

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA
DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL
POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO,
APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

PALOMINO TITO RONALD LEONEL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PROMOCIÓN 2012

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA
DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”

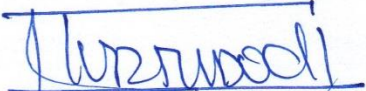
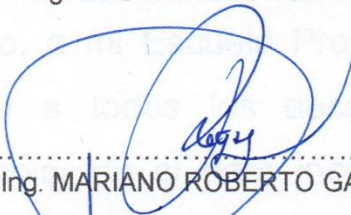



TESIS

PRESENTADA POR EL BACHILLER:
PALOMINO TITO RONALD LEONEL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	:	 Ing. EDGAR VIDAL HURTADO CHÁVEZ
PRIMER MIEMBRO	:	 Ing. MARIANO ROBERTO GARCÍA LOAYZA
SEGUNDO MIEMBRO	:	 Ing. YASMANI TEÓFILO VITULAS QUILLE
DIRECTOR DE TESIS	:	 Ing. ZENÓN MELLADO VARGAS
ASESOR DE TESIS	:	 Ing. GUILLERMO NÉSTOR FERNÁNDEZ SILA

Área: Hidráulica
Tema: Modelación Hidrológica
Línea de Investigación: Planeamiento y gestión de cuencas



AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme otorgado la vida, a mis padres por apoyarme y aconsejarme.

A mi alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano, a mi Escuela Profesional, y en especial a todos los docentes que dieron lo mejor de sí para inculcarme el conocimiento necesario para desenvolverme en la vida profesional.



DEDICATORIA

A todos mis familiares, que me apoyaron en todo momento, en especial a mis padres Leonel y Melchora, por su tolerancia y consejos a lo largo de mi vida.

ÍNDICE

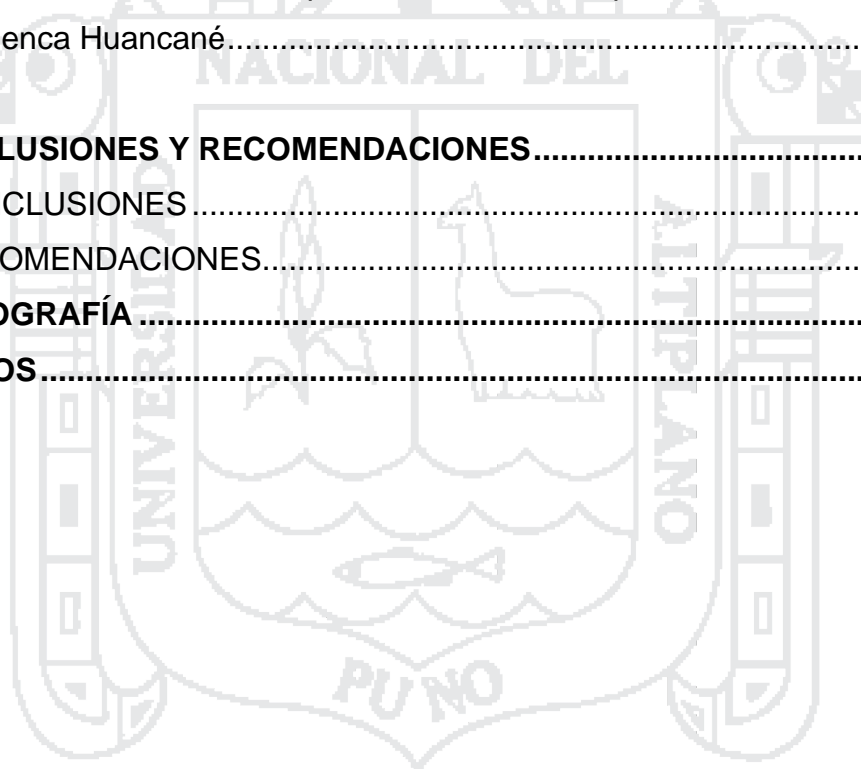
RESUMEN	16
INTRODUCCIÓN	17
I. GENERALIDADES	18
1.1. ANTECEDENTES.....	18
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
1.3.1. Pregunta General.....	21
1.3.2. Preguntas Específicas	21
1.4. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO	21
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	21
1.6. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	22
1.6.1. Objetivo general.....	22
1.6.2. Objetivos específicos	22
1.7. HIPÓTESIS.....	22
1.7.1. Hipótesis general	22
1.8. UBICACIÓN.....	23
1.9. ACCESIBILIDAD	25
II. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL	27
2.1. MARCO TEÓRICO	27
2.1.1. HIDROLOGÍA.....	27
2.1.2. EL CICLO HIDROLÓGICO	27
2.1.3. LA CUENCA HIDROGRÁFICA.....	29
2.1.3.1. Geomorfología de la cuenca	30
2.1.4. BALANCE HÍDRICO	37
2.1.5. MODELO DEL SISTEMA HIDROLÓGICO	38
2.1.5.1. Tipos de modelos	38
2.1.6. PRECIPITACIÓN	42
2.1.6.1. Medición de la precipitación	42
2.1.6.2. Lluvia media areal	44
2.1.6.3. Cálculo de datos faltantes	46

2.1.6.4.	Transposición de tormentas	49
2.1.7.	ESCURRIMIENTO	49
2.1.7.1.	Factores que afectan el escurrimiento superficial.....	50
2.1.8.	HIDROGRAMAS	50
2.1.8.1.	Hidrograma unitario	54
2.1.8.2.	Hidrograma adimensional del Soil Conservation Service (SCS)	55
2.1.9.	INFILTRACIÓN	57
2.1.9.1.	Método del número de curva del Soil Conservation Service (SCS)	57
2.1.10.	TRÁNSITO DE CAUDALES	62
2.1.9.1.	Tránsito hidrológico en ríos por el método de Muskingum	62
2.1.9.2.	Tránsito hidráulico en ríos por el método de Muskingum-Cunge	65
2.1.11.	ESTADÍSTICA EN HIDROLOGÍA	67
2.1.11.1.	Análisis de consistencia de la información pluviométrica	67
2.1.11.2.	Periodo de retorno	76
2.1.11.3.	Funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología	78
2.1.11.4.	Selección de la función de distribución de probabilidad	84
2.1.11.5.	Cálculo de las precipitaciones máximas de diseño mediante las funciones de distribución de probabilidad	87
2.1.12.	HIDRÁULICA DE RÍOS	88
2.1.12.1.	Ríos.....	88
2.1.12.2.	Tránsito de avenidas	89
2.1.12.3.	Flujo gradualmente variado	90
2.1.13.	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	101
2.1.13.1.	Modelos de datos	101
2.1.13.2.	Modelo digital del terreno (MDT).....	102
2.1.13.3.	Modelo digital de elevación (MDE).....	103
2.1.13.4.	ArcGIS como tecnología.....	103
2.1.13.5.	HEC-HMS	105
2.1.13.6.	HEC-GeoRAS.....	111
2.1.13.7.	HEC-RAS.....	111

2.1.14.	RIESGO ANTE INUNDACIONES	112
2.1.14.1.	Peligro ante inundaciones	113
2.1.14.2.	Vulnerabilidad ante el peligro por inundaciones	116
2.2.	MARCO REFERENCIAL	126
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	129
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA	129
3.1.1.	DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA	129
3.1.2.	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	130
3.1.3.	USO MAYOR DE SUELOS	131
3.1.4.	TIPIFICACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA.....	133
3.2.	MATERIALES	137
3.2.1.	PROGRAMAS UTILIZADOS	138
3.2.2.	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA.....	138
3.3.	METODOLOGÍA	140
3.3.1.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	141
3.3.1.1.	Completado de la Información	141
3.3.1.2.	Análisis de Consistencia	141
3.3.1.3.	Distribución de probabilidad para las variables hidrológicas	141
3.3.1.4.	Selección de la función de distribución de probabilidad	142
3.3.1.5.	Cálculo de las precipitaciones máximas de diseño mediante las funciones de distribución de probabilidad.....	143
3.3.2.	MODELO PARA ESTIMAR CAUDALES MEDIOS Y MÁXIMAS AVENIDAS	143
3.3.2.1.	Componentes del modelo para la “Cuenca Huancané” en HEC- HMS	143
3.3.2.2.	Definir la simulación en HEC-HMS	150
3.3.3.	MODELO HIDRÁULICO PARA ELABORAR MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIONES.....	150
3.3.3.1.	Elaboración de mapas de tirante hidráulico para el análisis del peligro ante inundaciones PRRAC para elaborar mapas.....	150
3.3.3.2.	Análisis de vulnerabilidad.....	151
3.3.3.3.	Elaboración de mapas de riesgo.....	151

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	152
4.1. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	152
4.1.1. Completado de información	152
4.1.1.1. Correlación de datos	152
4.1.1.2. Completado por regresiones múltiples.....	154
4.1.2. Análisis de consistencia de la información meteorológica	155
4.1.2.1. Análisis visual gráfico de los histogramas	155
4.1.2.2. Análisis de doble masa	158
4.1.3. Análisis estadístico.....	163
4.1.3.1. Análisis de salto	163
4.1.3.2. Análisis de tendencias.....	169
4.1.4. Distribución de probabilidad para las variables hidrológicas.....	172
4.1.5. Selección de la función de distribución de probabilidad.....	185
4.1.5.1. Análisis gráfico	185
4.1.5.2. Método de error cuadrático mínimo	191
4.1.5.3. Prueba de bondad de ajuste: Chi cuadrado	194
4.1.5.4. Prueba de bondad de ajuste: Kolmogorov-Smirnov	196
4.1.5.5. Calificado y selección de la función de distribución.....	199
4.1.6. Precipitaciones máximas	203
4.1.7. Precipitaciones totales medias mensuales.....	203
4.2. MODELO HIDROLÓGICO PARA ESTIMAR MÁXIMAS AVENIDAS	205
4.2.1. Componentes del modelo en HEC-HMS para máximas avenidas	205
4.2.1.1. Modelo de cuenca para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS	205
4.2.1.2. Modelo meteorológico para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS	208
4.2.1.3. Especificaciones de control para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS.....	208
4.2.2. Caudales máximos calculados en HEC-HMS	209
4.2.3. Comparación caudales máximos calculados con datos de la estación hidrológica Puente Huancané	209
4.3. MODELO HIDROLÓGICO PARA ESTIMAR CAUDALES MEDIOS .	212
4.3.1. Componentes del modelo en HEC-HMS para caudales medios	212

4.3.2.	Caudales medios calculados en HEC-HMS	214
4.3.3.	Comparación caudales medios calculados con datos de la estación hidrológica Puente Huancané	214
4.4.	MODELO HIDRÁULICO PARA ELABORAR MAPAS DE RIESGO CON HEC-RAS	215
4.3.1.	Análisis de vulnerabilidad ante inundaciones	215
4.3.2.	Análisis de riesgo por inundaciones	216
4.5.	BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA HUANCANÉ.....	217
4.5.1.	Disponibilidad hídrica en la Cuenca Huancané	217
4.5.2.	Demanda hídrica en la Cuenca Huancané.....	218
4.5.3.	Balace hídrico para la obtención del potencial hídrico de la Cuenca Huancané.....	218
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		224
CONCLUSIONES		224
RECOMENDACIONES.....		224
BIBLIOGRAFÍA		225
ANEXOS.....		228



LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1.1: Distancias entre las vías de acceso	26
Tabla N° 1.2: Distancia por ruta.....	26
Tabla N° 2.1: Coordenadas del hidrograma adimensional del SCS	56
Tabla N° 2.2: Clasificación de clases antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia de SCS	60
Tabla N° 2.3: Número de curva CN para complejos hidrológicos de área residencial (para condición de humedad antecedente II e $Ia = 0.2 \cdot S$).....	60
Tabla N° 2.4: Número de curva CN para complejos hidrológicos de suelo cobertura (para condición de humedad antecedente II e $Ia = 0.2 \cdot S$).....	61
Tabla N° 2.5: Fórmulas para determinar posiciones de trazado	78
Tabla N° 2.6: Valores críticos d para la prueba Kolmogorov-Smirnov	87
Tabla N° 2.7: Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación (2.120)	96
Tabla N° 2.8: Valores del coeficiente de rugosidad n (Corrientes naturales) ...	96
Tabla N° 2.9: Elementos hidrológicos en HEC-HMS.....	107
Tabla N° 2.10: Métodos para los cálculos en las subcuencas y los canales..	108
Tabla N° 2.11: Métodos del modelo meteorológico.....	109
Tabla N° 2.12: Datos de entrada en HEC-HMS	110
Tabla N° 2.13: Matriz del riesgo	112
Tabla N° 2.14: Matriz del nivel de peligrosidad	113
Tabla N° 2.15: Nivel de intensidad	114
Tabla N° 2.16: Evaluación de la frecuencia.....	114
Tabla N° 2.17: Vulnerabilidad total	117
Tabla N° 2.18: Variable: Localización de viviendas.....	117
Tabla N° 2.19: Variable: Material de construcción utilizada en viviendas.....	117
Tabla N° 2.20: Variable: Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.....	118
Tabla N° 2.21: Variable: Nivel de organización	118
Tabla N° 2.22: Variable: Grado y tipo de relación e Integración entre las instituciones y organizaciones locales.....	119
Tabla N° 2.23: Variable: Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.....	120
Tabla N° 2.24: Variable: Existencia de capacitación de la población civil en temas concernientes a defensa civil.....	120
Tabla N° 2.25: Variable: Campañas de difusión.....	121
Tabla N° 2.26: Variable: Político y legal	121
Tabla N° 2.27: Variable: Organización y capacidad institucional	122
Tabla N° 2.28: Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros	124
Tabla N° 2.29: Variable: Percepción local del riesgo	124
Tabla N° 2.30: Variable: Actitud frente al riesgo.....	124
Tabla N° 2.31: Variable: Información y soporte técnico	125

Tabla N° 2.32: Variable: Conocimiento y cumplimiento de recomendaciones	126
Tabla N° 3.1: Codificación de cuencas hasta el nivel 5	130
Tabla N° 3.2: Estaciones meteorológicas con datos adquiridos al SENAMHI	139
Tabla N° 3.3: Métodos para los cálculos en las subcuencas y los canales elegidos para el modelado.....	145
Tabla N° 3.4: Cálculo del tiempo de concentración y tiempo de retardo	146
Tabla N° 3.5: Número de curva para cada uso mayor de suelos presente en la cuenca Huancané	147
Tabla N° 3.6: Área correspondiente a cada uso mayor de suelo en las subcuencas de la Cuenca Huancané.....	147
Tabla N° 3.7: Área por NC correspondiente a cada uso mayor de suelo en las subcuencas de la Cuenca Huancané.....	148
Tabla N° 3.8: Número de curva para cada subcuenca en la Cuenca Huancané	148
Tabla N° 4.1: Coeficientes de correlación entre la estación AZÁNGARO y demás estaciones	153
Tabla N° 4.2: Constantes de regresión.....	154
Tabla N° 4.3: Datos faltantes completados de la estación AZÁNGARO por el método de Regresiones Múltiples	154
Tabla N° 4.4: Análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas anual – Grupo I	159
Tabla N° 4.5: Análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas anual – Grupo II	160
Tabla N° 4.6: Análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas anual – Grupo III	161
Tabla N° 4.7: Análisis de consistencia - I	164
Tabla N° 4.8: Análisis de consistencia – II	165
Tabla N° 4.9: Análisis de consistencia – III	166
Tabla N° 4.10: Análisis de consistencia – IV	167
Tabla N° 4.11: Análisis de consistencia – V	168
Tabla N° 4.12: Corrección de los datos de las estaciones.....	169
Tabla N° 4.13: Resumen análisis de tendencia en la media - I.....	170
Tabla N° 4.14: Resumen análisis de tendencia en la media - II.....	171
Tabla N° 4.15: Resumen análisis de tendencia en la media - III.....	172
Tabla N° 4.16: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación CRUCERO	173
Tabla N° 4.17: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación CP PROGRESO	174
Tabla N° 4.18: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación PUCARA	175
Tabla N° 4.19: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación AZÁNGARO	176
Tabla N° 4.20: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación MUÑANI	177

