356	0.8969	0.0320
6	69.63	0.8378	0.8787	0.0409	4.2432	0.8751	0.0372	0.8821	0.0443	0.8754	0.0375	0.8748	0.0370
7	69.47	0.8108	0.8768	0.0660	4.2409	0.8737	0.0629	0.8808	0.0700	0.8738	0.0630	0.8734	0.0626
8	68.02	0.7838	0.8588	0.0750	4.2198	0.8607	0.0769	0.8681	0.0843	0.8591	0.0753	0.8605	0.0767
9	58.02	0.7568	0.6895	0.0672	4.0608	0.7340	0.0227	0.7425	0.0143	0.7178	0.0389	0.7348	0.0219
10	57.38	0.7297	0.6762	0.0535	4.0496	0.7234	0.0063	0.7317	0.0020	0.7063	0.0234	0.7243	0.0055
11	57.37	0.7027	0.6761	0.0266	4.0495	0.7233	0.0206	0.7316	0.0289	0.7062	0.0035	0.7242	0.0215
12	57.26	0.6757	0.6739	0.0018	4.0477	0.7215	0.0458	0.7298	0.0541	0.7042	0.0286	0.7224	0.0467
13	56.37	0.6486	0.6549	0.0062	4.0319	0.7060	0.0574	0.7141	0.0654	0.6875	0.0389	0.7070	0.0583
14	52.51	0.6216	0.5693	0.0523	3.9610	0.6321	0.0105	0.6384	0.0167	0.6096	0.0121	0.6334	0.0118
15	51.95	0.5946	0.5564	0.0382	3.9502	0.6204	0.0258	0.6262	0.0317	0.5974	0.0028	0.6217	0.0272
16	48.95	0.5676	0.4872	0.0803	3.8908	0.5538	0.0137	0.5571	0.0105	0.5300	0.0376	0.5553	0.0122
17	48.81	0.5405	0.4839	0.0566	3.8879	0.5505	0.0100	0.5536	0.0131	0.5267	0.0139	0.5520	0.0115
18	48.53	0.5135	0.4775	0.0360	3.8822	0.5440	0.0305	0.5469	0.0333	0.5202	0.0067	0.5455	0.0320
19	48.27	0.4865	0.4714	0.0151	3.8768	0.5378	0.0513	0.5403	0.0539	0.5140	0.0275	0.5393	0.0528
20	47.79	0.4595	0.4603	0.0009	3.8668	0.5263	0.0669	0.5284	0.0689	0.5028	0.0433	0.5279	0.0684
21	45.83	0.4324	0.4156	0.0169	3.8249	0.4783	0.0458	0.4780	0.0456	0.4560	0.0236	0.4798	0.0474
22	44.59	0.4054	0.3876	0.0178	3.7974	0.4468	0.0413	0.4450	0.0396	0.4260	0.0206	0.4483	0.0429
23	42.28	0.3784	0.3375	0.0409	3.7443	0.3871	0.0088	0.3824	0.0040	0.3702	0.0082	0.3885	0.0101
24	38.20	0.3514	0.2558	0.0955	3.6429	0.2812	0.0701	0.2718	0.0796	0.2743	0.0770	0.2821	0.0693
25	36.44	0.3243	0.2240	0.1003	3.5956	0.2372	0.0872	0.2264	0.0980	0.2354	0.0889	0.2377	0.0866
26	35.49	0.2973	0.2080	0.0893	3.5694	0.2145	0.0828	0.2032	0.0941	0.2155	0.0818	0.2149	0.0824
27	33.74	0.2703	0.1800	0.0903	3.5186	0.1743	0.0960	0.1626	0.1076	0.1803	0.0900	0.1744	0.0958
28	33.62	0.2432	0.1782	0.0650	3.5152	0.1718	0.0715	0.1601	0.0831	0.1781	0.0652	0.1719	0.0714
29	32.99	0.2162	0.1689	0.0473	3.4963	0.1583	0.0579	0.1466	0.0696	0.1662	0.0500	0.1583	0.0579
30	32.54	0.1892	0.1623	0.0269	3.4824	0.1488	0.0404	0.1372	0.0520	0.1579	0.0313	0.1487	0.0405
31	31.12	0.1622	0.1429	0.0193	3.4378	0.1209	0.0412	0.1100	0.0522	0.1333	0.0289	0.1206	0.0415
32	30.35	0.1351	0.1330	0.0021	3.4127	0.1071	0.0281	0.0965	0.0386	0.1209	0.0143	0.1067	0.0285
33	29.88	0.1081	0.1273	0.0191	3.3971	0.0990	0.0091	0.0888	0.0193	0.1136	0.0055	0.0985	0.0096
34	28.69	0.0811	0.1134	0.0323	3.3565	0.0801	0.0010	0.0710	0.0101	0.0963	0.0153	0.0795	0.0016
35	28.66	0.0541	0.1131	0.0591	3.3556	0.0797	0.0256	0.0706	0.0165	0.0960	0.0419	0.0791	0.0251
36	23.91	0.0270	0.0687	0.0416	3.1745	0.0269	0.0002	0.0229	0.0041	0.0436	0.0166	0.0262	0.0008

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III
Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.1003	0.0960	0.1076	0.0900	0.0958
Δcrítico	0.2040		Si se ajusta				
		Mejor Ajuste	4	3	5	1	2

Tabla 112: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 6 (E6).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	
10	0.9000	1.2816	71.57	1.2816	4.2886	72.86	1.3046	71.97	1.3284	72.38	1.2840	4.29	72.9258	72.38
20	0.9500	1.6449	77.83	1.6449	4.4147	82.65	1.8658	81.64	1.8048	80.59	1.6515	4.42	82.8437	80.59
30	0.9667	1.8339	81.09	1.8339	4.4803	88.26	2.1887	87.20	2.0657	85.08	1.8431	4.48	88.5400	85.08
50	0.9800	2.0537	84.87	2.0537	4.5565	95.25	2.5923	94.15	2.3805	90.50	2.0663	4.56	95.6696	90.50
100	0.9900	2.3263	89.57	2.3263	4.6511	104.71	3.1367	103.53	2.7882	97.52	2.3436	4.66	105.3322	97.52

Tabla 113: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 6 (E6).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E7

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	42.26	3.7438
2	1982	87.24	4.4687
3	1983	32.78	3.4897
4	1984	37.20	3.6163
5	1985	28.75	3.3587
6	1986	24.42	3.1952
7	1987	151.65	5.0216
8	1988	41.99	3.7374
9	1989	31.78	3.4589
10	1990	68.17	4.2220
11	1991	29.91	3.3983
12	1992	46.95	3.8492
13	1993	155.94	5.0495
14	1994	75.03	4.3179
15	1995	58.57	4.0703
16	1996	32.81	3.4907
17	1997	61.79	4.1237
18	1998	76.42	4.3362
19	1999	72.79	4.2875
20	2000	52.65	3.9636
21	2001	54.22	3.9931
22	2002	55.20	4.0109
23	2003	39.93	3.6872
24	2004	40.70	3.7063
25	2005	75.15	4.3195
26	2006	72.38	4.2819
27	2007	59.51	4.0862
28	2008	60.42	4.1014
29	2009	39.10	3.6661
30	2010	98.72	4.5922
31	2011	66.94	4.2039
32	2012	39.36	3.6727
33	2013	38.10	3.6401
34	2014	24.40	3.1947
35	2015	27.09	3.2992
36	2016	24.11	3.1825

Ordenar de Mayor a Menor

155.94
151.65
98.72
87.24
76.42
75.15
75.03
72.79
72.38
68.17
66.94
61.79
60.42
59.51
58.57
55.20
54.22
52.65
46.95
42.26
41.99
40.70
39.93
39.36
39.10
38.10
37.20
32.81
32.78
31.78
29.91
28.75
27.09
24.40
24.11

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	155.94	5.05
Mínimo	24.11	3.18
Promedio \bar{x}	56.23	3.91
Desviación Estandar S	30.76	0.48
Coefficiente de Asimetría Cs	1.8303	0.4800

Tabla 114: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 7 (E7).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E7														
N	T	P(X>X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO						
1	37.00	2.70%	155.94	5.05	1.93	115.49	1.93	125.06	2.35	128.67	2.56	134.90	2.13	137.95
2	18.50	5.41%	151.65	5.02	1.61	105.66	1.61	107.41	1.80	111.71	1.89	114.33	1.72	113.40
3	12.33	8.11%	98.72	4.59	1.40	99.23	1.40	97.25	1.48	101.64	1.50	102.35	1.46	100.25
4	9.25	10.81%	87.24	4.47	1.24	94.27	1.24	90.07	1.24	94.39	1.22	93.86	1.27	91.38
5	7.40	13.51%	76.42	4.34	1.10	90.15	1.10	84.50	1.05	88.67	1.01	87.27	1.11	84.73
6	6.17	16.22%	75.15	4.32	0.99	86.55	0.99	79.93	0.90	83.93	0.83	81.87	0.97	79.44
7	5.29	18.92%	75.03	4.32	0.88	83.33	0.88	76.04	0.77	79.85	0.68	77.30	0.85	75.05
8	4.63	21.62%	72.79	4.29	0.79	80.38	0.79	72.65	0.65	76.26	0.56	73.32	0.75	71.30
9	4.11	24.32%	72.38	4.28	0.70	77.64	0.70	69.64	0.55	73.03	0.44	69.80	0.65	68.03
10	3.70	27.03%	68.17	4.22	0.61	75.06	0.61	66.91	0.45	70.09	0.34	66.64	0.55	65.12
11	3.36	29.73%	66.94	4.20	0.53	72.60	0.53	64.42	0.36	67.38	0.25	63.77	0.47	62.50
12	3.08	32.43%	61.79	4.12	0.46	70.25	0.46	62.11	0.28	64.85	0.16	61.14	0.39	60.12
13	2.85	35.14%	60.42	4.10	0.38	67.97	0.38	59.96	0.20	62.47	0.08	58.70	0.31	57.93
14	2.64	37.84%	59.51	4.09	0.31	65.76	0.31	57.95	0.13	60.22	0.01	56.43	0.23	55.90
15	2.47	40.54%	58.57	4.07	0.24	63.60	0.24	56.04	0.06	58.08	-0.06	54.31	0.16	54.00
16	2.31	43.24%	55.20	4.01	0.17	61.47	0.17	54.22	-0.01	56.02	-0.13	52.31	0.09	52.22
17	2.18	45.95%	54.22	3.99	0.10	59.37	0.10	52.49	-0.07	54.04	-0.19	50.42	0.02	50.53
18	2.06	48.65%	52.65	3.96	0.03	57.28	0.03	50.82	-0.13	52.12	-0.25	48.62	-0.05	48.92
19	1.95	51.35%	46.95	3.85	-0.03	55.19	-0.03	49.21	-0.19	50.25	-0.30	46.90	-0.11	47.39
20	1.85	54.05%	42.26	3.74	-0.10	53.10	-0.10	47.64	-0.25	48.42	-0.36	45.26	-0.18	45.92
21	1.76	56.76%	41.99	3.74	-0.17	51.00	-0.17	46.12	-0.31	46.62	-0.41	43.69	-0.25	44.50
22	1.68	59.46%	40.70	3.71	-0.24	48.87	-0.24	44.62	-0.37	44.84	-0.46	42.17	-0.31	43.12
23	1.61	62.16%	39.93	3.69	-0.31	46.71	-0.31	43.15	-0.43	43.08	-0.50	40.70	-0.38	41.78
24	1.54	64.86%	39.36	3.67	-0.38	44.49	-0.38	41.70	-0.49	41.31	-0.55	39.28	-0.44	40.47
25	1.48	67.57%	39.10	3.67	-0.46	42.22	-0.46	40.26	-0.54	39.54	-0.60	37.90	-0.51	39.18
26	1.42	70.27%	38.10	3.64	-0.53	39.86	-0.53	38.82	-0.60	37.76	-0.64	36.55	-0.58	37.90
27	1.37	72.97%	37.20	3.62	-0.61	37.41	-0.61	37.37	-0.66	35.95	-0.68	35.23	-0.65	36.63
28	1.32	75.68%	32.81	3.49	-0.70	34.83	-0.70	35.91	-0.72	34.09	-0.72	33.94	-0.73	35.35
29	1.28	78.38%	32.78	3.49	-0.79	32.09	-0.79	34.42	-0.78	32.17	-0.77	32.67	-0.81	34.07
30	1.23	81.08%	31.78	3.46	-0.88	29.14	-0.88	32.88	-0.85	30.16	-0.81	31.41	-0.89	32.76
31	1.19	83.78%	29.91	3.40	-0.99	25.92	-0.99	31.29	-0.92	28.04	-0.85	30.17	-0.98	31.41
32	1.16	86.49%	28.75	3.36	-1.10	22.32	-1.10	29.59	-0.99	25.75	-0.89	28.92	-1.07	30.00
33	1.12	89.19%	27.09	3.30	-1.24	18.19	-1.24	27.76	-1.07	23.21	-0.93	27.67	-1.18	28.48
34	1.09	91.89%	24.42	3.20	-1.40	13.24	-1.40	25.71	-1.17	20.30	-0.97	26.41	-1.31	26.81
35	1.06	94.59%	24.40	3.19	-1.61	6.81	-1.61	23.28	-1.28	16.71	-1.01	25.11	-1.47	24.85
36	1.03	97.30%	24.11	3.18	-1.93	-3.02	-1.93	20.00	-1.45	11.60	-1.06	23.77	-1.70	22.25

Tabla 115: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 7 (E7).

Fuente: Elaboración propia.

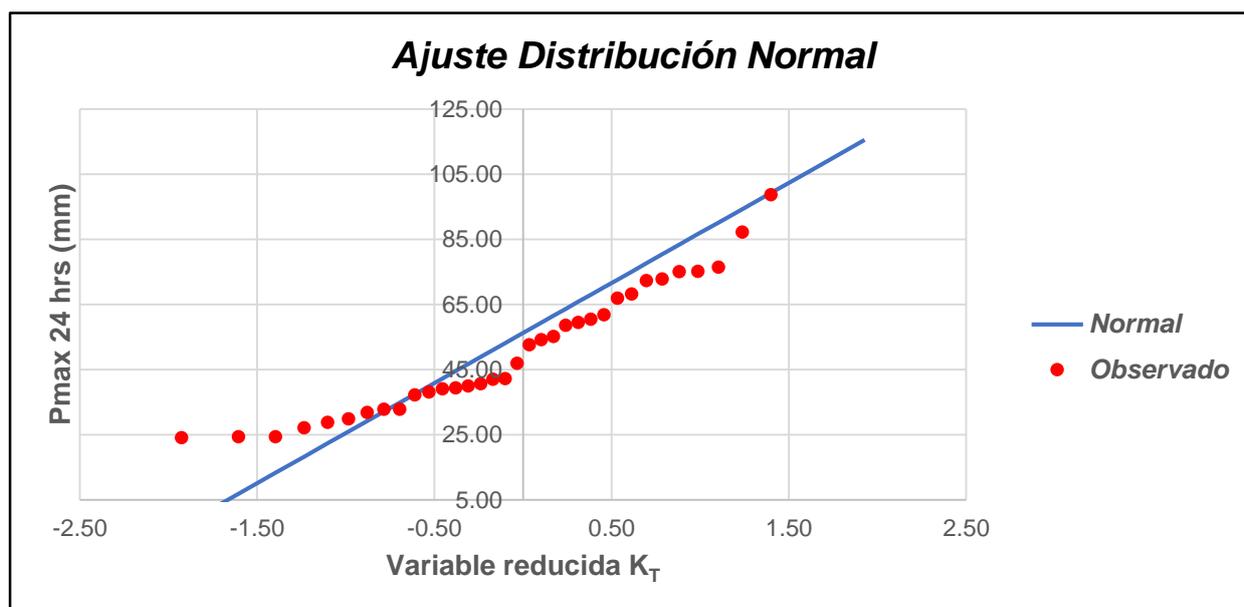


Tabla 116: Ajuste de Distribución Normal de la estación 7 (E7).

Fuente: Elaboración propia.

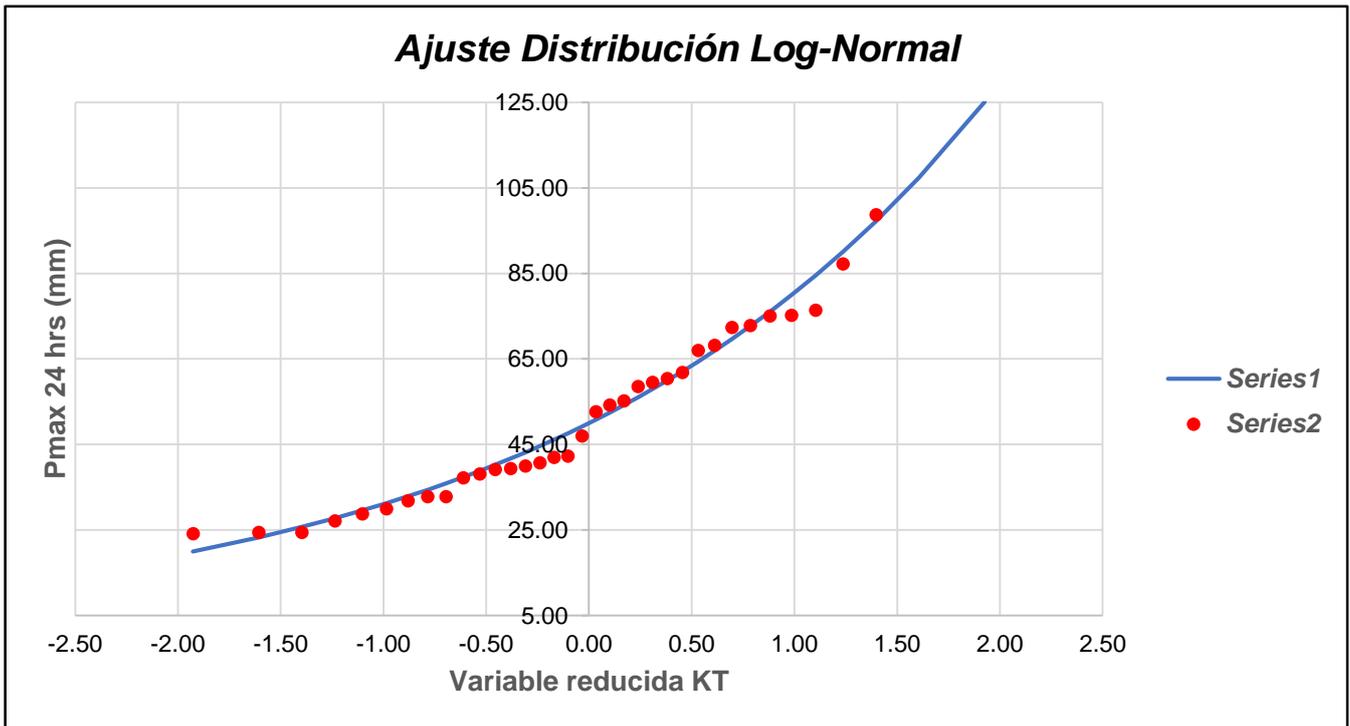


Tabla 117: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 7 (E7).

Fuente: Elaboración propia.

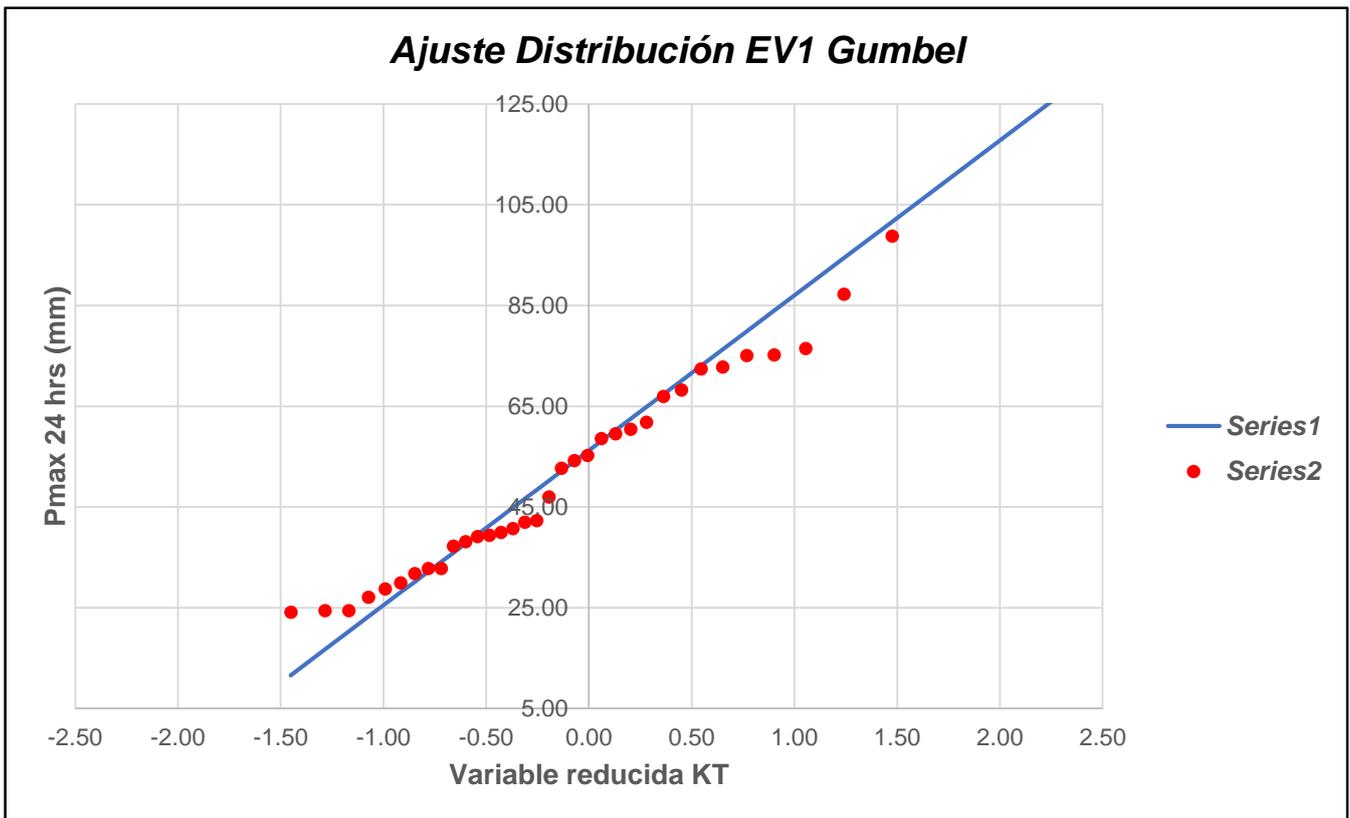


Tabla 118: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 7 (E7).

Fuente: Elaboración propia.

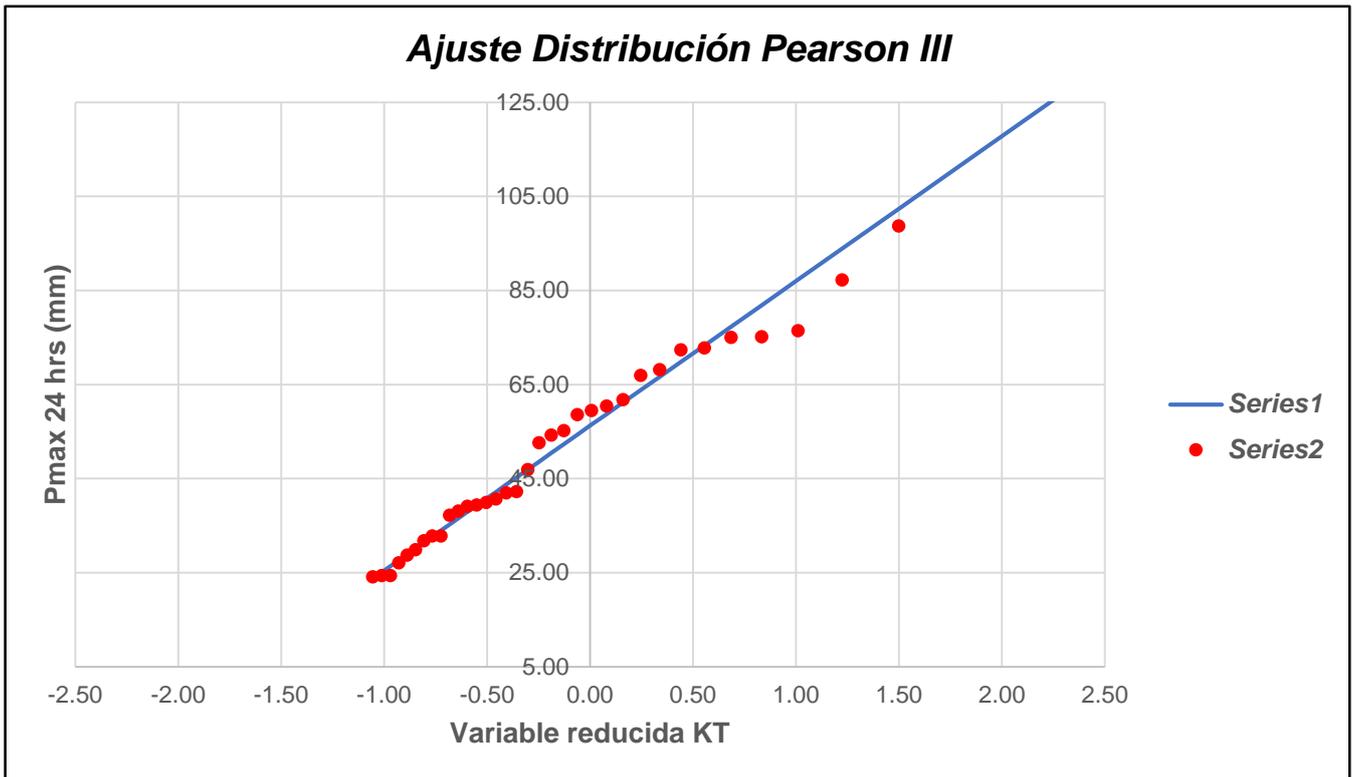


Tabla 119: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 7 (E7).

Fuente: Elaboración propia.