Tabla N° 4.21: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación ANANEA	178
Tabla N° 4.22: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación ARAPA	179
Tabla N° 4.23: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación PUTINA	180
Tabla N° 4.24: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación COJATA	181
Tabla N° 4.25: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación TARACO	182
Tabla N° 4.26: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación HUANCANÉ	183
Tabla N° 4.27: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación HUARAYA MOHO.....	184
Tabla N° 4.28: Resumen de la prueba de error cuadrático mínimo - I.....	191
Tabla N° 4.29: Resumen de la prueba de error cuadrático mínimo II.....	192
Tabla N° 4.30: Resumen de la prueba de error cuadrático mínimo III.....	193
Tabla N° 4.31: Resumen de la prueba de error cuadrático mínimo IV	194
Tabla N° 4.32: Resumen de la bondad de ajuste Chi cuadrado - I.....	194
Tabla N° 4.33: Resumen de la bondad de ajuste Chi cuadrado - II.....	195
Tabla N° 4.34: Resumen de la bondad de ajuste Chi cuadrado - III.....	196
Tabla N° 4.35: Resumen de la bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov - I.....	197
Tabla N° 4.36: Resumen de la bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov - II....	198
Tabla N° 4.37: Resumen de la bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov - III... 199	
Tabla N° 4.38: Calificación y selección de la función de distribución - I	200
Tabla N° 4.39: Calificación y selección de la función de distribución - II	201
Tabla N° 4.40: Calificación y selección de la función de distribución - III	202
Tabla N° 4.41: Precipitaciones máximas.....	203
Tabla N° 4.42: Precipitaciones totales medias mensuales por cada estación	204
Tabla N° 4.43: Elementos hidrológicos utilizados en el modelamiento y su representación	205
Tabla N° 4.44: Características fisiográficas de las subcuencas.....	206
Tabla N° 4.45: Forma de la sección transversal de los canales	208
Tabla N° 4.46: Precipitación areal promedio para periodos de retorno	208
Tabla N° 4.47: Caudales máximos calculados en HEC-HMS en la salida.....	209
Tabla N° 4.48: Extrapolación de la serie anual de caudales máximos con las funciones de distribución – Estación Hidrológica Puente Huancané	210
Tabla N° 4.49: Resumen de pruebas de bondad de ajuste para la estación hidrológica Puente Huancané.....	211
Tabla N° 4.50: Calificación y selección de la función de distribución para la estación hidrológica Puente Huancané	211
Tabla N° 4.51: Comparación caudales máximos HEC-HMS con la extrapolación de los datos de la estación hidrológica Puente Huancané.....	212
Tabla N° 4.52: Precipitación areal promedio para cada mes y subcuenca.....	213

Tabla N° 4.53: Caudales medios y volumen de agua calculados en HEC-HMS en la salida	214
Tabla N° 4.54: Comparación caudales medios HEC-HMS con datos de la estación hidrológica Puente Huancané	215
Tabla N° 4.55: Análisis de vulnerabilidad	216
Tabla N° 4.56: Análisis de riesgo por inundaciones en la subcuenca Bajo Huancané	217
Tabla N° 4.57: Balance hídrico para la obtención del potencial hídrico de la Cuenca Huancané	219



LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.1: Cuenca Huancané y Subcuenca Bajo Huancané	25
Figura N° 2.1: Ciclo hidrológico	28
Figura N° 2.3: Clasificación de tipos de modelos en hidrología	39
Figura N° 2.2: Grados de discretización para una cuenca hidrográfica	41
Figura N° 2.4: Esquema de pluviómetro	43
Figura N° 2.5: Esquema de pluviógrafo	43
Figura N° 2.6: Hidrograma	51
Figura N° 2.7: Hidrograma aislado	51
Figura N° 2.8: Tiempo de retardo	54
Figura N° 2.9: Linealidad o proporcionalidad	55
Figura N° 2.10: Superposición de causas y efectos	55
Figura N° 2.11: Hidrograma adimensional del SCS	56
Figura N° 2.12: Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS	58
Figura N° 2.13: Solución de las ecuaciones de escurrimiento del SCS	59
Figura N° 2.14: Almacenamientos por prisma y por cuña en un tramo de un canal	63
Figura N° 2.15: Deducción de la ecuación de flujo gradualmente variado	92
Figura N° 2.16: Tramo de canal para la deducción del método de paso	100
Figura N° 2.17: El píxel en un modelo raster	101
Figura N° 2.18: Representación de un modelo digital del terreno	103
Figura N° 2.19: Esquema de la arquitectura de ArcGIS	105
Figura N° 4.1: Histogramas de precipitación máxima en 24 horas anual - I ..	155
Figura N° 4.2: Histogramas de precipitación máxima en 24 horas anual - II ..	156
Figura N° 4.3: Histogramas de precipitación máxima en 24 horas anual - III ..	157
Figura N° 4.4: Histogramas de precipitación máxima en 24 horas anual - IV ..	158
Figura N° 4.5: Gráfico análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas anual – Grupo I	162
Figura N° 4.6: Gráfico análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas anual – Grupo II	162
Figura N° 4.7: Gráfico análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas anual – Grupo III	163
Figura N° 4.8: Análisis gráfico – Estación CRUCERO	185
Figura N° 4.9: Análisis gráfico – Estación CP PROGRESO	186
Figura N° 4.10: Análisis gráfico – Estación PUCARA	186
Figura N° 4.11: Análisis gráfico – Estación AZÁNGARO	187
Figura N° 4.12: Análisis gráfico – Estación MUÑANI	187
Figura N° 4.13: Análisis gráfico – Estación ANANEA	188
Figura N° 4.14: Análisis gráfico – Estación ARAPA	188
Figura N° 4.15: Análisis gráfico – Estación PUTINA	189
Figura N° 4.16: Análisis gráfico – Estación COJATA	189

Figura N° 4.17: Análisis gráfico – Estación TARACO	190
Figura N° 4.18: Análisis gráfico – Estación HUANCANÉ	190
Figura N° 4.19: Análisis gráfico – Estación HUARAYA MOHO.....	191
Figura N° 4.20: Esquema hidrológico de la Cuenca Huancané	206
Figura N° A.1: Interfaz del programa HEC-HMS	231
Figura N° A.2: Crear un modelo de cuenca.....	231
Figura N° A.3: Elemento Subcuenca y Salida del modelo	232
Figura N° A.4: Conexión de subcuencas a puntos de unión	233
Figura N° A.5: Conexión de Uniones a Canales	233
Figura N° A.6: Configuración del elemento Subcuenca	234
Figura N° A.7: Valores para calcular la pérdida por infiltración.....	234
Figura N° A.8: Valores para calcular le escorrentía	234
Figura N° A.9: Configuración del elemento Canal.....	235
Figura N° A.10: Valores para calcular el tránsito del caudal	235
Figura N° A.11: Crear modelos meteorológicos	236
Figura N° A.12: Configuración del modelo meteorológico	236
Figura N° A.13: Valores para simular la tormenta	236
Figura N° A.14: Crear especificaciones de control.....	237
Figura N° A.15: Valores para las especificaciones de control.....	237
Figura N° A.16: Simulación en el Explorador de cuencas y Editor	238
Figura N° A.17: Resumen de los resultados en una simulación	239
Figura N° A.18: Obtención del MDE en el programa Global Mapper	240
Figura N° A.19: Sección representativa creada	242
Figura N° A.20: Asignación de secciones representativas al corredor del río	243
Figura N° A.21: Configuración de la superficie del corredor	244
Figura N° A.22: Exportar superficie de Civil3D a ArcGIS	245
Figura N° A.23: Proyección cartográfica en ArcGIS.....	246
Figura N° A.24: Archivo TIN importado	246
Figura N° A.25: Creación de capa para la línea central	247
Figura N° A.26: Asignación de nombre al cauce.....	248
Figura N° A.27: Línea central y bancos del río.....	248
Figura N° A.28: Línea central, bancos del río y líneas de trayectoria de flujo	249
Figura N° A.29: Líneas de corte transversal.....	251
Figura N° A.30: Exportar geometría del terreno de HEC-GeoRAS a HEC-RAS	252
Figura N° A.31: Importación de la geometría a HEC-RAS.....	253
Figura N° A.32: Geometría del cauce en HEC-RAS	253
Figura N° A.33: Valores de coeficiente de Manning ingresados en HEC-RAS	254
Figura N° A.34: Introducción de datos de flujo	255
Figura N° A.35: Introducción de condiciones de contorno	255
Figura N° A.36: Ejecución de la modelación hidráulica.....	256
Figura N° A.37: Exportar datos de HEC-RAS a HEC-GeoRAS	257
Figura N° A.38: Mapa de tirante hidráulico.....	258

RESUMEN

El presente estudio se realiza en la subcuenca Bajo Huancané, perteneciente a la cuenca Huancané ubicado en la Región Puno, provincias de Huancané, Moho, San Antonio de Putina y Azángaro; subcuenca en la que se presentan periódicamente inundaciones en la parte baja del río Huancané, requiriéndose una evaluación para proponer una solución, realizando una modelación hidrológica que nos permita conocer mejor lo que ocurre en la cuenca. Existiendo para ello diversas teorías y conceptos que permiten analizar el tema, como son: el ciclo hidrológico, la precipitación, hidrograma de tormentas, pérdidas por infiltración, transito de caudales, análisis estadístico aplicado a la hidrología, manejo de Sistemas de Información Geográfico, uso y aplicación de programas de modelación hidrológica e hidráulica (HEC-HMS y HEC-RAS) y riesgo ante inundaciones. Como resultado del estudio se ha obtenido las precipitaciones máximas a periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, para las 12 estaciones meteorológicas utilizadas, además se realizó una modelación hidrológica mediante el programa HEC-HMS para obtener caudales máximos en el punto de salida de la subcuenca Bajo Huancané a distintos periodos de retorno, también se ha calculado los caudales y volúmenes medios por mes. Se realizó una modelación hidráulica con el programa HEC-RAS y junto con el manual del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) se obtuvieron mapas de riesgo ante inundaciones, de misma forma para conocer el potencial hídrico de la subcuenca Bajo Huancané se realizó el Balance Hídrico, considerando como disponibilidad hídrica el agua superficial.

PALABRAS CLAVE: CÁLCULO DE CAUDALES, RIESGO ANTE INUNDACIONES, CÁLCULO DEL TIRANTE HIDRÁULICO, APLICACIÓN DE HEC-HMS, APLICACIÓN DE HEC-RAS

INTRODUCCIÓN

La presente tesis recolecta conceptos de hidrología, modelación hidrológica e hidráulica para aplicarlos en el ámbito de la cuenca baja del río Huancané, que según la delimitación hecha por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) utilizando el método Pfafstetter se denominada Subcuenca Bajo Huancané, perteneciente a la Cuenca Huancané. Esta se encuentra ubicada políticamente en la Región de Puno, ocupa las provincias de Huancané, Moho, San Antonio de Putina y Azángaro, mientras que la subcuenca Bajo Huancané ocupa las provincias de Huancané y Azángaro. El objetivo del estudio es “Realizar una modelación hidrológica de la subcuenca Bajo Huancané, para determinar su potencial hídrico y prevenir riesgos y daños en la población ribereña”.

El tipo de modelo hidrológico elegido es matemático, determinístico, según la discretización espacial cuasidistribuido; utilizando para tal fin el método de modelación del programa HEC-HMS. Para lo cual se utilizaron registros de precipitación máxima en 24 horas adquirido al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) e información geográfica obtenida de distintas fuentes. A partir de los datos de precipitación que fueron completados por presentar datos faltantes en una estación, se realizó un análisis estadístico para corroborar la consistencia de los datos y extrapolar los datos para hallar la precipitación máxima a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, con dichos datos y la información recopilada se realizó la modelación hidrológica para hallar los caudales máximos en dichos periodos de retorno. Posteriormente se realizó con esta información y la de un Modelo Digital de Elevación obtenido del radiómetro ASTER, un modelo hidráulico con el programa HEC-RAS, con la finalidad de hallar las zonas inundables y su riesgo.

También con la precipitación total media, se realizó la modelación hidrológica con el programa HEC-HMS, para obtener el volumen de agua en la subcuenca Bajo Huancané, que representa su disponibilidad hídrica, con esta información y la demanda hídrica obtenida de un estudio realizado por la ANA, es que se calculó el balance hídrico y determinó el potencial hídrico de la subcuenca.

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La modelación hidrológica comienza a principios del siglo XIX utilizándose para el diseño de canales, redes de drenaje, presas, puentes, diques y sistemas de distribución de agua. Hasta mediados de la década de los 60's, la modelación hidrológica se limitó a tratar de explicar los mecanismos individuales involucrados en el ciclo hidrológico. Así encontramos el Método Racional (1850), la teoría de infiltración de Horton (1933), los trabajos de Thornthwaite y Pennman para la estimación de la evapotranspiración (1948), la teoría de la onda cinemática de Lighthill y Whitham (1955) y la del hidrograma unitario instantáneo de Nash (1957).

En la década de los 60's con el advenimiento de la revolución digital, se realizó el primer intento por representar casi en su totalidad al ciclo hidrológico en una cuenca. Surge así el Standford Watershed Model-SWM (actualmente HSPF) de Crawford y Linsley (1966), en base al cual se desarrolló más adelante el Hydrocomp Simulation Program, HSP, que incorporaba el modelaje del transporte de sedimentos y la calidad del agua, y este se convirtió en el año 1976 en el modelo Hydrologic Simulation Program – Fortran, HSPF, que trabaja en entorno MS-DOS y que es gratuito. A partir de entonces, con el uso de las computadoras se hizo posible el desarrollo de los modelos utilizando métodos numéricos para la solución de las ecuaciones o bien, para la simulación estadística de los procesos. Una de estas es el Win HSPF distribuido como parte del BASINS de la US Environmental Protection Agency, EPA. Así como este modelo, una gran cantidad de otros modelos fueron desarrollados y actualizados a lo largo de estas seis décadas de modelaje hidrológico asistido

por computadora, como el HEC-HMS del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos, el TETIS de la Universidad Politécnica de Valencia y el SWAT del Servicio de Investigación de Agricultura de los Estados Unidos, entre otros.

En el Perú a partir de la década 1960, se han iniciado estudios hidrológicos para la evaluación y cuantificación de los recursos hídricos en cuencas de mayor y menor importancia para el desarrollo agropecuario.

En el año 1973, el Ministerio de Agricultura asumió oficialmente el estudio de la hidrología del Perú, creando en La Dirección General de Aguas una Subdirección de Manejo de Cuencas con tres unidades: Ordenación de Cuencas, Sistema de Conservación y Sistema de Protección.

Entre los años 1973 a 1974 como consecuencia de solicitudes dirigidas al Ministerio de Agricultura, por parte de usuarios e interesados por el uso del agua, se creó el Proyecto de Asistencia Técnica a cargo de la Dirección de Aguas, a través de la Subdirección de Manejo de Cuencas.

Desde el año 2001, la Intendencia de Recursos Hídricos (Dirección General de Aguas y Suelos) del ex Instituto Nacional de Recursos Naturales, actualmente la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos en el país, viene desarrollando estudios hidrológicos en diversas cuencas del Perú, considerando la necesidad del Perú de disponer del conocimiento integral y homogéneo de la potencialidad de sus recursos hídricos que conlleven a un uso racional y planificado, desde los puntos de vista social, económico, ecológico y considerando la participación de todos los agentes consumidores de agua de las cuenca.

Además en el año 2008, mediante Resolución Ministerial N° 033-2008-AG, se aprueba la Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfafstetter, Memoria Descriptiva y el Plano de Delimitación y Codificación de

las Unidades Hidrográficas del Perú, elaborados por la Intendencia de Recursos Hídricos del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA).

El río Huancané cuenta con una red hidrometeorológica que llega a un total de 5 estaciones, de las cuales 4 son climatológicas (Huancané, Putina, C.P. Progreso y Muñani) y 1 hidrológica; la estación hidrológica corresponde a HLG Puente Carretera Huancané. La única información hidrológica disponible de la cuenca del río Huancané es la que suministra el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) mediante esta estación y que es insuficiente a la hora de realizar proyectos de ingeniería y realizar la gestión y manejo del recurso hídrico en la cuenca.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La región de Puno cuenta principalmente con la cuenca del Lago Titicaca, la cual, es alimentada por 6 cuencas principales: Cuenca del río Ilave, Cuenca del río Ramis, Cuenca del río Coata, Cuenca del río Suches, Cuenca del río Illpa y Cuenca del río Huancané; esta última es de la que se tratará el estudio, particularmente la cuenca baja. Los recursos hídricos son muy importantes para el desarrollo de la Región así como para el desarrollo económico, social y sostenido de las poblaciones que se encuentran dentro de la cuenca. Esta creciente demanda del recurso, puede causar una reducción en los caudales con graves consecuencias para usuarios y ecosistemas. La sobre explotación de acuíferos a tasas superiores a la reposición natural, los problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas, las dificultades de acceso al recurso para satisfacer necesidades básicas de la población, además de la planificación y realización de obras que contribuyan con su desarrollo económico y social son desafíos que demandan con urgencia estrategias que permitan resolver las numerosas tareas pendientes en cuanto a la utilización de los recursos hídricos.

La cuenca baja del río Huancané, es la zona más conflictiva donde se generan permanentes problemas de desbordes e inundaciones que afectan a cultivos, ganado, viviendas, además de que también pueden poner en riesgo a las obras de ingeniería que se encuentren en su cauce o cercano a él. Esto

evidencia la necesidad de un estudio que determine los puntos en los que existe riesgo de inundaciones y que permita evaluar alternativas de solución.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Pregunta General

¿Es posible realizar una modelación hidrológica de la subcuenca Bajo Huancané, para determinar el potencial hídrico y prever riesgos y daños en la población aledaña?

1.3.2. Preguntas Especificas

- ¿Es posible que la modelación hidrológica permita determinar los puntos de riesgos de desbordes del río Huancané, en la subcuenca Bajo Huancané?
- ¿Es posible determinar el potencial hídrico del río Huancané, para prever desbordes y daños en la población ribereña de la subcuenca Bajo Huancané?

1.4. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO

Se centra en conocer el comportamiento hidrológico de la subcuenca Bajo Huancané e hidráulico del río Huancané, evaluando el potencial hídrico que ayude a proponer futuros proyectos de manejo y control del exceso y deficiencia de uso de dicho potencial y determinar las zonas críticas y puntos de riesgo, susceptibles a ser inundados.