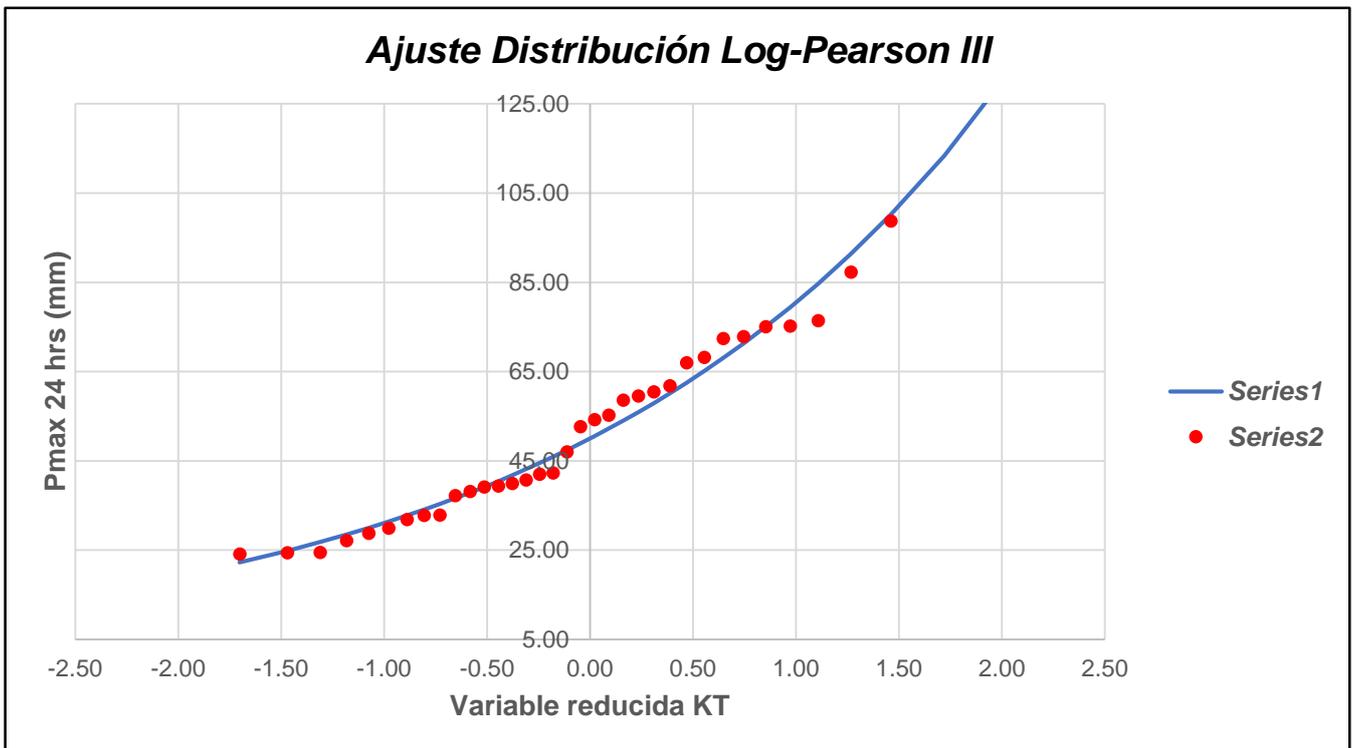


Tabla 120: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 7 (E7).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _n)	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearson n III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	155.94	0.9730	0.9994	0.0264	5.0495	0.9916	0.0186	0.9913	0.0183	0.9866	0.0137	0.9830	0.0100
2	151.65	0.9459	0.9990	0.0531	5.0216	0.9901	0.0442	0.9895	0.0436	0.9845	0.0386	0.9811	0.0351
3	98.72	0.9189	0.9164	0.0026	4.5922	0.9235	0.0046	0.9089	0.0100	0.9065	0.0124	0.9147	0.0042
4	87.24	0.8919	0.8433	0.0486	4.4687	0.8789	0.0130	0.8572	0.0347	0.8628	0.0291	0.8757	0.0162
5	76.42	0.8649	0.7441	0.1207	4.3362	0.8136	0.0513	0.7851	0.0798	0.8036	0.0613	0.8195	0.0454
6	75.15	0.8378	0.7307	0.1071	4.3195	0.8040	0.0338	0.7748	0.0630	0.7952	0.0426	0.8112	0.0266
7	75.03	0.8108	0.7295	0.0814	4.3179	0.8031	0.0077	0.7738	0.0370	0.7944	0.0164	0.8105	0.0004
8	72.79	0.7838	0.7048	0.0790	4.2875	0.7849	0.0011	0.7546	0.0292	0.7786	0.0051	0.7947	0.0109
9	72.38	0.7568	0.7001	0.0566	4.2819	0.7814	0.0247	0.7509	0.0058	0.7756	0.0189	0.7917	0.0349
10	68.17	0.7297	0.6510	0.0787	4.2220	0.7425	0.0128	0.7108	0.0189	0.7425	0.0128	0.7578	0.0280
11	66.94	0.7027	0.6361	0.0666	4.2039	0.7301	0.0274	0.6982	0.0045	0.7320	0.0293	0.7468	0.0441
12	61.79	0.6757	0.5717	0.1040	4.1237	0.6717	0.0040	0.6406	0.0351	0.6832	0.0075	0.6947	0.0190
13	60.42	0.6486	0.5542	0.0945	4.1014	0.6546	0.0059	0.6241	0.0246	0.6689	0.0202	0.6791	0.0305
14	59.51	0.6216	0.5425	0.0792	4.0862	0.6427	0.0211	0.6128	0.0088	0.6590	0.0374	0.6683	0.0467
15	58.57	0.5946	0.5303	0.0643	4.0703	0.6302	0.0356	0.6009	0.0063	0.6486	0.0540	0.6567	0.0621
16	55.20	0.5676	0.4866	0.0810	4.0109	0.5822	0.0147	0.5564	0.0112	0.6085	0.0409	0.6118	0.0442
17	54.22	0.5405	0.4739	0.0666	3.9931	0.5675	0.0270	0.5430	0.0025	0.5961	0.0555	0.5978	0.0573
18	52.65	0.5135	0.4536	0.0599	3.9636	0.5431	0.0296	0.5210	0.0075	0.5754	0.0619	0.5742	0.0607
19	46.95	0.4865	0.3815	0.1050	3.8492	0.4474	0.0391	0.4375	0.0490	0.4922	0.0057	0.4787	0.0078
20	42.26	0.4595	0.3248	0.1347	3.7438	0.3618	0.0977	0.3659	0.0936	0.4130	0.0465	0.3884	0.0711
21	41.99	0.4324	0.3216	0.1108	3.7374	0.3567	0.0757	0.3617	0.0707	0.4081	0.0243	0.3829	0.0496
22	40.70	0.4054	0.3068	0.0986	3.7063	0.3327	0.0727	0.3420	0.0634	0.3846	0.0208	0.3566	0.0488
23	39.93	0.3784	0.2981	0.0803	3.6872	0.3182	0.0602	0.3302	0.0482	0.3700	0.0084	0.3405	0.0379
24	39.36	0.3514	0.2916	0.0597	3.6727	0.3074	0.0440	0.3215	0.0299	0.3590	0.0077	0.3285	0.0229
25	39.10	0.3243	0.2888	0.0356	3.6661	0.3026	0.0218	0.3176	0.0068	0.3540	0.0297	0.3231	0.0013
26	38.10	0.2973	0.2777	0.0196	3.6401	0.2838	0.0135	0.3024	0.0051	0.3343	0.0370	0.3018	0.0045
27	37.20	0.2703	0.2680	0.0022	3.6163	0.2671	0.0032	0.2889	0.0187	0.3164	0.0461	0.2828	0.0126
28	32.81	0.2432	0.2232	0.0201	3.4907	0.1879	0.0554	0.2251	0.0181	0.2233	0.0199	0.1905	0.0527
29	32.78	0.2162	0.2228	0.0066	3.4897	0.1873	0.0289	0.2247	0.0085	0.2226	0.0064	0.1898	0.0264
30	31.78	0.1892	0.2133	0.0241	3.4589	0.1704	0.0188	0.2109	0.0217	0.2005	0.0113	0.1698	0.0194
31	29.91	0.1622	0.1961	0.0339	3.3983	0.1401	0.0221	0.1859	0.0238	0.1580	0.0041	0.1338	0.0283
32	28.75	0.1351	0.1858	0.0507	3.3587	0.1224	0.0127	0.1710	0.0359	0.1313	0.0038	0.1129	0.0222
33	27.09	0.1081	0.1717	0.0636	3.2992	0.0988	0.0093	0.1507	0.0426	0.0929	0.0153	0.0854	0.0227
34	24.42	0.0811	0.1505	0.0694	3.1952	0.0660	0.0151	0.1205	0.0395	0.0329	0.0482	0.0488	0.0323
35	24.40	0.0541	0.1504	0.0963	3.1947	0.0658	0.0117	0.1204	0.0663	0.0326	0.0215	0.0486	0.0055
36	24.11	0.0270	0.1481	0.1211	3.1825	0.0626	0.0356	0.1173	0.0902	0.0264	0.0006	0.0452	0.0182

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III
Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.1347	0.0977	0.0936	0.0619	0.0711
Δ _{crítico}	0.2040	Si se ajusta		Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta
Mejor Ajuste		5	4	3	1	2	

Tabla 121: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 7 (E7).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e ^{λx_T}	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e ^{λx_T}	
10	0.9000	1.2816	95.66	1.2816	4.5219	92.01	1.3046	96.36	1.2980	96.16	1.32	4.54	93.75	96.16
20	0.9500	1.6449	106.83	1.6449	4.6948	109.38	1.8658	113.63	1.9638	116.64	1.77	4.75	116.03	116.64
30	0.9667	1.8339	112.65	1.8339	4.7848	119.67	2.1887	123.56	2.3545	128.66	2.01	4.87	130.23	128.66
50	0.9800	2.0537	119.41	2.0537	4.8894	132.87	2.5923	135.97	2.8491	143.88	2.30	5.01	149.52	143.88
100	0.9900	2.3263	127.79	2.3263	5.0191	151.27	3.1367	152.72	3.5255	164.68	2.67	5.18	178.50	164.68

Tabla 122: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 7 (E7).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E8

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	43.25	3.7670
2	1982	35.98	3.5829
3	1983	35.06	3.5571
4	1984	18.60	2.9232
5	1985	14.31	2.6611
6	1986	16.37	2.7955
7	1987	44.55	3.7967
8	1988	28.85	3.3621
9	1989	20.53	3.0218
10	1990	32.75	3.4888
11	1991	25.95	3.2563
12	1992	23.99	3.1776
13	1993	47.30	3.8565
14	1994	33.59	3.5142
15	1995	21.34	3.0604
16	1996	24.63	3.2038
17	1997	20.57	3.0238
18	1998	41.09	3.7158
19	1999	23.12	3.1408
20	2000	27.95	3.3305
21	2001	27.72	3.3223
22	2002	31.40	3.4467
23	2003	12.84	2.5526
24	2004	29.90	3.3979
25	2005	30.36	3.4132
26	2006	22.04	3.0930
27	2007	28.51	3.3501
28	2008	44.97	3.8061
29	2009	18.54	2.9200
30	2010	45.15	3.8100
31	2011	35.63	3.5731
32	2012	25.38	3.2340
33	2013	33.87	3.5224
34	2014	39.09	3.6659
35	2015	18.80	2.9339
36	2016	16.18	2.7838

Ordenar de Mayor a Menor

47.30

45.15

44.97

44.55

43.25

41.09

39.09

35.98

35.63

35.06

33.87

33.59

32.75

31.40

30.36

29.90

28.85

28.51

27.95

27.72

25.95

25.38

24.63

23.99

23.12

22.04

21.34

20.57

20.53

18.80

18.60

18.54

16.37

16.18

14.31

12.84

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	47.30	3.86
Mínimo	12.84	2.55
Promedio \bar{x}	28.89	3.31
Desviación Estandar S	9.59	0.35
Coficiente de Asimetría Cs	0.2989	-0.2838

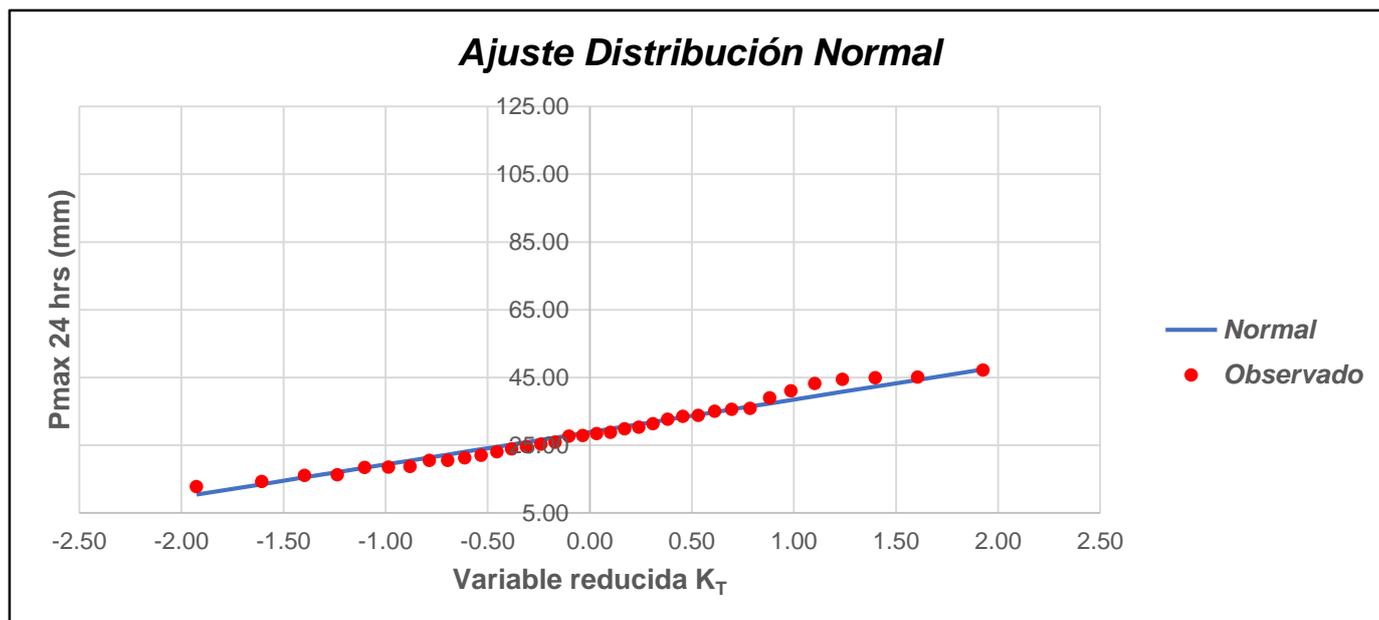
Tabla 123: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 8 (E8).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E8														
N	T	P(X>X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO						
1	37.00	2.70%	47.30	3.86	1.93	47.36	1.93	53.30	2.35	51.47	2.06	48.62	1.80	50.93
2	18.50	5.41%	45.15	3.81	1.61	44.30	1.61	47.70	1.80	46.18	1.68	45.01	1.53	46.42
3	12.33	8.11%	44.97	3.81	1.40	42.29	1.40	44.36	1.48	43.04	1.44	42.70	1.35	43.61
4	9.25	10.81%	44.55	3.80	1.24	40.75	1.24	41.95	1.24	40.78	1.26	40.96	1.21	41.53
5	7.40	13.51%	43.25	3.77	1.10	39.46	1.10	40.04	1.05	39.00	1.11	39.52	1.09	39.85
6	6.17	16.22%	41.09	3.72	0.99	38.34	0.99	38.45	0.90	37.52	0.98	38.29	0.98	38.42
7	5.29	18.92%	39.09	3.67	0.88	37.34	0.88	37.08	0.77	36.25	0.87	37.19	0.89	37.17
8	4.63	21.62%	35.98	3.58	0.79	36.42	0.79	35.86	0.65	35.13	0.76	36.20	0.80	36.05
9	4.11	24.32%	35.63	3.57	0.70	35.56	0.70	34.77	0.55	34.13	0.67	35.29	0.72	35.03
10	3.70	27.03%	35.06	3.56	0.61	34.76	0.61	33.77	0.45	33.21	0.58	34.44	0.64	34.09
11	3.36	29.73%	33.87	3.52	0.53	34.00	0.53	32.85	0.36	32.37	0.49	33.63	0.56	33.21
12	3.08	32.43%	33.59	3.51	0.46	33.26	0.46	31.99	0.28	31.58	0.41	32.86	0.49	32.39
13	2.85	35.14%	32.75	3.49	0.38	32.55	0.38	31.18	0.20	30.84	0.34	32.13	0.42	31.60
14	2.64	37.84%	31.40	3.45	0.31	31.86	0.31	30.41	0.13	30.14	0.26	31.42	0.35	30.85
15	2.47	40.54%	30.36	3.41	0.24	31.19	0.24	29.68	0.06	29.47	0.19	30.73	0.28	30.13
16	2.31	43.24%	29.90	3.40	0.17	30.52	0.17	28.97	-0.01	28.83	0.12	30.05	0.22	29.43
17	2.18	45.95%	28.85	3.36	0.10	29.87	0.10	28.29	-0.07	28.21	0.05	29.39	0.15	28.75
18	2.06	48.65%	28.51	3.35	0.03	29.22	0.03	27.63	-0.13	27.61	-0.02	28.74	0.08	28.09
19	1.95	51.35%	27.95	3.33	-0.03	28.57	-0.03	26.99	-0.19	27.03	-0.08	28.09	0.01	27.44
20	1.85	54.05%	27.72	3.32	-0.10	27.92	-0.10	26.36	-0.25	26.46	-0.15	27.45	-0.05	26.80
21	1.76	56.76%	25.95	3.26	-0.17	27.26	-0.17	25.74	-0.31	25.90	-0.22	26.81	-0.12	26.16
22	1.68	59.46%	25.38	3.23	-0.24	26.60	-0.24	25.13	-0.37	25.34	-0.29	26.16	-0.19	25.53
23	1.61	62.16%	24.63	3.20	-0.31	25.92	-0.31	24.53	-0.43	24.79	-0.35	25.51	-0.27	24.90
24	1.54	64.86%	23.99	3.18	-0.38	25.23	-0.38	23.92	-0.49	24.24	-0.42	24.85	-0.34	24.27
25	1.48	67.57%	23.12	3.14	-0.46	24.53	-0.46	23.31	-0.54	23.69	-0.49	24.17	-0.42	23.64
26	1.42	70.27%	22.04	3.09	-0.53	23.79	-0.53	22.70	-0.60	23.14	-0.57	23.47	-0.50	22.99
27	1.37	72.97%	21.34	3.06	-0.61	23.03	-0.61	22.08	-0.66	22.57	-0.64	22.76	-0.58	22.33
28	1.32	75.68%	20.57	3.02	-0.70	22.22	-0.70	21.45	-0.72	21.99	-0.72	22.01	-0.67	21.65
29	1.28	78.38%	20.53	3.02	-0.79	21.37	-0.79	20.80	-0.78	21.39	-0.80	21.22	-0.76	20.95
30	1.23	81.08%	18.80	2.93	-0.88	20.45	-0.88	20.12	-0.85	20.77	-0.89	20.38	-0.87	20.21
31	1.19	83.78%	18.60	2.92	-0.99	19.45	-0.99	19.40	-0.92	20.11	-0.98	19.47	-0.98	19.43
32	1.16	86.49%	18.54	2.92	-1.10	18.33	-1.10	18.63	-0.99	19.39	-1.09	18.47	-1.11	18.59
33	1.12	89.19%	16.37	2.80	-1.24	17.04	-1.24	17.78	-1.07	18.60	-1.21	17.33	-1.26	17.65
34	1.09	91.89%	16.18	2.78	-1.40	15.49	-1.40	16.81	-1.17	17.69	-1.35	15.99	-1.44	16.57
35	1.06	94.59%	14.31	2.66	-1.61	13.49	-1.61	15.64	-1.28	16.58	-1.52	14.29	-1.68	15.26
36	1.03	97.30%	12.84	2.55	-1.93	10.43	-1.93	13.99	-1.45	14.98	-1.79	11.75	-2.05	13.40

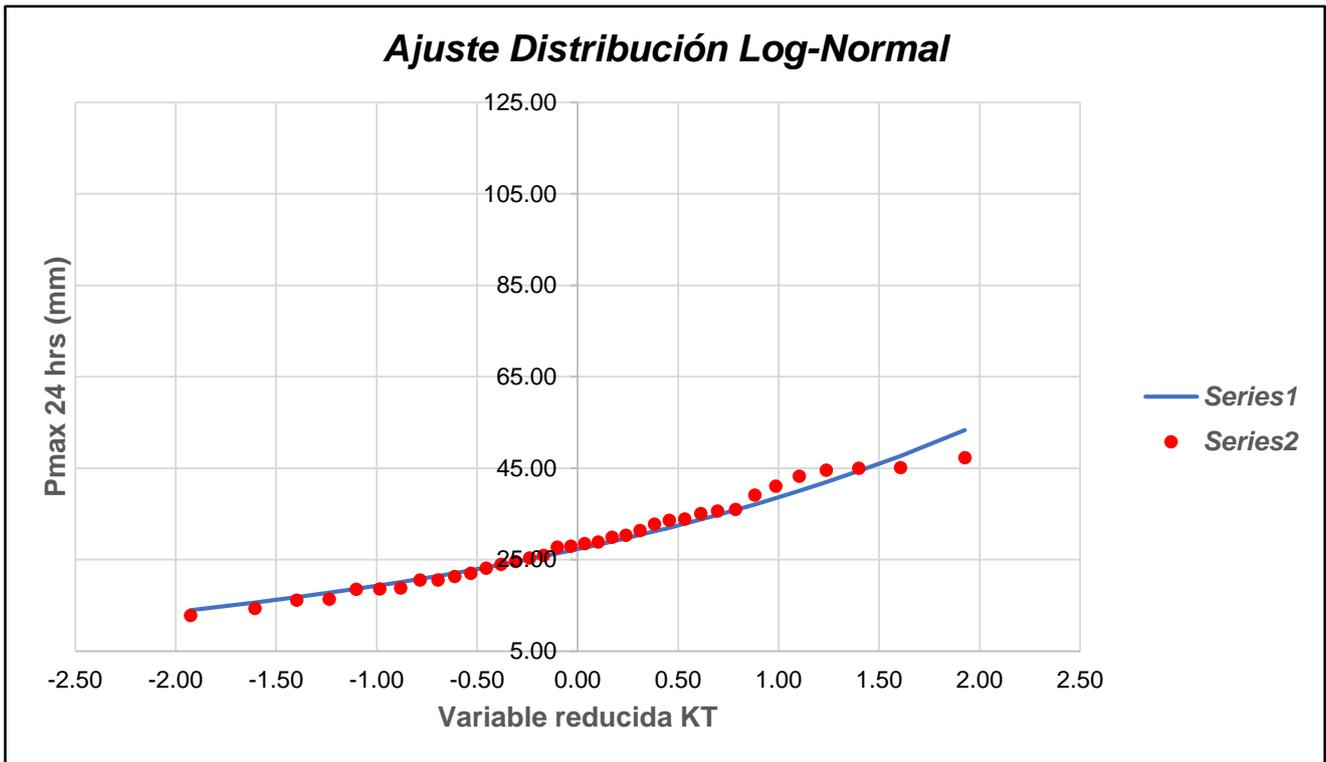
Tabla 124: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 8 (E8).

Fuente: Elaboración propia.



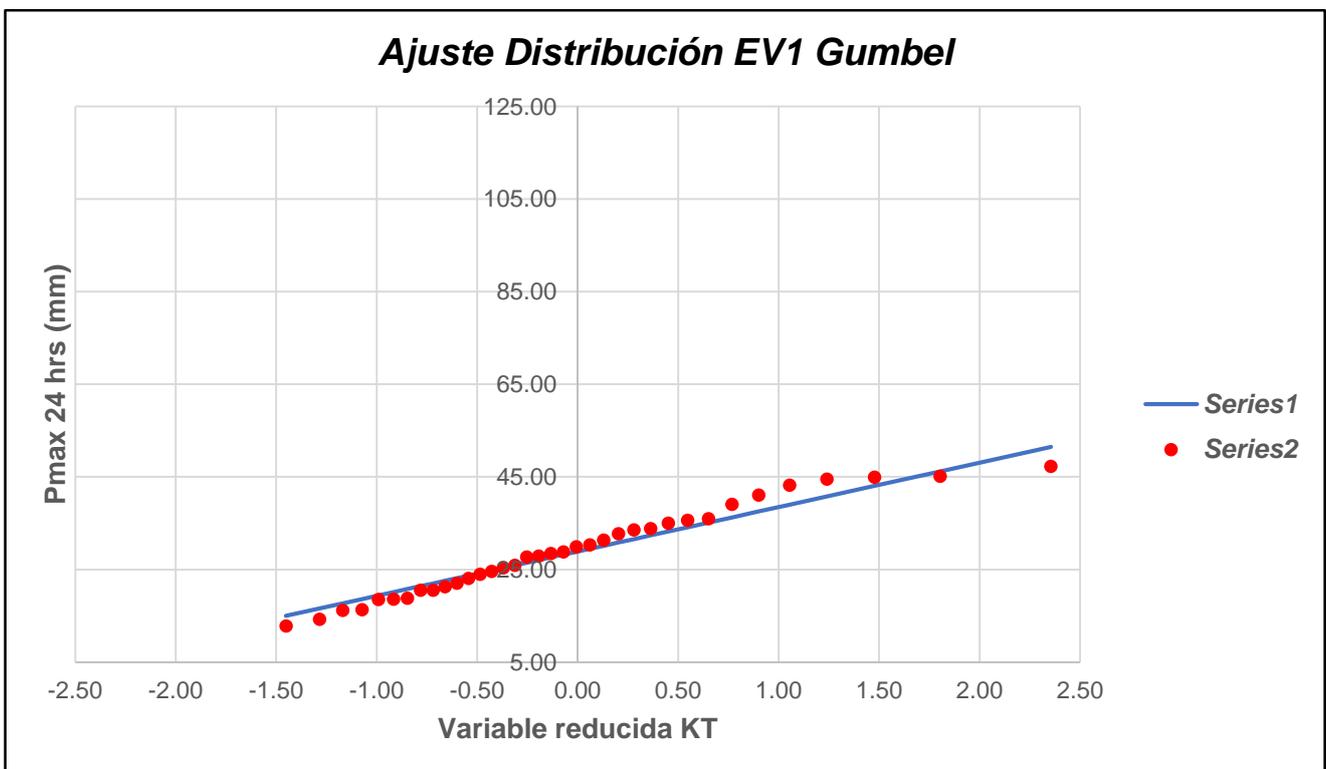
Gráfica N° 52: Ajuste de Distribución Normal de la estación 8 (E8).

Fuente: Elaboración propia.



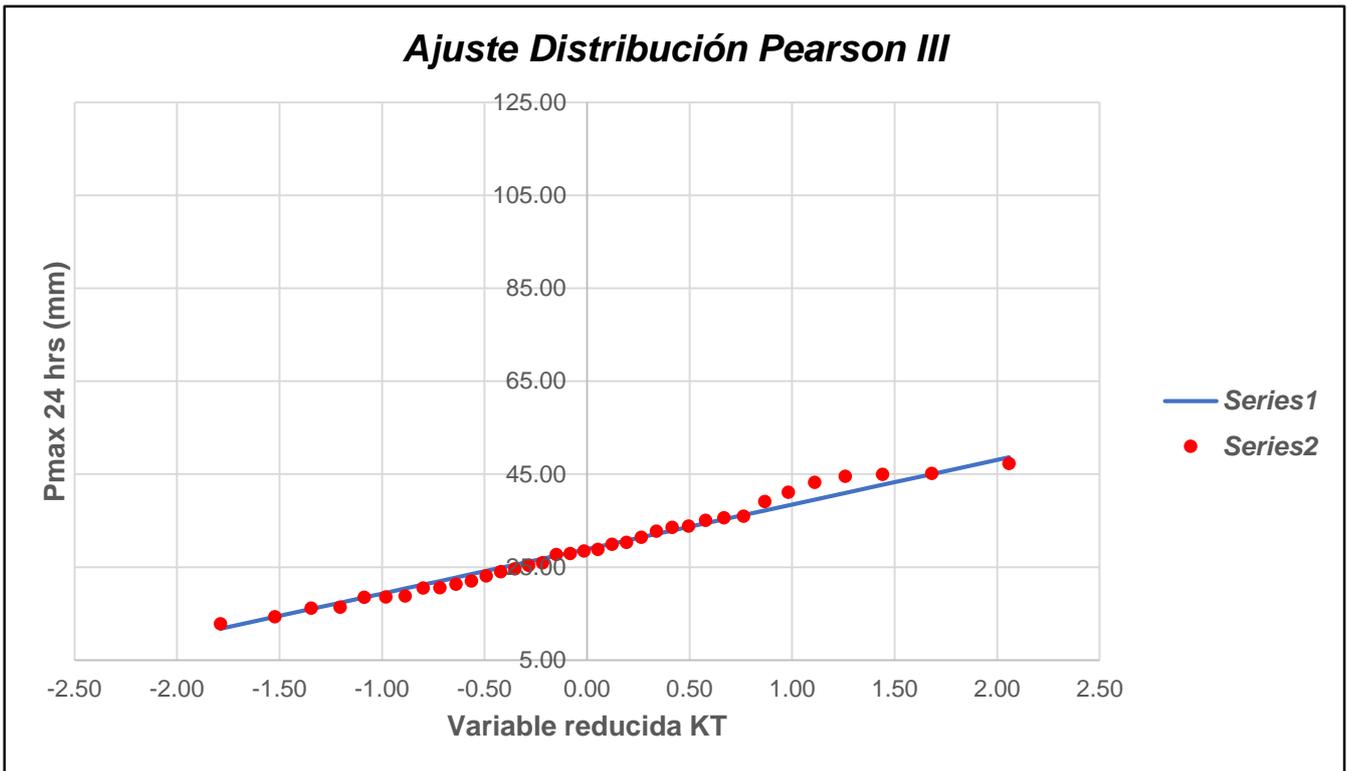
Gráfica N° 53: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 8 (E8).

Fuente: Elaboración propia.



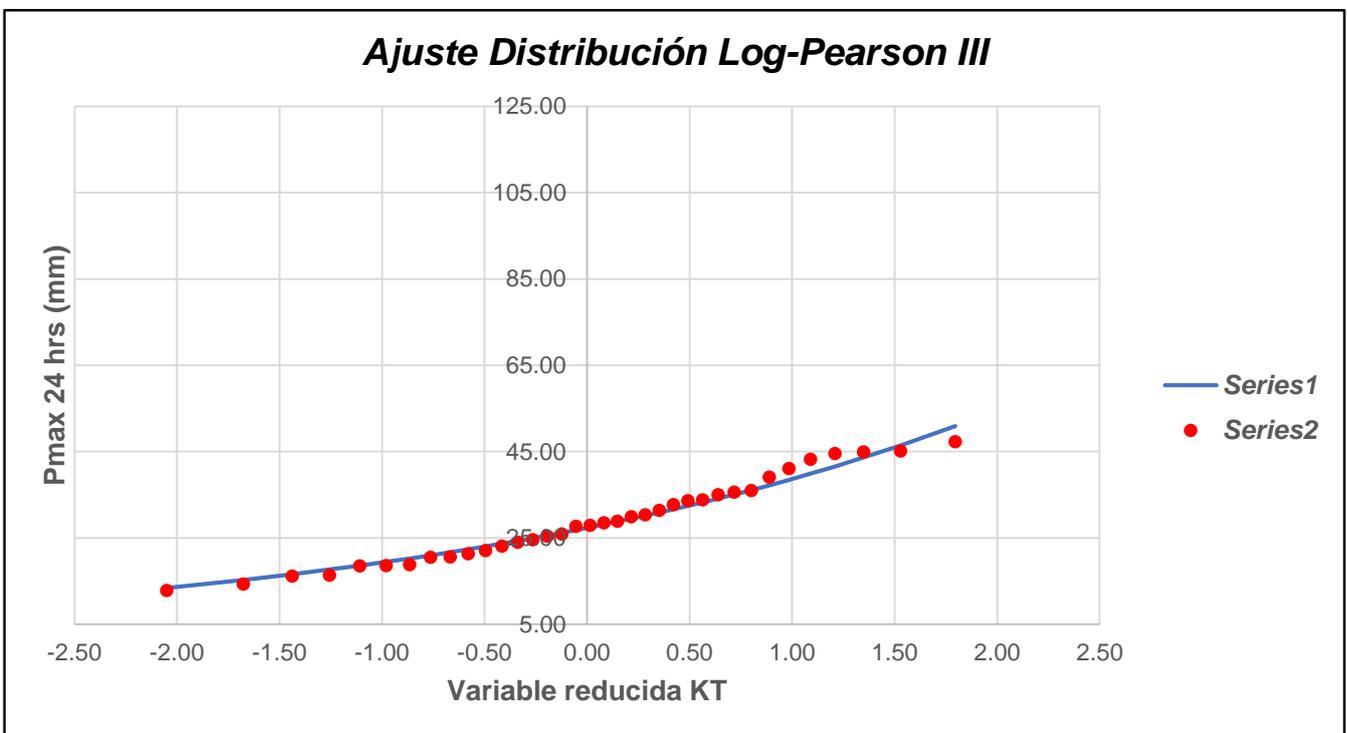
Gráfica N° 54: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 8 (E8).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 55: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 8 (E8).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 56: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 8 (E8).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _n)	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearson n III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	47.30	0.9730	0.9726	0.0004	3.8565	0.9432	0.0298	0.9533	0.0197	0.9649	0.0081	0.9362	0.0368
2	45.15	0.9459	0.9550	0.0091	3.8100	0.9262	0.0197	0.9382	0.0078	0.9473	0.0014	0.9201	0.0258
3	44.97	0.9189	0.9533	0.0344	3.8061	0.9247	0.0057	0.9368	0.0179	0.9456	0.0267	0.9187	0.0002
4	44.55	0.8919	0.9488	0.0569	3.7967	0.9207	0.0289	0.9333	0.0414	0.9413	0.0494	0.9150	0.0231
5	43.25	0.8649	0.9329	0.0680	3.7670	0.9073	0.0425	0.9210	0.0562	0.9261	0.0612	0.9025	0.0377
6	41.09	0.8378	0.8984	0.0606	3.7158	0.8804	0.0426	0.8960	0.0582	0.8941	0.0563	0.8778	0.0399
7	39.09	0.8108	0.8563	0.0455	3.6659	0.8493	0.0385	0.8664	0.0555	0.8558	0.0449	0.8493	0.0385
8	35.98	0.7838	0.7701	0.0137	3.5829	0.7865	0.0027	0.8045	0.0207	0.7773	0.0065	0.7919	0.0081
9	35.63	0.7568	0.7588	0.0021	3.5731	0.7782	0.0214	0.7961	0.0393	0.7669	0.0102	0.7843	0.0276
10	35.06	0.7297	0.7400	0.0103	3.5571	0.7642	0.0345	0.7819	0.0522	0.7496	0.0199	0.7715	0.0417
11	33.87	0.7027	0.6981	0.0046	3.5224	0.7324	0.0297	0.7493	0.0466	0.7107	0.0080	0.7420	0.0393
12	33.59	0.6757	0.6878	0.0122	3.5142	0.7245	0.0488	0.7411	0.0654	0.7012	0.0255	0.7347	0.0590
13	32.75	0.6486	0.6561	0.0074	3.4888	0.6995	0.0508	0.7151	0.0664	0.6714	0.0227	0.7114	0.0628
14	31.40	0.6216	0.6030	0.0186	3.4467	0.6561	0.0345	0.6692	0.0476	0.6208	0.0008	0.6706	0.0490
15	30.36	0.5946	0.5609	0.0337	3.4132	0.6199	0.0253	0.6305	0.0359	0.5800	0.0146	0.6361	0.0415
16	29.90	0.5676	0.5418	0.0258	3.3979	0.6030	0.0354	0.6122	0.0446	0.5613	0.0063	0.6198	0.0523
17	28.85	0.5405	0.4982	0.0424	3.3621	0.5628	0.0222	0.5685	0.0279	0.5180	0.0225	0.5808	0.0403
18	28.51	0.5135	0.4839	0.0296	3.3501	0.5491	0.0356	0.5536	0.0401	0.5037	0.0098	0.5675	0.0540
19	27.95	0.4865	0.4609	0.0256	3.3305	0.5267	0.0402	0.5290	0.0425	0.4806	0.0059	0.5454	0.0589
20	27.72	0.4595	0.4515	0.0080	3.3223	0.5173	0.0578	0.5186	0.0592	0.4710	0.0115	0.5361	0.0766
21	25.95	0.4324	0.3795	0.0529	3.2563	0.4416	0.0092	0.4351	0.0027	0.3968	0.0356	0.4600	0.0275
22	25.38	0.4054	0.3571	0.0483	3.2340	0.4165	0.0111	0.4073	0.0019	0.3733	0.0321	0.4342	0.0288
23	24.63	0.3784	0.3281	0.0503	3.2038	0.3828	0.0044	0.3701	0.0082	0.3426	0.0358	0.3994	0.0210
24	23.99	0.3514	0.3044	0.0469	3.1776	0.3543	0.0030	0.3388	0.0125	0.3173	0.0340	0.3696	0.0183
25	23.12	0.3243	0.2736	0.0507	3.1408	0.3158	0.0085	0.2967	0.0277	0.2841	0.0403	0.3288	0.0045
26	22.04	0.2973	0.2374	0.0599	3.0930	0.2685	0.0287	0.2456	0.0517	0.2446	0.0526	0.2781	0.0192
27	21.34	0.2703	0.2153	0.0550	3.0604	0.2385	0.0318	0.2137	0.0566	0.2203	0.0500	0.2455	0.0248
28	20.57	0.2432	0.1926	0.0506	3.0238	0.2071	0.0361	0.1809	0.0623	0.1953	0.0480	0.2111	0.0321
29	20.53	0.2162	0.1914	0.0248	3.0218	0.2054	0.0108	0.1792	0.0370	0.1940	0.0222	0.2093	0.0069
30	18.80	0.1892	0.1462	0.0430	2.9339	0.1411	0.0481	0.1146	0.0746	0.1439	0.0453	0.1384	0.0508
31	18.60	0.1622	0.1415	0.0207	2.9232	0.1343	0.0279	0.1080	0.0541	0.1386	0.0236	0.1308	0.0313
32	18.54	0.1351	0.1401	0.0050	2.9200	0.1323	0.0029	0.1061	0.0290	0.1371	0.0019	0.1287	0.0065
33	16.37	0.1081	0.0957	0.0124	2.7955	0.0702	0.0379	0.0498	0.0583	0.0882	0.0199	0.0613	0.0468
34	16.18	0.0811	0.0924	0.0113	2.7838	0.0658	0.0153	0.0461	0.0349	0.0846	0.0035	0.0567	0.0244
35	14.31	0.0541	0.0641	0.0101	2.6611	0.0313	0.0227	0.0193	0.0348	0.0544	0.0003	0.0223	0.0317
36	12.84	0.0270	0.0470	0.0200	2.5526	0.0149	0.0122	0.0082	0.0189	0.0369	0.0099	0.0082	0.0188

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III
Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.0680	0.0578	0.0746	0.0612	0.0766
Δ _{crítico}	0.2040		Si se ajusta				
		Mejor Ajuste	3	1	4	2	5

Tabla 125: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 8 (E8).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e ^Λ x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e ^Λ x _T	
10	0.9000	1.2816	41.18	1.2816	3.75	42.6098	1.3046	41.40	1.3089	41.44	1.2471	3.74	42.1029	42.61
20	0.9500	1.6449	44.66	1.6449	3.88	48.3366	1.8658	46.78	1.7251	45.43	1.5603	3.85	46.9389	48.34
30	0.9667	1.8339	46.47	1.8339	3.94	51.6151	2.1887	49.87	1.9474	47.56	1.7188	3.90	49.5929	51.62
50	0.9800	2.0537	48.58	2.0537	4.02	55.7078	2.5923	53.74	2.2106	50.09	1.8991	3.97	52.7971	55.71
100	0.9900	2.3263	51.19	2.3263	4.11	61.2363	3.1367	58.96	2.5445	53.29	2.1171	4.04	56.9464	61.24

Tabla 126: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 8 (E8).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E9

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	37.09	3.6134
2	1982	26.88	3.2914
3	1983	22.95	3.1335
4	1984	31.27	3.4426
5	1985	19.74	2.9829
6	1986	17.29	2.8503
7	1987	24.52	3.1994
8	1988	20.98	3.0434
9	1989	23.04	3.1373
10	1990	29.79	3.3942
11	1991	25.84	3.2518
12	1992	18.99	2.9439
13	1993	40.47	3.7005
14	1994	27.12	3.3002
15	1995	46.57	3.8409
16	1996	13.33	2.5901
17	1997	16.17	2.7831
18	1998	40.43	3.6995
19	1999	35.04	3.5564
20	2000	67.45	4.2114
21	2001	28.63	3.3545
22	2002	40.87	3.7103
23	2003	11.72	2.4615
24	2004	50.53	3.9226
25	2005	32.30	3.4751
26	2006	26.51	3.2773
27	2007	36.29	3.5917
28	2008	36.91	3.6086
29	2009	26.65	3.2826
30	2010	31.54	3.4513
31	2011	30.18	3.4072
32	2012	24.29	3.1900
33	2013	29.49	3.3842
34	2014	22.78	3.1260
35	2015	17.28	2.8496
36	2016	18.15	2.8985

Ordenar de Mayor a Menor

67.45
50.53
46.57
40.87
40.47
40.43
37.09
36.91
36.29
35.04
32.30
31.54
31.27
30.18
29.79
29.49
28.63
27.12
26.88
26.65
26.51
25.84
24.52
24.29
23.04
22.95
22.78
20.98
19.74
18.99
18.15
17.29
17.28
16.17
13.33
11.72

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	67.45	4.21
Mínimo	11.72	2.46
Promedio \bar{x}	29.14	3.30
Desviación Estandar S	11.25	0.37
Coficiente de Asimetría Cs	1.2301	-0.0214

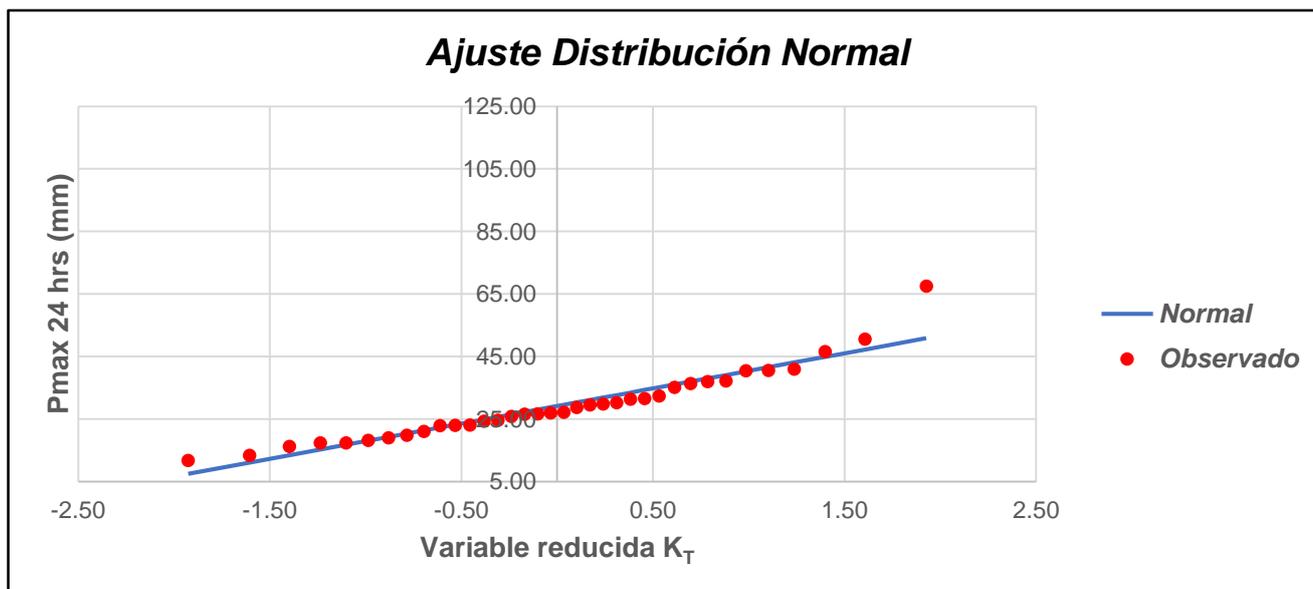
Tabla 127: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 9 (E9).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E9															
N	T	P(X≥X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III		
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO							
1	37.00	2.70%	67.45	4.21	1.93	50.81	1.93	55.95	2.35	55.63	2.40	56.15	1.92	55.75	
2	18.50	5.41%	50.53	3.92	1.61	47.22	1.61	49.65	1.80	49.43	1.84	49.88	1.60	49.54	
3	12.33	8.11%	46.57	3.84	1.40	44.87	1.40	45.92	1.48	45.75	1.51	46.11	1.39	45.86	
4	9.25	10.81%	40.87	3.71	1.24	43.05	1.24	43.23	1.24	43.09	1.27	43.38	1.23	43.20	
5	7.40	13.51%	40.47	3.70	1.10	41.54	1.10	41.12	1.05	41.01	1.07	41.21	1.10	41.11	
6	6.17	16.22%	40.43	3.70	0.99	40.23	0.99	39.36	0.90	39.27	0.91	39.41	0.99	39.36	
7	5.29	18.92%	37.09	3.61	0.88	39.05	0.88	37.85	0.77	37.78	0.77	37.85	0.88	37.86	
8	4.63	21.62%	36.91	3.61	0.79	37.97	0.79	36.52	0.65	36.46	0.65	36.48	0.79	36.54	
9	4.11	24.32%	36.29	3.59	0.70	36.97	0.70	35.32	0.55	35.28	0.54	35.24	0.70	35.35	
10	3.70	27.03%	35.04	3.56	0.61	36.03	0.61	34.23	0.45	34.21	0.44	34.11	0.61	34.26	
11	3.36	29.73%	32.30	3.48	0.53	35.13	0.53	33.23	0.36	33.22	0.35	33.08	0.53	33.26	
12	3.08	32.43%	31.54	3.45	0.46	34.27	0.46	32.29	0.28	32.29	0.26	32.11	0.46	32.32	
13	2.85	35.14%	31.27	3.44	0.38	33.43	0.38	31.41	0.20	31.42	0.18	31.20	0.38	31.44	
14	2.64	37.84%	30.18	3.41	0.31	32.63	0.31	30.57	0.13	30.60	0.11	30.35	0.31	30.61	
15	2.47	40.54%	29.79	3.39	0.24	31.83	0.24	29.78	0.06	29.82	0.03	29.53	0.24	29.82	
16	2.31	43.24%	29.49	3.38	0.17	31.06	0.17	29.02	-0.01	29.06	-0.03	28.75	0.17	29.06	
17	2.18	45.95%	28.63	3.35	0.10	30.29	0.10	28.29	-0.07	28.34	-0.10	28.01	0.11	28.32	
18	2.06	48.65%	27.12	3.30	0.03	29.52	0.03	27.58	-0.13	27.64	-0.16	27.29	0.04	27.62	
19	1.95	51.35%	26.88	3.29	-0.03	28.76	-0.03	26.89	-0.19	26.95	-0.23	26.59	-0.03	26.92	
20	1.85	54.05%	26.65	3.28	-0.10	28.00	-0.10	26.21	-0.25	26.28	-0.29	25.90	-0.10	26.25	
21	1.76	56.76%	26.51	3.28	-0.17	27.23	-0.17	25.55	-0.31	25.63	-0.35	25.24	-0.17	25.59	
22	1.68	59.46%	25.84	3.25	-0.24	26.45	-0.24	24.90	-0.37	24.97	-0.40	24.59	-0.24	24.93	
23	1.61	62.16%	24.52	3.20	-0.31	25.66	-0.31	24.25	-0.43	24.33	-0.46	23.94	-0.31	24.28	
24	1.54	64.86%	24.29	3.19	-0.38	24.85	-0.38	23.61	-0.49	23.68	-0.52	23.31	-0.38	23.64	
25	1.48	67.57%	23.04	3.14	-0.46	24.02	-0.46	22.97	-0.54	23.04	-0.57	22.67	-0.45	22.99	
26	1.42	70.27%	22.95	3.13	-0.53	23.15	-0.53	22.32	-0.60	22.38	-0.63	22.04	-0.53	22.34	
27	1.37	72.97%	22.78	3.13	-0.61	22.26	-0.61	21.66	-0.66	21.72	-0.69	21.41	-0.61	21.68	
28	1.32	75.68%	20.98	3.04	-0.70	21.31	-0.70	20.99	-0.72	21.04	-0.74	20.77	-0.69	21.01	
29	1.28	78.38%	19.74	2.98	-0.79	20.31	-0.79	20.31	-0.78	20.34	-0.80	20.11	-0.78	20.32	
30	1.23	81.08%	18.99	2.94	-0.88	19.23	-0.88	19.59	-0.85	19.61	-0.86	19.45	-0.88	19.60	
31	1.19	83.78%	18.15	2.90	-0.99	18.05	-0.99	18.84	-0.92	18.83	-0.92	18.75	-0.99	18.84	
32	1.16	86.49%	17.29	2.85	-1.10	16.74	-1.10	18.03	-0.99	17.99	-0.99	18.03	-1.10	18.03	
33	1.12	89.19%	17.28	2.85	-1.24	15.23	-1.24	17.15	-1.07	17.06	-1.06	17.25	-1.24	17.14	
34	1.09	91.89%	16.17	2.78	-1.40	13.42	-1.40	16.15	-1.17	16.00	-1.13	16.39	-1.40	16.13	
35	1.06	94.59%	13.33	2.59	-1.61	11.07	-1.61	14.94	-1.28	14.69	-1.22	15.40	-1.61	14.90	
36	1.03	97.30%	11.72	2.46	-1.93	7.47	-1.93	13.25	-1.45	12.82	-1.34	14.12	-1.94	13.21	

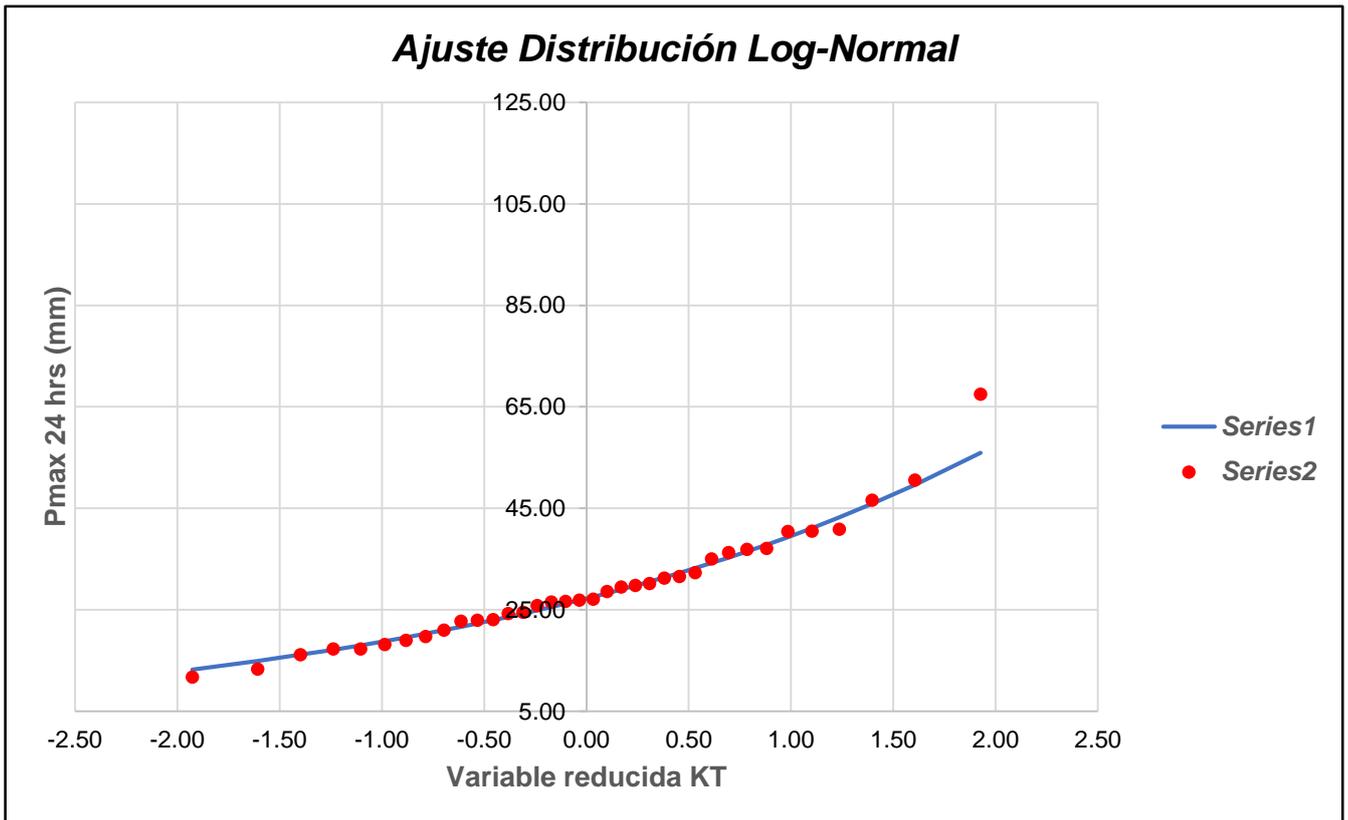
Tabla 128: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 9 (E9).

Fuente: Elaboración propia.



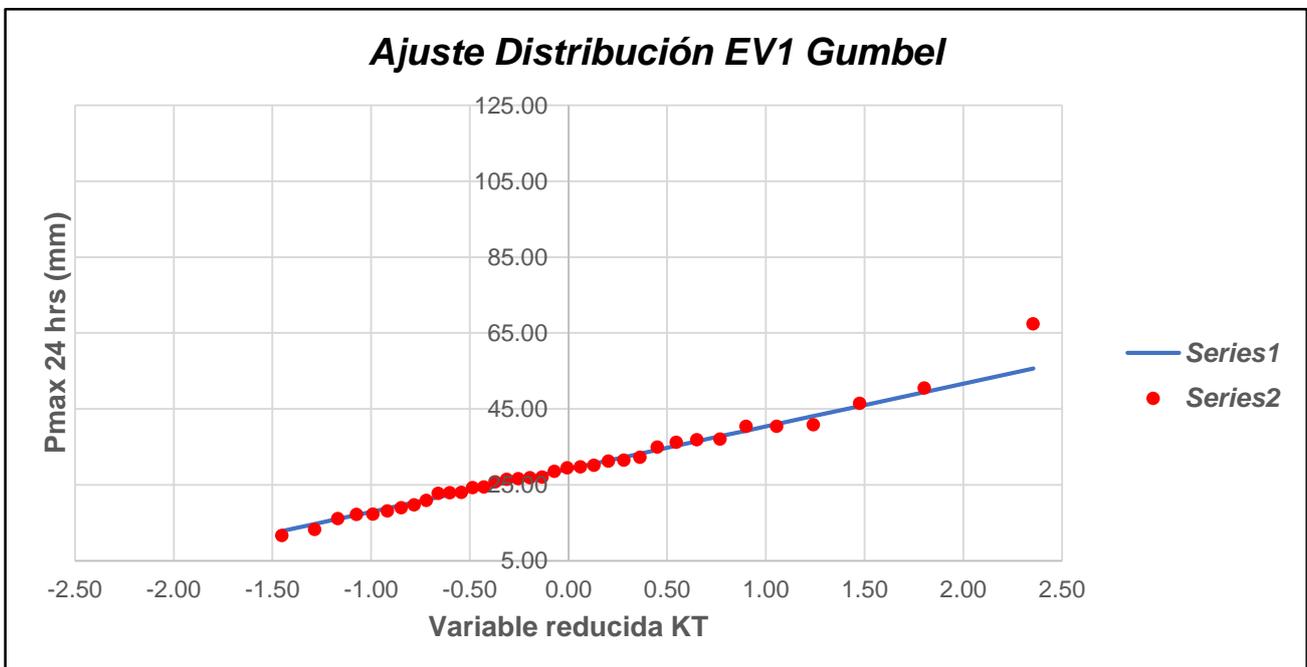
Gráfica N° 57: Ajuste de Distribución Normal de la estación 9 (E9).

Fuente: Elaboración propia.



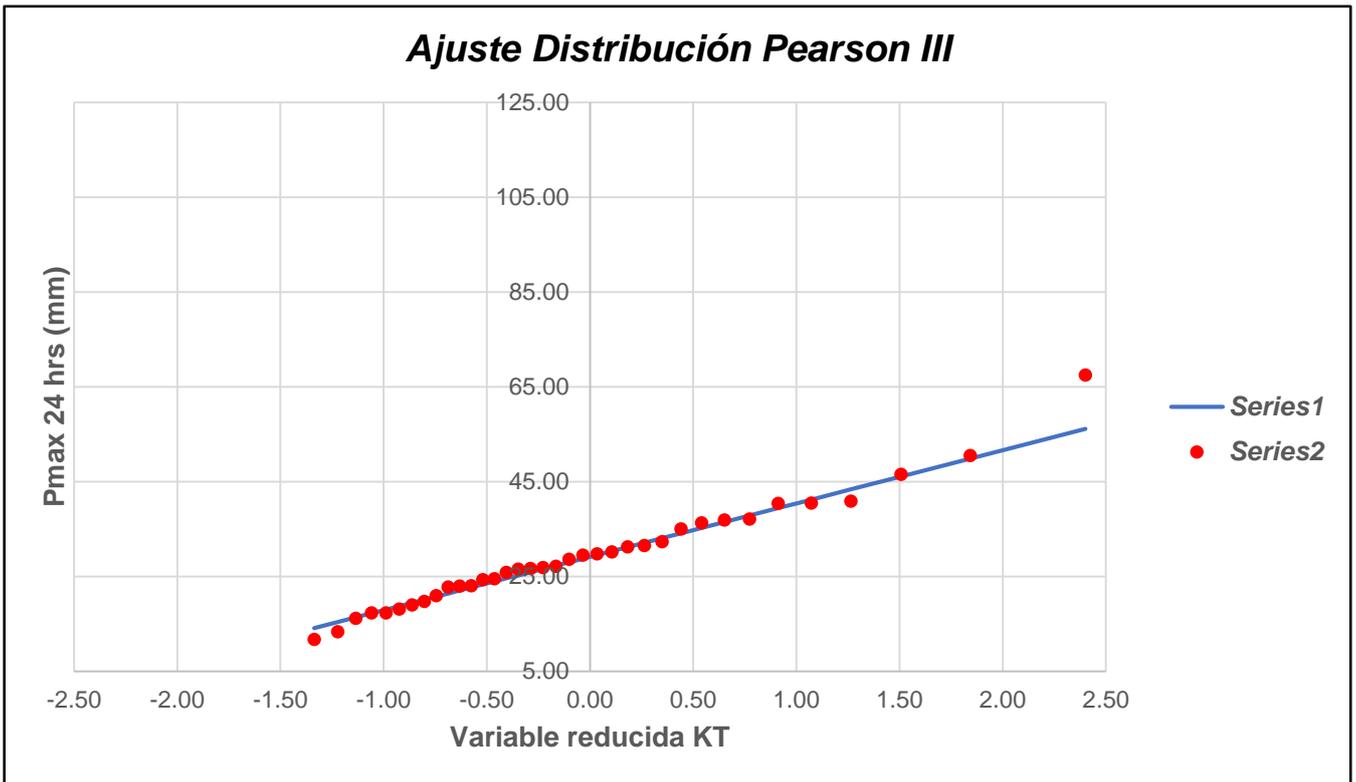
Gráfica N° 58: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 9 (E9).

Fuente: Elaboración propia.



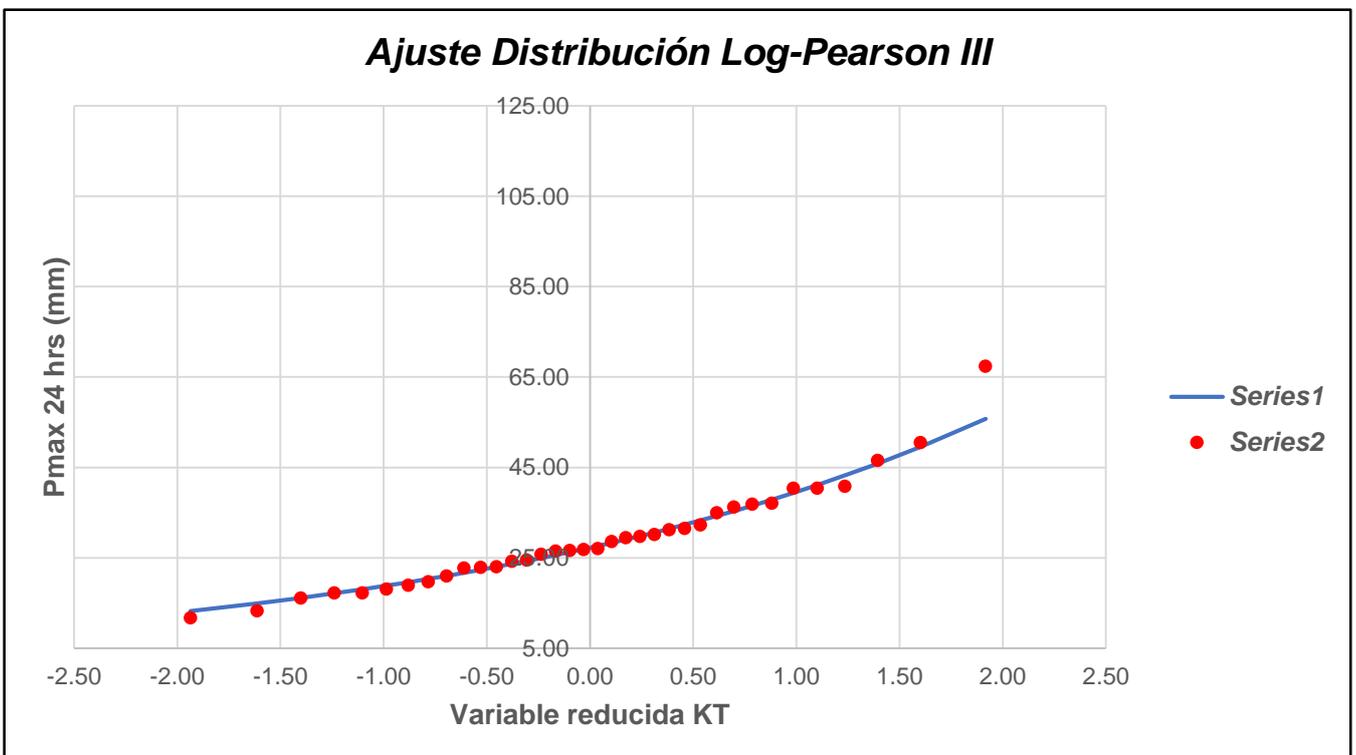
Gráfica N° 59: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 9 (E9).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 60: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 9 (E9).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 61: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 9 (E9).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _n)	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearso n III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	67.45	0.9730	0.9997	0.0267	4.2114	0.9924	0.0194	0.9929	0.0199	0.9927	0.0197	0.9920	0.0190
2	50.53	0.9459	0.9714	0.0254	3.9226	0.9509	0.0050	0.9522	0.0062	0.9492	0.0032	0.9503	0.0044
3	46.57	0.9189	0.9393	0.0204	3.8409	0.9244	0.0055	0.9259	0.0070	0.9220	0.0030	0.9239	0.0049
4	40.87	0.8919	0.8513	0.0405	3.7103	0.8612	0.0307	0.8629	0.0290	0.8589	0.0330	0.8611	0.0308
5	40.47	0.8649	0.8430	0.0219	3.7005	0.8554	0.0095	0.8570	0.0079	0.8531	0.0118	0.8553	0.0096
6	40.43	0.8378	0.8421	0.0043	3.6995	0.8547	0.0169	0.8563	0.0185	0.8525	0.0147	0.8547	0.0168
7	37.09	0.8108	0.7601	0.0507	3.6134	0.7958	0.0150	0.7971	0.0137	0.7952	0.0156	0.7961	0.0147
8	36.91	0.7838	0.7552	0.0286	3.6086	0.7921	0.0084	0.7934	0.0096	0.7917	0.0079	0.7925	0.0087
9	36.29	0.7568	0.7376	0.0192	3.5917	0.7789	0.0222	0.7800	0.0233	0.7790	0.0222	0.7794	0.0226
10	35.04	0.7297	0.6999	0.0299	3.5564	0.7499	0.0202	0.7507	0.0210	0.7512	0.0214	0.7505	0.0208
11	32.30	0.7027	0.6106	0.0921	3.4751	0.6760	0.0267	0.6759	0.0268	0.6808	0.0219	0.6771	0.0256
12	31.54	0.6757	0.5845	0.0912	3.4513	0.6528	0.0228	0.6524	0.0233	0.6588	0.0169	0.6540	0.0217
13	31.27	0.6486	0.5750	0.0736	3.4426	0.6443	0.0044	0.6437	0.0049	0.6506	0.0020	0.6454	0.0032
14	30.18	0.6216	0.5368	0.0849	3.4072	0.6083	0.0133	0.6073	0.0144	0.6165	0.0052	0.6096	0.0120
15	29.79	0.5946	0.5230	0.0715	3.3942	0.5950	0.0004	0.5937	0.0009	0.6038	0.0092	0.5963	0.0017
16	29.49	0.5676	0.5125	0.0550	3.3842	0.5846	0.0170	0.5832	0.0156	0.5938	0.0263	0.5859	0.0183
17	28.63	0.5405	0.4820	0.0586	3.3545	0.5534	0.0128	0.5516	0.0110	0.5641	0.0235	0.5548	0.0142
18	27.12	0.5135	0.4287	0.0848	3.3002	0.4956	0.0179	0.4931	0.0204	0.5086	0.0049	0.4970	0.0165
19	26.88	0.4865	0.4204	0.0661	3.2914	0.4862	0.0003	0.4836	0.0029	0.4995	0.0130	0.4876	0.0011
20	26.65	0.4595	0.4122	0.0472	3.2826	0.4768	0.0173	0.4741	0.0147	0.4904	0.0310	0.4782	0.0188
21	26.51	0.4324	0.4074	0.0251	3.2773	0.4712	0.0387	0.4685	0.0360	0.4850	0.0525	0.4726	0.0402
22	25.84	0.4054	0.3845	0.0209	3.2518	0.4441	0.0387	0.4411	0.0357	0.4586	0.0532	0.4454	0.0400
23	24.52	0.3784	0.3405	0.0379	3.1994	0.3894	0.0110	0.3863	0.0079	0.4048	0.0264	0.3906	0.0123
24	24.29	0.3514	0.3331	0.0183	3.1900	0.3798	0.0285	0.3767	0.0253	0.3953	0.0439	0.3810	0.0297
25	23.04	0.3243	0.2939	0.0305	3.1373	0.3275	0.0032	0.3245	0.0002	0.3426	0.0183	0.3285	0.0042
26	22.95	0.2973	0.2912	0.0061	3.1335	0.3238	0.0265	0.3208	0.0235	0.3389	0.0416	0.3248	0.0275
27	22.78	0.2703	0.2860	0.0157	3.1260	0.3167	0.0464	0.3138	0.0435	0.3316	0.0614	0.3176	0.0474
28	20.98	0.2432	0.2340	0.0092	3.0434	0.2426	0.0007	0.2407	0.0025	0.2546	0.0113	0.2432	0.0001
29	19.74	0.2162	0.2018	0.0144	2.9829	0.1949	0.0213	0.1942	0.0220	0.2032	0.0130	0.1952	0.0211
30	18.99	0.1892	0.1834	0.0058	2.9439	0.1674	0.0218	0.1676	0.0216	0.1728	0.0164	0.1675	0.0217
31	18.15	0.1622	0.1642	0.0021	2.8985	0.1388	0.0234	0.1400	0.0222	0.1406	0.0216	0.1387	0.0235
32	17.29	0.1351	0.1461	0.0110	2.8503	0.1123	0.0229	0.1145	0.0206	0.1100	0.0251	0.1119	0.0232
33	17.28	0.1081	0.1459	0.0378	2.8496	0.1119	0.0038	0.1141	0.0060	0.1096	0.0015	0.1115	0.0034
34	16.17	0.0811	0.1244	0.0433	2.7831	0.0816	0.0005	0.0851	0.0040	0.0741	0.0070	0.0811	0.0000
35	13.33	0.0541	0.0800	0.0259	2.5901	0.0280	0.0260	0.0332	0.0209	0.0131	0.0409	0.0274	0.0267
36	11.72	0.0270	0.0608	0.0337	2.4615	0.0121	0.0150	0.0167	0.0103	0.0010	0.0260	0.0116	0.0154