1.5. JUSTIFICACIÓN

La Cuenca del río Huancané según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) cuenta con un área aproximada de 3631 km², sus altitudes oscilan entre 3805 m.s.n.m., a los 5100 m.s.n.m., que corresponde a la cota mínima, desembocadura a la Intercuenca 0171 que lleva el agua al Lago Titicaca y al punto más elevado, Cerro Surupana.

El río principal, nace con el nombre de río Putina, luego de un largo recorrido confluye con el río Quellocarca - Tuyto, es a partir de este punto que toma el nombre de río Huancané, nombre con el cual desemboca. La longitud

de este río principal desde sus nacientes hasta su desembocadura, llega a medir aproximadamente 125 km., a poca distancia de este punto, se ubica la estación hidrométrica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), en la cual se mide el caudal que aporta esta cuenca al lago.

Su agua es útil, para los diferentes usos, tales como abastecimiento de agua, riego, etc., contribuyendo a reducir la dependencia que para estos usos se tiene en las poblaciones aledañas, además de contribuir a su desarrollo económico y social.

Esta como otras cuencas no cuenta con información hidrológica precisa, muchas veces sólo se tiene una descripción cualitativa de la red de drenajes. Esto implica que no se conoce con exactitud la disponibilidad de agua y no se cuenta con la información necesaria para la Gestión Integral de los Recursos Hídricos y la prevención de inundaciones.

1.6. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.6.1. Objetivo general

Realizar una modelación hidrológica de la subcuenca Bajo Huancané, para determinar su potencial hídrico y prevenir riesgos y daños en la población ribereña.

1.6.2. Objetivos específicos

- Realizar la modelación hidrológica de la subcuenca bajo Huancané, para determinar puntos de riesgo y prever desbordes del río.
- Determinar el potencial hídrico de la cuenca del río Huancané, para ubicar los puntos críticos de desbordes.

1.7. HIPÓTESIS

1.7.1. Hipótesis general

La modelación hidrológica de la subcuenca Bajo Huancané, determina el potencial hídrico y los puntos de riesgo de desbordes del río Huancané.

1.8. UBICACIÓN

A. Ubicación Geográfica

La cuenca Huancané se encuentra ubicada geográficamente entre las coordenadas:

- UTM (WGS 1984)
Este: 376012 - 468540
Norte: 8301981 - 8397427
Altitud: 3805 – 5100 m.s.n.m.
- Geográficas
Latitud: 14°29'45" S - 15°21'21" S
Longitud: 69°17'31" O - 70°09'19" O

La sub cuenca Bajo Huancané se encuentra ubicada geográficamente entre las coordenadas:

- UTM (WGS 1984)
Este: 402725 - 423694
Norte: 8310826 - 8331669
Altitud: 3805 – 4555 m.s.n.m.
- Geográficas
Latitud: 15°05'22" S - 15°16'37" S
Longitud: 69°42'36" O - 69°54'21" O

B. Ubicación Hidrográfica

La cuenca Huancané y sub cuenca Bajo Huancané, hidrográficamente se encuentran ubicadas en:

Región Hidrográfica:	Titicaca
Sistema Hídrico:	TDPS (Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa)

C. Ubicación Política

La cuenca Huancané y sub cuenca Bajo Huancané, políticamente se encuentran ubicadas en:

- Cuenca Huancané
Región: Puno
Provincia: Huancané, Moho, San Antonio de Putina y Azángaro.
Distrito: Huancané, Moho, Huayrapata, Rosaspata, Vilque Chico, Cojata, Inchupalla, Huatasani, Pedro Vilca Apaza, Chupa, Quilcapuncu, Putina, Muñani, Ananea y Potoni.
- Sub Cuenca Bajo Huancané
Región: Puno
Provincia: Huancané y Azángaro.
Distrito: Huancané, Vilque Chico y Chupa.

D. Ubicación Administrativa

La cuenca del río Huancané y sub cuenca Bajo Huancané, se enmarca dentro del ámbito jurisdiccional de la Administración Local de Agua Huancané, cuya dependencia técnica, funcional y administrativa es de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), con sede en la ciudad de Lima.

E. Límites Hidrográficos

La cuenca Huancané y sub cuenca Bajo Huancané, limitan con las siguientes cuencas hidrográficas:

- Cuenca Huancané
Este: Cuenca Suches e Intercuenca 0171.
Oeste: Cuenca Azángaro e Intercuenca Ramis.
Norte: Cuenca Azángaro.
Sur: Intercuenca 0171 y Lago Titicaca
- Sub Cuenca Bajo Huancané
Este: Sub Cuenca Tuyto e Intercuenca 0171.

Oeste: Intercuenca Ramis.
Norte: Sub Cuenca Llache y Sub Cuenca Medio Bajo Huancané.
Sur: Intercuenca 0171 y Lago Titicaca

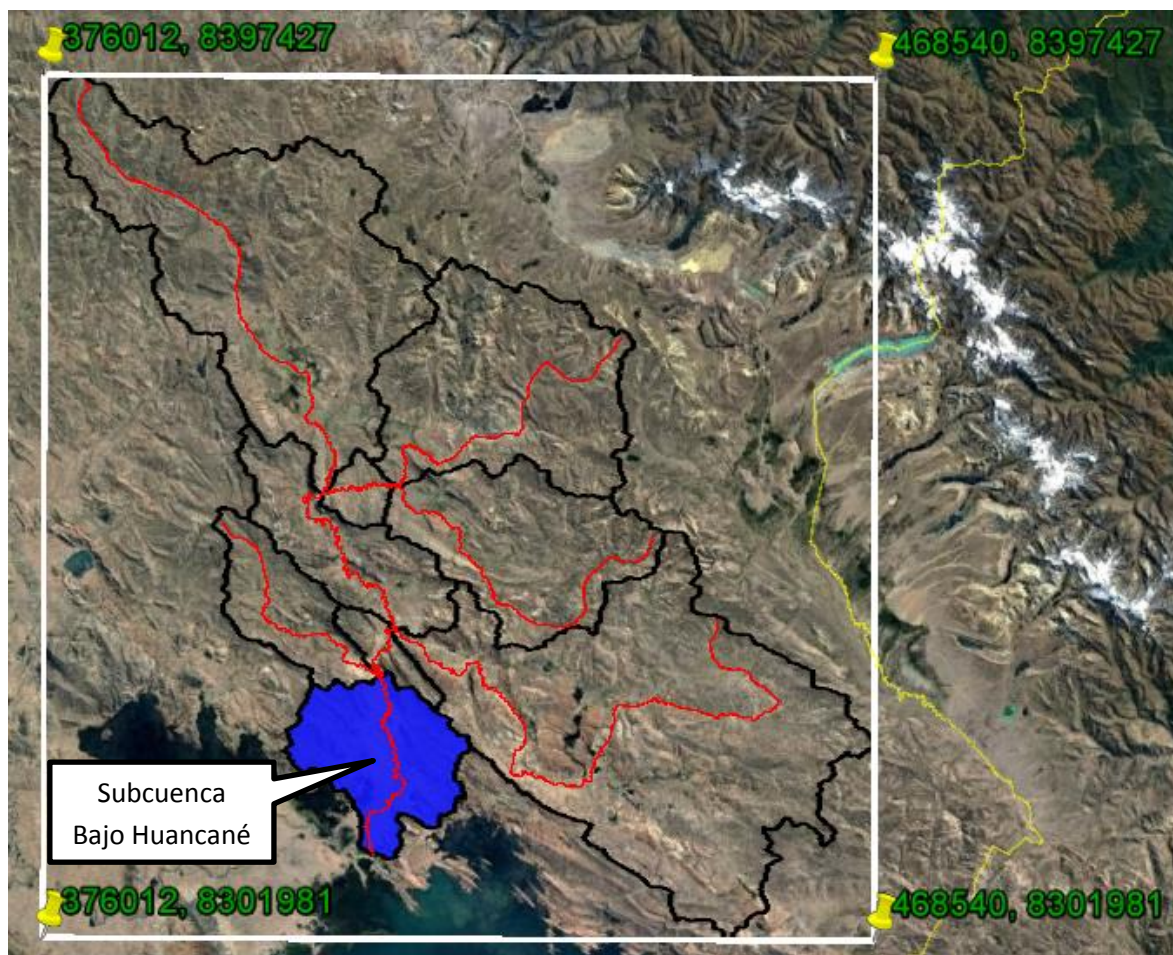


Figura N° 1.1: Cuenca Huancané y Subcuenca Bajo Huancané

Fuente: Elaboración Propia

1.9. ACCESIBILIDAD

Los centros urbanos más relevantes en la cuenca Huancané son las ciudades de Huancané, Putina, Huatasani, Muñani y Rosaspata. Los principales ejes de vías de acceso a la cuenca Huancané, desde la ciudad de Puno, son las siguientes:

- 1) Puno-Paucarcolla-Caracoto-Juliaca-Samán-Taraco-Huancané.
- 2) Puno-Paucarcolla-Caracoto-Juliaca-Samán-Taraco-Huancané-Huatasani.

- 3) Puno-Paucarcolla-Caracoto-Juliaca-Samán-Taraco-Huancané-Huatasani-Putina.
- 4) Puno-Paucarcolla-Caracoto-Juliaca-Samán-Taraco-Huancané-Huatasani-Putina-Muñani.
- 5) Puno-Paucarcolla-Caracoto-Juliaca-Samán-Taraco-Huancané-Vilque Chico-Rosaspata.

Las distancias entre las vías de acceso se muestran en la Tabla 1.1, mientras que las distancias totales para cada ruta se muestran en la Tabla 1.2.

Tabla N° 1.1: Distancias entre las vías de acceso

Identificador	Tramo	Dist. (km)	Tipo vía
(1)	Puno-Paucarcolla	13.82	Asfaltada
(2)	Paucarcolla-Caracoto	20.45	Asfaltada
(3)	Caracoto-Juliaca	9.10	Asfaltada
(4)	Juliaca-Samán	31.18	Asfaltada
(5)	Samán-Taraco	5.16	Asfaltada
(6)	Taraco-Huancané	26.85	Asfaltada
(7)	Huancané-Huatasani	17.91	Asfaltada
(8)	Huatasani-Putina	19.21	Asfaltada
(9)	Putina-Muñani	22.88	Trocha
(10)	Huancané-Vilque Chico	11.34	Asfaltada
(11)	Vilque Chico- Rosaspata	27.20	Trocha

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 1.2: Distancia por ruta

Ruta	Componentes	Total (km)
Primera Ruta	(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)	106.56
Segunda Ruta	(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)	124.47
Tercera Ruta	(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)	143.68
Cuarta Ruta	(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)+(9)	166.56
Quinta Ruta	(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(10)+(11)	145.10

Fuente: Elaboración Propia

El mapa de que muestra las vías de acceso desde Puno a los centros urbanos más relevantes en la cuenca Huancané, se muestra en el Anexo IX.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. HIDROLOGÍA

Según Aparicio (1989: pág. 13), hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

Una parte importante del trabajo del hidrólogo es la recolección y análisis de datos. La disposición de datos básicos adecuados es esencial en todas las ciencias, y la hidrología no es una excepción. De hecho, las características de los fenómenos naturales con que tiene que ver la hidrología hacen que este punto pueda ser especialmente delicado. Como ya se mencionó, es difícil tratar muchos de los problemas hidrológicos mediante un razonamiento deductivo riguroso, y no siempre es posible comenzar por una ley básica y determinar a partir de ésta el resultado hidrológico deseado. Con frecuencia es necesario partir de un conjunto de hechos observados y, mediante un análisis empírico, establecer las normas sistemáticas que gobiernan tales hechos. Así, el hidrólogo se encuentra en una difícil situación cuando no cuenta con los datos históricos adecuados para la zona particular del problema.

2.1.2. EL CICLO HIDROLÓGICO

Según Ordoñez (2011a: pág. 10), el ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de

nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación.

El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento).

El ciclo hidrológico no es regular, presenta muchas variaciones a través de las distintas estaciones del año, e incluso de año en año. Presentándose sequias e inundaciones que son frecuentes en nuestro país y por lo tanto presentándose también en la región de Puno, siendo más frecuentes las inundaciones en temporadas de lluvia prácticamente todos los años. Al ser un ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. En la Figura 2.1 se muestra en forma esquemática este ciclo.

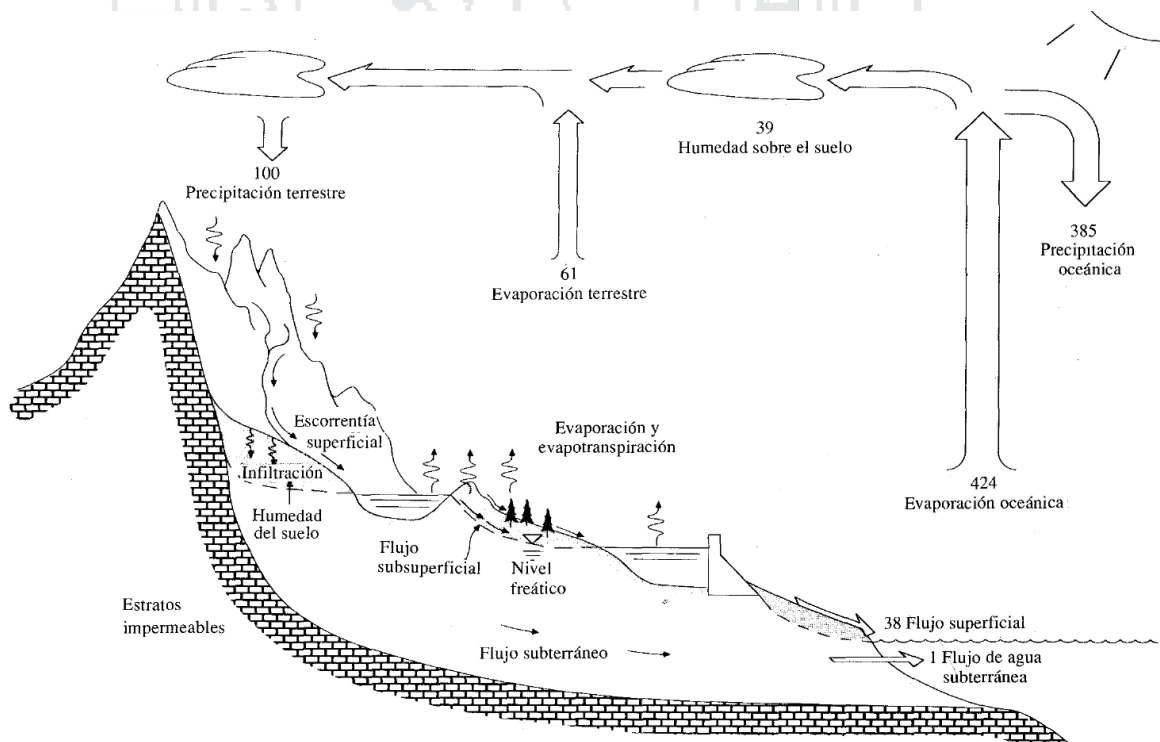


Figura N° 2.1: Ciclo hidrológico

Fuente: Hidrología Aplicada (Chow et al., 1994a)

2.1.3. LA CUENCA HIDROGRÁFICA

Según Aparicio (1989: pág. 19), una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

La definición anterior se refiere a una cuenca superficial; asociada a cada una de éstas existe también una cuenca subterránea, cuya forma en planta es semejante a la superficial. De ahí la aclaración de que la definición es válida si la superficie fuera impermeable.

Según Ordoñez (2011b: pág. 14), los tipos de cuencas son:

- a) Por su tamaño geográfico. Las cuencas hidrográficas pueden ser :
 - Grandes
 - Medianas o
 - Pequeñas
- b) Por su ecosistema. Según el medio o el ecosistema en la que se encuentran, establecen una condición natural así tenemos:
 - Cuencas áridas, (Cuenca del río Cañete)
 - Cuencas tropicales (Cuenca del Canal de Panamá)
 - Cuencas frías (Cuenca del Lago Titicaca)
 - Cuencas húmedas
- c) Por su objetivo. Por su vocación, capacidad natural de sus recursos, objetivos y características, las cuencas pueden denominarse:
 - Hidroenergéticas
 - Para agua poblacional,
 - Agua para riego,
 - Agua para navegación
 - Ganaderas y
 - De uso múltiple

- d) Por su relieve. Considerando el relieve y accidentes del terreno, las cuencas pueden denominarse:
- Cuencas planas,
 - Cuencas de alta montaña,
 - Cuencas accidentadas o quebradas
- e) Por la dirección de la evacuación de las aguas. Existen tres tipos de cuencas:
- Exorreicas o abiertas: drenan sus aguas al mar o al océano. Un ejemplo es la cuenca del Río Rímac, en la Vertiente del Pacífico.
 - Endorreicas o cerradas: desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar. Por ejemplo, la cuenca del río Huancané, en la Vertiente del Titicaca.
 - Arreicas: las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta patagónica central pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia. También son frecuentes en áreas del desierto del Sáhara y en muchas otras partes.

2.1.3.1. Geomorfología de la cuenca

Según ANA (2010: pág. 41), la geomorfología es la rama de la geografía física que estudia de manera descriptiva y explicativa el relieve de la Tierra, el cual es el resultado de un balance dinámico que evoluciona en el tiempo entre procesos constructivos y destructivos, dinámica que se conoce de manera genérica como ciclo geomorfológico.