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III
Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.0921	0.0464	0.0435	0.0614	0.0474
Δcrítico	0.2040		Si se ajusta				
		Mejor Ajuste	5	2	1	4	3

Tabla 129: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 9 (E9).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e ^λ x _T	
10	0.9000	1.2816	43.56	1.2816	3.7834	43.97	1.3046	43.82	1.3319	44.12	1.2792	3.78	43.9283	43.82
20	0.9500	1.6449	47.65	1.6449	3.9192	50.36	1.8658	50.13	1.9069	50.59	1.6387	3.92	50.2469	50.13
30	0.9667	1.8339	49.77	1.8339	3.9899	54.05	2.1887	53.76	2.2337	54.27	1.8255	3.99	53.8792	53.76
50	0.9800	2.0537	52.25	2.0537	4.0721	58.68	2.5923	58.30	2.6382	58.82	2.0423	4.07	58.4273	58.30
100	0.9900	2.3263	55.31	2.3263	4.1740	64.97	3.1367	64.43	3.1779	64.89	2.3106	4.17	64.5923	64.43

Tabla 130: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 9 (E9).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E10

N°	Año	P24 (mm)	Log(P24)
1	1981	37.09	3.6134
2	1982	73.53	4.2977
3	1983	48.40	3.8795
4	1984	85.30	4.4461
5	1985	28.53	3.3508
6	1986	30.89	3.4303
7	1987	24.43	3.1956
8	1988	26.82	3.2892
9	1989	26.42	3.2740
10	1990	37.14	3.6148
11	1991	31.39	3.4465
12	1992	20.07	2.9993
13	1993	65.49	4.1818
14	1994	35.60	3.5723
15	1995	84.19	4.4330
16	1996	26.59	3.2807
17	1997	53.53	3.9803
18	1998	54.89	4.0053
19	1999	57.48	4.0515
20	2000	47.18	3.8539
21	2001	62.07	4.1282
22	2002	35.08	3.5576
23	2003	27.09	3.2991
24	2004	73.62	4.2989
25	2005	62.38	4.1332
26	2006	65.38	4.1803
27	2007	65.49	4.1819
28	2008	88.94	4.4880
29	2009	66.11	4.1914
30	2010	32.39	3.4777
31	2011	32.70	3.4874
32	2012	34.43	3.5388
33	2013	59.42	4.0846
34	2014	28.87	3.3628
35	2015	28.04	3.3338
36	2016	43.42	3.7709

Ordenar de Mayor a Menor

88.94
85.30
84.19
73.62
73.53
66.11
65.49
65.49
65.38
62.38
62.07
59.42
57.48
54.89
53.53
48.40
47.18
43.42
37.14
37.09
35.60
35.08
34.43
32.70
32.39
31.39
30.89
28.87
28.53
28.04
27.09
26.82
26.59
24.43
20.07

Cantidad de datos n	36	36
Máximo	88.94	4.49
Mínimo	20.07	3.00
Promedio \bar{x}	47.23	3.77
Desviación Estandar S	19.79	0.42
Coficiente de Asimetría Cs	0.5521	0.0985

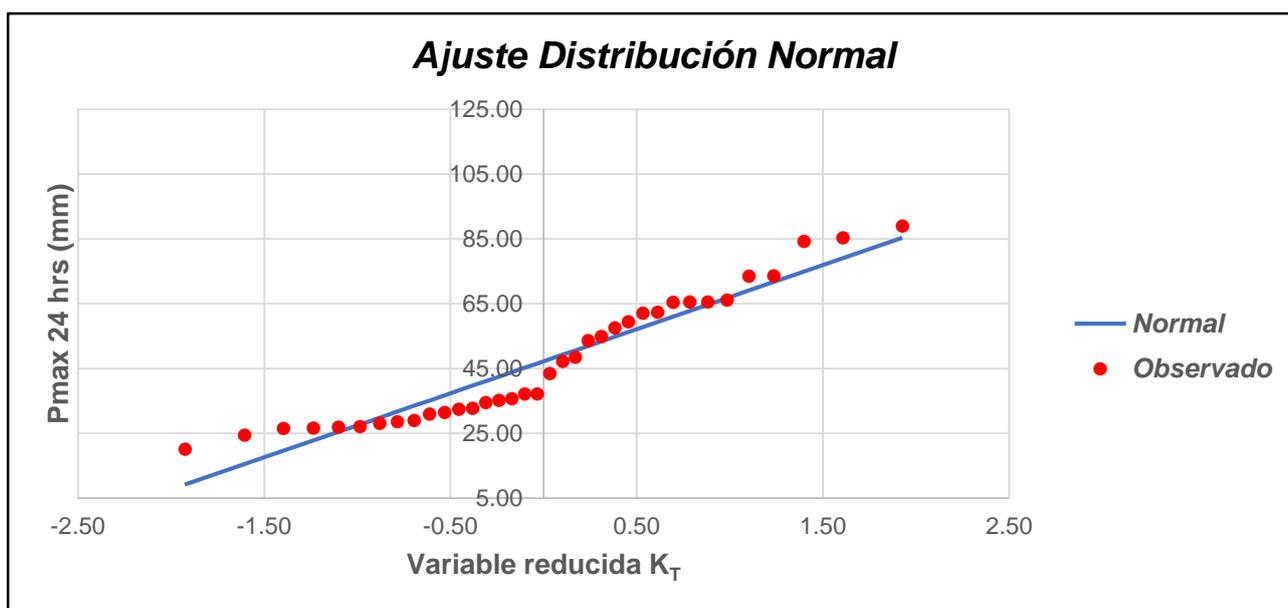
Tabla 131: Datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación 10 (E10).

Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN E10														
N	T	P(X≥X _T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		LOGNORMAL		EV1 GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III	
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO	K _T	ESPERADO						
1	37.00	2.70%	88.94	4.49	1.93	85.36	1.93	97.43	2.35	93.83	2.16	90.01	1.97	99.25
2	18.50	5.41%	85.30	4.45	1.61	79.03	1.61	85.18	1.80	82.92	1.74	81.58	1.63	86.10
3	12.33	8.11%	84.19	4.43	1.40	74.90	1.40	78.03	1.48	76.44	1.47	76.30	1.41	78.52
4	9.25	10.81%	73.62	4.30	1.24	71.71	1.24	72.92	1.24	71.78	1.27	72.35	1.24	73.17
5	7.40	13.51%	73.53	4.30	1.10	69.05	1.10	68.92	1.05	68.10	1.11	69.15	1.11	69.01
6	6.17	16.22%	66.11	4.19	0.99	66.74	0.99	65.62	0.90	65.05	0.97	66.41	0.98	65.59
7	5.29	18.92%	65.49	4.18	0.88	64.67	0.88	62.79	0.77	62.43	0.85	64.01	0.88	62.69
8	4.63	21.62%	65.49	4.18	0.79	62.77	0.79	60.31	0.65	60.12	0.74	61.84	0.78	60.15
9	4.11	24.32%	65.38	4.18	0.70	61.00	0.70	58.10	0.55	58.04	0.64	59.86	0.69	57.88
10	3.70	27.03%	62.38	4.13	0.61	59.34	0.61	56.09	0.45	56.15	0.55	58.02	0.60	55.84
11	3.36	29.73%	62.07	4.13	0.53	57.76	0.53	54.24	0.36	54.40	0.46	56.30	0.52	53.96
12	3.08	32.43%	59.42	4.08	0.46	56.25	0.46	52.52	0.28	52.77	0.38	54.67	0.44	52.23
13	2.85	35.14%	57.48	4.05	0.38	54.79	0.38	50.91	0.20	51.25	0.30	53.12	0.37	50.61
14	2.64	37.84%	54.89	4.01	0.31	53.36	0.31	49.40	0.13	49.80	0.22	51.63	0.29	49.09
15	2.47	40.54%	53.53	3.98	0.24	51.97	0.24	47.96	0.06	48.42	0.15	50.19	0.22	47.64
16	2.31	43.24%	48.40	3.88	0.17	50.60	0.17	46.58	-0.01	47.10	0.08	48.79	0.15	46.27
17	2.18	45.95%	47.18	3.85	0.10	49.25	0.10	45.26	-0.07	45.82	0.01	47.43	0.09	44.96
18	2.06	48.65%	43.42	3.77	0.03	47.90	0.03	43.99	-0.13	44.59	-0.06	46.09	0.02	43.69
19	1.95	51.35%	37.14	3.61	-0.03	46.56	-0.03	42.76	-0.19	43.38	-0.12	44.77	-0.05	42.46
20	1.85	54.05%	37.09	3.61	-0.10	45.22	-0.10	41.55	-0.25	42.21	-0.19	43.46	-0.12	41.27
21	1.76	56.76%	35.60	3.57	-0.17	43.86	-0.17	40.38	-0.31	41.05	-0.26	42.17	-0.19	40.11
22	1.68	59.46%	35.08	3.56	-0.24	42.50	-0.24	39.22	-0.37	39.90	-0.32	40.87	-0.25	38.97
23	1.61	62.16%	34.43	3.54	-0.31	41.10	-0.31	38.08	-0.43	38.77	-0.39	39.57	-0.32	37.84
24	1.54	64.86%	32.70	3.49	-0.38	39.68	-0.38	36.94	-0.49	37.63	-0.45	38.26	-0.40	36.73
25	1.48	67.57%	32.39	3.48	-0.46	38.22	-0.46	35.81	-0.54	36.49	-0.52	36.93	-0.47	35.62
26	1.42	70.27%	31.39	3.45	-0.53	36.70	-0.53	34.68	-0.60	35.35	-0.59	35.58	-0.54	34.51
27	1.37	72.97%	30.89	3.43	-0.61	35.12	-0.61	33.54	-0.66	34.18	-0.66	34.18	-0.62	33.40
28	1.32	75.68%	28.87	3.36	-0.70	33.46	-0.70	32.37	-0.72	32.98	-0.73	32.74	-0.70	32.26
29	1.28	78.38%	28.53	3.35	-0.79	31.70	-0.79	31.18	-0.78	31.75	-0.81	31.24	-0.79	31.11
30	1.23	81.08%	28.04	3.33	-0.88	29.80	-0.88	29.95	-0.85	30.46	-0.89	29.65	-0.88	29.91
31	1.19	83.78%	27.09	3.30	-0.99	27.73	-0.99	28.66	-0.92	29.09	-0.97	27.95	-0.99	28.66
32	1.16	86.49%	26.82	3.29	-1.10	25.42	-1.10	27.29	-0.99	27.62	-1.07	26.10	-1.10	27.34
33	1.12	89.19%	26.59	3.28	-1.24	22.76	-1.24	25.79	-1.07	25.99	-1.17	24.02	-1.23	25.89
34	1.09	91.89%	26.42	3.27	-1.40	19.57	-1.40	24.11	-1.17	24.11	-1.29	21.61	-1.38	24.27
35	1.06	94.59%	24.43	3.20	-1.61	15.43	-1.61	22.08	-1.28	21.80	-1.45	18.60	-1.58	22.33
36	1.03	97.30%	20.07	3.00	-1.93	9.11	-1.93	19.31	-1.45	18.51	-1.67	14.25	-1.88	19.67

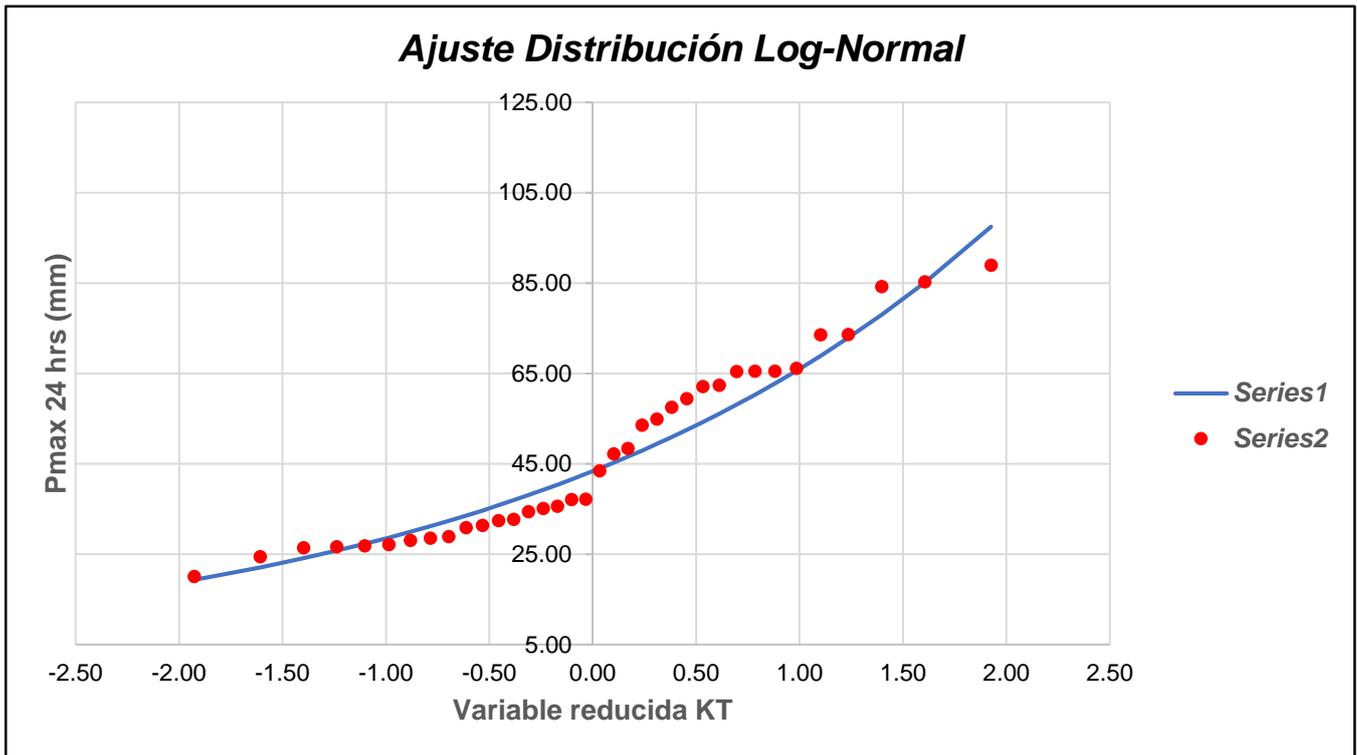
Tabla 132: Prueba de bondad de ajuste - grafica de distribución de probabilidades de la estación 10 (E10).

Fuente: Elaboración propia.



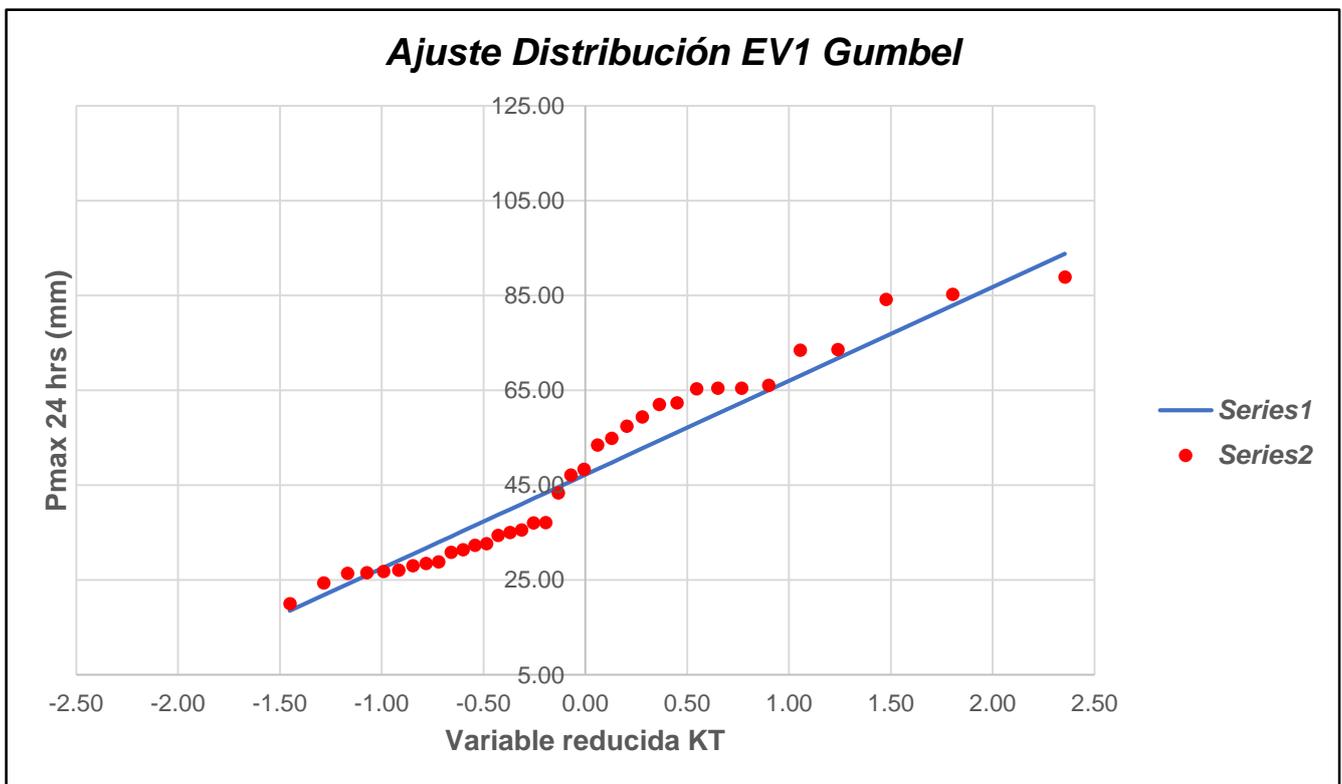
Gráfica N° 62: Ajuste de Distribución Normal de la estación 10 (E10).

Fuente: Elaboración propia.



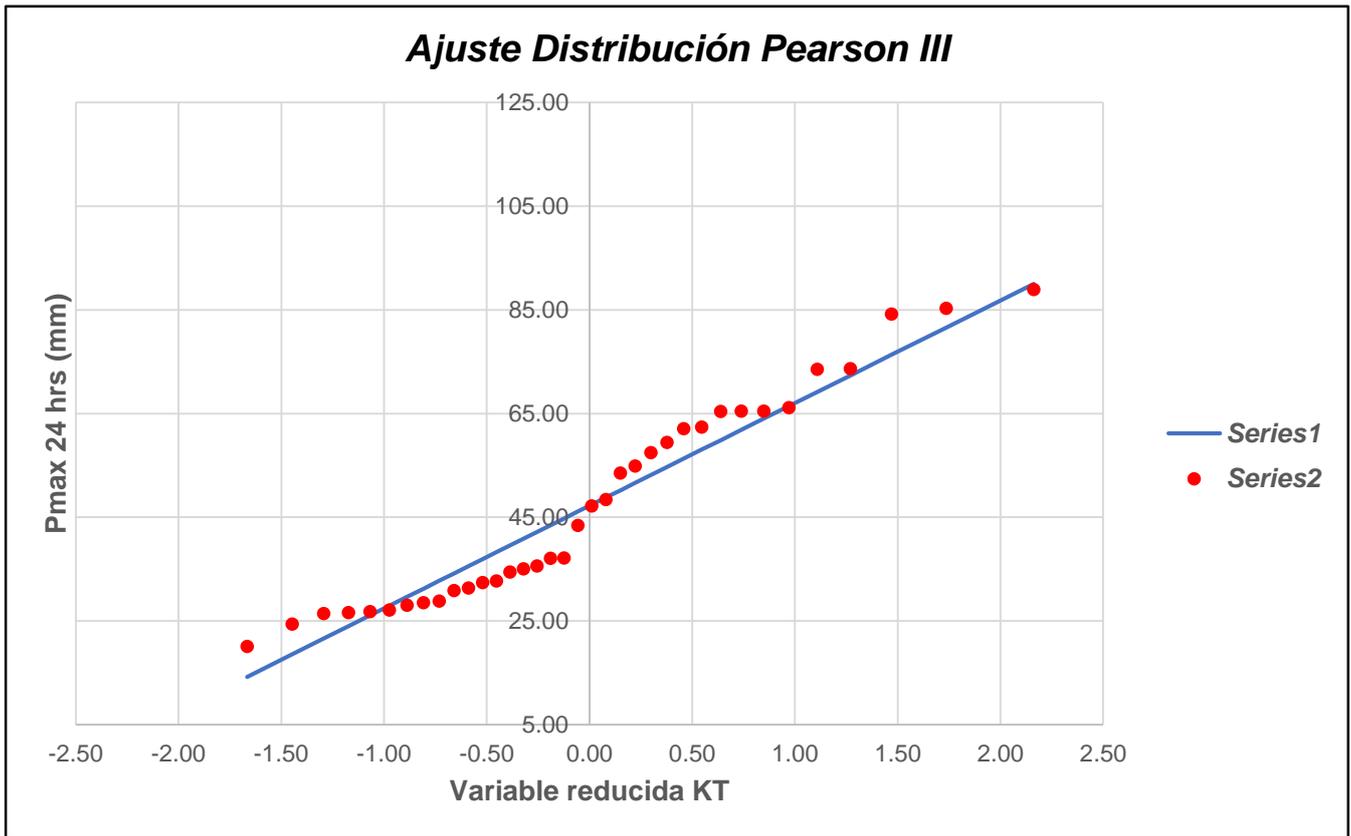
Gráfica N° 63: Ajuste de Distribución Long - Normal de la estación 10 (E10).

Fuente: Elaboración propia.



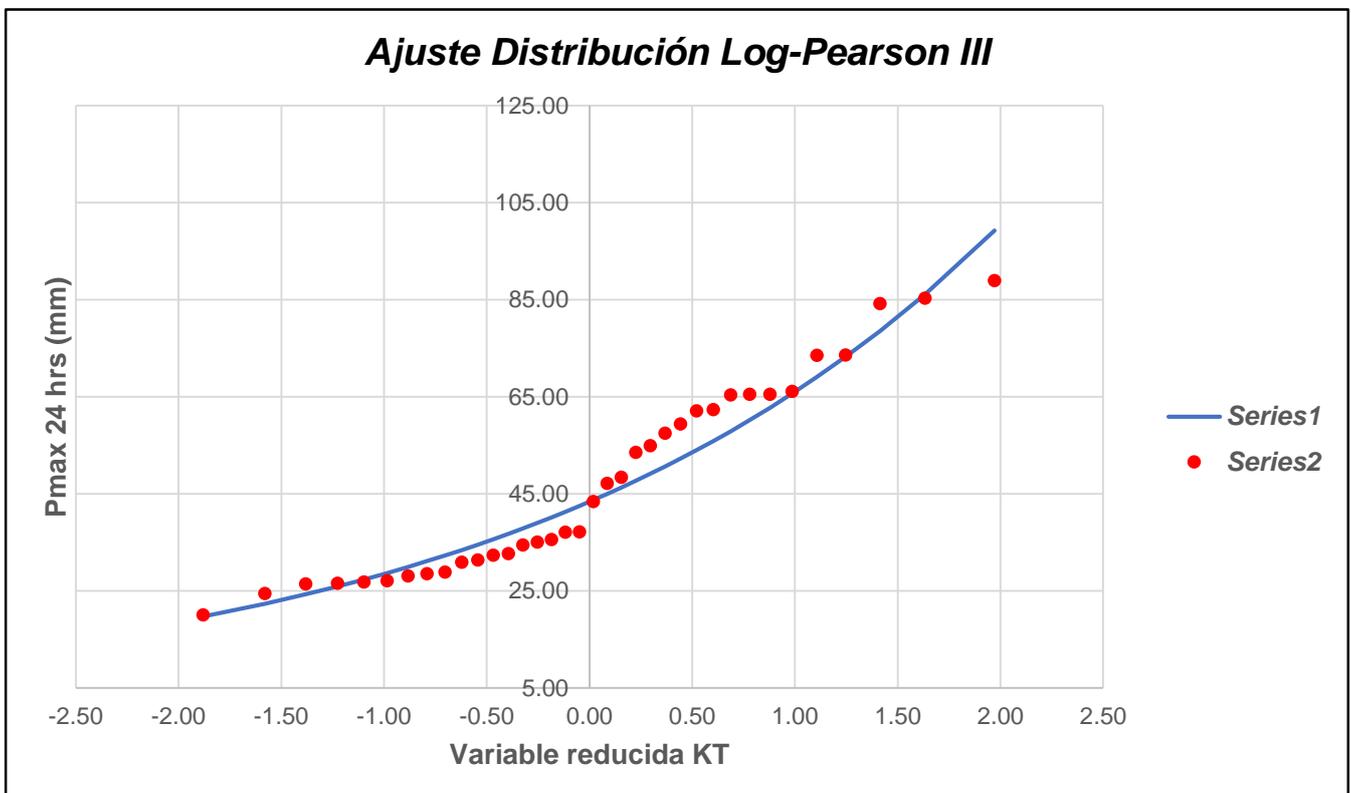
Gráfica N° 64: Ajuste de Distribución EV1 Gumbel de la estación 10 (E10).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 65: Ajuste de Distribución Pearson III de la estación 10 (E10).

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 66: Ajuste de Distribución Log - Pearson III de la estación 10 (E10).

Fuente: Elaboración propia.

m	x _m	F ₀ (x _m)	NORMAL		LOG-NORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG PEARSON III	
			F(x _m) Normal	Δ _{NORMAL}	y _m =log(x _n)	F(y _m) Log Normal	Δ _{LOG NORMAL}	F(x _m) EV1 Gumbel	Δ _{EV1-GUMBEL}	F(x _m) Pearson III	Δ _{PEARSON III}	F(y _m) LogPearso n III	Δ _{LOG-PEARSON III}
1	88.94	0.9730	0.9825	0.0095	4.4880	0.9563	0.0167	0.9631	0.0099	0.9704	0.0026	0.9535	0.0194
2	85.30	0.9459	0.9728	0.0268	4.4461	0.9463	0.0003	0.9535	0.0075	0.9599	0.0139	0.9436	0.0024
3	84.19	0.9189	0.9691	0.0501	4.4330	0.9428	0.0239	0.9501	0.0312	0.9561	0.0371	0.9401	0.0212
4	73.62	0.8919	0.9088	0.0169	4.2989	0.8961	0.0042	0.9035	0.0116	0.9010	0.0092	0.8945	0.0026
5	73.53	0.8649	0.9080	0.0432	4.2977	0.8955	0.0307	0.9029	0.0380	0.9004	0.0355	0.8940	0.0291
6	66.11	0.8378	0.8300	0.0079	4.1914	0.8422	0.0044	0.8477	0.0099	0.8343	0.0035	0.8423	0.0044
7	65.49	0.8108	0.8219	0.0111	4.1819	0.8367	0.0259	0.8420	0.0312	0.8276	0.0168	0.8370	0.0262
8	65.49	0.7838	0.8218	0.0381	4.1818	0.8367	0.0529	0.8420	0.0582	0.8275	0.0437	0.8369	0.0531
9	65.38	0.7568	0.8205	0.0637	4.1803	0.8357	0.0790	0.8410	0.0842	0.8264	0.0696	0.8360	0.0793
10	62.38	0.7297	0.7779	0.0482	4.1332	0.8065	0.0768	0.8102	0.0805	0.7904	0.0607	0.8077	0.0780
11	62.07	0.7027	0.7733	0.0706	4.1282	0.8032	0.1005	0.8068	0.1041	0.7864	0.0837	0.8045	0.1018
12	59.42	0.6757	0.7310	0.0553	4.0846	0.7732	0.0975	0.7750	0.0993	0.7501	0.0745	0.7754	0.0997
13	57.48	0.6486	0.6977	0.0491	4.0515	0.7487	0.1001	0.7490	0.1004	0.7211	0.0725	0.7516	0.1030
14	54.89	0.6216	0.6506	0.0290	4.0053	0.7125	0.0909	0.7105	0.0889	0.6792	0.0575	0.7164	0.0947
15	53.53	0.5946	0.6249	0.0303	3.9803	0.6918	0.0972	0.6885	0.0939	0.6558	0.0612	0.6962	0.1016
16	48.40	0.5676	0.5235	0.0440	3.8795	0.6031	0.0355	0.5942	0.0266	0.5599	0.0077	0.6089	0.0414
17	47.18	0.5405	0.4989	0.0416	3.8539	0.5794	0.0389	0.5692	0.0287	0.5356	0.0049	0.5855	0.0450
18	43.42	0.5135	0.4236	0.0899	3.7709	0.5011	0.0124	0.4873	0.0262	0.4587	0.0548	0.5076	0.0059
19	37.14	0.4865	0.3051	0.1814	3.6148	0.3562	0.1303	0.3397	0.1467	0.3291	0.1574	0.3615	0.1250
20	37.09	0.4595	0.3042	0.1553	3.6134	0.3549	0.1046	0.3385	0.1210	0.3280	0.1315	0.3602	0.0993
21	35.60	0.4324	0.2783	0.1541	3.5723	0.3192	0.1132	0.3032	0.1292	0.2982	0.1342	0.3238	0.1086
22	35.08	0.4054	0.2696	0.1358	3.5576	0.3068	0.0986	0.2911	0.1143	0.2880	0.1174	0.3111	0.0943
23	34.43	0.3784	0.2588	0.1196	3.5388	0.2913	0.0871	0.2760	0.1024	0.2754	0.1030	0.2952	0.0831
24	32.70	0.3514	0.2314	0.1200	3.4874	0.2508	0.1005	0.2370	0.1144	0.2429	0.1084	0.2536	0.0977
25	32.39	0.3243	0.2266	0.0978	3.4777	0.2435	0.0808	0.2300	0.0943	0.2372	0.0872	0.2461	0.0782
26	31.39	0.2973	0.2117	0.0856	3.4465	0.2208	0.0765	0.2085	0.0888	0.2193	0.0780	0.2228	0.0745
27	30.89	0.2703	0.2044	0.0659	3.4303	0.2096	0.0607	0.1980	0.0723	0.2105	0.0598	0.2111	0.0591
28	28.87	0.2432	0.1767	0.0665	3.3628	0.1663	0.0769	0.1579	0.0853	0.1769	0.0664	0.1665	0.0767
29	28.53	0.2162	0.1723	0.0439	3.3508	0.1594	0.0569	0.1515	0.0647	0.1714	0.0448	0.1593	0.0569
30	28.04	0.1892	0.1661	0.0231	3.3338	0.1497	0.0395	0.1427	0.0465	0.1639	0.0252	0.1493	0.0399
31	27.09	0.1622	0.1544	0.0078	3.2991	0.1313	0.0308	0.1260	0.0362	0.1496	0.0126	0.1303	0.0318
32	26.82	0.1351	0.1512	0.0161	3.2892	0.1264	0.0088	0.1215	0.0136	0.1457	0.0106	0.1252	0.0099
33	26.59	0.1081	0.1485	0.0404	3.2807	0.1222	0.0141	0.1178	0.0097	0.1424	0.0343	0.1209	0.0128
34	26.42	0.0811	0.1464	0.0654	3.2740	0.1190	0.0379	0.1149	0.0338	0.1399	0.0588	0.1176	0.0365
35	24.43	0.0541	0.1246	0.0705	3.1956	0.0859	0.0318	0.0853	0.0312	0.1133	0.0593	0.0835	0.0295
36	20.07	0.0270	0.0850	0.0579	2.9993	0.0333	0.0063	0.0382	0.0112	0.0664	0.0394	0.0304	0.0033

n	36	Distribución	Normal	Log-Normal	EV1-Gumbel	Pearson III	LogPearson III	
	Significación	0.10	Δ _{MAX}	0.1814	0.1303	0.1467	0.1574	0.1250
	Δcrítico	0.2040	Si se ajusta		Si se ajusta	Si se ajusta	Si se ajusta	
	Mejor Ajuste	5	2	3	4	1		

Tabla 133: Prueba de bondad de ajuste KOLMOGOROV-SMIRNOV de la estación 10 (E10).

Fuente: Elaboración propia.

T	P(X≤XT)	NORMAL		LOGNORMAL			EV1-GUMBEL		PEARSON III		LOG-PEARSON III			Pmax (mm)
		K _T	x _T	K _T	x _T	e [^] x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	e [^] x _T	
10	0.9000	1.2816	72.59	1.2816	4.3082	74.31	1.3046	73.05	1.3245	73.44	1.2916	4.31	74.6194	74.62
20	0.9500	1.6449	79.78	1.6449	4.4608	86.56	1.8658	84.16	1.7853	82.56	1.6724	4.47	87.5647	87.56
30	0.9667	1.8339	83.53	1.8339	4.5403	93.71	2.1887	90.55	2.0360	87.53	1.8723	4.56	95.2370	95.24
50	0.9800	2.0537	87.88	2.0537	4.6326	102.78	2.5923	98.53	2.3372	93.49	2.1062	4.65	105.0743	105.07
100	0.9900	2.3263	93.27	2.3263	4.7472	115.26	3.1367	109.31	2.7252	101.16	2.3986	4.78	118.8092	118.81

Tabla 134: Precipitaciones máximas anuales en 24 horas de la estación 10 (E10).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 06: Precipitación Media de la Cuenca

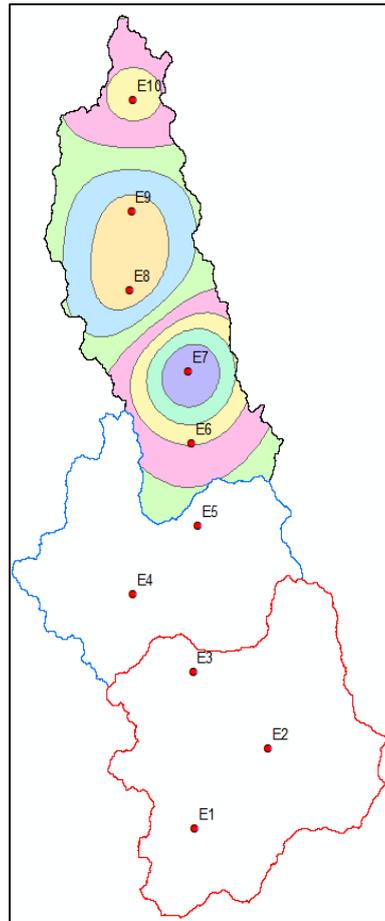


Figura N° 102: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-1	39.533	47.644	43.59	164.23	7158.485
	47.644	55.755	51.70	235.11	12154.745
	55.755	63.865	59.81	293.19	17535.364
	63.865	71.976	67.92	321.47	21834.197
	71.976	80.087	76.03	164.20	12484.653
	80.087	88.197	84.14	87.34	7348.832
	88.197	96.308	92.25	65.54	6046.501
	SUMA		1331.07	84562.777	
			Pp pond.	63.53	

Tabla 135: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

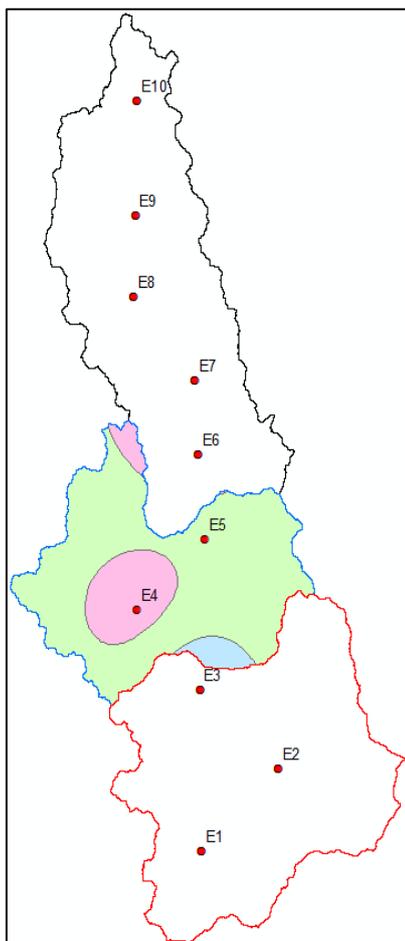


Figura N° 103: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-2	39.533	47.644	43.59	0.00	0.000
	47.644	55.755	51.70	34.94	1806.323
	55.755	63.865	59.81	759.55	45428.835
	63.865	71.976	67.92	160.97	10933.135
	71.976	80.087	76.03	0.00	0.000
	80.087	88.197	84.14	0.00	0.000
	88.197	96.308	92.25	0.00	0.000
	SUMA			955.46	58168.293
	Pp pond.				60.88

Tabla 136: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

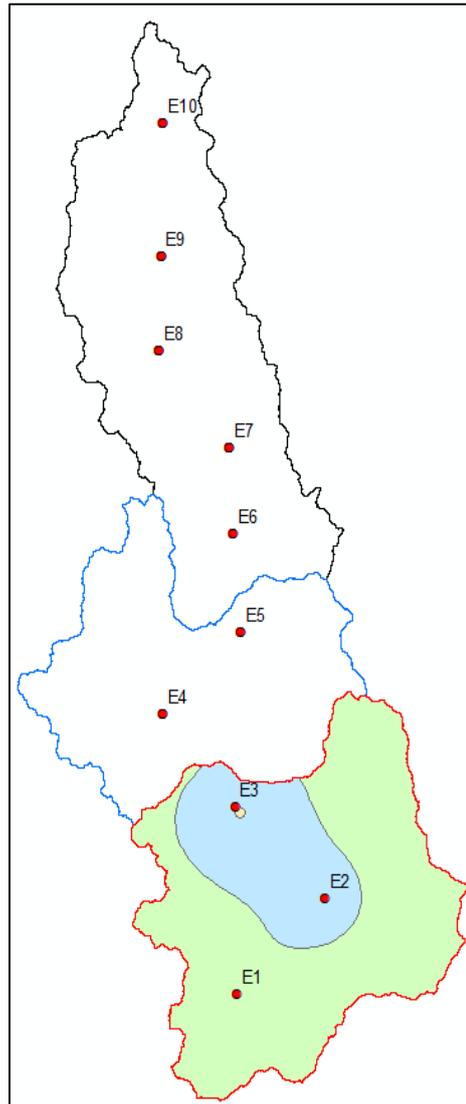


Figura N° 104: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-3	39.533	47.644	43.59	1.19	51.988
	47.644	55.755	51.70	350.07	18098.209
	55.755	63.865	59.81	967.41	57860.486
	63.865	71.976	67.92	0.00	0.000
	71.976	80.087	76.03	0.00	0.000
	80.087	88.197	84.14	0.00	0.000
	88.197	96.308	92.25	0.00	0.000
	SUMA		1318.67	76010.682	
			Pp pond.	57.64	

Tabla 137: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

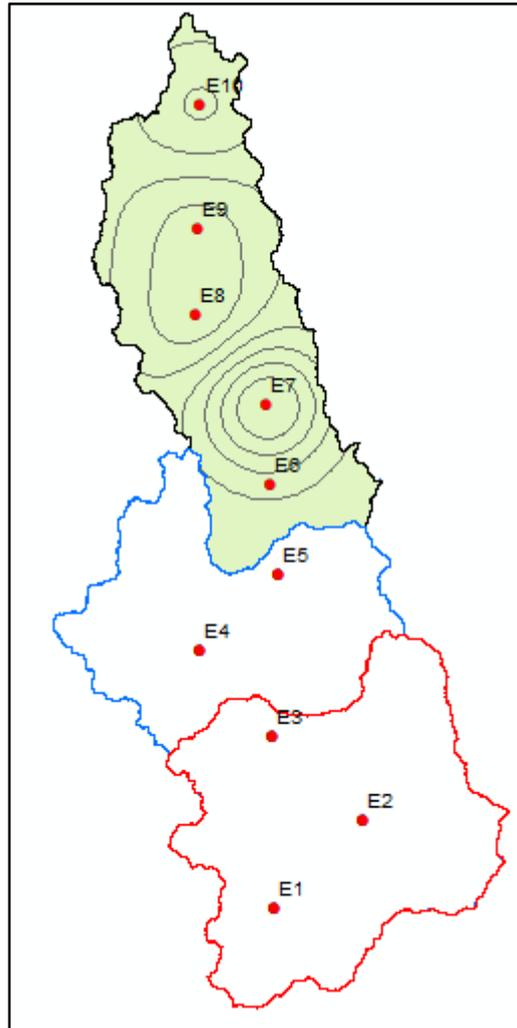


Figura N° 105: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-1	46.037	56.131	51.08	181.09	9250.605
	56.131	66.225	61.18	269.26	16472.776
	66.225	76.319	71.27	395.14	28162.801
	76.319	86.414	81.37	265.65	21615.283
	86.414	96.508	91.46	103.07	9427.271
	96.508	106.602	101.55	66.07	6709.599
	106.602	116.696	111.65	50.79	5670.289
	SUMA		1331.07	97308.624	
			Pp pond.		73.11

Tabla 138: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

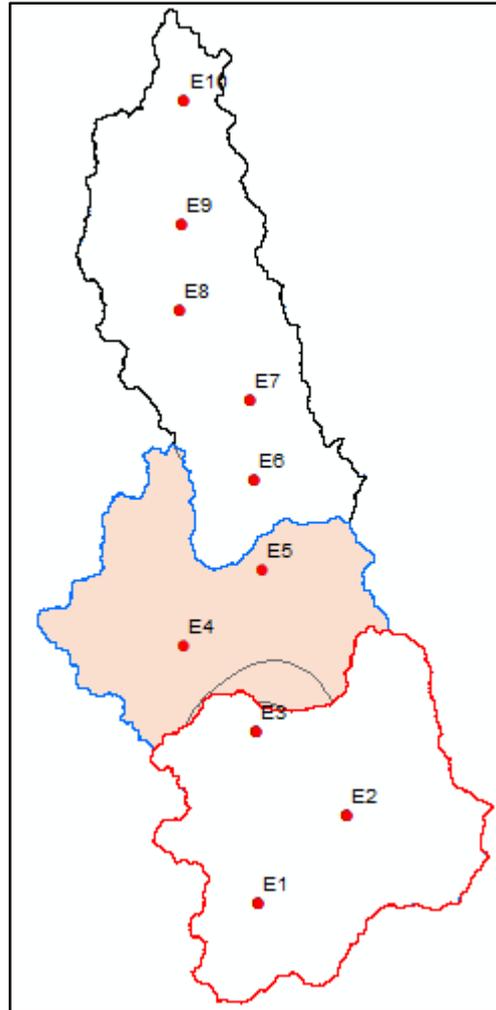


Figura N° 106: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-2	46.037	56.131	51.08	1.89	96.522
	56.131	66.225	61.18	65.22	3989.981
	66.225	76.319	71.27	887.05	63222.006
	76.319	86.414	81.37	1.31	106.298
	86.414	96.508	91.46	0.00	0.000
	96.508	106.602	101.55	0.00	0.000
	106.602	116.696	111.65	0.00	0.000
			SUMA	955.46	67414.807
			Pp pond.		70.56

139: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla

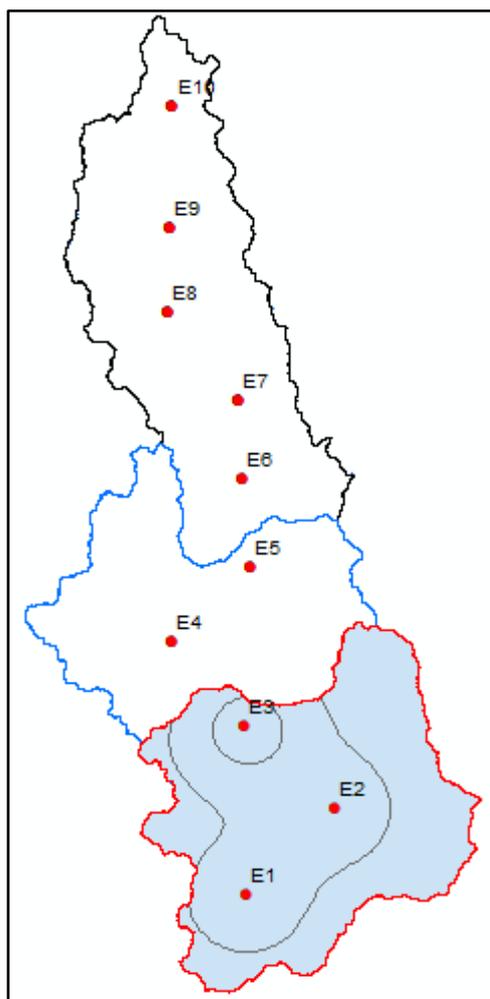


Figura N° 107: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-3	46.037	56.131	51.08	62.87	3211.853
	56.131	66.225	61.18	615.53	37656.807
	66.225	76.319	71.27	640.27	45633.348
	76.319	86.414	81.37	0.00	0.000
	86.414	96.508	91.46	0.00	0.000
	96.508	106.602	101.55	0.00	0.000
	106.602	116.696	111.65	0.00	0.000
	SUMA		1318.67	86502.008	
			Pp pond.		65.60

Tabla 140: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

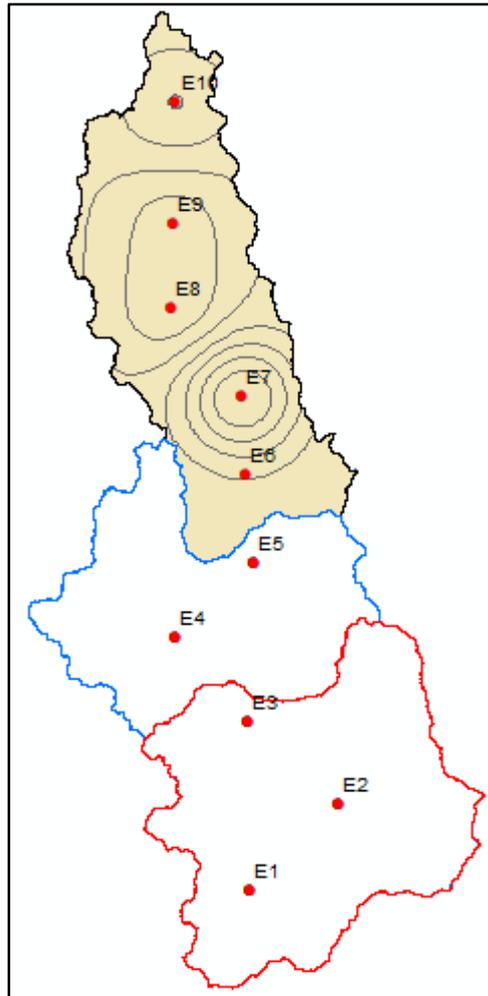


Figura N° 108: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-1	50.011	61.251	55.63	189.14	10521.926
	61.251	72.491	66.87	291.43	19488.178
	72.491	83.731	78.11	432.74	33801.652
	83.731	94.971	89.35	236.01	21087.707
	94.971	106.211	100.59	81.47	8195.417
	106.211	117.451	111.83	56.52	6320.582
	117.451	128.691	123.07	43.77	5386.566
	SUMA		1331.07	104802.027	
			Pp pond.	78.74	

Tabla 141: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

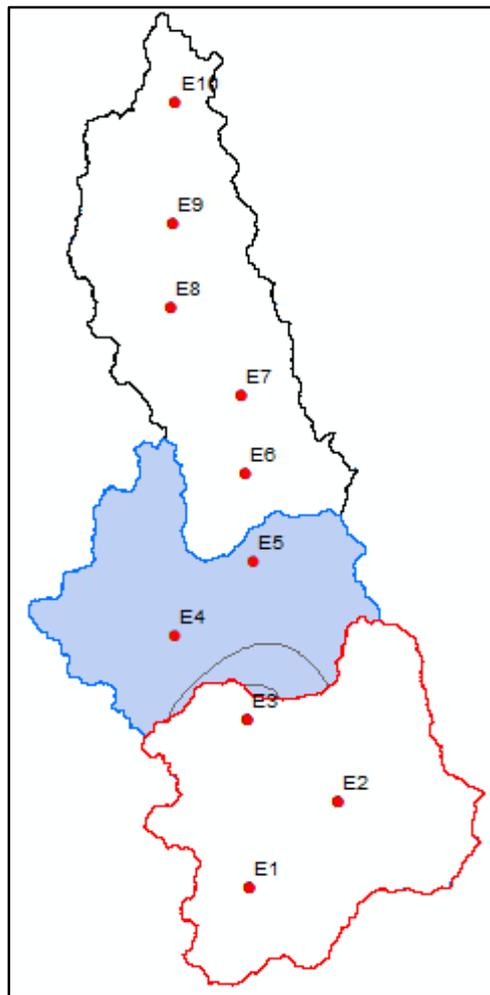


Figura N° 109: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-2	50.011	61.251	55.63	5.55	308.983
	61.251	72.491	66.87	82.15	5493.634
	72.491	83.731	78.11	867.76	67781.489
	83.731	94.971	89.35	0.00	0.000
	94.971	106.211	100.59	0.00	0.000
	106.211	117.451	111.83	0.00	0.000
	117.451	128.691	123.07	0.00	0.000
	SUMA			955.46	73584.106
	Pp pond.				77.01

Tabla 142: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

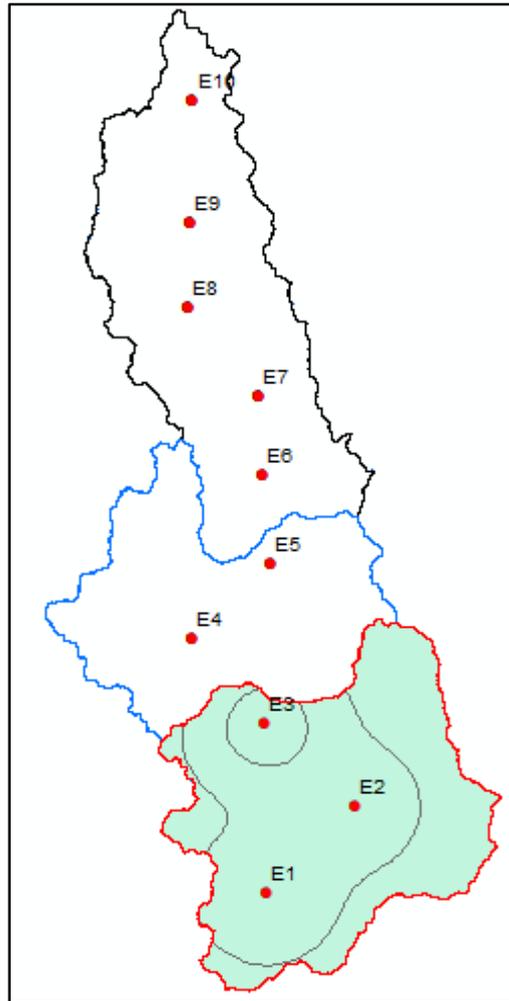


Figura N° 110: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-3	50.011	61.251	55.63	81.37	4526.597
	61.251	72.491	66.87	712.86	47669.678
	72.491	83.731	78.11	524.44	40964.832
	83.731	94.971	89.35	0.00	0.000
	94.971	106.211	100.59	0.00	0.000
	106.211	117.451	111.83	0.00	0.000
	117.451	128.691	123.07	0.00	0.000
	SUMA		1318.67	93161.107	
	Pp pond.			70.65	

Tabla 143: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

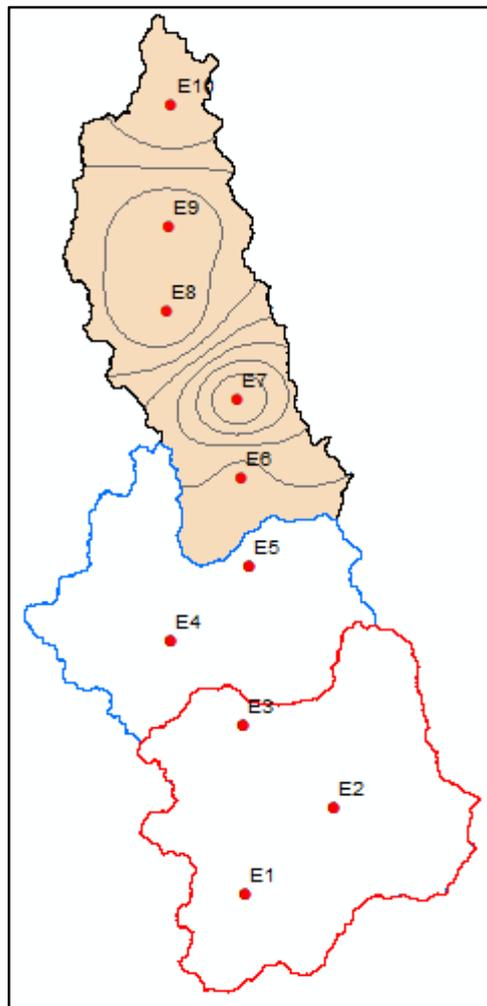


Figura N° 111: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-1	55.690	68.289	61.99	263.93	16360.905
	68.289	80.887	74.59	268.32	20013.529
	80.887	93.486	87.19	305.57	26641.545
	93.486	106.084	99.78	314.58	31389.953
	106.084	118.683	112.38	84.24	9467.183
	118.683	131.281	124.98	57.47	7182.683
	131.281	143.880	137.58	36.96	5085.366
	SUMA			1331.07	116141.165
	Pp pond.				87.25

Tabla 144: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

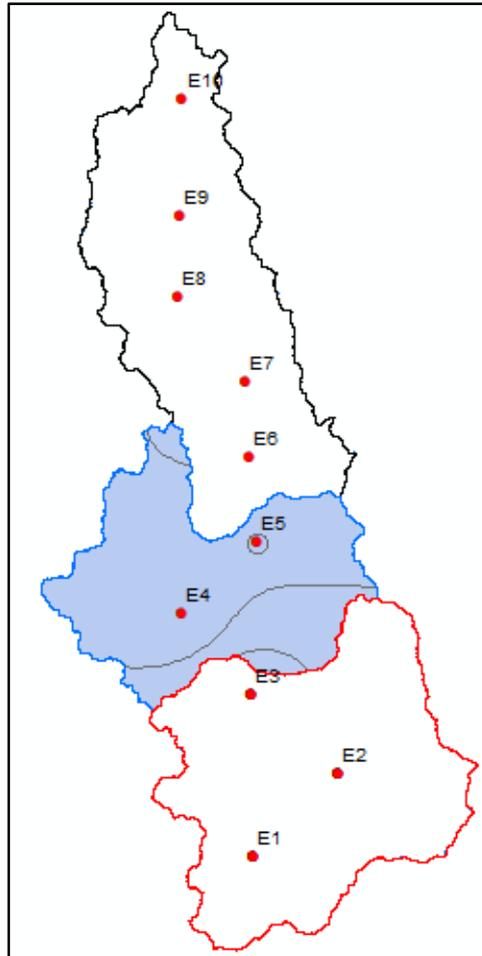


Figura N° 112: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-2	55.690	68.289	61.99	21.70	1345.243
	68.289	80.887	74.59	214.27	15981.704
	80.887	93.486	87.19	700.50	61074.038
	93.486	106.084	99.78	18.99	1895.407
	106.084	118.683	112.38	0.00	0.000
	118.683	131.281	124.98	0.00	0.000
	131.281	143.880	137.58	0.00	0.000
	SUMA			955.46	80296.391
	Pp pond.				84.04

Tabla 145: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

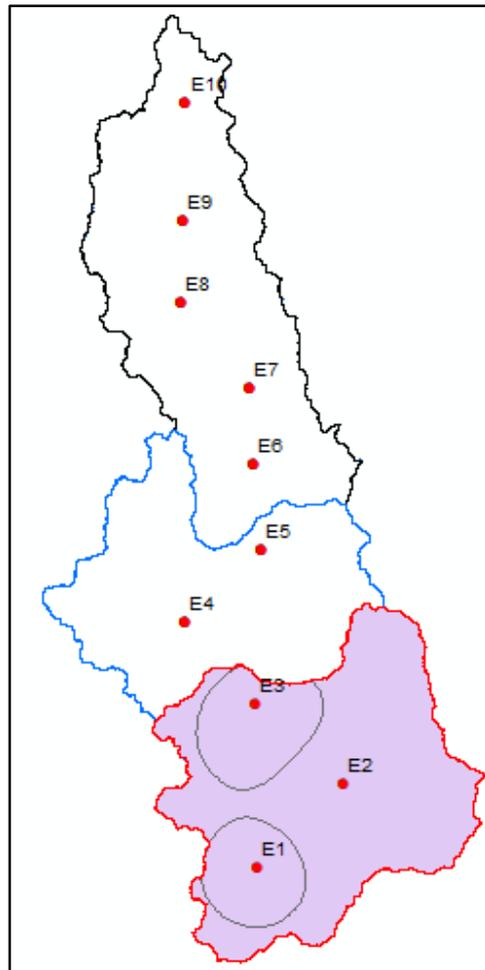


Figura N° 113: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-3	55.690	68.289	61.99	369.80	22923.677
	68.289	80.887	74.59	948.87	70773.933
	80.887	93.486	87.19	0.00	0.000
	93.486	106.084	99.78	0.00	0.000
	106.084	118.683	112.38	0.00	0.000
	118.683	131.281	124.98	0.00	0.000
	131.281	143.880	137.58	0.00	0.000
	SUMA		1318.67	93697.610	
			Pp pond.		71.05