La morfología de una cuenca queda definida por su forma, relieve y drenaje, para lo cual se han establecido una serie de parámetros, que a través de ecuaciones matemáticas, sirven de referencia para la clasificación y comparación de las cuencas. Para un mejor enfoque sobre el estudio de las cuencas se establece los parámetros de forma, parámetros de relieve y parámetros de la red hidrográfica, generalmente.

Las características físicas desempeñan un papel esencial en la respuesta hidrológica de una cuenca hidrográfica. Recíprocamente, el carácter hidrológico de la misma contribuye considerablemente a formar sus características físicas. Entonces, esta interrelación debería suministrar la base para predecir cuantitativamente la respuesta hidrológica, a partir de aquellos parámetros físicos que son fáciles de medir.

2.1.3.1.1. Parámetros de forma de la cuenca

Según ANA (2010: pág. 45), dada la importancia de la configuración de las cuencas, se trata de cuantificar estas características por medio de índices o coeficientes, los cuales relacionan el movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a tal movimiento (hidrograma).

Existen varios índices para la determinación de la forma de una cuenca, relacionando sus parámetros y las características de la red de drenaje de la misma. Algunos de los principales factores de forma de la cuenca son:

A. Parteaguas

Según Aparicio (1989: pág. 20), el parteaguas es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas.

B. Área de la cuenca

Según ANA (2010: pág. 45), es la superficie de la cuenca comprendida dentro de la curva cerrada de divortium aquarum (Divisoria de aguas) o parteaguas. La magnitud del área se obtiene mediante el planimetrado de la proyección del área de la cuenca sobre un plano horizontal.

Dependiendo de la ubicación de la cuenca, su tamaño influye en mayor o menor grado en el aporte de escorrentía, tanto directa como de flujo de base o flujo sostenido.

Su importancia radica en las siguientes razones:

- Es un valor que se utilizará para muchos cálculos en varios modelos hidrológicos.
- Para una misma región hidrológica o regiones similares, se puede decir que a mayor área mayor caudal o viceversa.
- Bajo las mismas condiciones hidrológicas, cuencas con áreas mayores producen hidrógrafas con variaciones en el tiempo más suaves y más llanas. Sin embargo, en cuencas grandes, se pueden dar hidrógrafas picudas cuando la precipitación fue intensa y en las cercanías, aguas arriba, de la estación de aforo.
- El crecimiento del área actúa como un factor de compensación de modo que es más común detectar crecientes instantáneas y de respuesta inmediata en cuencas pequeñas que en las grandes cuencas.

C. Longitud del río principal

Según ANA (2010: pág. 46), es la longitud mayor de recorrido que realiza el río, desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades, hasta un punto fijo de interés, puede ser una estación de aforo o desembocadura, expresado en unidades de longitud.

2.1.3.1.2. Parámetros de relieve de la cuenca

Según ANA (2010: pág. 49), el relieve posee una incidencia más fuerte sobre la escorrentía que la forma, dado que a una mayor pendiente corresponderá un menor tiempo de concentración de las aguas en la red de drenaje y afluentes al curso principal. Es así como a una mayor pendiente corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes al curso principal.

Para describir el relieve de una cuenca existen numerosos parámetros que han sido desarrollados por varios autores; la que se utiliza en el presente estudio es:

A. Pendiente media del cauce principal

Según Aparicio (1989: pág. 22), uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta es la pendiente del cauce principal. Dado que esta pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media; para ello existen varios métodos, de los cuales se mencionan tres:

- La pendiente media es igual al desnivel entre los extremos de la corriente dividido entre su longitud medida en planta.

$$S_m = \frac{H}{L} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dónde:

S_m = Pendiente media del cauce principal.

H = Desnivel total (cota en la parte más alta del cauce – cota en la parte más baja del cauce).

L = Longitud del cauce principal.

- La pendiente media es la de una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas debajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cauce y arriba y debajo de dicha línea.
- Taylor y Schwarz proponen calcular la pendiente media como la de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión, es decir, considera que en río está formado por n tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme.

$$S_m = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dónde:

S_m = Pendiente media del cauce principal.

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

S_1, S_2, \dots, S_n = Pendiente de cada tramo.

2.1.3.1.3. Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca

Según ANA (2010: pág. 56), la red hidrográfica corresponde al drenaje natural, permanente o temporal, por el que fluyen las aguas de los escurrimientos superficiales, hipodérmicos y subterráneos de la cuenca.

Diversos autores coinciden en afirmar que mientras mayor sea el grado de bifurcación del sistema de drenaje de una cuenca, es decir, entre más corrientes tributarias presente, más rápida será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo. En efecto, al presentar una densa red de drenaje, una gota de lluvia deberá recorrer una longitud de ladera pequeña, realizando la mayor parte del recorrido a lo largo de los cauces, donde la velocidad del escurrimiento es mayor.

A. Tipo de corriente

Según ANA (2010: pág. 57), una manera comúnmente usada para clasificar el tipo de corriente es tomar como base la permanencia del flujo en el cauce del río. Los tipos de corriente en una cuenca es la siguiente:

- Ríos Perennes.- son ríos que contienen el agua permanentemente todo el año.
- Ríos Intermitentes.- son ríos que en general contienen el agua sólo durante épocas de lluvia y se secan en épocas de estiaje.
- Ríos Efímeros.- son ríos que contienen el agua, sólo cuando llueve, después se secan (quebradas).

B. Número de orden de los ríos

Según ANA (2010: pág. 57), es el grado de ramificación de las corrientes de agua, para su determinación se considera el número de bifurcaciones que tienen los tributarios, asignándoles un orden a cada uno de ellos en forma creciente desde su nacimiento hasta su desembocadura. De manera que el orden atribuido al curso nos indique el grado de ramificación del sistema de drenaje. Es decir, los ríos del primer orden son las corrientes que no tienen tributarios,

dos ríos del primer orden forman un río de segundo orden, dos ríos de segundo orden forman un río de tercer orden y así sucesivamente hasta llegar al curso principal y finalmente se obtiene el grado de ramificación del sistema de drenaje de una cuenca.

C. Tiempo de concentración

Según Vélez (2010: pág. 59), se atribuye muy comúnmente el tiempo de concentración al tiempo que tarda una gota de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de desagüe. Lo cual no siempre se corresponde con el fenómeno real, pues pueden existir lugares en la cuenca en los que el agua caída tarde más en llegar al desagüe que el más alejado. Además debe tenerse claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante ya que depende ligeramente de las características de la lluvia.

A continuación, se presenta un resumen de las ecuaciones utilizadas en el presente estudio y tomadas de diferentes fuentes:

1) La fórmula de Bransby-Williams

$$t_c = 14.6 \cdot L \cdot A^{-0.1} \cdot S^{-0.2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dónde:

t_c = Tiempo de concentración (min).

L = Longitud del cauce principal (km).

A = Área de la cuenca (km²).

S = Pendiente promedio del cauce principal (m/m).

2) La fórmula de California Culvert Practice

$$t_c = 60 \cdot \left[\frac{0.87075 \cdot L^3}{H} \right]^{0.385} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dónde:

t_c = Tiempo de concentración (min).

L = Longitud del cauce principal (km).

H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida.

3) La fórmula de Kirpich

$$t_c = 0.0078 \cdot L_p^{0.77} \cdot S^{-0.385} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dónde:

t_c = Tiempo de concentración (min).

L_p = Longitud del cauce principal (pies).

S = Pendiente promedio del cauce principal (m/m).

4) La fórmula de Témez

$$T_c = 0.3 \cdot \left[\frac{L}{S^{0.25}} \right]^{0.76} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración (Hr).

L = Longitud del cauce principal (km).

S = Pendiente promedio del cauce principal (m/m).

5) La fórmula de Rowe

$$T_c = \left[\frac{0.87 \cdot L^3}{H_c} \right]^{0.385} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración (Hr).

L = Longitud del cauce principal (km).

H_c = Diferencia de elevación entre los extremos del cauce principal (m).

6) La fórmula de Californiana del U.S.B.R.

$$t_c = 0.066 \cdot \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.77} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración (Hr).

L = Longitud del cauce principal (km).

S = Pendiente promedio del cauce principal (m/m).

D. Tiempo de retardo o rezago

Según Vélez (2010: pág. 63), en cuanto al tiempo de rezago, se encuentran en la literatura la relación propuesta por el “Soil Conservation Service”, SCS, quien propone que es 0.6 veces el tiempo de concentración.

$$T_r = 0.6 \cdot T_c \dots \dots \dots (2.9)$$

Dónde:

T_r = Tiempo de retardo o rezago (Hr).

T_c = Tiempo de concentración (Hr).

2.1.4. BALANCE HÍDRICO

Según UNESCO (2006: pág. 12), un balance hídrico es la cuantificación tanto de los parámetros involucrados en el ciclo hidrológico, como de los consumos de agua de los diferentes sectores de usuarios, en un área determinada, cuenca, y la interrelación entre ellos, dando como resultado un diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en cuanto a su oferta, disponibilidad y demanda en dicha área.

Según Sokolov (1981: pág. 12), el estudio del balance hídrico en hidrología se basa en la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido como ecuación de la continuidad. Esta establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada. Por tanto, el balance hídrico para cualquier masa de agua y cualquier intervalo de tiempo, en su forma más general, vendrá representado por la siguiente ecuación:

$$P + Q_{SI} + Q_{UI} - E - Q_{SO} - Q_{VO} - \Delta S - V = 0 \dots \dots \dots (2.10)$$

Dónde:

P = Precipitación.

Q_{SI} = Caudal superficial recibido.

Q_{UI} = Caudal subterráneo recibido.

E = Evaporación.

Q_{SO} = Caudal superficial de salida.

Q_{VO} = Caudal subterráneo de salida.

ΔS = Volumen de agua almacenada.

V = Termina residual o de diferencia (debido a errores de estimación o medición)

2.1.5. MODELO DEL SISTEMA HIDROLÓGICO

Según Chow (1994a: pág. 8), un modelo de sistema hidrológico es una aproximación al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas.

2.1.5.1. Tipos de modelos

Según Fernández (1997: pág. 306), un modelo es una representación simplificada de la realidad manipulable para mejorar la visión que de esta se tiene. A partir de ahora nos vamos a centrar en un tipo determinado de modelos, los matemáticos, que representan el sistema real por medio de un conjunto de expresiones matemáticas, puesto que son los más utilizados en la actualidad (y de forma casi exclusiva en hidrología).

Además de estos, existen los modelos físicos y los analógicos. Los modelos físicos son reproducciones a escala del prototipo (realidad) manteniendo las reglas de la semejanza. Los analógicos, ya en desuso, se basan en el parecido entre las ecuaciones que rigen dos sistemas distintos, por ejemplo, con el montaje de determinados circuitos eléctricos se pueden simular acuíferos, ya que el modelo eléctrico se rige por las diferencias de potencial y el sistema real, de forma similar, por diferencias de gradiente hidráulico.

2.1.5.1.1. Tipos de modelos matemáticos hidrológicos

Según Fernández (1997: pág. 308), en primer lugar, el tipo de modelo a desarrollar depende del tipo de proceso que deseamos modelar. Inicialmente se pueden hacer dos grandes grupos:

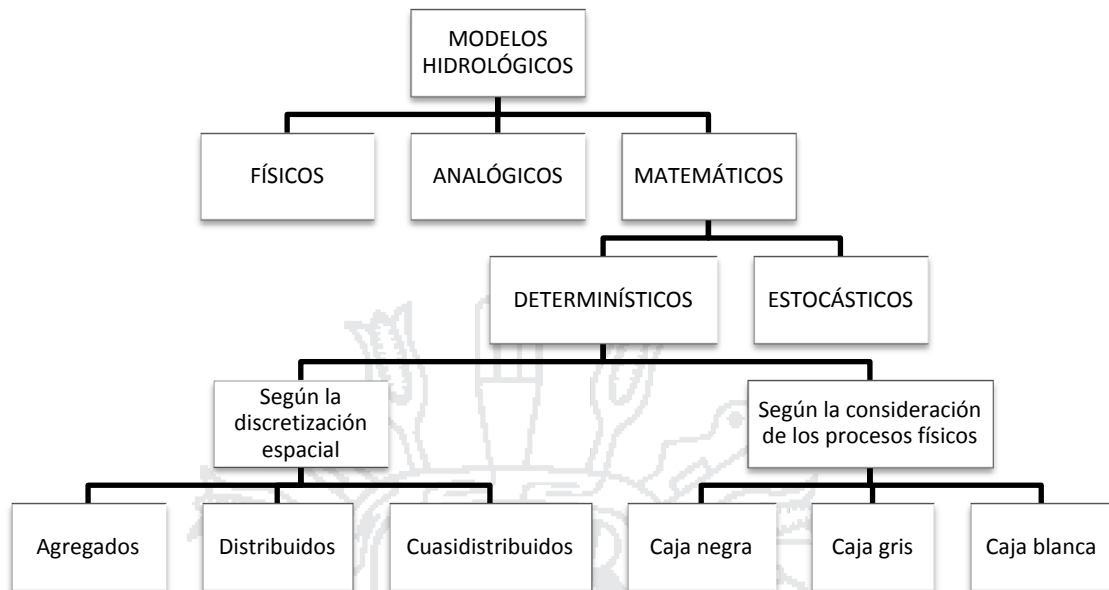


Figura N° 2.2: Clasificación de tipos de modelos en hidrología

Fuente: La Utilización de Modelos en Hidrología (Fernández M., 1997)

A. Modelos deterministas

Según Fernández (1997: pág. 309), los tipos de modelos deterministas se definen según el grado de conocimiento que el modelador tenga de las leyes físicas que rigen el sistema estudiado.

Cuando este conocimiento es muy pequeño o incluso nulo se establecen relaciones matemáticas que a unos determinados valores de las variables de entrada hacen corresponder otros para las variables de salida. Las relaciones matemáticas se establecen por calibración sin que se conozca de qué forma pueden estar relacionadas las variables. Estos modelos reciben el nombre de **modelos empíricos o de caja negra**. La ventaja de este tipo de modelos es la facilidad de su uso, mientras que como inconvenientes principales tiene la imposibilidad de extrapolar un modelo empírico a zonas o condiciones distintas y el poco conocimiento que aporta del sistema.

El otro extremo del espectro es aquel en el que las leyes que rigen el comportamiento del sistema son perfectamente conocidas. A estos se les denomina modelos deterministas puros, de **caja blanca o conceptuales**.

Sin embargo, en muchas ocasiones en hidrología no se puede conocer con exactitud todas las componentes del sistema y sus interrelaciones, aunque sí una buena parte de estas. Un ejemplo de estos son los modelos de lluvia-escorrentía. En ellos la variable de entrada es la lluvia, la variable de salida es el caudal y ambas están relacionadas por una serie de ecuaciones que representan, con mayor o menor fidelidad, con los procesos que actúan en la cuenca como evapotranspiración, escorrentía, ... Pero aunque estos fenómenos se conocen relativamente bien, no así las relaciones funcionales entre ellos. Estos modelos se denominan deterministas de **caja gris**.

Además, estos tres tipos de modelos deterministas admiten una segunda clasificación según se atiende a la variabilidad espacial de los parámetros y/o las variables. Así se distinguen entre:

- Modelos agregados. No se considera variabilidad espacial, o dicho de otro modo, son modelos con una sola celda. Supongamos una cuenca hidrográfica que vierte a un río. Al modelarla de forma agregada consideraremos por una parte las entradas por precipitación (INPUT), y por otra parte los caudales en un punto del río a la salida de la cuenca hidrográfica (OUTPUT). Los valores de los parámetros (evapotranspiración, infiltración...) son valores medios para toda la cuenca considerada. Las ventajas de estos modelos son que no necesitan de la calibración de demasiados parámetros y una expresión matemática más sencilla, pero por el contrario no dan más que valores medios.
- Modelos distribuidos. Se considera la variabilidad espacial de variables y de parámetros. Se realiza una discretización del medio físico a estudiar, esto es, se divide la zona a estudiar en celdas con diferentes valores para variables y parámetros. De esta forma, siguiendo con el caso anterior, para cada celda tendremos un determinado valor de la precipitación (INPUT), y como respuesta a este y a la interacción con las demás celdas unos determinados caudales circulantes por cada punto (OUTPUT). Este tipo de modelos es más versátil y recoge mejor la heterogeneidad del medio

natural. Por el contrario, necesitan un aporte de datos mucho mayor y calibrar muchos parámetros, procesos que de no ser realizados correctamente pueden llevar a resultados aparentemente muy exactos, pero absolutamente alejados de la realidad.

- Modelos cuasidistribuidos. Intentan aprovechar las ventajas de los anteriores, evitando sus inconvenientes. En el caso de la cuenca hidrográfica que se está poniendo como ejemplo, un modelo cuasidistribuido abordaría el problema considerando diferentes subcuencas. Daría así un alto nivel de precisión sin necesitar una entrada de datos tan grande.