Tabla 146: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

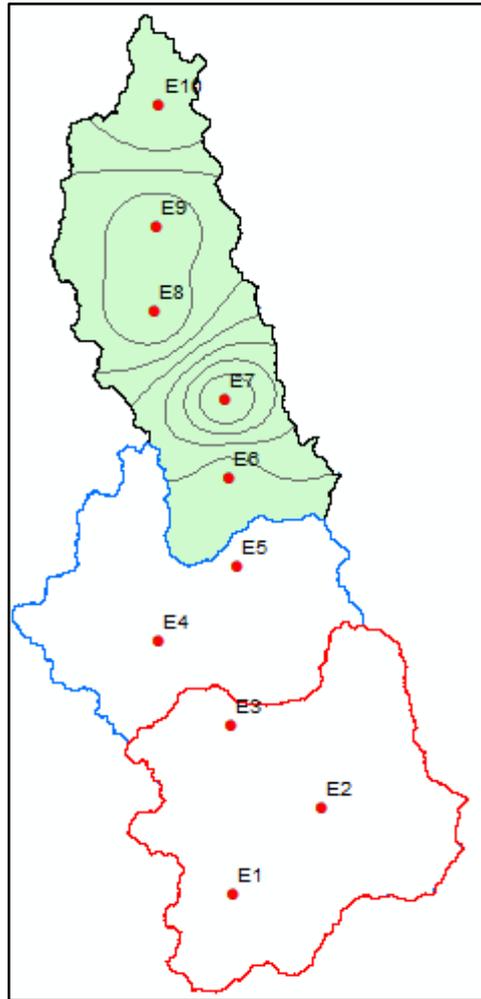


Figura N° 114: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-1	58.510	73.677	66.09	213.33	14099.466
	73.677	88.844	81.26	301.84	24528.123
	88.844	104.011	96.43	333.60	32168.304
	104.011	119.178	111.59	305.47	34088.556
	119.178	134.346	126.76	83.01	10522.194
	134.346	149.513	141.93	57.06	8098.657
	149.513	164.680	157.10	36.77	5775.673
	SUMA		1331.07	129280.972	
			Pp pond.		97.13

Tabla 147: Precipitación media en la subcuenca alta para un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

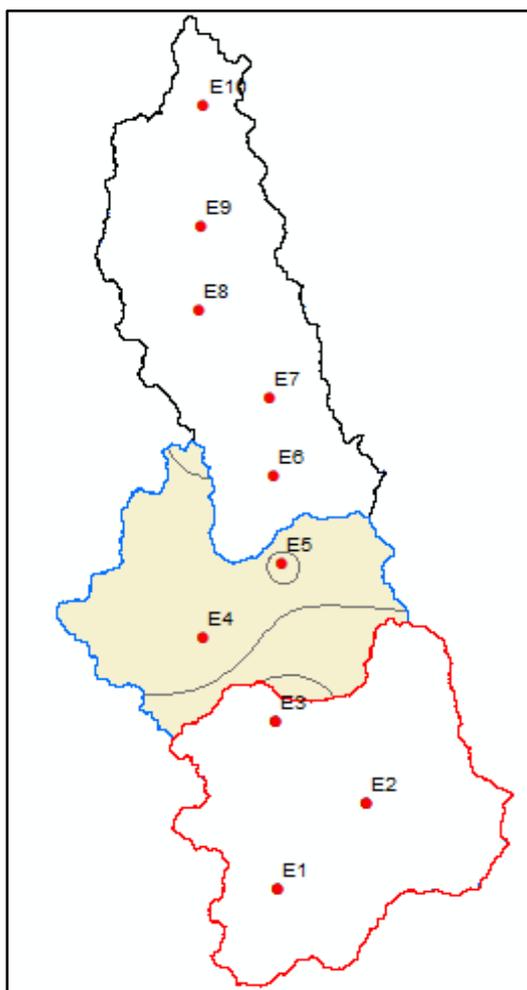


Figura N° 115: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-2	58.510	73.677	66.09	21.11	1395.160
	73.677	88.844	81.26	226.29	18388.816
	88.844	104.011	96.43	692.66	66792.102
	104.011	119.178	111.59	15.40	1718.049
	119.178	134.346	126.76	0.00	0.000
	134.346	149.513	141.93	0.00	0.000
	149.513	164.680	157.10	0.00	0.000
			SUMA	955.46	88294.127
			Pp pond.		92.41

Tabla 148: Precipitación media en la subcuenca media para un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

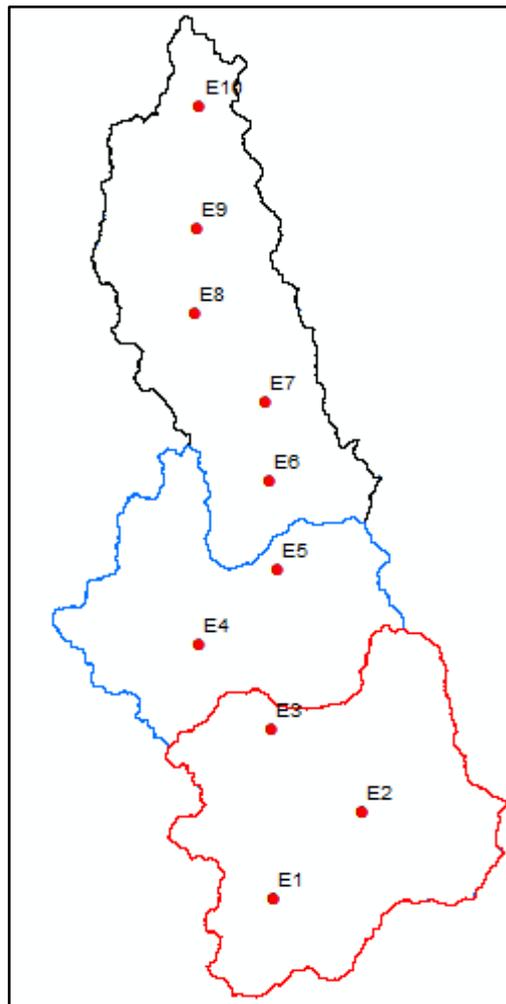


Figura N° 116: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

	Pinf	Psup	Pprom.	Area (km2)	Pprom.*A
SB-3	58.510	73.677	66.09	413.25	27313.338
	73.677	88.844	81.26	905.42	73574.652
	88.844	104.011	96.43	0.00	0.000
	104.011	119.178	111.59	0.00	0.000
	119.178	134.346	126.76	0.00	0.000
	134.346	149.513	141.93	0.00	0.000
	149.513	164.680	157.10	0.00	0.000
	SUMA		1318.67	100887.989	
			Pp pond.	76.51	

Tabla 149: Precipitación media en la subcuenca baja para un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 07: Curvas IDF

SB1						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (años)				
Hr	min	10	20	30	50	100
0.17	10.00	18.34	21.10	22.73	25.19	28.04
0.33	20.00	21.81	25.10	27.03	29.95	33.34
0.50	30.00	24.14	27.77	29.91	33.15	36.90
0.67	40.00	25.94	29.85	32.14	35.62	39.65
0.83	50.00	27.42	31.56	33.99	37.66	41.93
1.00	60.00	28.70	33.03	35.57	39.42	43.88
1.50	90.00	31.76	36.55	39.37	43.63	48.56
2.00	120.00	34.13	39.28	42.30	46.88	52.18
4.00	240.00	40.59	46.71	50.31	55.75	62.06
6.00	360.00	44.92	51.69	55.67	61.70	68.68
7.00	420.00	46.69	53.72	57.86	64.12	71.38
8.00	480.00	48.27	55.55	59.83	66.30	73.80
10.00	600.00	51.04	58.74	63.26	70.10	78.03
11.00	660.00	52.27	60.15	64.78	71.79	79.92
12.00	720.00	53.42	61.47	66.21	73.37	81.67
24.00	1440.00	63.53	73.11	78.74	87.25	97.13

Tabla 150: Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Alta.

Fuente: Elaboración propia.

SB1						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (años)				
Hr	min	10	20	30	50	100
0.17	10	110.04	126.62	136.37	151.13	168.23
0.33	20	65.43	75.29	81.09	89.86	100.03
0.50	30	48.27	55.55	59.83	66.30	73.80
0.67	40	38.90	44.77	48.22	53.43	59.48
0.83	50	32.91	37.87	40.79	45.20	50.31
1.00	60	28.70	33.03	35.57	39.42	43.88
1.50	90	21.18	24.37	26.25	29.08	32.38
2.00	120	17.07	19.64	21.15	23.44	26.09
4.00	240	10.15	11.68	12.58	13.94	15.51
6.00	360	7.49	8.62	9.28	10.28	11.45
7.00	420	6.67	7.67	8.27	9.16	10.20
8.00	480	6.03	6.94	7.48	8.29	9.22
10.00	600	5.10	5.87	6.33	7.01	7.80
11.00	660	4.75	5.47	5.89	6.53	7.27
12.00	720	4.45	5.12	5.52	6.11	6.81
24.00	1440	2.65	3.05	3.28	3.64	4.05

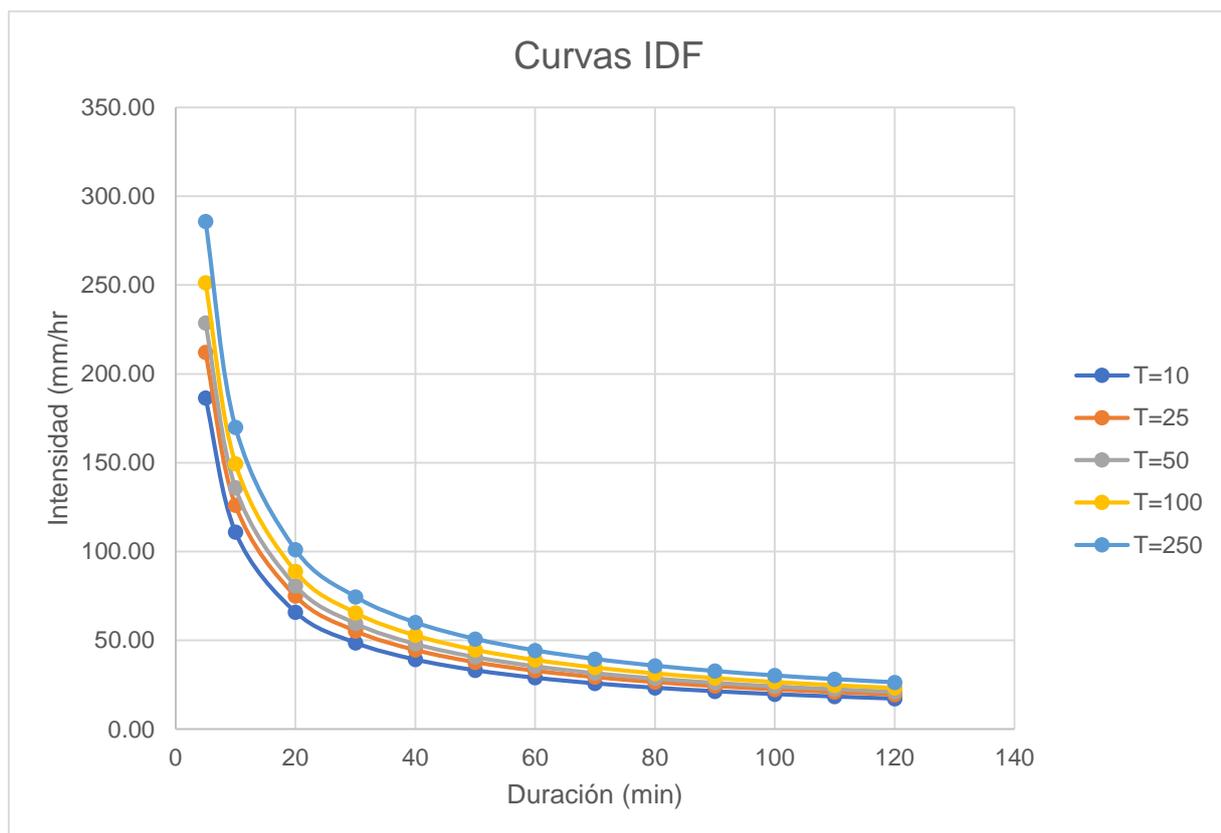
Tabla 151: Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Alta.

Fuente: Elaboración propia.

Duración (t) minutos	Período de Retorno (T) en años				
	10	20	30	50	100
5	186.50	212.09	228.66	251.38	285.87
10	110.89	126.11	135.96	149.47	169.98
20	65.94	74.98	80.84	88.88	101.07
30	48.65	55.32	59.64	65.57	74.57
40	39.21	44.59	48.07	52.85	60.10
50	33.16	37.72	40.66	44.70	50.84
60	28.93	32.90	35.46	38.99	44.34
70	25.77	29.30	31.59	34.73	39.50
80	23.31	26.51	28.58	31.42	35.73
90	21.34	24.27	26.17	28.77	32.71
100	19.72	22.43	24.18	26.58	30.23
110	18.36	20.88	22.51	24.75	28.14
120	17.20	19.56	21.09	23.18	26.36

Tabla 152: Intensidades máximas (mm/h) horas en la subcuenca Alta.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 67: Curva IDF de la subcuenca Alta.

Fuente: Elaboración propia.

SB2						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (años)				
Hr	min	10	20	30	50	100
0.17	10.00	17.57	20.37	22.23	24.26	26.68
0.33	20.00	20.90	24.22	26.44	28.85	31.72
0.50	30.00	23.13	26.81	29.26	31.93	35.11
0.67	40.00	24.85	28.80	31.44	34.31	37.73
0.83	50.00	26.28	30.46	33.24	36.28	39.89
1.00	60.00	27.51	31.88	34.80	37.97	41.75
1.50	90.00	30.44	35.28	38.51	42.02	46.20
2.00	120.00	32.71	37.91	41.38	45.15	49.65
4.00	240.00	38.90	45.08	49.21	53.70	59.04
6.00	360.00	43.05	49.89	54.46	59.42	65.34
7.00	420.00	44.74	51.85	56.60	61.76	67.91
8.00	480.00	46.26	53.61	58.52	63.86	70.22
10.00	600.00	48.91	56.69	61.88	67.52	74.24
11.00	660.00	50.09	58.05	63.37	69.15	76.03
12.00	720.00	51.19	59.33	64.76	70.67	77.71
24.00	1440.00	60.88	70.56	77.01	84.04	92.41

Tabla 153: Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Media.

Fuente: Elaboración propia.

SB2						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (años)				
Hr	min	10	20	30	50	100
0.17	10	105.45	122.21	133.39	145.56	160.06
0.33	20	62.70	72.67	79.32	86.55	95.17
0.50	30	46.26	53.61	58.52	63.86	70.22
0.67	40	37.28	43.21	47.16	51.46	56.59
0.83	50	31.54	36.55	39.89	43.53	47.87
1.00	60	27.51	31.88	34.80	37.97	41.75
1.50	90	20.29	23.52	25.67	28.01	30.80
2.00	120	16.35	18.95	20.69	22.58	24.83
4.00	240	9.72	11.27	12.30	13.42	14.76
6.00	360	7.17	8.32	9.08	9.90	10.89
7.00	420	6.39	7.41	8.09	8.82	9.70
8.00	480	5.78	6.70	7.31	7.98	8.78
10.00	600	4.89	5.67	6.19	6.75	7.42
11.00	660	4.55	5.28	5.76	6.29	6.91
12.00	720	4.27	4.94	5.40	5.89	6.48
24.00	1440	2.54	2.94	3.21	3.50	3.85

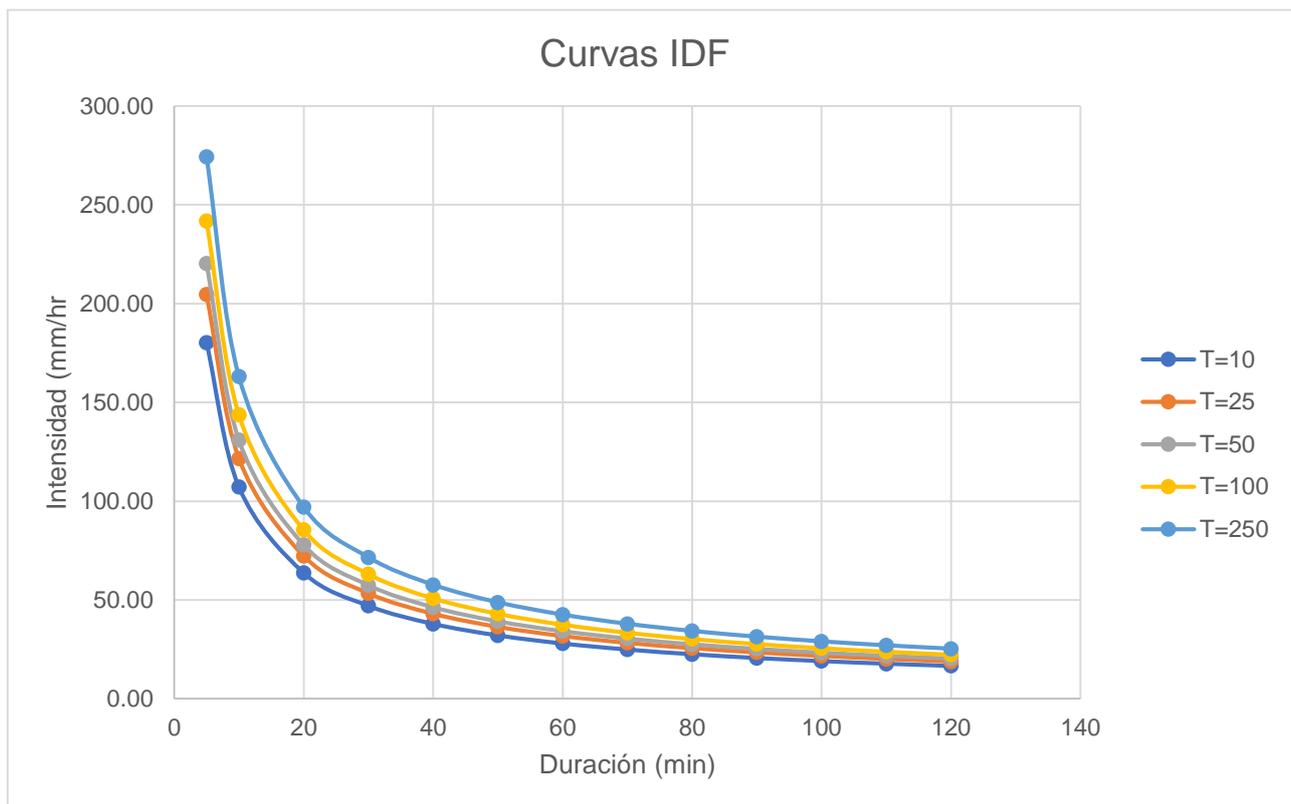
Tabla 154: Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Media.

Fuente: Elaboración propia.

Duración (t) minutos	Período de Retorno (T) en años				
	10	20	30	50	100
5	180.30	204.58	220.27	241.76	274.31
10	107.21	121.64	130.97	143.75	163.11
20	63.75	72.33	77.88	85.48	96.98
30	47.03	53.36	57.46	63.06	71.55
40	37.90	43.01	46.31	50.82	57.67
50	32.06	36.38	39.17	42.99	48.78
60	27.97	31.73	34.16	37.50	42.55
70	24.91	28.27	30.43	33.40	37.90
80	22.54	25.57	27.53	30.22	34.29
90	20.63	23.41	25.21	27.66	31.39
100	19.06	21.63	23.29	25.56	29.00
110	17.75	20.14	21.68	23.80	27.00
120	16.63	18.87	20.31	22.30	25.30

Tabla 155: Intensidades máximas (mm/h) horas en la subcuenca Media.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 68: Curva IDF de la subcuenca Media.

Fuente: Elaboración propia.

SB3						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (años)				
Hr	min	10	20	30	50	100
0.17	10.00	16.64	18.94	20.39	20.51	22.09
0.33	20.00	19.79	22.52	24.25	24.39	26.26
0.50	30.00	21.90	24.92	26.84	26.99	29.07
0.67	40.00	23.53	26.78	28.84	29.01	31.23
0.83	50.00	24.88	28.32	30.50	30.67	33.03
1.00	60.00	26.04	29.64	31.92	32.10	34.57
1.50	90.00	28.82	32.80	35.32	35.53	38.25
2.00	120.00	30.97	35.24	37.96	38.18	41.11
4.00	240.00	36.83	41.91	45.14	45.40	48.88
6.00	360.00	40.76	46.38	49.96	50.24	54.10
7.00	420.00	42.36	48.21	51.92	52.22	56.22
8.00	480.00	43.80	49.84	53.68	53.99	58.13
10.00	600.00	46.31	52.70	56.76	57.09	61.47
11.00	660.00	47.43	53.97	58.13	58.46	62.95
12.00	720.00	48.47	55.16	59.41	59.75	64.33
24.00	1440.00	57.64	65.60	70.65	71.05	76.51

Tabla 156: Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Baja.

Fuente: Elaboración propia.

SB3						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (años)				
Hr	min	10	20	30	50	100
0.17	10	99.84	113.62	122.37	123.07	132.51
0.33	20	59.36	67.56	72.76	73.18	78.79
0.50	30	43.80	49.84	53.68	53.99	58.13
0.67	40	35.30	40.17	43.26	43.51	46.85
0.83	50	29.86	33.98	36.60	36.81	39.63
1.00	60	26.04	29.64	31.92	32.10	34.57
1.50	90	19.21	21.87	23.55	23.68	25.50
2.00	120	15.49	17.62	18.98	19.09	20.55
4.00	240	9.21	10.48	11.28	11.35	12.22
6.00	360	6.79	7.73	8.33	8.37	9.02
7.00	420	6.05	6.89	7.42	7.46	8.03
8.00	480	5.47	6.23	6.71	6.75	7.27
10.00	600	4.63	5.27	5.68	5.71	6.15
11.00	660	4.31	4.91	5.28	5.31	5.72
12.00	720	4.04	4.60	4.95	4.98	5.36
24.00	1440	2.40	2.73	2.94	2.96	3.19

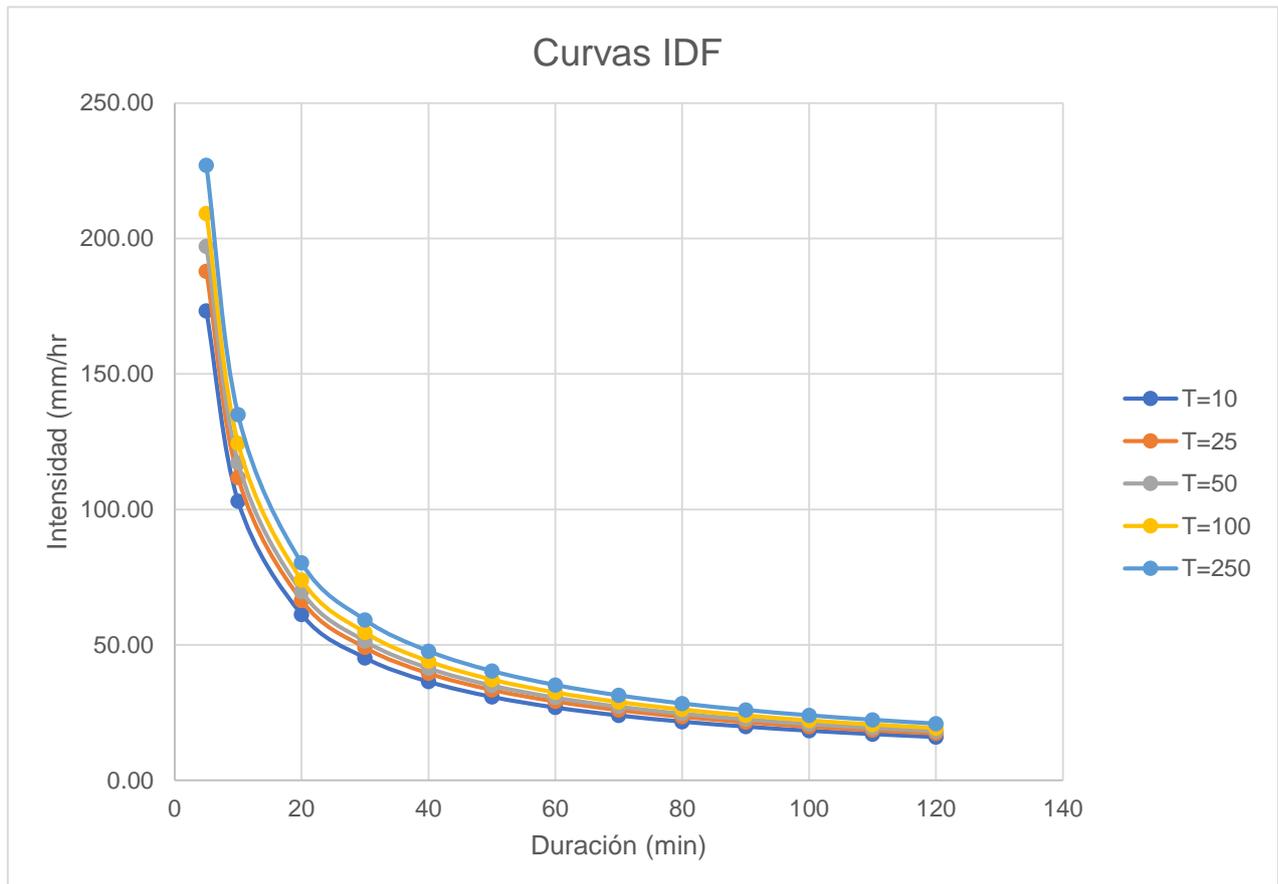
Tabla 157: Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas en la subcuenca Baja.

Fuente: Elaboración propia.

Duración (t) minutos	Período de Retorno (T) en años				
	10	20	30	50	100
5	173.22	187.90	197.06	209.23	226.96
10	103.00	111.73	117.17	124.41	134.95
20	61.24	66.43	69.67	73.97	80.24
30	45.19	49.01	51.40	54.58	59.20
40	36.42	39.50	41.43	43.98	47.71
50	30.80	33.41	35.04	37.21	40.36
60	26.87	29.14	30.56	32.45	35.20
70	23.93	25.96	27.23	28.91	31.36
80	21.65	23.49	24.63	26.15	28.37
90	19.82	21.50	22.55	23.94	25.97
100	18.32	19.87	20.84	22.12	24.00
110	17.05	18.50	19.40	20.60	22.34
120	15.98	17.33	18.17	19.30	20.93

Tabla 158: Intensidades máximas (mm/h) horas en la subcuenca Baja.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica N° 69: Curva IDF de la subcuenca Baja.

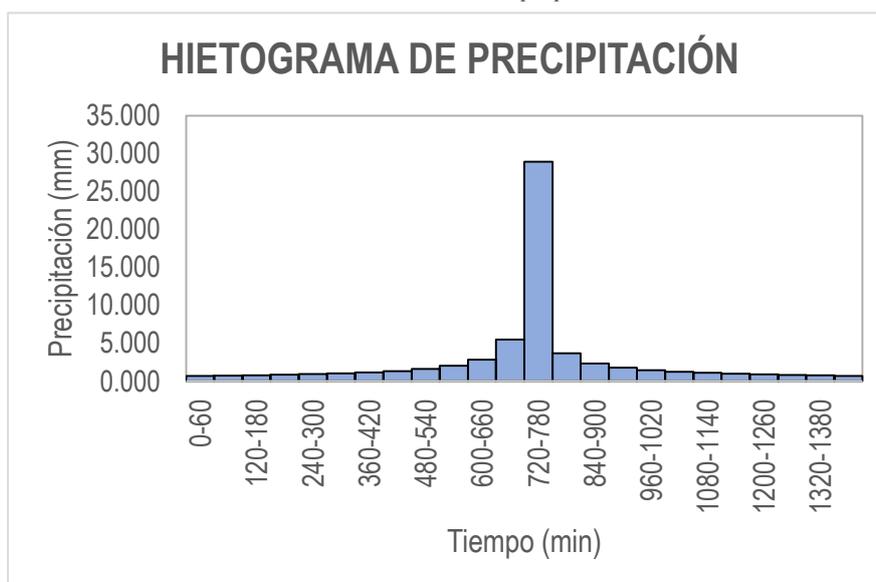
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 08: Hidrograma de Diseño

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	28.93	28.93	28.93	0-60	0.678
120	17.20	34.40	5.47	60-120	0.724
180	12.69	38.07	3.67	120-180	0.779
240	10.23	40.91	2.84	180-240	0.845
300	8.65	43.25	2.35	240-300	0.926
360	7.55	45.27	2.02	300-360	1.027
420	6.72	47.05	1.78	360-420	1.158
480	6.08	48.65	1.60	420-480	1.337
540	5.57	50.10	1.45	480-540	1.597
600	5.14	51.44	1.34	540-600	2.017
660	4.79	52.68	1.24	600-660	2.839
720	4.49	53.84	1.16	660-720	5.473
780	4.23	54.93	1.09	720-780	28.926
840	4.00	55.95	1.03	780-840	3.670
900	3.80	56.93	0.97	840-900	2.347
960	3.62	57.85	0.93	900-960	1.779
1020	3.46	58.74	0.88	960-1020	1.454
1080	3.31	59.58	0.85	1020-1080	1.240
1140	3.18	60.39	0.81	1080-1140	1.088
1200	3.06	61.17	0.78	1140-1200	0.973
1260	2.95	61.92	0.75	1200-1260	0.883
1320	2.85	62.65	0.72	1260-1320	0.811
1380	2.75	63.35	0.70	1320-1380	0.751
1440	2.67	64.02	0.68	1380-1440	0.700

Tabla 159: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.