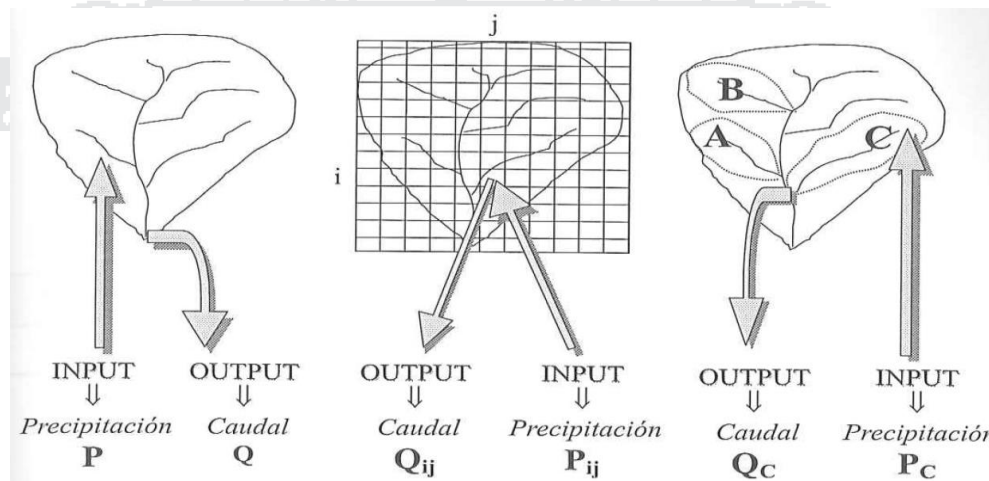


Figura N° 2.3: Grados de discretización para una cuenca hidrográfica

Fuente: La Utilización de Modelos en Hidrología (Fernández M., 1997)

B. Modelos estocásticos

Según Fernández (1997: pág. 311), carecen de bases físicas, y expresan en términos de probabilidad el resultado de procesos altamente aleatorios. El desarrollo de la hidrología estocástica, aunque tiene algunos antecedentes a principios de siglo, se ha producido fundamentalmente a partir de los trabajos de Thomas y Fiering en 1962 con la aplicación de modelos autorregresivos para caudales anuales y estacionales. A partir de aquí ha ido apareciendo un gran número de modelos estocásticos de simulación que se pueden clasificar según el proceso generador y las hipótesis de base en:

- Modelos de regresión lineal.

- Modelos autorregresivos.
- Modelos de ruido fraccionado (fractional noise).
- Modelos de línea segmentada (broken line).
- Modelos ARIMA.

2.1.6. PRECIPITACIÓN

Según Chow (1994a: pág. 65), la precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Los tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire son la elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre aire frío por un pasaje frontal; la elevación orográfica, mediante la cual una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; y la elevación convectiva, donde el aire se arrastra hacia arriba por una acción convectiva, como ocurre en el centro de una celda de una tormenta eléctrica. Las celdas convectivas se originan por el calor superficial, el cual causa una inestabilidad vertical de aire húmedo, y se sostienen por el calor latente de vaporización liberado a medida que el vapor del agua sube y se condensa.

2.1.6.1. Medición de la precipitación

Según Aparicio (1989: pág. 134), los aparatos más usuales para medir la precipitación son los pluviómetros y los pluviógrafos.

Los pluviómetros están formados por un recipiente cilíndrico graduado de área transversal A al que descarga un embudo que capta el agua de lluvia, y cuya área de captación es A (Figura 2.4). Se acostumbra colocar en el embudo un par de mallas para evitar la entrada de basura u otros objetos. El área de captación A es normalmente diez veces mayor que el área del recipiente a , con el objeto de que, por cada milímetro de lluvia, se deposite un centímetro en el recipiente. De este modo, es posible hacer lecturas a simple vista hasta de una décima de milímetro de lluvia, que corresponde a un milímetro depositado en el recipiente.

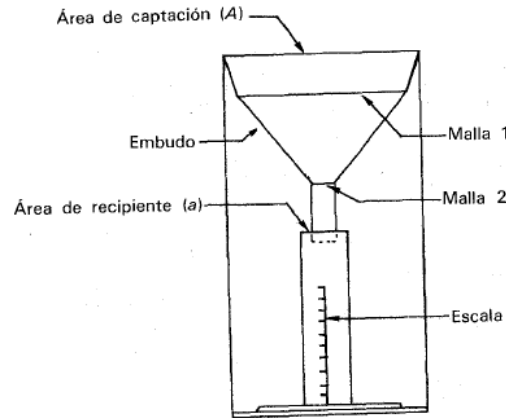


Figura N° 2.4: Esquema de pluviómetro

Fuente: Fundamentos de hidrología de superficie (Aparicio F., 1989)

Los pluviógrafos son semejantes a los pluviómetros, con la diferencia de que tienen un mecanismo para producir un registro continuo de precipitación. Este mecanismo está formado por un tambor que gira a velocidad constante sobre el que se coloca un papel graduado especialmente. En el recipiente se coloca un flotador que se une mediante un juego de varillas a una plumilla que marca las alturas de precipitación en el papel (figura 2.5). El recipiente normalmente tiene una capacidad de 10 mm de lluvia y, al alcanzarse esta capacidad, se vacía automáticamente mediante un sifón. El pluviógrafo antes descrito es el de uso más común, aunque existen otros tipos en el mundo.

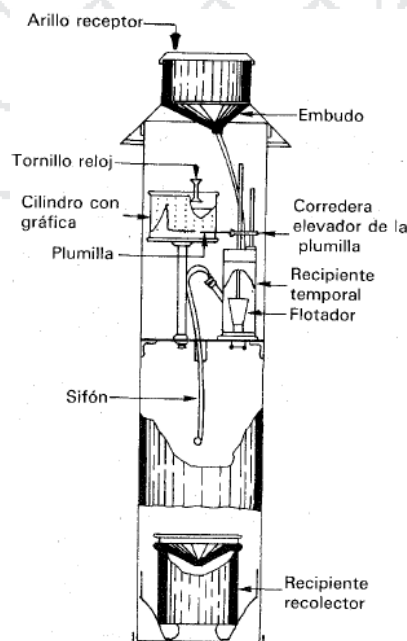


Figura N° 2.5: Esquema de pluviógrafo

Fuente: Fundamentos de hidrología de superficie (Aparicio F., 1989)

El registro que se obtiene de un pluviógrafo se llama pluviograma. Es frecuente que el pluviógrafo tenga alguna falla y por ello los registros resultan defectuosos. En ocasiones es posible recuperar los datos de un registro defectuoso y a veces no, dependiendo del tipo de falla. Tanto para comprobar que el pluviógrafo funciona correctamente como para recuperar los datos de un registro defectuoso, conviene ayudarse del registro del pluviómetro. A partir de una curva masa de precipitación es posible dibujar diagramas de barras que representen las variaciones de la altura de precipitación o de su intensidad en intervalos de tiempo previamente seleccionados. Estos diagramas de barras se llaman hietogramas.

2.1.6.2. Lluvia media areal

Según Aparicio (1989: pág. 140), en general, la altura de lluvia que cae en un sitio dado difiere de la que cae en los alrededores aunque sea en sitios cercanos. Los aparatos descritos anteriormente registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en que está instalado el aparato y, para los cálculos ingenieriles, es necesario conocer la lluvia media en una zona dada, como puede ser una cuenca. Para calcular la lluvia media de una tormenta dada, existen tres métodos de uso generalizado:

A. Método aritmético

Según Aparicio (1989: pág. 140), consiste simplemente en obtener el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación usada en el análisis:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n h_{pi} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dónde:

\bar{h}_p = Altura de precipitación media.

h_{pi} = Altura de precipitación registrada en la estación i.

n = Número de estaciones en análisis.

B. Polígono de Thiessen

Según Aparicio (1989: pág. 140), este método consiste en lo siguiente:

- 1) Unir, mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí. Con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
- 2) Trazar líneas rectas que bisectan los lados de los triángulos. Por geometría elemental, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un solo punto.
- 3) Cada estación pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas del paso 2, que forman los llamados polígonos de Thiessen y, en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca. El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.
- 4) La lluvia media se calcula entonces como un promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot h_{pi} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dónde:

\bar{h}_p = Altura de precipitación media.

A_T = Área total de la cuenca.

A_i = Área de influencia de la estación i.

h_{pi} = Altura de precipitación registrada en la estación i.

n = Número de estaciones en análisis.

C. Método de las isoyetas

Según Aparicio (1989: pág. 142), este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía.

La precipitación media se calcula en forma similar a la ecuación (2.12), pero ahora el peso es el área A'_i entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca y la cantidad que se pesa es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas, $\overline{h_{pi}}$:

$$\overline{h_p} = \frac{1}{A_T} \cdot \sum_{i=1}^{n'} A'_i \cdot h_{pi} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dónde:

$\overline{h_p}$ = Altura de precipitación media.

A_T = Área total de la cuenca.

A'_i = Área i de influencia entre isoyetas.

h_{pi} = Altura de precipitación promedio i entre isoyetas.

n' = Número de áreas A'_i consideradas.

2.1.6.3. Cálculo de datos faltantes

Según Aparicio (1989: pág. 151), es frecuente que en un registro de precipitación falten los datos de un cierto periodo, debido a la ausencia del operador o a fallas del aparato registrador. En estos casos se pueden estimar los datos faltantes si se tienen registros simultáneos de algunas estaciones situadas cerca de la estación en cuestión y uniformemente repartidas. Una manera de hacerla es mediante una gráfica, donde se correlacionan las precipitaciones medidas en una estación cercana o el promedio de las medidas en varias estaciones circundantes con la registrada en la estación en estudio.

Una vez obtenida esta gráfica, y si la correlación es aceptable, bastaría conocer la precipitación en la estación más cercana, o bien la precipitación media en las estaciones circundantes consideradas en los días en cuestión para deducir los datos faltantes. Cuando la correlación obtenida del análisis anterior no es aceptable, se puede usar otros métodos. De los métodos existentes se pueden citar:

- Método por análisis de regresión lineal.
- Método de la razón.

- Método de interpolación con otras estaciones de Paulhus y Kohler.
- Método de cociente normal de Paulhus y Kohler.
- Método de campos homogéneos.
- Método de regresiones múltiples.

2.1.6.3.1. Coeficiente de correlación lineal de Pearson

Según Barrera (2004: pág. 12), es una medida del grado de relación que guardan dos grupos de datos y una buena herramienta estadística para comprobar si, a priori, un conjunto de datos mantiene algún tipo de dependencia. Su expresión matemática es la siguiente:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dónde:

r = Coeficiente de correlación lineal de Pearson

x_i = Dato de la primera serie de la que se quiere calcular su correlación con la segunda serie.

y_i = Dato de la segunda serie de la que se quiere calcular su correlación con la primera serie.

\bar{x} = Valor medio de la primera serie de datos.

\bar{y} = Valor medio de la segunda serie de datos.

El valor del coeficiente varía entre -1 y 1, cuando “r” toma el valor de 1, tiene una correlación completa positiva, es decir, que los puntos de datos describen una perfecta línea recta con pendiente positiva, con “x” e “y” aumentando conjuntamente; si “r” toma el valor de -1 los puntos de datos describen una perfecta línea recta con pendiente negativa; y si “r” toma el valor de cero indica que los datos de “x” e “y” no están correlacionados linealmente.

2.1.6.3.2. Método de regresiones múltiples

Según Barrera (2004: pág. 36), este método consta de dos partes: una primera que consiste en un estudio de las posibles correlaciones entre pares de variables (cálculo de la correlación y su significancia estadística, véase

apartado 2.1.6.3.1) y una segunda cuyo empeño es la construcción de una recta de regresión lineal múltiple que ajuste el comportamiento de una variable dada. En el que se calculan los coeficientes de regresión de la ecuación lineal múltiple, la cual tiene el siguiente aspecto:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 + \dots + \beta_n \cdot x_n \dots \dots \dots (2.15)$$

Dónde:

y = Valor de precipitación estimada, para la estación con carencia de información.

x_n = Valor de precipitación en estaciones con información completa.

β_n = Constantes de regresión.

Según Campos (2015: pág. 298), aceptado que se tienen n observaciones de Y, X_1, X_2, \dots, X_n , la expresión anterior en notación matricial será:

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & \dots & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \dots & x_{kn} \end{pmatrix}, \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} \dots \dots \dots (2.16)$$

La diferenciación del lado derecho de la ecuación (2.15) con respecto a $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$, por separado e igualada a cero, produce n ecuaciones con n parámetros desconocidos, las cuales se conocen como ecuaciones normales, cuya solución es:

$$\beta = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y \dots \dots \dots (2.17)$$

Dónde:

Y = Matriz de variables dependientes.

X = Matriz de variables independientes.

X^T = Matriz transpuesta de las variables independientes.

β = Matriz de constantes de regresión.

2.1.6.4. Transposición de tormentas

Según Aparicio (1989: pág. 161), cuando se cuenta con poca información sobre tormentas extremas ocurridas en una cuenca, o cuando se desea ampliar la información sobre las cantidades máximas de precipitación que se pueden presentar en la misma, puede resultar conveniente trasponer, a la cuenca en estudio, tormentas ocurridas en sitios diferentes. Esto tiene, desde luego, la limitación de que la tormenta traspuesta sea meteorológicamente factible de ocurrir en la cuenca en estudio, de manera que el sitio donde se presentó debe ser similar desde el punto de vista meteorológico. Así, por ejemplo, no es válido trasponer una tormenta ciclónica a una zona donde sólo se pueden presentar tormentas convectivas, ni una tormenta tropical a zonas polares.

2.1.7. ESCURRIMIENTO

Según Villón (2002: pág. 135), el escurrimiento es otra componente del ciclo hidrológico, y se define como el agua proveniente de la precipitación, que circula sobre o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (estación de aforo).

Si se analiza un corte esquemático de la superficie terrestre, se tiene que la precipitación cuando llega a la superficie, se comporta de la siguiente manera:

- 1) Una parte de la precipitación se infiltra. Una parte de ésta, satisface la humedad del suelo, de las capas que se encuentran sobre el nivel freático del agua. Una vez que estas capas se han saturado, el agua subterránea es recargada, por la parte restante del agua que se infiltra.
- 2) Otra parte de la precipitación, tiende a escurrir sobre la superficie terrestre; a la precipitación que ocasiona este escurrimiento, se llama altura de precipitación en exceso.
- 3) Una pequeña proporción se pierde.

Con base en lo anterior, el escurrimiento se clasifica en tres tipos:

- Escurriendo superficial, es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre el escurrimiento total es inmediato, y existirá durante la tormenta e inmediatamente después de que esta termine. La parte de la precipitación total que da lugar a este escurrimiento, se denomina precipitación en exceso.
- Escurrimiento subsuperficial, es aquel que proviene de una parte de la precipitación infiltrada. El efecto sobre el escurrimiento total, puede ser inmediato o retardado. Si es inmediato se le da el mismo tratamiento que al escurrimiento superficial, en caso contrario, como escurrimiento subterráneo.
- Escurrimiento subterráneo, es aquel que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado.

2.1.7.1. Factores que afectan el escurrimiento superficial

Según Villón (2002: pág. 137), el escurrimiento superficial, depende fundamentalmente de dos tipos de factores:

- Meteorológicos, se pueden considerar la forma, el tipo, la duración y la intensidad de la precipitación, la dirección y la velocidad de la tormenta, y la distribución de la lluvia en la cuenca.
- Fisiográficos, se pueden considerar las características físicas de la cuenca (superficie, forma, elevación, pendiente), tipo y uso del suelo, humedad antecedente del mismo.

2.1.8. HIDROGRAMAS

Según Aparicio (1989: pág. 29), si se mide el gasto (que se define como el volumen de escurrimiento por unidad de tiempo) que pasa de manera continua durante todo un año por una determinada sección transversal de un río y se grafican los valores obtenidos contra el tiempo, se obtendría una gráfica como la de la Figura 2.6.

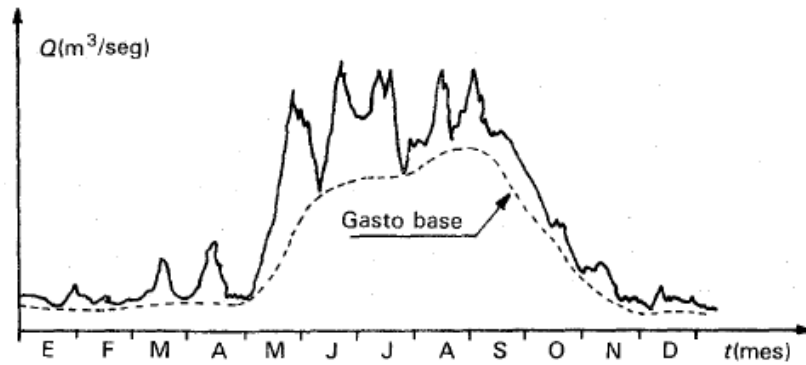


Figura N° 2.6: Hidrograma

Fuente: Fundamentos de hidrología de superficie (Aparicio F., 1989)

Una gráfica como la anterior se denomina hidrograma, como cualquiera que relacione el gasto contra el tiempo. La Figura 2.6 representa un hidrograma anual; si la escala del tiempo se amplía de tal manera que se pueda observar el escurrimiento producido por una sola tormenta, se tendría una gráfica como la que se muestra en la Figura 2.7. Aunque la forma de los hidrogramas producidos por tormentas particulares varía no sólo de una cuenca a otra sino también de tormenta a tormenta, es posible, en general, distinguir las siguientes partes en cada hidrograma (Figura 2.7):

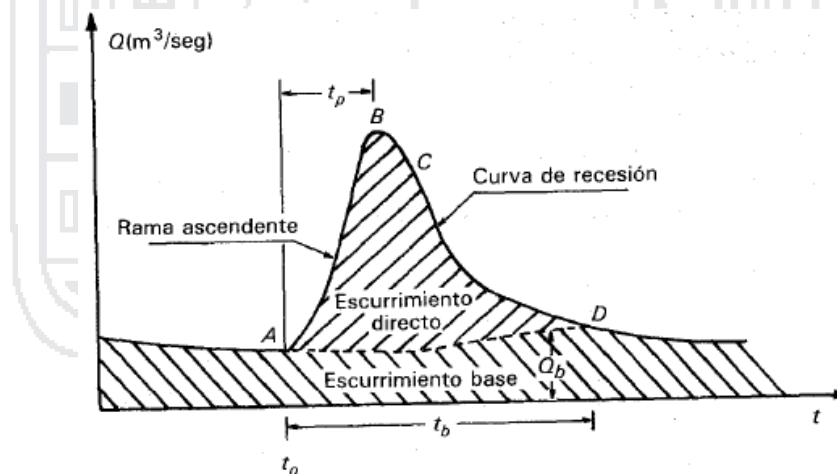


Figura N° 2.7: Hidrograma aislado

Fuente: Fundamentos de hidrología de superficie (Aparicio F., 1989)

- A: punto de levantamiento. En este punto, el agua proveniente de la tormenta bajo análisis comienza a llegar a la salida de la cuenca y se produce inmediatamente después de iniciada la tormenta, durante la misma o incluso cuando ha transcurrido ya algún tiempo después de que

cesó de llover, dependiendo de varios factores, entre los que se pueden mencionar el tamaño de la cuenca, su sistema de drenaje y suelo, la intensidad y duración de la lluvia, etc.

- B: pico. Es el gasto máximo que se produce por la tormenta. Con frecuencia es el punto más importante de un hidrograma para fines de diseño.
- C: punto de inflexión. En este punto es aproximadamente cuando termina el flujo sobre el terreno, y de aquí en adelante, lo que queda de agua en la cuenca escurre por los canales y como escurrimiento subterráneo.
- D: final del escurrimiento directo. De este punto en adelante el escurrimiento es sólo de origen subterráneo. Normalmente se acepta como el punto de mayor curvatura de la curva de recesión, aunque pocas veces se distingue de fácil manera.
- T_p : tiempo de pico. Es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el pico del hidrograma.
- T_b : tiempo base. Es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el punto final del escurrimiento directo. Es, entonces, el tiempo que dura el escurrimiento directo.
- Rama ascendente. Es la parte del hidrograma que va desde el punto de levantamiento hasta el pico.
- Rama descendente o curva de recesión. Es la parte del hidrograma que va desde el pico hasta el final del escurrimiento directo. Tomada a partir del punto de inflexión, es una curva de vaciado de la cuenca.

El tiempo base de un hidrograma aislado puede ser desde algunos minutos hasta varios días, y el pico puede tener valores del orden de unos cuantos litros por segundo hasta miles de metros cúbicos por segundo. El área bajo el hidrograma, $\int_{t_0}^t Q dt$, es el volumen total escurrido; el área bajo el hidrograma y arriba de la línea de separación entre gasto base y directo, $\int_{t_0}^t (Q - Q_b) dt$, es el volumen de escurrimiento directo.

Debido a que el escurrimiento directo proviene de la precipitación, casi siempre aporta un componente del gasto total en un hidrograma mucho mayor que el que genera el escurrimiento base. Por otra parte, el escurrimiento base está formado normalmente por agua proveniente de varias tormentas que ocurrieron antes de la considerada y es muy difícil determinar a cuáles pertenece. Para poder correlacionar la precipitación con los hidrogramas que genera es necesario antes separar el gasto base del directo. En vista de que rara vez es posible conocer con precisión la evolución de los niveles freáticos durante una tormenta y que el punto D de un hidrograma es generalmente difícil de distinguir, la tarea de separar el gasto base del directo no es sencilla en la mayoría de los casos. Existen varios métodos, dentro de los cuales se encuentra uno realizado de numerosos intentos de correlacionar el tiempo de vaciado del escurrimiento directo con algunas características de las cuencas. El método que mejores resultados ha tenido es el que relaciona dicho tiempo con el área de la cuenca. El punto D del hidrograma estará un tiempo de N días después del pico.

$$N = 0.827 \cdot A^{0.2} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dónde:

N = Tiempo de vaciado del escurrimiento directo en días.

A = Área de la cuenca en km^2 .

Según Villón (2002: pág. 201), tiempo de retardo. Es el intervalo del tiempo comprendido entre los instantes que corresponden, respectivamente al centro de gravedad del hietograma de la tormenta, y al centro de gravedad del hidrograma (Figura 2.8). Algunos autores reemplazan el centro de gravedad por el máximo, ambas definiciones serian equivalentes si los diagramas correspondientes fueran simétricos.

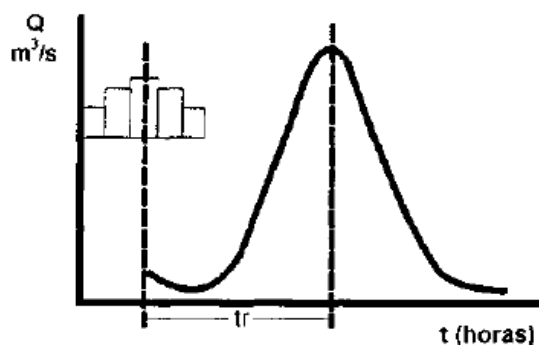


Figura N° 2.8: Tiempo de retardo

Fuente: Hidrología (Villón M., 2002)

2.1.8.1. Hidrograma unitario

Según Aparicio (1989: pág. 209), supóngase que se presenta una misma tormenta en dos cuencas con el mismo suelo y la misma área, pero de diferente forma; aunque el volumen escurrido sea el mismo, el gasto pico y las demás características del hidrograma varían de una cuenca a otra. El método del hidrograma unitario toma en cuenta este efecto, considerando, además de la altura total de precipitación y el área de la cuenca, su forma, pendiente, vegetación, etc., aunque no de forma explícita. El Hidrograma unitario. Se define como el hidrograma de escurrimiento directo que se produce por una lluvia efectiva o en exceso de lámina unitaria, duración en exceso y repartida uniformemente en la cuenca. El método del hidrograma unitario fue desarrollado originalmente por Sherman en 1932, y está basado en las siguientes hipótesis:

- a) Tiempo base constante. Para una cuenca dada, la duración total de escurrimiento directo o tiempo base es la misma para todas las tormentas con la misma duración de lluvia efectiva, independientemente del volumen total escurrido. Todo hidrograma unitario está ligado a una duración de la lluvia en exceso.
- b) Linealidad o proporcionalidad. Las ordenadas de todos los hidrogramas de escurrimiento directo con el mismo tiempo base, son directamente proporcionales al volumen total de escurrimiento directo, es decir, al volumen total de lluvia efectiva. Como consecuencia, las ordenadas de dichos hidrogramas son proporcionales entre sí (Figura 2.9).

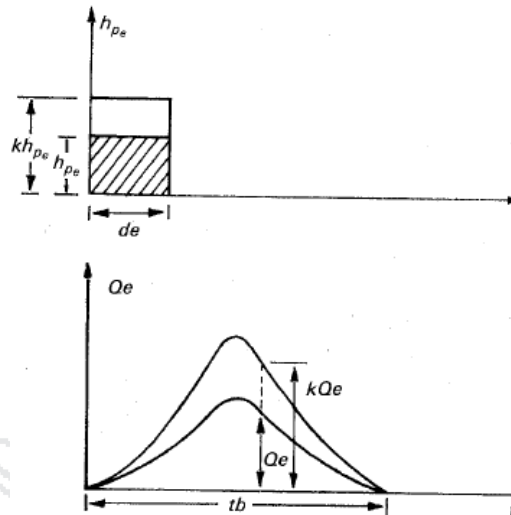


Figura N° 2.9: Linealidad o proporcionalidad

Fuente: Fundamentos de hidrología de superficie (Aparicio F., 1989)

c) Superposición de causas y efectos. El hidrograma que resulta de un periodo de lluvia dado puede superponerse a hidrogramas resultantes de periodos lluviosos precedentes (Figura 2.10).

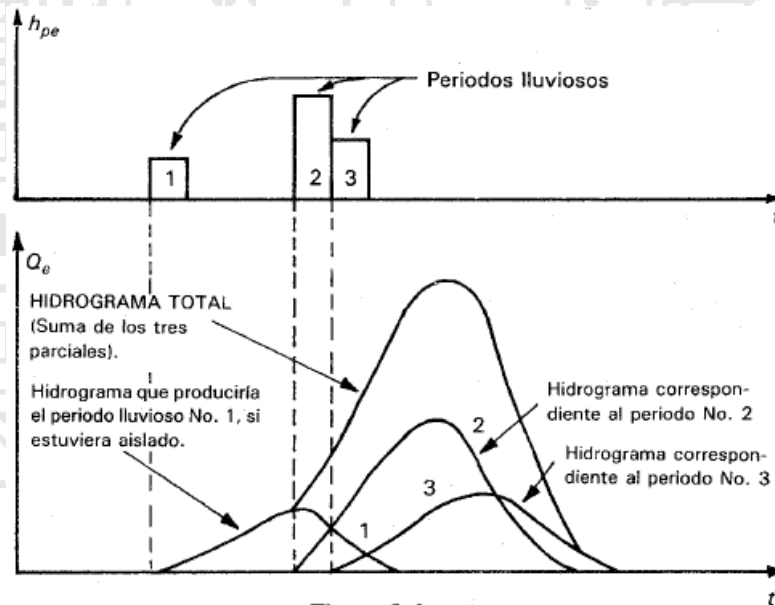


Figura N° 2.10: Superposición de causas y efectos

Fuente: Fundamentos de hidrología de superficie (Aparicio F., 1989)

2.1.8.2. Hidrograma adimensional del Soil Conservation Service (SCS)

Según Villón (2002: pág. 229), del estudio de gran cantidad de hidrogramas, registrados en una gran variedad de cuencas se obtuvieron hidrogramas adimensionales, dividiendo la escala de caudales entre el caudal

pico (Q_p) y la escala del tiempo entre el tiempo al que se presenta el pico (t_p), se observó que se obtiene un hidrograma adimensional como el que se muestra en la Figura 2.11, cuyas coordenadas se muestran en la Tabla 2.1.

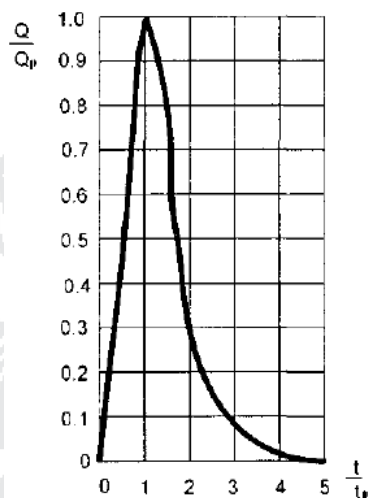


Figura N° 2.11: Hidrograma adimensional del SCS

Fuente: Hidrología (Villón M., 2002)

Tabla N° 2.1: Coordenadas del hidrograma adimensional del SCS

t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p
0.00	0.000	1.40	0.750
0.10	0.015	1.50	0.650
0.20	0.075	1.60	0.570
0.30	0.160	1.80	0.430
0.40	0.280	2.00	0.320
0.50	0.430	2.20	0.240
0.60	0.600	2.40	0.180
0.70	0.770	2.60	0.130
0.80	0.890	2.80	0.098
0.90	0.970	3.00	0.075
1.00	1.000	3.50	0.036
1.10	0.980	4.00	0.018
1.20	0.920	4.50	0.009
1.30	0.840	5.00	0.004

Fuente: Hidrología (Villón M., 2002)

Si se dispone de los datos del pico del hidrograma t_p y Q_p , a partir de la Tabla 2.1 se puede calcular el hidrograma resultante, multiplicando las coordenadas por t_p y Q_p .

Esta técnica de los hidrogramas sintético, solamente son válidas para considerar los hidrogramas producidos por precipitaciones cortas y homogéneas. Para precipitaciones cuya intensidad varía a lo largo del hietograma considerado, es necesario utilizar el hidrograma unitario.

2.1.9. INFILTRACIÓN

Según Aparicio (1989: pág. 177), se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares.

La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. En general, las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración. Además de que en la práctica es difícil separar estos cuatro componentes, la porción más considerable de las pérdidas está dada por la infiltración, por lo que es costumbre calcularlas conjuntamente bajo este nombre.

2.1.9.1. Método del número de curva del Soil Conservation Service (SCS)

Según Chow (1994a: pág. 150), el Soil Conservation Service (1972) desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa P_e es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P ; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca F_a es menor o igual a alguna retención potencial máxima S (Figura 2.12). Existe una cierta cantidad de precipitación I_a (abstracción inicial antes del encharcamiento) para la cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es $P - I_a$.

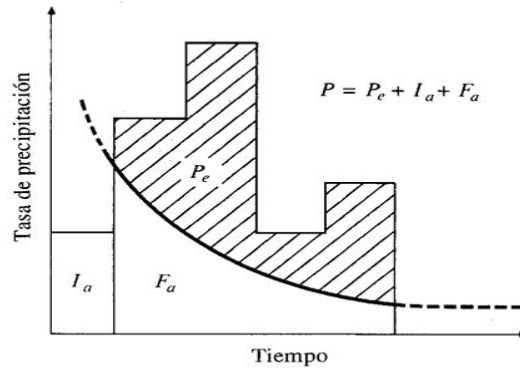


Figura N° 2.12: Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS

Fuente: Hidrología Aplicada (Chow et al., 1994)

La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \dots\dots\dots (2.19)$$

Del principio de continuidad.

$$P = P_e + I_a + F_a \dots\dots\dots (2.20)$$

Combinando (2.19) y (2.20) y resolviendo para P_e se encuentra.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \dots\dots\dots (2.21)$$

La cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS. Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica.

$$I_a = 0.2 \cdot S \dots\dots\dots (2.22)$$

Con base en esto:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P + 0.8 \cdot S} \dots\dots\dots (2.23)$$

Al presentar en gráficas la información de P y P_e para muchas cuencas, el SCS encontró curvas como las que se muestran en la Figura 2.13. Para estandarizar estas curvas, se define un número adimensional de curva CN , tal que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies impermeables y superficies de agua $CN = 100$; para superficies naturales $CN < 100$.

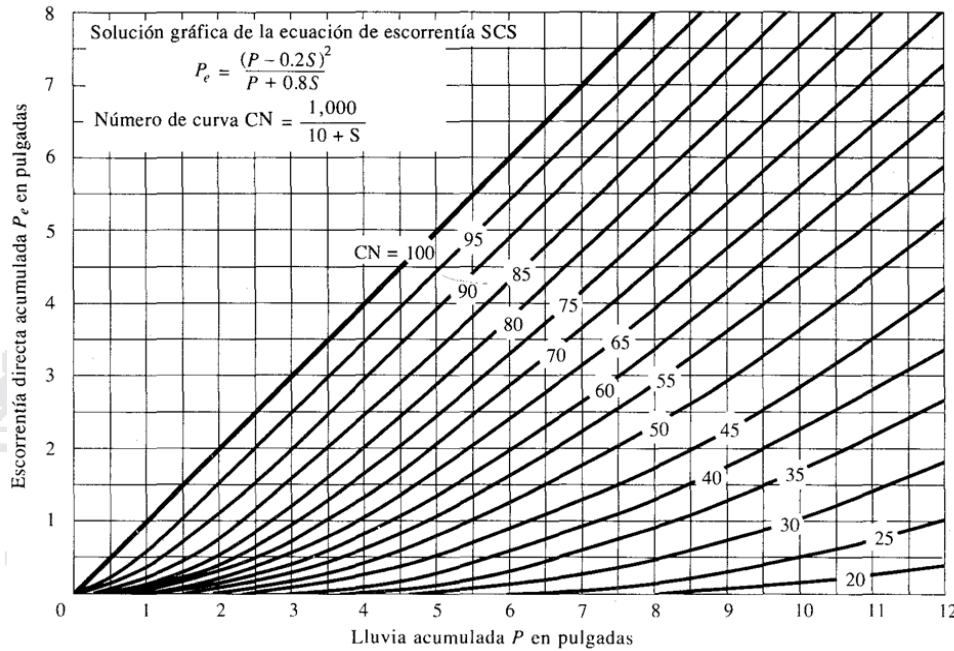


Figura N° 2.13: Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS

Fuente: Hidrología Aplicada (Chow et al., 1994)

El número de curva y S se relacionan por:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \dots \dots \dots (2.24)$$

Donde S está en pulgadas. Los números de curva que se muestran en la Figura 2.13 se aplican para condiciones antecedentes de humedad (AMC, por sus siglas en inglés) normales (AMC II). Para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), los números de curva equivalentes pueden calcularse por.

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)} \dots \dots \dots (2.25)$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)} \dots \dots \dots (2.26)$$

En la Tabla 2.2 se muestra el rango para las condiciones antecedentes de humedad por clase.