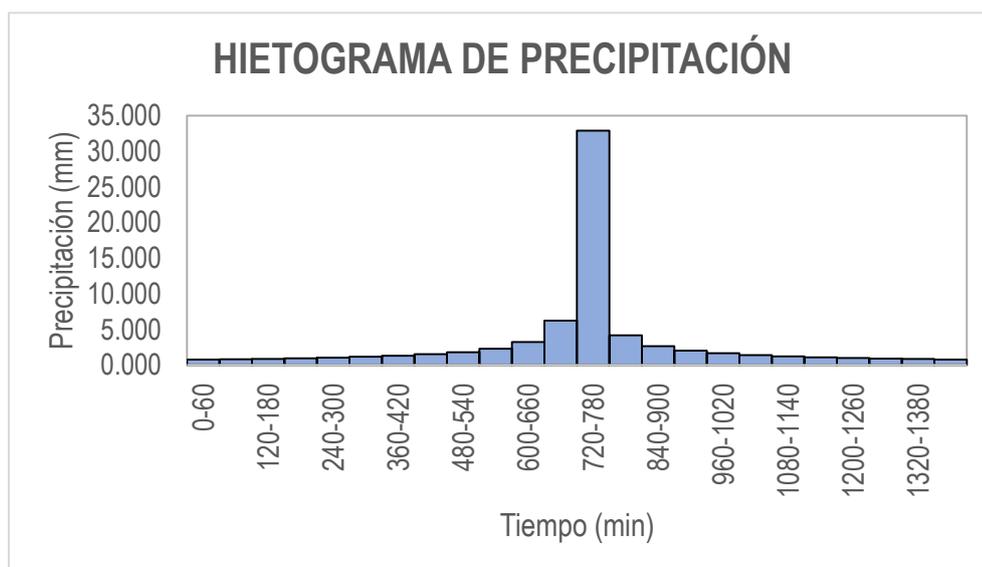
Gráfica N° 70: Hietograma de precipitación para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	32.90	32.90	32.90	0-60	0.771
120	19.56	39.12	6.22	60-120	0.824
180	14.43	43.29	4.17	120-180	0.886
240	11.63	46.52	3.23	180-240	0.961
300	9.84	49.19	2.67	240-300	1.053
360	8.58	51.48	2.29	300-360	1.168
420	7.64	53.51	2.02	360-420	1.317
480	6.92	55.32	1.82	420-480	1.521
540	6.33	56.98	1.65	480-540	1.816
600	5.85	58.50	1.52	540-600	2.294
660	5.45	59.91	1.41	600-660	3.228
720	5.10	61.22	1.32	660-720	6.224
780	4.80	62.46	1.24	720-780	32.895
840	4.55	63.63	1.17	780-840	4.173
900	4.32	64.74	1.11	840-900	2.669
960	4.11	65.79	1.05	900-960	2.023
1020	3.93	66.79	1.00	960-1020	1.653
1080	3.76	67.76	0.96	1020-1080	1.411
1140	3.61	68.68	0.92	1080-1140	1.237
1200	3.48	69.56	0.89	1140-1200	1.107
1260	3.35	70.42	0.85	1200-1260	1.005
1320	3.24	71.24	0.82	1260-1320	0.922
1380	3.13	72.04	0.80	1320-1380	0.854
1440	3.03	72.81	0.77	1380-1440	0.796

Tabla 160: Método del Bloque Alterno para la subcuencia Alta en un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.



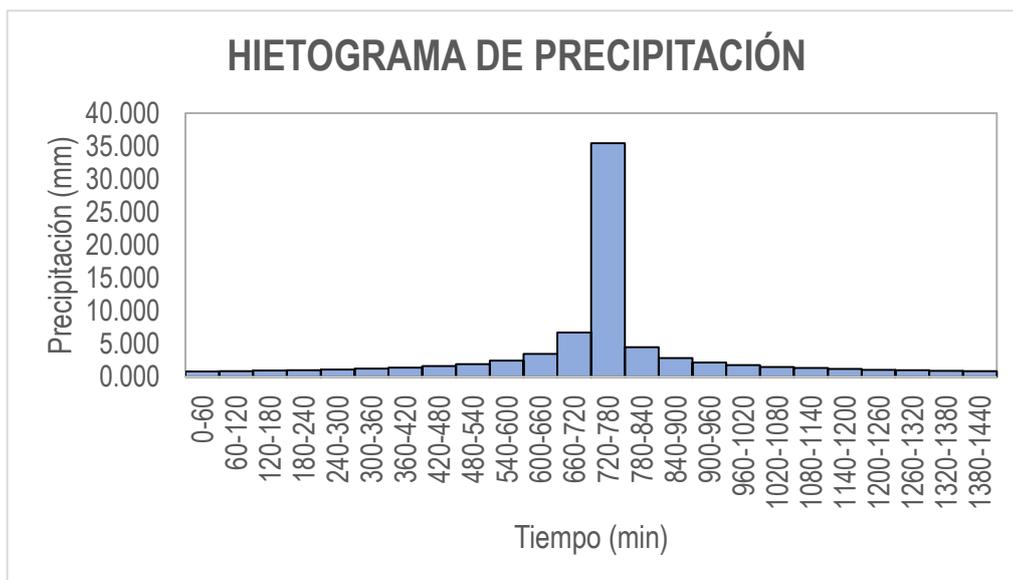
Gráfica N° 71: Hietograma de precipitación para la subcuencia Alta en un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	35.46	35.46	35.46	0-60	0.831
120	21.09	42.17	6.71	60-120	0.888
180	15.56	46.67	4.50	120-180	0.956
240	12.54	50.15	3.48	180-240	1.036
300	10.61	53.03	2.88	240-300	1.135
360	9.25	55.51	2.47	300-360	1.259
420	8.24	57.69	2.18	360-420	1.420
480	7.46	59.64	1.96	420-480	1.639
540	6.83	61.43	1.78	480-540	1.958
600	6.31	63.07	1.64	540-600	2.473
660	5.87	64.59	1.52	600-660	3.480
720	5.50	66.01	1.42	660-720	6.710
780	5.18	67.34	1.33	720-780	35.465
840	4.90	68.60	1.26	780-840	4.499
900	4.65	69.79	1.19	840-900	2.877
960	4.43	70.93	1.14	900-960	2.181
1020	4.24	72.01	1.08	960-1020	1.782
1080	4.06	73.05	1.04	1020-1080	1.521
1140	3.90	74.04	0.99	1080-1140	1.334
1200	3.75	75.00	0.96	1140-1200	1.193
1260	3.62	75.92	0.92	1200-1260	1.083
1320	3.49	76.81	0.89	1260-1320	0.994
1380	3.38	77.67	0.86	1320-1380	0.920
1440	3.27	78.50	0.83	1380-1440	0.858

Tabla 161: Método del Bloque Alterno para la subcuena Alta en un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.



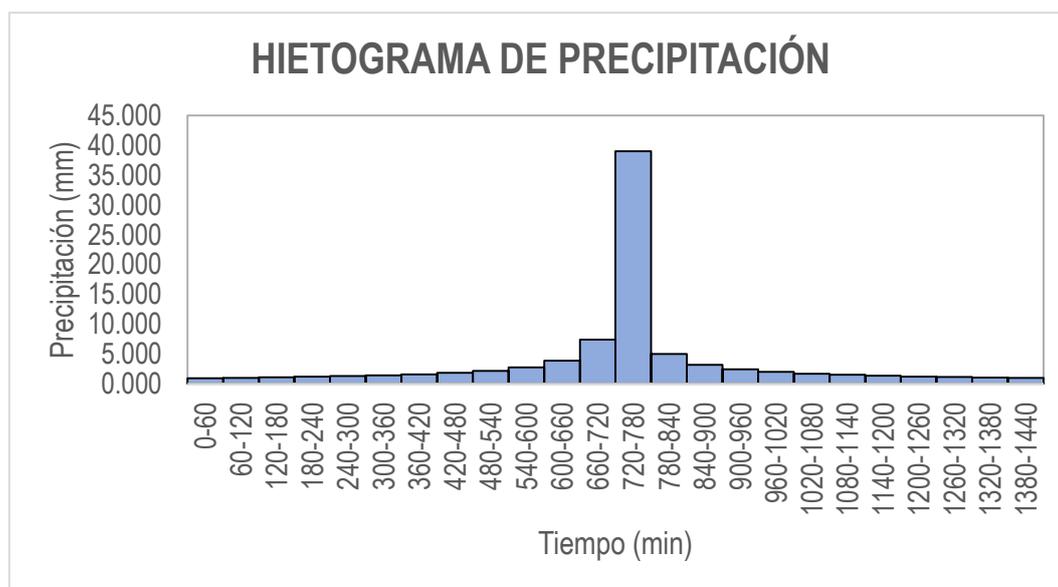
Gráfica N° 72: Hietograma de precipitación para la subcuena Alta en un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	38.99	38.99	38.99	0-60	0.913
120	23.18	46.37	7.38	60-120	0.976
180	17.10	51.31	4.95	120-180	1.051
240	13.78	55.14	3.83	180-240	1.139
300	11.66	58.30	3.16	240-300	1.248
360	10.17	61.02	2.72	300-360	1.384
420	9.06	63.42	2.40	360-420	1.562
480	8.20	65.57	2.15	420-480	1.802
540	7.50	67.53	1.96	480-540	2.153
600	6.93	69.33	1.80	540-600	2.719
660	6.46	71.01	1.67	600-660	3.826
720	6.05	72.57	1.56	660-720	7.377
780	5.69	74.03	1.47	720-780	38.989
840	5.39	75.42	1.38	780-840	4.946
900	5.12	76.73	1.31	840-900	3.163
960	4.87	77.98	1.25	900-960	2.398
1020	4.66	79.17	1.19	960-1020	1.960
1080	4.46	80.31	1.14	1020-1080	1.672
1140	4.28	81.40	1.09	1080-1140	1.467
1200	4.12	82.45	1.05	1140-1200	1.312
1260	3.97	83.46	1.01	1200-1260	1.191
1320	3.84	84.44	0.98	1260-1320	1.093
1380	3.71	85.38	0.94	1320-1380	1.012
1440	3.60	86.30	0.91	1380-1440	0.944

Tabla 162: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.



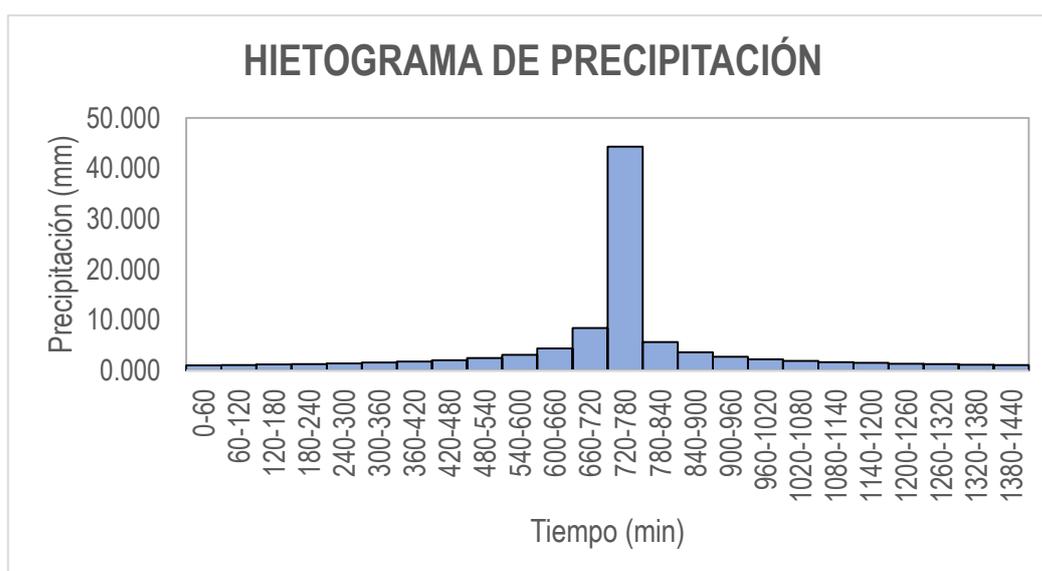
Gráfica N° 73: Hietograma de precipitación para la subcuenca Alta en un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	44.34	44.34	44.34	0-60	1.039
120	26.36	52.73	8.39	60-120	1.110
180	19.45	58.35	5.63	120-180	1.195
240	15.68	62.70	4.35	180-240	1.296
300	13.26	66.30	3.60	240-300	1.419
360	11.57	69.39	3.09	300-360	1.574
420	10.30	72.12	2.73	360-420	1.776
480	9.32	74.57	2.45	420-480	2.050
540	8.53	76.80	2.23	480-540	2.448
600	7.88	78.85	2.05	540-600	3.092
660	7.34	80.75	1.90	600-660	4.351
720	6.88	82.52	1.78	660-720	8.389
780	6.48	84.19	1.67	720-780	44.339
840	6.13	85.77	1.57	780-840	5.625
900	5.82	87.26	1.49	840-900	3.597
960	5.54	88.68	1.42	900-960	2.726
1020	5.30	90.03	1.35	960-1020	2.228
1080	5.07	91.33	1.30	1020-1080	1.901
1140	4.87	92.57	1.24	1080-1140	1.668
1200	4.69	93.77	1.19	1140-1200	1.492
1260	4.52	94.92	1.15	1200-1260	1.354
1320	4.36	96.03	1.11	1260-1320	1.243
1380	4.22	97.10	1.07	1320-1380	1.151
1440	4.09	98.14	1.04	1380-1440	1.073

Tabla 163: Método del Bloque Alterno para la subcuena Alta en un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.



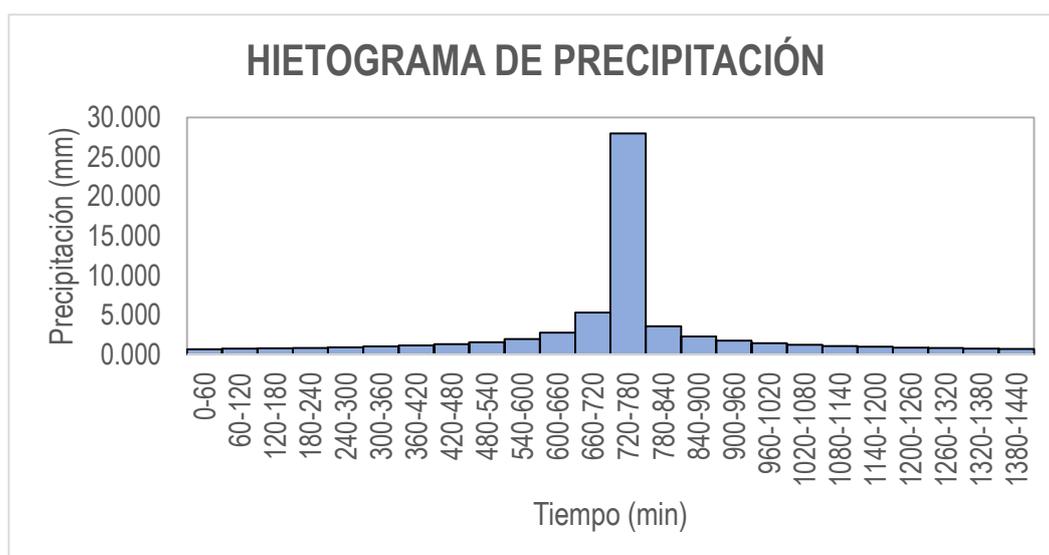
Gráfica N° 74: Hietograma de precipitación para la subcuena Alta en un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	27.97	27.97	27.97	0-60	0.655
120	16.63	33.26	5.29	60-120	0.700
180	12.27	36.80	3.55	120-180	0.754
240	9.89	39.55	2.74	180-240	0.817
300	8.36	41.82	2.27	240-300	0.895
360	7.29	43.77	1.95	300-360	0.993
420	6.50	45.49	1.72	360-420	1.120
480	5.88	47.03	1.54	420-480	1.293
540	5.38	48.44	1.41	480-540	1.544
600	4.97	49.73	1.29	540-600	1.950
660	4.63	50.93	1.20	600-660	2.744
720	4.34	52.05	1.12	660-720	5.291
780	4.08	53.10	1.05	720-780	27.965
840	3.86	54.09	0.99	780-840	3.548
900	3.67	55.04	0.94	840-900	2.269
960	3.50	55.93	0.90	900-960	1.720
1020	3.34	56.78	0.85	960-1020	1.405
1080	3.20	57.60	0.82	1020-1080	1.199
1140	3.07	58.39	0.78	1080-1140	1.052
1200	2.96	59.14	0.75	1140-1200	0.941
1260	2.85	59.86	0.73	1200-1260	0.854
1320	2.75	60.57	0.70	1260-1320	0.784
1380	2.66	61.24	0.68	1320-1380	0.726
1440	2.58	61.90	0.66	1380-1440	0.677

Tabla 164: Método del Bloque Alterno para la subcuena Media en un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.



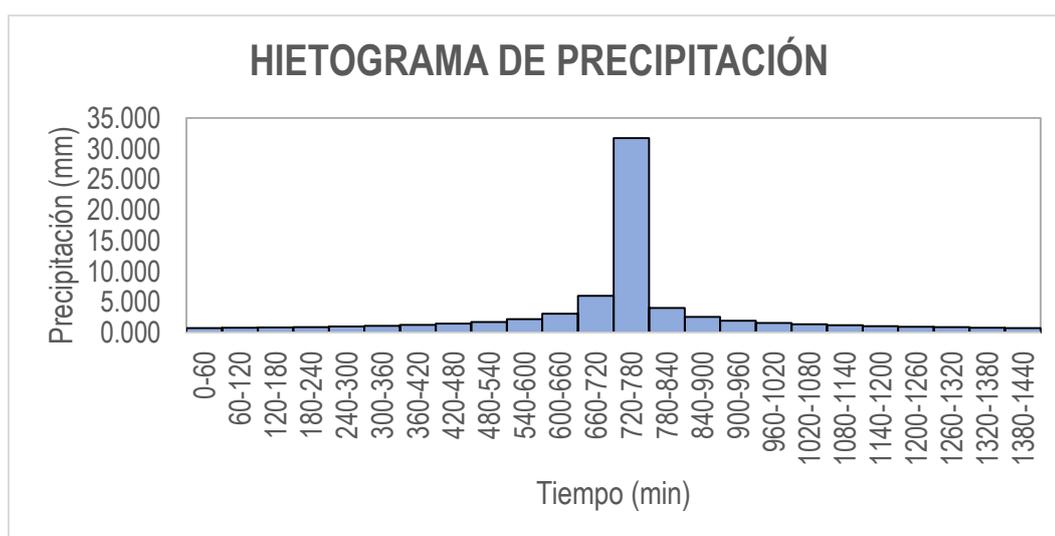
Gráfica N° 75: Hietograma de precipitación para la subcuena Media en un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	31.73	31.73	31.73	0-60	0.743
120	18.87	37.73	6.00	60-120	0.795
180	13.92	41.76	4.03	120-180	0.855
240	11.22	44.87	3.11	180-240	0.927
300	9.49	47.45	2.57	240-300	1.016
360	8.28	49.66	2.21	300-360	1.127
420	7.37	51.61	1.95	360-420	1.271
480	6.67	53.36	1.75	420-480	1.467
540	6.11	54.96	1.59	480-540	1.752
600	5.64	56.43	1.47	540-600	2.213
660	5.25	57.79	1.36	600-660	3.114
720	4.92	59.06	1.27	660-720	6.004
780	4.63	60.25	1.19	720-780	31.731
840	4.38	61.38	1.13	780-840	4.026
900	4.16	62.45	1.07	840-900	2.574
960	3.97	63.46	1.02	900-960	1.951
1020	3.79	64.43	0.97	960-1020	1.595
1080	3.63	65.36	0.93	1020-1080	1.361
1140	3.49	66.25	0.89	1080-1140	1.194
1200	3.36	67.10	0.85	1140-1200	1.068
1260	3.23	67.93	0.82	1200-1260	0.969
1320	3.12	68.72	0.79	1260-1320	0.889
1380	3.02	69.49	0.77	1320-1380	0.823
1440	2.93	70.23	0.74	1380-1440	0.768

Tabla 165: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.



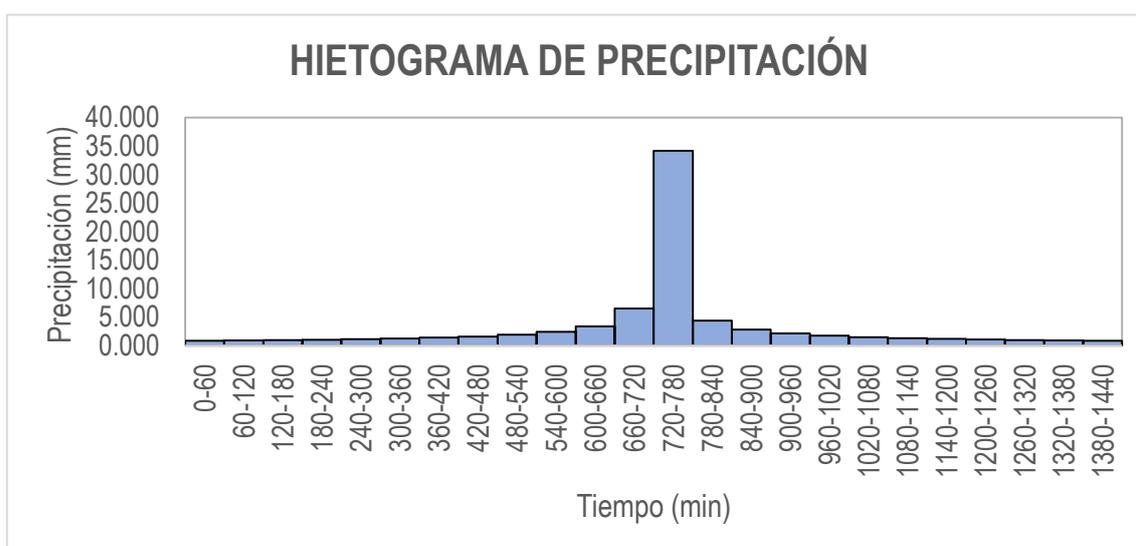
Gráfica N° 76: Hietograma de precipitación para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	34.16	34.16	34.16	0-60	0.800
120	20.31	40.63	6.46	60-120	0.856
180	14.99	44.96	4.33	120-180	0.921
240	12.08	48.32	3.35	180-240	0.998
300	10.22	51.09	2.77	240-300	1.094
360	8.91	53.47	2.38	300-360	1.213
420	7.94	55.57	2.10	360-420	1.368
480	7.18	57.46	1.89	420-480	1.579
540	6.57	59.17	1.72	480-540	1.886
600	6.08	60.75	1.58	540-600	2.382
660	5.66	62.22	1.46	600-660	3.353
720	5.30	63.59	1.37	660-720	6.464
780	4.99	64.87	1.29	720-780	34.164
840	4.72	66.08	1.21	780-840	4.334
900	4.48	67.23	1.15	840-900	2.772
960	4.27	68.33	1.09	900-960	2.101
1020	4.08	69.37	1.04	960-1020	1.717
1080	3.91	70.37	1.00	1020-1080	1.465
1140	3.75	71.33	0.96	1080-1140	1.285
1200	3.61	72.25	0.92	1140-1200	1.150
1260	3.48	73.13	0.89	1200-1260	1.043
1320	3.36	73.99	0.86	1260-1320	0.958
1380	3.25	74.82	0.83	1320-1380	0.887
1440	3.15	75.62	0.80	1380-1440	0.827

Tabla 166: Método del Bloque Alterno para la subcuena Media en un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.



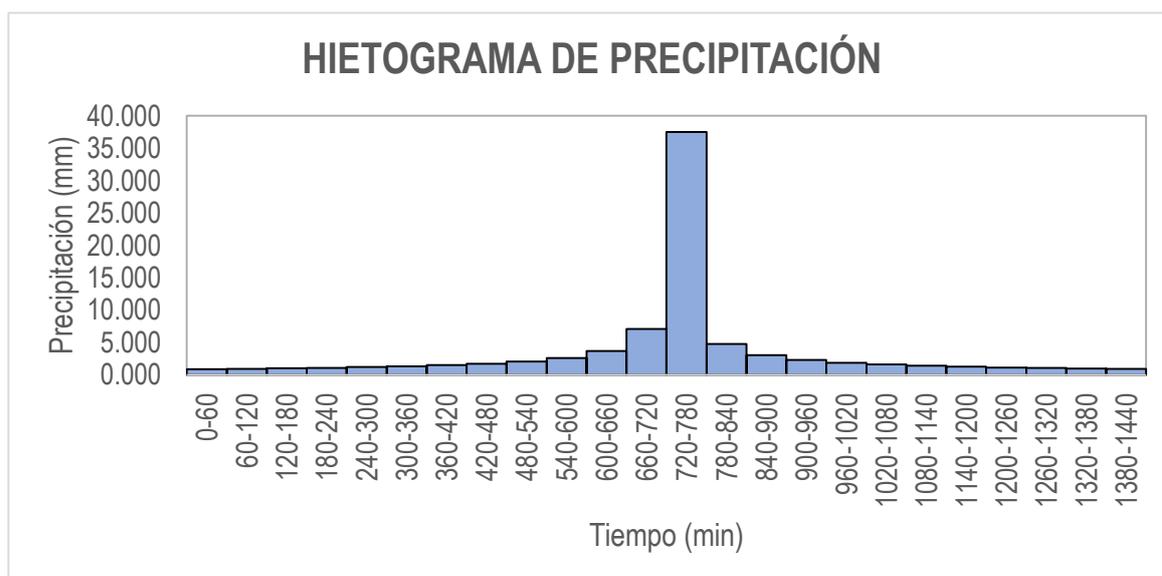
Gráfica N° 77: Hietograma de precipitación para la subcuena Media en un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	37.50	37.50	37.50	0-60	0.878
120	22.30	44.59	7.09	60-120	0.939
180	16.45	49.35	4.76	120-180	1.010
240	13.26	53.03	3.68	180-240	1.096
300	11.21	56.07	3.04	240-300	1.200
360	9.78	58.69	2.61	300-360	1.331
420	8.71	60.99	2.31	360-420	1.502
480	7.88	63.06	2.07	420-480	1.733
540	7.22	64.95	1.88	480-540	2.070
600	6.67	66.68	1.73	540-600	2.615
660	6.21	68.29	1.61	600-660	3.680
720	5.82	69.79	1.50	660-720	7.095
780	5.48	71.20	1.41	720-780	37.497
840	5.18	72.53	1.33	780-840	4.757
900	4.92	73.79	1.26	840-900	3.042
960	4.69	74.99	1.20	900-960	2.306
1020	4.48	76.14	1.15	960-1020	1.885
1080	4.29	77.24	1.10	1020-1080	1.608
1140	4.12	78.29	1.05	1080-1140	1.411
1200	3.96	79.30	1.01	1140-1200	1.262
1260	3.82	80.27	0.97	1200-1260	1.145
1320	3.69	81.21	0.94	1260-1320	1.051
1380	3.57	82.12	0.91	1320-1380	0.973
1440	3.46	82.99	0.88	1380-1440	0.908

Tabla 167: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.



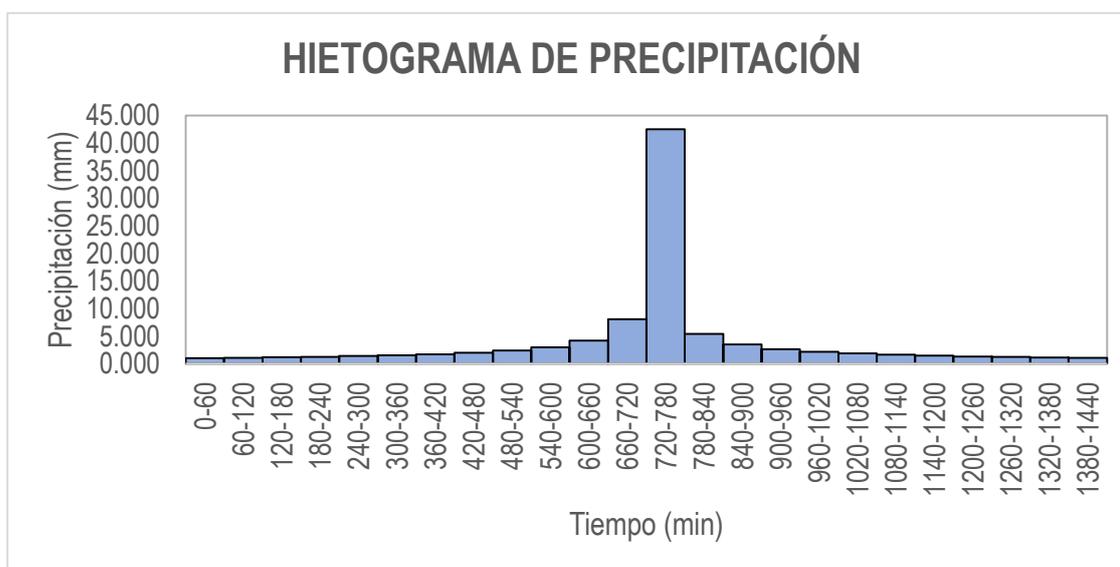
Gráfica N° 78: Hietograma de precipitación para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	42.55	42.55	42.55	0-60	0.997
120	25.30	50.60	8.05	60-120	1.065
180	18.66	55.99	5.40	120-180	1.146
240	15.04	60.17	4.18	180-240	1.243
300	12.72	63.62	3.45	240-300	1.362
360	11.10	66.59	2.97	300-360	1.511
420	9.89	69.20	2.62	360-420	1.704
480	8.94	71.55	2.35	420-480	1.967
540	8.19	73.69	2.14	480-540	2.349
600	7.57	75.66	1.97	540-600	2.967
660	7.04	77.48	1.82	600-660	4.175
720	6.60	79.19	1.70	660-720	8.050
780	6.21	80.79	1.60	720-780	42.546
840	5.88	82.30	1.51	780-840	5.398
900	5.58	83.73	1.43	840-900	3.452
960	5.32	85.09	1.36	900-960	2.616
1020	5.08	86.39	1.30	960-1020	2.138
1080	4.87	87.63	1.24	1020-1080	1.824
1140	4.68	88.83	1.19	1080-1140	1.601
1200	4.50	89.97	1.15	1140-1200	1.432
1260	4.34	91.08	1.10	1200-1260	1.299
1320	4.19	92.14	1.07	1260-1320	1.193
1380	4.05	93.17	1.03	1320-1380	1.104
1440	3.92	94.17	1.00	1380-1440	1.030

Tabla 168: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.



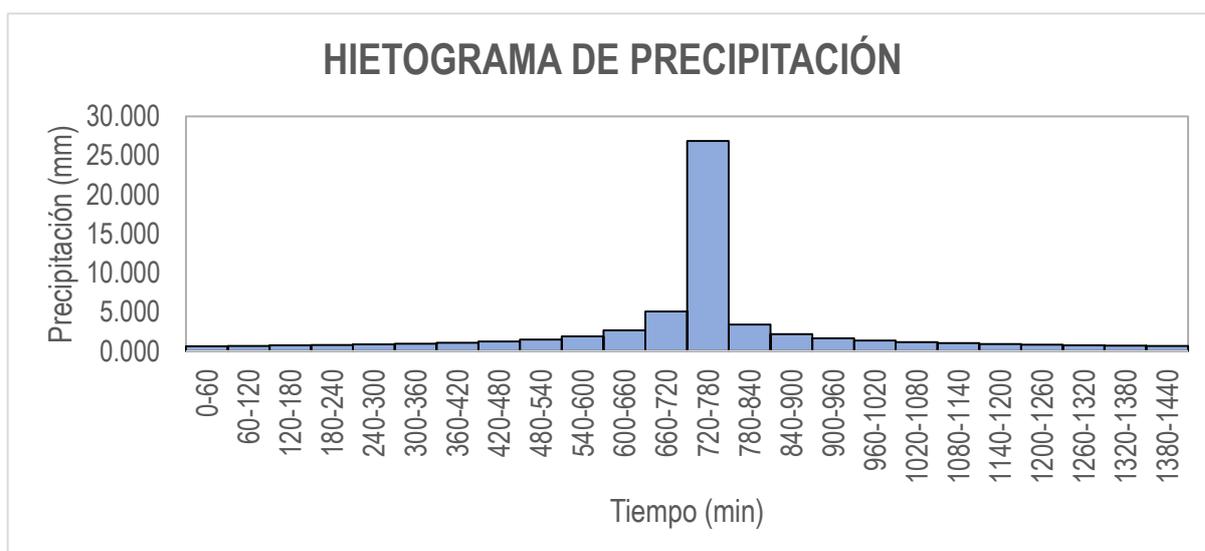
Gráfica N° 79: Hietograma de precipitación para la subcuenca Media en un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	26.87	26.87	26.87	0-60	0.629
120	15.98	31.95	5.08	60-120	0.673
180	11.79	35.36	3.41	120-180	0.724
240	9.50	38.00	2.64	180-240	0.785
300	8.04	40.18	2.18	240-300	0.860
360	7.01	42.05	1.87	300-360	0.954
420	6.24	43.70	1.65	360-420	1.076
480	5.65	45.19	1.48	420-480	1.242
540	5.17	46.54	1.35	480-540	1.484
600	4.78	47.78	1.24	540-600	1.874
660	4.45	48.93	1.15	600-660	2.637
720	4.17	50.01	1.08	660-720	5.083
780	3.92	51.02	1.01	720-780	26.867
840	3.71	51.97	0.95	780-840	3.409
900	3.52	52.87	0.90	840-900	2.180
960	3.36	53.73	0.86	900-960	1.652
1020	3.21	54.56	0.82	960-1020	1.350
1080	3.07	55.34	0.79	1020-1080	1.152
1140	2.95	56.09	0.75	1080-1140	1.011
1200	2.84	56.82	0.72	1140-1200	0.904
1260	2.74	57.51	0.70	1200-1260	0.821
1320	2.64	58.19	0.67	1260-1320	0.753
1380	2.56	58.84	0.65	1320-1380	0.697
1440	2.48	59.47	0.63	1380-1440	0.650

Tabla 169: Método del Bloque Alterno para la subcuena Baja en un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.



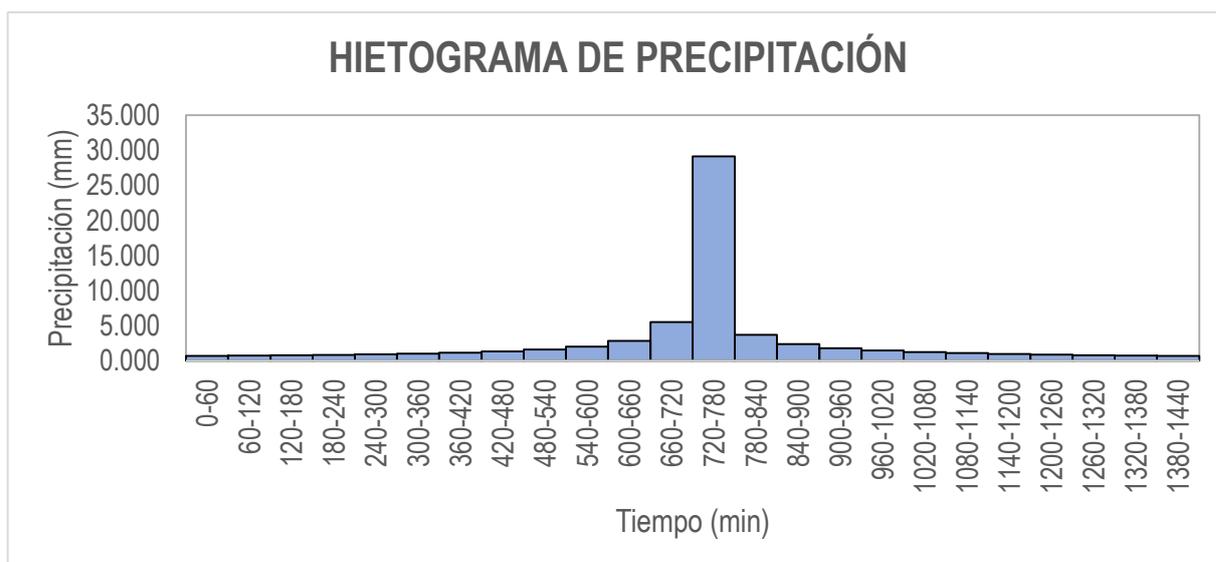
Gráfica N° 80: Hietograma de precipitación para la subcuena Baja en un periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	29.14	29.14	29.14	0-60	0.683
120	17.33	34.66	5.51	60-120	0.730
180	12.79	38.36	3.70	120-180	0.785
240	10.30	41.22	2.86	180-240	0.852
300	8.72	43.58	2.36	240-300	0.933
360	7.60	45.61	2.03	300-360	1.035
420	6.77	47.40	1.79	360-420	1.167
480	6.13	49.01	1.61	420-480	1.347
540	5.61	50.48	1.46	480-540	1.609
600	5.18	51.83	1.35	540-600	2.032
660	4.83	53.08	1.25	600-660	2.860
720	4.52	54.24	1.17	660-720	5.514
780	4.26	55.34	1.10	720-780	29.144
840	4.03	56.37	1.03	780-840	3.697
900	3.82	57.35	0.98	840-900	2.365
960	3.64	58.29	0.93	900-960	1.792
1020	3.48	59.18	0.89	960-1020	1.465
1080	3.33	60.03	0.85	1020-1080	1.250
1140	3.20	60.85	0.82	1080-1140	1.096
1200	3.08	61.63	0.79	1140-1200	0.981
1260	2.97	62.39	0.76	1200-1260	0.890
1320	2.87	63.12	0.73	1260-1320	0.817
1380	2.77	63.82	0.71	1320-1380	0.756
1440	2.69	64.51	0.68	1380-1440	0.705

Tabla 170: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.



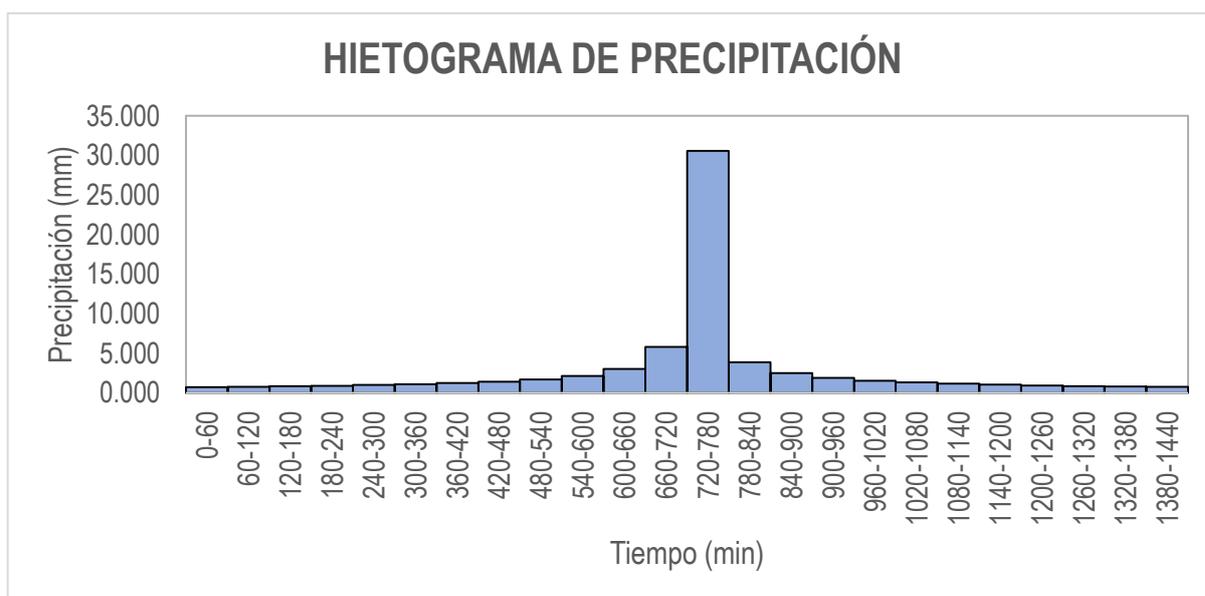
Gráfica N° 81: Hietograma de precipitación para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	30.56	30.56	30.56	0-60	0.716
120	18.17	36.35	5.78	60-120	0.765
180	13.41	40.22	3.88	120-180	0.824
240	10.81	43.22	3.00	180-240	0.893
300	9.14	45.70	2.48	240-300	0.978
360	7.97	47.83	2.13	300-360	1.085
420	7.10	49.71	1.88	360-420	1.224
480	6.43	51.40	1.69	420-480	1.413
540	5.88	52.94	1.54	480-540	1.688
600	5.44	54.35	1.41	540-600	2.131
660	5.06	55.66	1.31	600-660	3.000
720	4.74	56.89	1.22	660-720	5.783
780	4.46	58.04	1.15	720-780	30.564
840	4.22	59.12	1.09	780-840	3.878
900	4.01	60.15	1.03	840-900	2.480
960	3.82	61.13	0.98	900-960	1.879
1020	3.65	62.06	0.93	960-1020	1.536
1080	3.50	62.95	0.89	1020-1080	1.311
1140	3.36	63.81	0.86	1080-1140	1.150
1200	3.23	64.63	0.82	1140-1200	1.029
1260	3.12	65.43	0.79	1200-1260	0.934
1320	3.01	66.19	0.77	1260-1320	0.857
1380	2.91	66.93	0.74	1320-1380	0.793
1440	2.82	67.65	0.72	1380-1440	0.740

Tabla 171: Método del Bloque Alterno para la subcuena Baja en un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.



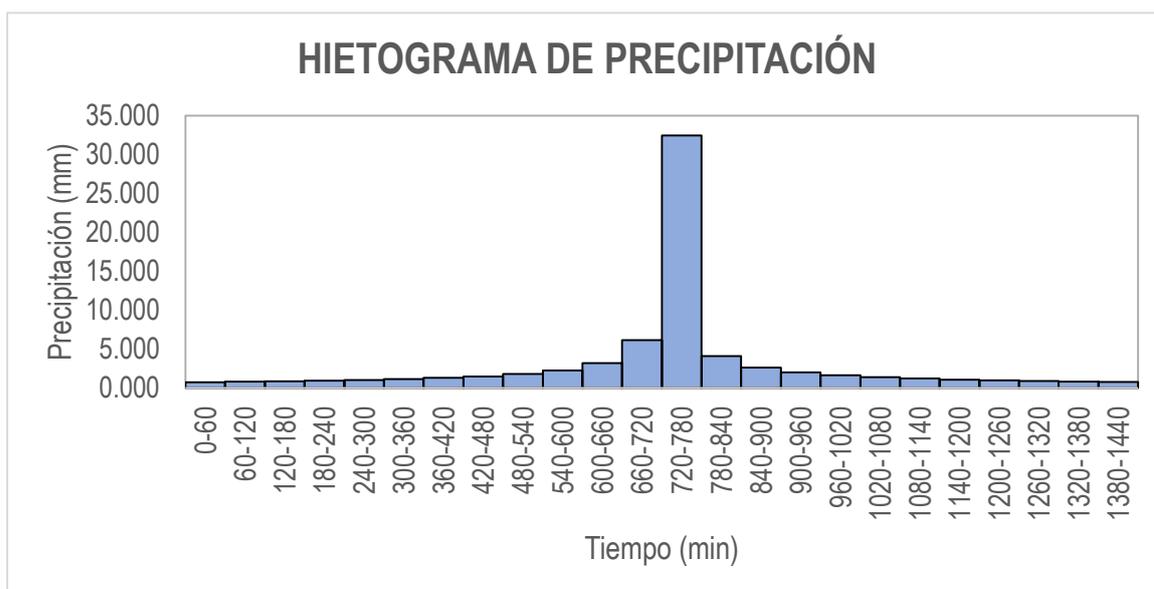
Gráfica N° 82: Hietograma de precipitación para la subcuena Baja en un periodo de retorno de 30 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	32.45	32.45	32.45	0-60	0.760
120	19.30	38.59	6.14	60-120	0.813
180	14.24	42.71	4.12	120-180	0.874
240	11.47	45.89	3.18	180-240	0.948
300	9.71	48.53	2.63	240-300	1.039
360	8.46	50.79	2.26	300-360	1.152
420	7.54	52.78	2.00	360-420	1.300
480	6.82	54.58	1.79	420-480	1.500
540	6.25	56.21	1.63	480-540	1.792
600	5.77	57.71	1.50	540-600	2.263
660	5.37	59.10	1.39	600-660	3.185
720	5.03	60.40	1.30	660-720	6.140
780	4.74	61.62	1.22	720-780	32.452
840	4.48	62.77	1.15	780-840	4.117
900	4.26	63.86	1.09	840-900	2.633
960	4.06	64.90	1.04	900-960	1.996
1020	3.88	65.89	0.99	960-1020	1.631
1080	3.71	66.84	0.95	1020-1080	1.392
1140	3.57	67.75	0.91	1080-1140	1.221
1200	3.43	68.63	0.87	1140-1200	1.092
1260	3.31	69.47	0.84	1200-1260	0.991
1320	3.19	70.28	0.81	1260-1320	0.910
1380	3.09	71.07	0.79	1320-1380	0.842
1440	2.99	71.83	0.76	1380-1440	0.785

Tabla 172: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia



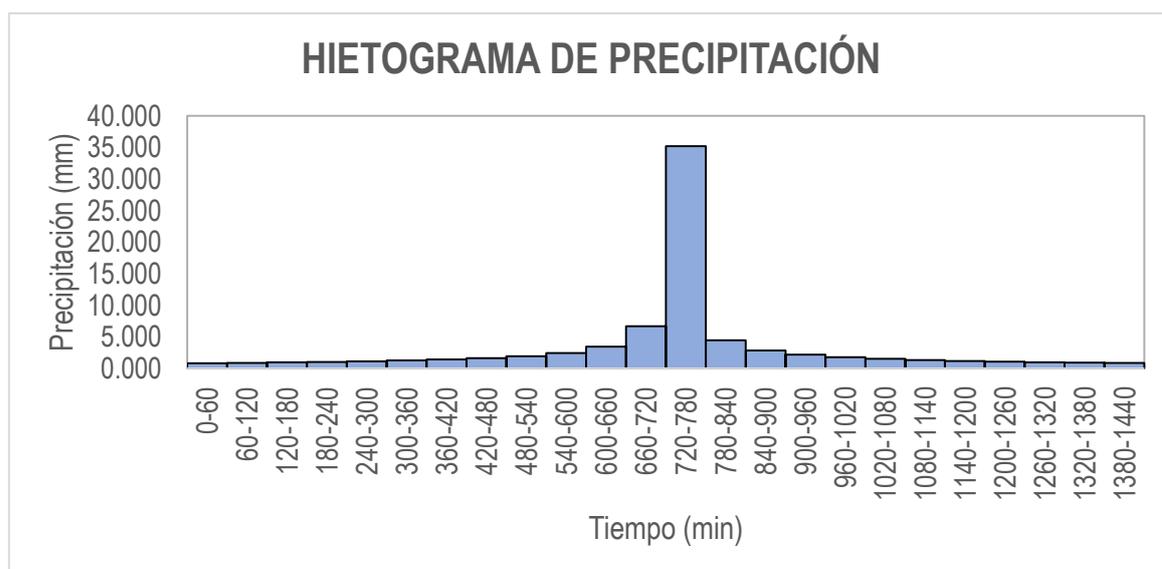
Gráfica N° 83: Hietograma de precipitación para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 50 años.

Fuente: Elaboración propia.

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	35.20	35.20	35.20	0-60	0.825
120	20.93	41.86	6.66	60-120	0.881
180	15.44	46.33	4.47	120-180	0.948
240	12.45	49.78	3.45	180-240	1.029
300	10.53	52.64	2.86	240-300	1.127
360	9.18	55.09	2.45	300-360	1.250
420	8.18	57.26	2.16	360-420	1.410
480	7.40	59.20	1.94	420-480	1.627
540	6.77	60.97	1.77	480-540	1.944
600	6.26	62.60	1.63	540-600	2.455
660	5.83	64.11	1.51	600-660	3.455
720	5.46	65.52	1.41	660-720	6.660
780	5.14	66.84	1.32	720-780	35.201
840	4.86	68.09	1.25	780-840	4.466
900	4.62	69.28	1.18	840-900	2.856
960	4.40	70.40	1.13	900-960	2.165
1020	4.20	71.48	1.08	960-1020	1.769
1080	4.03	72.51	1.03	1020-1080	1.509
1140	3.87	73.49	0.99	1080-1140	1.324
1200	3.72	74.44	0.95	1140-1200	1.185
1260	3.59	75.35	0.91	1200-1260	1.075
1320	3.47	76.24	0.88	1260-1320	0.987
1380	3.35	77.09	0.85	1320-1380	0.914
1440	3.25	77.91	0.82	1380-1440	0.852

Tabla 173: Método del Bloque Alterno para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica N° 84: Hietograma de precipitación para la subcuenca Baja en un periodo de retorno de 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 09: Ubicación del río Huancabamba

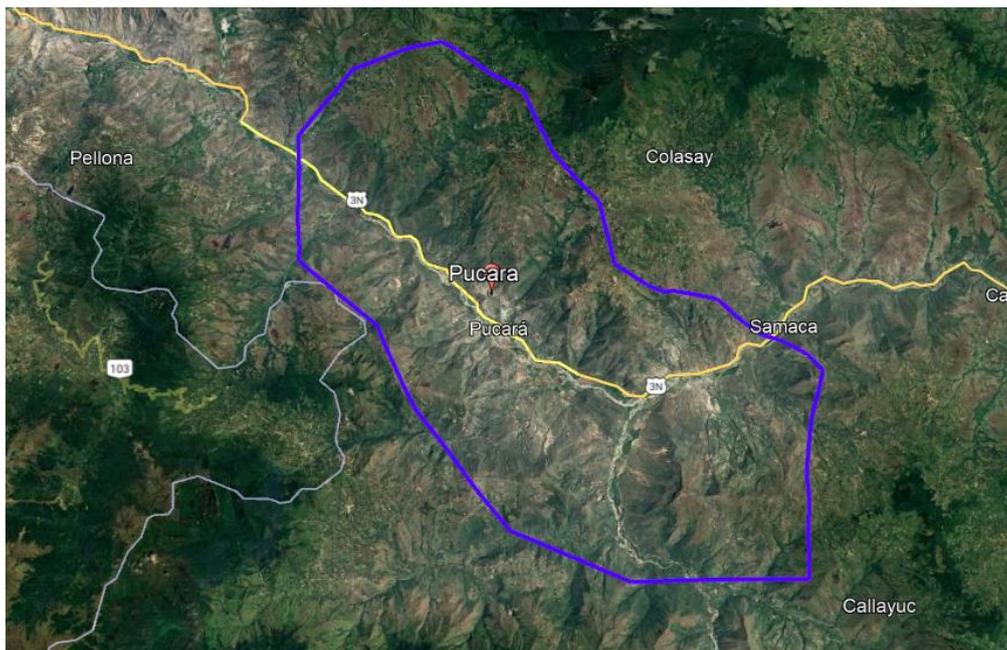


Figura N° 117: Ubicación del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.

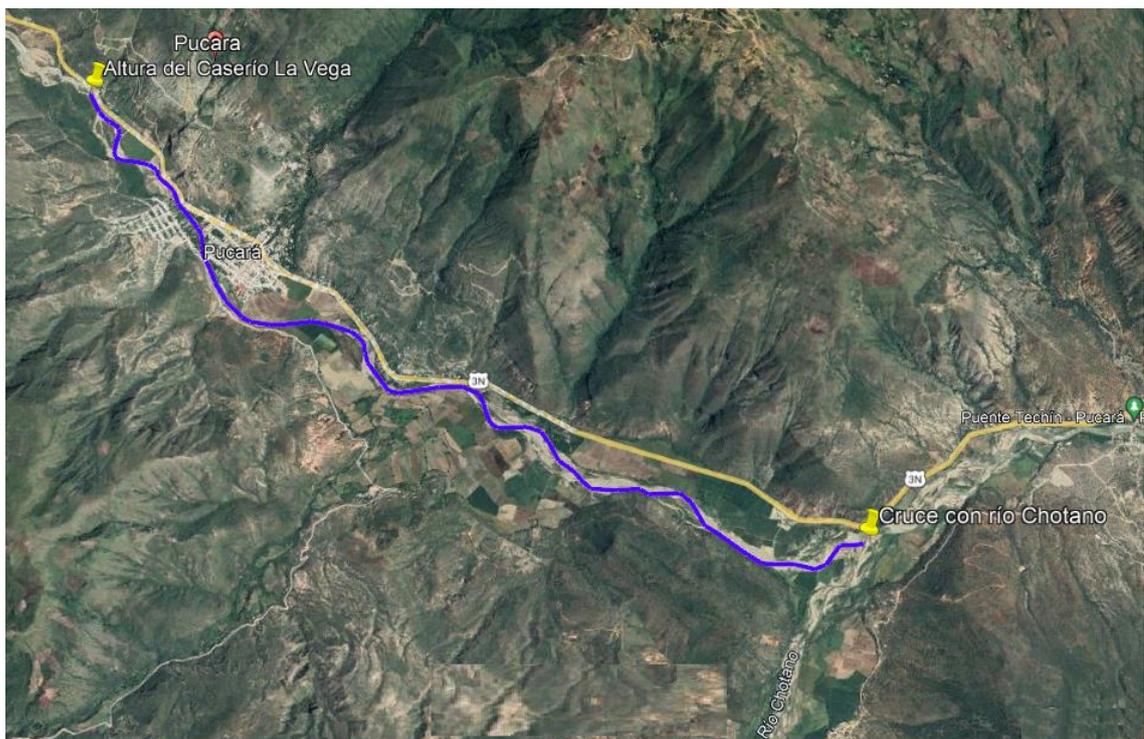


Figura N° 118: Tramo de estudio.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 10: Estado actual del río Huancabamba



Figura N° 119: Estado actual de la ribera del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 120: Estado actual de la ribera del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 121: Cultivos de arroz cerca al margen izquierdo del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 122: Viviendas ubicadas a la ladera del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 123: Viviendas ubicadas a la ladera del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 124: Estado actual de la ribera del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 125: Estado actual de la ribera del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 126: Cauce actual del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 127: Cauce actual del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 128: Cauce actual del río Huancabamba.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 11: Eventos de desborde y aumento del caudal del río Huancabamba



Figura N° 129: Vista del complejo deportivo municipal Luis Lizarzaburu Tantalean, el cual está en peligro inminente de inundación debido al aumento del caudal del río Huancabamba y por no presentar defensas ribereñas.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 130: Vista de la socavación del pilar del pase aéreo de la línea de alcantarillado desde la cámara de bombeo del desagüe hasta el caserío la Chorrera.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 131: Inundación de los cultivos de arroz.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 132: Inundación de los cultivos de arroz.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 133: Aumento del caudal del río Huancabamba.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 134: Desborde del río Huancabamba.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 135: Desborde del río Huancabamba.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 136: Desborde del río Huancabamba.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 137: Intersección con el río Chotano.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 138: Aumento del caudal del río Huancabamba.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 139: Destrucción total de los sembríos del arroz.

Fuente: Defensa Civil.



Figura N° 140: Destrucción total de los sembríos del arroz.

Fuente: Defensa Civil.

Anexo 12: Encuesta realizada a los pobladores del distrito de Pucará

Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica

1. Condiciones atmosféricas

- a) Niveles de temperatura al promedio normales. ()
- b) Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal (X)
- c) Niveles de temperaturas superiores al promedio normal ()
- d) Niveles de temperatura superiores estables al promedio normal. ()

2. Composición y calidad del aire y el agua

- a) Sin ningún grado de contaminación ()
- b) Con un nivel moderado de contaminación (X)
- c) Alto grado de contaminación ()
- d) Nivel de contaminación no apto ()

Vulnerabilidad económica

1. Nivel de producción que tienen los pobladores

- a) Altamente productiva ()
- b) Medianamente productiva (X)
- c) Escasamente productiva ()
- d) Sin producción ()

2. Cantidad de ofertas laborales que presentan la población

- a) Con oferta laboral > demanda ()
- b) Oferta laboral = demanda ()
- c) Oferta laboral < demanda (X)
- d) Sin oferta laboral ()

3. Cantidad de ingreso mensual

- a) Alto nivel de ingresos ()
- b) Suficiente nivel de ingreso ()
- c) Ingreso que cubre las necesidades básicas (X)
- d) Ingresos menores que el salario básico ()

Vulnerabilidad Social

1. Nivel de organización de los pobladores

- a) Población totalmente organizada. ()
- b) Población organizada ()
- c) Población escasamente organizada (X)
- d) Población no organizada ()

2. Participación de la población en los trabajos comunales

- a) Participación total ()
- b) Participación de la mayoría ()
- c) Mínima participación (X)
- d) sin participación ()

Vulnerabilidad Cultural E Ideológica

1. Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres
 - a) Conocimiento total de la población ()
 - b) Conocimiento de la mayoría (X)
 - c) Escasos conocimientos ()
 - d) Desconocimiento total ()

2. Percepción de la población sobre los desastres
 - a) La totalidad ()
 - b) La mayoría (X)
 - c) La minoría ()
 - d) Percepción totalmente irreal -místico -religioso ()

Vulnerabilidad Científica y Tecnológica

1. Existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales
 - a) La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados ()
 - b) La mayoría de peligros fueron estudiadas ()
 - e) Existen pocos estudios (X)
 - d) No existen estudios ()

2. Existencia de Instrumentos para medición
 - a) Población totalmente instrumentada ()
 - b) Población Parcialmente instrumentada (X)
 - e) Población con escasos instrumentos ()
 - d) Población sin instrumentos ()

Anexo 13: Autorización por parte de la Municipalidad Distrital de Pucará


MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PUCARA
JAÉN - CAJAMARCA
 R.U.C. 20203936029
"Todos Unidos por el Cambio de Pucará"


"Año del bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Pucará, 25 de Octubre del 2021.

A QUIEN CORRESPONDA:

El que suscribe Econ. Lenin Alexander Vásquez Pérez, Gerente General de la Municipalidad de Pucara emite la:

CONSTANCIA

Que responde a la solicitud presentada por la Srta. Anghela Mishel Díaz Fernández, donde se le informa que el proyecto de tesis denominado "DETERMINACION DE INUNDABILIDAD DEL RÍO HUANCABAMBA USANDO EL SOFTWARE ARCGIS Y HEC-RAS A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA". no se encuentra en el Banco de proyectos de la Municipalidad Distrital de Pucara.

A petición de la parte interesada y para fines personales que mejor le convengan se extiende la presente constancia por parte de la Municipalidad Distrital de Pucará con RUC N° 20203936029, ubicado en Av. Lindo N° 548- Pucará.

ATENTAMENTE


Lenin A. Vásquez Pérez
 GERENTE MUNICIPAL

AV. LINDO N° 548 - PUCARA
 E-mail: distritaldepuccaramunicipalidad@gmail.com

Figura N° 141: Constancia de la Municipalidad Distrital de Pucará.

Fuente: Municipalidad Distrital de Pucará.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PUCARÁ
JAÉN-CAJAMARCA

"Trabajando por un Pucará mejor"



"Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

INFORME N° 006- 2021/MDP/ALMACEN/ MIJZ.

SEÑOR : ECO. LENIN ALEXANDER VASQUEZ PEREZ
GERENTE MUNICIPAL DE LA MDP

DE : MARY ISABEL JULCA ZABALETA.
JEFE DE ALMACEN Y ENCARGADA DE ARCHIVO

ASUNTO : SOLICITO CONSTANCIA.

FECHA : PUCARÁ, DE 25 OCTUBRE DEL 2021.



Por medio de la presente me es grato dirigirme a Usted con la finalidad de saludarle cordialmente y al mismo tiempo para informarle lo siguiente:

Que, en atención a su solicitud de búsqueda del proyecto PROYECTO DE TESIS DENOMINADO "DETERMINACION DE INUNDABILIDAD DEL RÍO HUANCABAMBA USANDO EL SOFTWARE ARCGIS Y HEC-RAS v.5 A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARA, PROVINCIA DE JAÉN-DEPARTAMENTO-CAJAMARCA".

Le informo que después de una minuciosa búsqueda en nuestro archivos no se encontró (ningún proyecto con dicho código).

Es todo en cuanto tengo que informar, espero encuentre conforme el presente informe.

Atentamente

MUNICIPALIDAD DISTRITAL PUCARA
Mary Isabel Julca Zabaleta
JEFE DE ALMACEN

Figura N° 142: Constancia de la Municipalidad Distrital de Pucará.

Fuente: Municipalidad Distrital de Pucará.

Anexo 14: Declaración Jurada**DECLARACIÓN JURADA**

Yo, **Díaz Fernández Anghela Michel**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° 75543835, domiciliado en la provincia de Jaén distrito de Pucará, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis- Ciclo académico 20201-II DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: **DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO HUANCABAMBA USANDO EL SOFTWARE ARCGIS Y HEC-RAS v.5 A SU PASO POR EL DISTRITO DE PUCARÁ, PROVINCIA DE JAÉN Y DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA 2021**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido al Covid19.

Chiclayo, 10 de noviembre del 2021



(firma)



Huella
Dactilar