Tabla N° 2.2: Clasificación de clases antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia de SCS

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5 días (pulg)	
	Estación inactiva	Estación de crecimiento
I	Menor que 0.5	Menor que 1.4
II	0.5 a 1.1	1.4 a 2.1
III	Sobre 1.1	Sobre 2.1

Fuente: Hidrología Aplicada (Chow et al., 1994)

Los números de curva han sido tabulados por el Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

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

Tabla N° 2.3: Número de curva CN para complejos hidrológicos de área residencial (para condición de humedad antecedente II e $I_a = 0.2 \cdot S$)

Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable	Número de Curva			
		A	B	C	D
1/8 acre (505.86 m ²)	65	77	85	90	92
1/4 acre (1011.71 m ²)	38	61	75	83	87
1/3 acre (1348.95 m ²)	30	57	72	81	86
1/2 acre (2023.43 m ²)	25	54	70	80	85
1 acre (4046.86 m ²)	20	51	68	79	84

Fuente: Hidrología Aplicada (Chow et al., 1994)

**Tabla N° 2.4: Número de curva CN para complejos hidrológicos de suelo
cobertura (para condición de humedad antecedente II e $I_a = 0.2 \cdot S$)**

Cobertura			Número de Curva			
Uso de la tierra	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	A	B	C	D
Descuidado, en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	...	77	86	91	94
Cultivos	Surcos rectos	Pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Curv de nivel y en terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Curv de nivel y en terrazas	Buena	62	71	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	Pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curv de nivel y en terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Curv de nivel y en terrazas	Buena	59	70	78	81
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Surcos rectos	Pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curv de nivel y en terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Curv de nivel y en terrazas	Buena	51	67	78	80
Pastizales o similares	...	Pobre	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
Praderas	...	Buena	30	58	71	78
Bosques	...	Pobre	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Patios	...	...	59	74	82	86
Caminos, incluyendo derecho de vía	Cieno	...	72	82	87	89
	Superficie firme	...	74	84	90	92

Fuente: Hidrología (Villón M., 2002)

Los valores de CN para varios tipos de uso de la tierra en estos tipos de suelos se dan en las tablas 2.3 y 2.4. Para una cuenca hecha de varios tipos de suelos y con diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN compuesto.

2.1.10. TRÁNSITO DE CAUDALES

Según Chow (1994a: pág. 249), el tránsito de caudales es un procedimiento para determinar el tiempo y magnitud del caudal (es decir, el hidrograma de caudal) en un punto de un curso de agua utilizando hidrogramas conocidos o supuestos en uno o más puntos aguas arriba. En un sentido más amplio, el tránsito de caudales puede considerarse como un análisis para seguir el caudal a través de un sistema hidrológico, dada una entrada. La diferencia entre el tránsito de sistemas *agregados* y *distribuidos* es que en un modelo de sistema agregado, el flujo se calcula como una función del tiempo únicamente en un lugar particular, mientras que en un sistema de tránsito distribuido el flujo se calcula como una función del espacio y el tiempo a través del sistema. El tránsito por métodos de sistemas agregados se conoce algunas veces como tránsito hidrológico, y el tránsito por métodos distribuidos se conoce como tránsito hidráulico.

El flujo de agua a través del suelo y de los canales en una cuenca es un proceso distribuido porque el caudal, la velocidad y la profundidad varían en el espacio a través de la cuenca. Estimaciones de los caudales o niveles de agua en puntos importantes de sistemas de canales pueden obtenerse utilizando un modelo de tránsito distribuido de crecientes.

2.1.9.1. Tránsito hidrológico en ríos por el método de Muskingum

Según Chow (1994a: pág. 264), el método de Muskingum es un método de tránsito hidrológico que se usa comúnmente para manejar relaciones caudal-almacenamiento variables. Este método modela el almacenamiento volumétrico de creciente en un canal de un río mediante la combinación del almacenamiento de cuña y prisma (Figura 2.14).

Durante el avance de la onda de creciente, el caudal de entrada es mayor que el caudal de salida, siendo un almacenamiento de cuña. Durante la recesión, el caudal de salida es mayor que el caudal de entrada resultando en una cuña negativa. Adicionalmente, existe un almacenamiento por prisma que está formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo de la longitud del canal prismático.

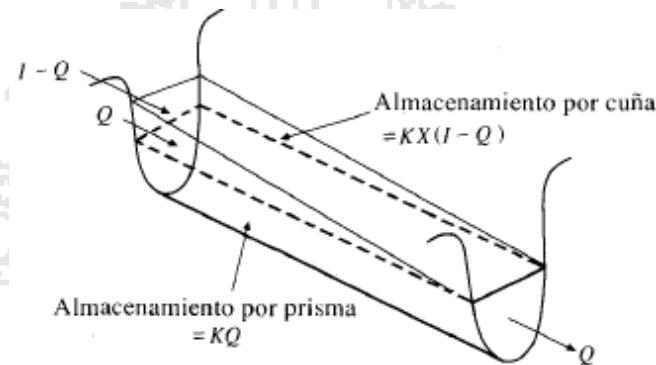


Figura N° 2.14: Almacenamientos por prisma y por cuña en un tramo de un canal

Fuente: Hidrología Aplicada (Chow et al., 1994)

Suponiendo que el área de la sección transversal del flujo de creciente es directamente proporcional al caudal en la sección, el volumen de almacenamiento por prisma es igual a $K \cdot Q$ donde K es un coeficiente de proporcionalidad, y el volumen de almacenamiento por cuña es igual a $K \cdot X \cdot (I - Q)$, donde X es un factor de ponderación dentro del rango $0 \leq X \leq 0.5$. El almacenamiento total es por consiguiente la suma de dos componentes.

$$S = K \cdot Q + K \cdot X \cdot (I - Q) \dots \dots \dots (2.27)$$

La cual puede reordenarse para dar la función de almacenamiento para el método de Muskingum.

$$S = K \cdot [X \cdot I + (1 - X) \cdot Q] \dots \dots \dots (2.28)$$

X representa un modelo lineal para el tránsito de caudales en corrientes. El valor de X depende de la forma de almacenamiento por cuña modelado. El valor de X varía desde 0 para un almacenamiento tipo embalse hasta 0.5 para una cuña completamente desarrollada. Cuando $X=0$, no existe cuña y por consiguiente no existe curva de remanso; éste es el caso para un embalse de

piscina nivelada. En este caso la ecuación (2.28) resulta en un modelo de embalse lineal $S = K \cdot Q$. En corrientes naturales, X se encuentre entre 0 y 0.3 con un valor medio cercano a 0.2. No se necesita una gran precisión en la determinación de X debido a que los resultados del método son relativamente insensibles al valor de este parámetro. El parámetro K es el tiempo de tránsito de una onda de creciente a través del tramo de canal. Para el tránsito hidrológico, los valores de K y X se suponen especificados y constantes para todo el rango de flujo.

Los valores de almacenamiento en el tiempo j y j+1 pueden escribirse, respectivamente, como:

$$S_j = K \cdot [X \cdot I_j + (1 - X)Q_j] \dots \dots \dots (2.29)$$

$$S_{j+1} = K \cdot [X \cdot I_{j+1} + (1 - X)Q_{j+1}] \dots \dots \dots (2.30)$$

Utilizando las ecuaciones (2.29) y (2.30), el cambio del almacenamiento durante el intervalo de tiempo Δt es:

$$S_{j+1} - S_j = K \cdot \{ [X \cdot I_{j+1} + (1 - X) \cdot Q_{j+1}] - [X \cdot I_j + (1 - X) \cdot Q_j] \} \dots \dots (2.31)$$

El cambio en el almacenamiento también puede expresarse, utilizando la ecuación:

$$S_{j+1} - S_j = \frac{(I_j + I_{j+1})}{2} \cdot \Delta t - \frac{(Q_j + Q_{j+1})}{2} \cdot \Delta t \dots \dots \dots (2.32)$$

Combinando las ecuaciones (2.31) y (2.32) y simplificando, se obtiene:

$$Q_{j+1} = C_1 \cdot I_{j+1} + C_2 \cdot I_j + C_3 \cdot Q_j \dots \dots \dots (2.33)$$

Que es la ecuación de tránsito para el método de Muskingum, donde:

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2 \cdot K \cdot X}{2 \cdot K \cdot (1 - X) + \Delta t} \dots \dots \dots (2.34)$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2 \cdot K \cdot X}{2 \cdot K \cdot (1 - X) + \Delta t} \dots \dots \dots (2.35)$$

$$C_3 = \frac{2 \cdot K \cdot (1 - X) - \Delta t}{2 \cdot K \cdot (1 - X) + \Delta t} \dots \dots \dots (2.36)$$

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1 \dots \dots \dots (2.37)$$

Si se encuentran disponibles hidrogramas de entrada y salida observados para un tramo de río, pueden determinarse los valores de K y X. Suponiendo varios valores de X y utilizando valores conocidos de caudal de entrada y caudal de salida, pueden calcularse valores sucesivos del numerador y denominador para la siguiente expresión para K, deducida de las ecuaciones (2.31) y (2.32).

$$K = \frac{0.5 \cdot \Delta t \cdot [(I_{j+1} + I_j) - (Q_{j+1} + Q_j)]}{X \cdot (I_{j+1} - I_j) + (1 - X) \cdot (Q_{j+1} - Q_j)} \dots \dots \dots (2.38)$$

Los valores calculados de denominador y de numerador se grafican para cada intervalo de tiempo, con el numerador en la escala vertical y el denominador en la escala horizontal. Esto usualmente produce una gráfica en forma de bucle. El valor de X que produzca el bucle más parecido a una línea única se toma como el valor correcto para ese tramo, y K, de acuerdo con la ecuación (2.38), es igual a la pendiente de esa línea. Como K es el tiempo requerido para que la onda de creciente incremental atraviese el tramo, su valor también puede estimarse como el tiempo de tránsito observado del pico de flujo a través del tramo.

Si no se encuentran disponibles los hidrogramas de entrada y de salida para determinar K y X, sus valores pueden estimarse utilizando el método de Muskingum-Cunge.

2.1.9.2. Tránsito hidráulico en ríos por el método de Muskingum-Cunge

Según Chow (1994a: pág. 312), se han propuesto algunas variaciones al método de tránsito de onda cinemática. Cunge (1969) propuso un método basado en el método de Muskingum, un método tradicionalmente aplicado al tránsito hidrológico de almacenamiento lineal. Con referencia a la malla computacional tiempo-espacio de diferencias finitas y la ecuación de tránsito de Muskingum (2.33) puede escribirse para el caudal en $x = (i + 1) \cdot \Delta x$ y $t = (j + 1) \cdot \Delta t$:

$$Q_{i+1}^{j+1} = C_1 \cdot Q_i^{j+1} + C_2 \cdot Q_i^j + C_3 \cdot Q_{i+1}^j \dots \dots \dots (2.39)$$

En la cual C_1 , C_2 y C_3 están definidas en las ecuaciones (2.34), (2.35) y (2.36). En esas ecuaciones, K es una constante de almacenamiento que tiene dimensiones de tiempo y X es un factor que expresa la influencia relativa del caudal de entrada en los niveles de almacenamiento. Cunge demostró que cuando K y Δt se toman como constantes, la ecuación (2.39) es una solución aproximada de las ecuaciones de onda cinemática (2.40) y (2.41).

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \dots \dots \dots (2.40)$$

$$S_o = S_f \dots \dots \dots (2.41)$$

Dónde $\partial Q/\partial x$ es la tasa de cambio de flujo en el canal con respecto a la distancia, $\partial A/\partial t$ es la tasa de cambio del área de sección transversal en el canal con respecto al tiempo, q es el caudal de entrada lateral, S_o es la pendiente del fondo del canal y S_f es la pendiente de fricción.

Adicionalmente demostró que la ecuación (2.39) puede considerarse como una solución aproximada de una ecuación de difusión modificada si:

$$K = \frac{\Delta x}{c_k} = \frac{\Delta x}{dQ/dA} \dots \dots \dots (2.42)$$

$$X = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{Q}{B \cdot c_k \cdot S_o \cdot \Delta x} \right) \dots \dots \dots (2.43)$$

Dónde c_k es la celeridad correspondiente a Q y B, y B es el ancho de la superficie de agua. La parte derecha de la ecuación (2.42) representa el tiempo de propagación de un caudal dado a lo largo de un tramo de longitud Δx . Cunge (1969) demostró que para que exista estabilidad numérica se requiere que $0 \leq X \leq 1/2$.

El tránsito de Muskingum-Cunge se lleva a cabo resolviendo la ecuación algebraica (2.39). Los coeficientes en la ecuación (2.39) se calculan utilizando las ecuaciones (2.42) y (2.43) en conjunto con las ecuaciones (2.34), (2.35) y

(2.36) para cada punto del espacio y del tiempo del cálculo, debido a que tanto K como X varían con respecto al tiempo y al espacio.

2.1.11. ESTADÍSTICA EN HIDROLOGÍA

Según Chereque (1989: pág. 159), el objetivo básico de la aplicación de la estadística en Hidrología es el análisis de la información hidrológica en forma de muestras, a fin de inferir las características con que debe ser esperado en el futuro el fenómeno que se estudia. El avance en el campo de las computadoras y el desarrollo creciente de métodos numéricos han dado una importancia particular al uso de la estadística en todas las ciencias naturales, especialmente en Hidrología.

2.1.11.1. Análisis de consistencia de la información pluviométrica

Según ANA (2010: pág. 154), el análisis de consistencia de la información hidrometeorológica es una técnica que permite detectar, identificar, cuantificar, corregir y eliminar los errores sistemáticos de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie hidrometeorológica. Antes de proceder a efectuar el Modelamiento Matemático de cualquier serie hidrometeorológica es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo a fin de obtener una serie homogénea, consistente y confiable; porque la inconsistencia de datos puede producir un sobre y subdiseño de estructuras hidráulicas. El análisis de consistencia se realiza con tres métodos, tales como son:

- Análisis visual de hidrogramas.
- Análisis de doble masa.
- Análisis estadístico.

2.1.11.1.1. Análisis visual de hidrogramas

Según ANA (2010: pág. 154), este análisis se realiza para detectar e identificar la inconsistencia de la información pluviométrica en forma visual, e indicar el período o los períodos en los cuales los datos son dudosos, lo cual se puede reflejar como “picos” muy altos o valores muy bajos, “saltos” y/o “tendencias”, los cuales se deben comprobarse si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido o son producidos por errores sistemáticos,

mediante un gráfico o hidrograma de las series de análisis, en coordenadas cartesianas ploteando la información histórica de la variable pluviométrica a nivel anual y mensual; en las ordenadas se ubica los valores anuales o mensuales de la serie pluviométrica en unidades respectivas y en las abscisas el tiempo en años y meses.

2.1.11.1.2. Análisis de doble masa

Según ANA (2010: pág. 158), después de haber analizado los hidrogramas de las series respectivas se realiza el análisis de doble masa. El diagrama de doble masa se obtiene ploteando en el eje de las abscisas el volumen anual promedio acumulado de la variable pluviométrica de las estaciones en unidades respectivas y en el eje de las ordenadas los volúmenes anuales acumulados de la variable pluviométrica en unidades correspondientes de cada una de las estaciones consideradas en el estudio. De los gráficos de doble masa se selecciona una estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres, la cual se usará como estación base para el análisis de otras estaciones. En este análisis, los errores producidos por los fenómenos naturales y sistemáticos son detectados mediante los “quiebres” que se presentan en los diagramas y permite determinar el rango de los períodos dudosos y confiables para cada estación en estudio, la cual se debe corregirse utilizando ciertos criterios estadísticos.

2.1.11.1.3. Análisis estadístico

Según ANA (2010: pág. 167), después de haber analizado los hidrogramas originales y los diagramas de doble masa se obtiene los períodos de posible corrección y los períodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de saltos, en los parámetros como la media y la desviación estándar.

A. Análisis de saltos

Según ANA (2010: pág. 167), la consistencia en la media se realiza mediante la prueba estadística "T" de Students y para la desviación estándar el análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba estadística de "F" de Fisher. Si los parámetros la media y la desviación estándar de los períodos

considerados en el análisis son iguales estadísticamente, entonces no se corrige la información de lo contrario se debe corregirse. Después de todo el análisis respectivo la información es una serie homogénea, confiable y consistente al 95% de probabilidad.

A.1. Consistencia de la Media

Según ANÁLISIS DE CONSISTENCIA (s.f.: pág. 10), el análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores medios (\bar{x}_1, \bar{x}_2) de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación, de la siguiente manera:

a) Cálculo de la media y de la desviación estándar para las submuestras:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i \dots\dots\dots (2.44)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j \dots\dots\dots (2.45)$$

Además

$$S_1(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.46)$$

$$S_2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.47)$$

Dónde:

x_i = valores de la serie del período 1.

x_j = valores de la serie del período 2.

\bar{x}_1, \bar{x}_2 = media de los períodos 1 y 2 respectivamente.

$S_1(x), S_2(x)$ = desviación estándar de los períodos 1 y 2 respectivamente.

n = tamaño de la muestra.

n_1, n_2 = tamaño de las submuestras.

$$n = n_1 + n_2$$

b) Hipótesis planteada, alternativa posible y su nivel de significancia.

$H_p: \mu_1 - \mu_2 = 0$ (la hipótesis es que las medias poblacionales son iguales)

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$\alpha = 0.05$$

c) Cálculo de la desviación estándar de la diferencia de los promedios y desviación estándar ponderada.

$$S_d = S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \dots \dots \dots (2.48)$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \dots \dots \dots (2.49)$$

Dónde:

S_d = desviación de las diferencias de los promedios.

S_p = desviación estándar ponderada.

d) Cálculo del T_c (calculado).

$$T_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_d} \dots \dots \dots (2.50)$$

e) Cálculo del T_t (tabla T de students).

Considerando un 95% de probabilidad y calculando los grados de libertad (G.L.).

$$\alpha/2 = 0.025$$

α = Nivel de significancia

$$G.L. = n_1 + n_2 - 2 \dots \dots \dots (2.51)$$

f) Comparación del T_c con el T_t .

- Si $|T_c| \leq T_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (estadísticamente). En este caso, siendo las medias iguales estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.

- Si $|T_c| > T_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ (estadísticamente). En este caso, siendo las medias distintas estadísticamente, existe salto en la media y se debe evaluar la corrección de la información.

A.2. Consistencia de la Desviación Estándar

Según ANÁLISIS DE CONSISTENCIA (s.f.: pág. 13), el análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba F, si los valores de las desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes, con un 95% de probabilidad o con un 5% de nivel de significación, de la siguiente forma:

a) Cálculo de las varianzas de ambos periodos.

$$S_1^2(x) = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \dots\dots\dots (2.52)$$

$$S_2^2(x) = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \dots\dots\dots (2.53)$$

b) Hipótesis planteada, alternativa posible y su nivel de significancia.

$H_p: \sigma_1^2 - \sigma_2^2 = 0$ (la hipótesis es que las medias poblacionales son iguales)

$H_a: \sigma_1^2 - \sigma_2^2 \neq 0$

$\alpha = 0.05$

c) Cálculo de F_c .

Si $S_1^2(x) > S_2^2$

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)} \dots\dots\dots (2.54)$$

Si $S_1^2(x) < S_2^2$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)} \dots\dots\dots (2.55)$$

d) Cálculo del F_t (tabla F de Fisher).

Considerando un 95% de probabilidad y calculando los grados de libertad del numerador y denominador (G.L.N., G.L.D.), $\alpha = 0.05$.

$$G.L.N. = n_1 - 1 \dots\dots\dots (2.56)$$

$$G.L.D. = n_2 - 1 \dots\dots\dots (2.57)$$

Dónde:

F_c = Valor de F calculado.

F_t = Valor de F tabular, de las tablas.

α = Nivel de significancia

G.L.N. = Grado de libertad del numerador.

G.L.D. = Grado de libertad del denominador.

e) Comparación del F_c con el F_t .

- Si $|F_c| \leq F_t$ (95%) $\rightarrow S_1(x) = S_2(x)$ (estadísticamente). En este caso, siendo la desviación estándar igual estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.
- Si $|F_c| > F_t$ (95%) $\rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)$ (estadísticamente). En este caso, siendo la desviación estándar distinta estadísticamente, existe salto en la desviación estándar y se debe evaluar la corrección de la información.

A.3. Eliminación de salto

Según ANÁLISIS DE CONSISTENCIA (s.f.: pág. 15), en los casos en que los parámetros media y desviación estándar de las submuestras de las series de tiempo, resultan estadísticamente iguales, la información original no se corrige, por ser consistente con 95% de probabilidad, aun cuando en el doble masa se observe pequeños quiebres. En caso contrario, se corrigen los valores de las submuestras mediante las siguientes ecuaciones:

Modelo para corregir el primer periodo

$$X'_{(t)} = \frac{X_t - \bar{X}_1}{S_1(x)} S_2(x) + \bar{X}_2 \dots \dots \dots (2.58)$$

Modelo para corregir el segundo periodo

$$X'_{(t)} = \frac{X_t - \bar{X}_2}{S_2(x)} S_1(x) + \bar{X}_1 \dots \dots \dots (2.59)$$

Dónde:

$X'_{(t)}$ = Valor corregido de la información.

$X_{(t)}$ = Valor a ser corregido.

\bar{X}_1, \bar{X}_2 = media de los períodos 1 y 2 respectivamente.

$S_1(x), S_2(x)$ = desviación estándar de los períodos 1 y 2 respectivamente.

B. Análisis de tendencias

Según ANA (2010: pág. 168), una vez analizado los saltos tanto en la media y desviación estándar de la información pluviométrica se procedió a evaluar las tendencias en los dos parámetros determinísticos. Para saber si la tendencia es significativa o no, se analiza el coeficiente de correlación "R" mediante la prueba estadística de T de Students. Generalmente la tendencia en la desviación se presenta en los datos semanales o mensuales pero no en datos anuales.

B.1. Tendencia en la media

Según ANÁLISIS DE CONSISTENCIA (s.f.: pág. 16), la tendencia en la media T_m , puede ser expresada en forma general por la ecuación polinomial:

$$T_m = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots \dots \dots (2.60)$$

En forma particular puede representarse por la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_m = A_m + B_m t \dots \dots \dots (2.61)$$

Dónde:

t = Tiempo en años, tomado como la variable independiente de la tendencia.

t = 1, 2, 3, ..., n

T_m = Tendencia en la media, para este caso:

$T_m = X'_{(t)}$ Valor corregido de saltos, es decir, datos a usarse para el cálculo de los parámetros.

$A_m, B_m, C_m, D_m, \dots$ = Coeficientes de los polinomios de regresión, que deben ser estimados con los datos.

- a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

Los parámetros de regresión de estas ecuaciones, pueden ser estimados por el método de mínimos cuadrados, o por el método de regresión lineal múltiple. Para el caso particular de la ecuación (2.61), se realiza mediante el siguiente proceso:

$$A_m = \overline{T_m} - \bar{t} \cdot B_m \dots\dots\dots (2.62)$$

$$B_m = R \cdot \frac{S_{Tm}}{S_t} \dots\dots\dots (2.63)$$

$$R = \frac{\overline{t \cdot T_m} - \bar{t} \cdot \overline{T_m}}{S_t \cdot S_{Tm}} \dots\dots\dots (2.64)$$

Dónde:

$$\overline{T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{m_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'(t)_i \dots\dots\dots (2.65)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \dots\dots\dots (2.66)$$

$$\overline{t \cdot T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{m_i} \dots\dots\dots (2.67)$$

$$S_{Tm} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (T_{m_i} - \overline{T_m})^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.68)$$

$$S_t = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.69)$$

Además:

$\overline{T_m}$ = Promedio de las tendencias T_m , o promedio de las datos corregidos de saltos $X'(t)$.

\bar{t} = Promedio del tiempo t .

S_{Tm} = Desviación estándar de la tendencia en la media T_m .

S_t = Desviación estándar del tiempo t .

b) Evaluación de la tendencia T_m .

Para averiguar si la tendencia es significativa, se analiza el coeficiente de regresión B_m o el coeficiente de correlación R . El análisis de R según el estadístico t , es como sigue:

$$T_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \dots\dots\dots (2.70)$$

Dónde:

T_c = Valor del estadístico t calculado.

n = número total de datos.

R = coeficiente de correlación.

Considerando un 95% de probabilidad y calculando los grados de libertad.

$\alpha = 0.05$

α = Nivel de significancia

$G.L. = n - 2$

Comparación del T_c con el T_t .

- Si $|T_c| \leq T_t$ (95%) $\rightarrow R$ no es significativo. En este caso, la tendencia no es significativa y no se debe realizar proceso de corrección.
- Si $|T_c| > T_t$ (95%) $\rightarrow R$ si es significativo. En este caso, siendo la tendencia es significativa y se debe evaluar la corrección de la información.

B.2. Eliminación de la tendencia en la media

Según ANÁLISIS DE CONSISTENCIA (s.f.: pág. 20), la tendencia en la media se elimina haciendo uso de la ecuación:

$$Y_t = X'_{(t)} - T_m \dots\dots\dots (2.71)$$

ó

$$Y_t = X'_{(t)} - (A_m + B_mt) \dots\dots\dots (2.72)$$

Dónde:

$X'_{(t)}$ = Serie corregida de saltos.

T_m = Tendencias en la media.

Y_t = Serie sin tendencia en la media.

Para que el proceso X_t preserve la media constante, se devuelve el promedio de las X'_t ó $\overline{T_m}$, luego las ecuaciones (2.71) y (2.72), toman la forma:

$$Y_t = X'_t - T_m + \overline{T_m} \dots \dots \dots (2.73)$$

$$Y_t = X'_t - (A_m + B_m t) + \overline{T_m} \dots \dots \dots (2.74)$$

Dónde:

$\overline{T_m}$ = Promedio de tendencia en la media o promedio de los valores corregidos de saltos.

B.3. Tendencia en la desviación estándar

Según ANÁLISIS DE CONSISTENCIA (s.f.: pág. 21), la tendencia en la desviación estándar, generalmente se presenta en los datos semanales o mensuales, no así en datos anuales. Por lo que, cuando se trabajan con datos anuales, no hay necesidad de realizar el análisis de la tendencia en la desviación estándar.

2.1.11.2. Periodo de retorno

Según Chow (1994a: pág. 391), supóngase que por definición un evento extremo ocurre si una variable aleatoria X es mayor o igual que un cierto nivel x_T . El *intervalo de recurrencia* τ es el tiempo entre ocurrencias de $X \geq x_T$. El *periodo de retorno* T de un evento $X \geq x_T$ es el valor esperado de τ , $E(\tau)$, su valor promedio medido sobre un número de ocurrencias suficientemente grande. Por consiguiente, el periodo de retorno de un evento con una magnitud dada puede definirse como el *intervalo de recurrencia promedio* entre eventos que *igualan o exceden* una magnitud especificada.

La probabilidad $p = P(X \geq x_T)$ de ocurrencia del evento $X \geq x_T$ en cualquier observación puede relacionarse con el periodo de retorno en la siguiente forma. Para cada observación existen dos resultados posibles: ya sea “éxito” $X \geq x_T$ (probabilidad p) o “falla” $X < x_T$ (probabilidad $1 - p$). Debido a que las observaciones son independientes, la probabilidad de un intervalo de recurrencia de duración τ es el producto de las probabilidades de $\tau - 1$ fallas seguidas por un éxito, es decir. $(1 - p)^{\tau-1}$ y el valor esperado para τ está dado por.

$$\begin{aligned}
 E(\tau) &= \sum_{\tau=1}^{\infty} \tau(1-p)^{\tau-1} \cdot p \\
 &= p + 2 \cdot (1-p) \cdot p + 3 \cdot (1-p)^2 \cdot p + 4 \cdot (1-p)^3 \cdot p + \dots \\
 &= p \cdot [1 + 2 \cdot (1-p) + 3 \cdot (1-p)^2 + 4 \cdot (1-p)^3 + \dots] \dots \dots \dots (2.75)
 \end{aligned}$$

La expresión dentro de los corchetes tiene la forma de una expansión de series de potencia $(1+x)^n = 1 + n \cdot x + [n \cdot (n-1)/2] \cdot x^2 + [n \cdot (n-1) \cdot (n-2)/6] \cdot x^3 + \dots$, con $x = -(1-p)$ y $n = -2$, luego (2.75) puede reescribirse como.

$$\begin{aligned}
 E(\tau) &= \frac{p}{[1 - (1-p)]^2} \\
 &= \frac{1}{p} \dots \dots \dots (2.76)
 \end{aligned}$$

Luego $E(\tau) = T = 1/p$; es decir, la probabilidad de ocurrencia de un evento en cualquier observación es el inverso de su periodo de retorno.

2.1.11.2.1. Posiciones de trazado

Según Chereque (1989: pág. 162), una vez seleccionada la serie con la que se va a realizar el análisis de frecuencia se ordenan los valores de mayor a menor, prescindiendo del año de ocurrencia.

Luego es necesario asignarle a cada valor una probabilidad de excedencia. Esta probabilidad de excedencia o frecuencia (P) que se asigna a cada valor de la serie es lo que se conoce como posición de trazado. Su inversa es el periodo de retorno (T).

A través del tiempo diferentes autores han desarrollado fórmulas para determinar posiciones de trazado (Tabla 2.5). De todas las fórmulas propuestas la que mejor aceptación ha tenido hasta el momento es la de Weibull.

Tabla N° 2.5: Fórmulas para determinar posiciones de trazado

Nombre	Año	Probabilidad de excedencia (P)	N=10			
			m = 1		m = 5	
			P	T	P	T
California	1923	$\frac{m}{N}$	0.10	10	0.500	2
Hazen	1930	$\frac{2 \cdot m - 1}{2 \cdot N}$	0.05	20	0.450	2.2
Weibull	1939	$\frac{m}{N + 1}$	0.091	11	0.455	2.2
Chegodayev	1955	$\frac{m - 0.3}{N + 0.4}$	0.067	14.9	0.451	2.2
Blom	1958	$\frac{m - 3/8}{N + 1/4}$	0.061	16.4	0.451	2.2
Tukey	1962	$\frac{3 \cdot m - 1}{3 \cdot N + 1}$	0.065	15.4	0.451	2.2
Gringorten	1963	$\frac{m - 0.44}{N + 0.12}$	0.055	18.2	0.447	2.2

N = Número total de valores de la muestra.
 m = Número de orden de los valores ordenados de mayor a menor.

Fuente: Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil (Chereque W., 1989)

2.1.11.3. Funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología

Según Aparicio (1989: pág. 252), una vez que se asigna un periodo de retorno al gasto de diseño de la obra en cuestión, generalmente es necesario, para conocer dicho gasto de diseño, hacer extrapolaciones a partir de los gastos máximos anuales registrados, pues rara vez este periodo es menor al periodo de datos.

Si los gastos máximos anuales registrados se dibujan contra sus respectivos periodos de retorno, generalmente se observa alguna tendencia más o menos definida. El problema radica en cómo extender esta tendencia hasta el periodo de retorno deseado. Una posibilidad es extrapolar los datos a ojo, es decir, gráficamente. Aunque este método puede dar muy buenos resultados si se aplica por una persona con experiencia, tiene la desventaja de la subjetividad.

Para eliminar esta subjetividad, se debe buscar entre las distintas funciones de distribución de probabilidad teóricas la que se ajuste mejor a los datos medidos, y usar esta función para la extrapolación. En la estadística existen decenas de funciones de distribución de probabilidad teóricas; de hecho, existen tantas como se quiera, y obviamente no es posible probarlas todas para un problema particular. Por lo tanto, es necesario escoger, de esas funciones, las que se adapten mejor al problema bajo análisis. Entre las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología, se encuentran las siguientes:

- Normal.
- Lognormal.
- Pearson III.
- Log Pearson III
- Gumbel.
- Funciones para dos poblaciones.

2.1.11.3.1. Distribución Log-Normal de II parámetros

Según Aparicio (1989: pág. 258), en esta función los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente. La función de densidad de probabilidad para esta distribución es:

$$f(x) = \frac{1}{x \cdot \beta \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2} \dots\dots\dots (2.77)$$

Dónde:

$f(x)$ = Función de densidad.

α = La media de los logaritmos naturales de la variable.

β = La desviación estándar de los logaritmos naturales de la variable.

$\ln x$ = Logaritmo natural de la variable en estudio.

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{x \cdot \beta \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2} dx \dots\dots\dots (2.78)$$

La variable estandarizada se define como:

$$z = \frac{\ln x - \alpha}{\beta} \dots\dots\dots (2.79)$$

Para estimar los parámetros de distribución de probabilidades, se utilizarán dos métodos estos son:

A. Método de los momentos

Según Condori (2012: pág. 143), para estimar los parámetros de distribución mediante este método se hará uso de las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{\mu^2}{C_v^2 + 1} \right) \dots\dots\dots (2.80)$$

$$\beta = [\ln(C_v^2 + 1)]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.81)$$

Dónde:

μ = Media de los datos observados.

C_v = Coeficiente de variación de los datos observados.

B. Método de máxima verosimilitud

Según Condori (2012: pág. 144), para estimar los parámetros de distribución mediante este método se hará uso de las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \dots\dots\dots (2.82)$$

$$\beta = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \alpha)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.83)$$

Dónde:

x_i = i-ésima variable hidrológica.

n = Número de datos de la serie.

2.1.11.3.2. Distribución Gumbel

Según Aparicio (1989: pág. 263), supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene n eventos. Si se selecciona el máximo x de los

n eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que n aumenta, la función de distribución de probabilidad de x tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\beta(x-\alpha)}} \dots \dots \dots (2.84)$$

La función de densidad de probabilidad es entonces:

$$f(x) = \beta \cdot e^{-\beta(x-\alpha)} \cdot e^{-e^{-\beta(x-\alpha)}} \dots \dots \dots (2.85)$$

Dónde:

$f(x)$ = Función de densidad.

α = Parámetro de posición.

β = Parámetro de escala.

x = Variable en estudio.

Para estimar los parámetros de distribución de probabilidades, se utilizarán dos métodos estos son:

A. Método de los momentos

Según Condori (2012: pág. 145), para estimar los parámetros de distribución mediante este método se hará uso de las siguientes relaciones:

$$\alpha = \mu - 0.450047 \cdot \sigma \dots \dots \dots (2.86)$$

$$\beta = \frac{1.282551}{\sigma} \dots \dots \dots (2.87)$$

Dónde:

μ = Media de los datos observados.

σ = Desviación estándar de los datos observados.

B. Método de máxima verosimilitud

Según Condori (2012: pág. 146), para estimar los parámetros de distribución mediante este método se hará uso de las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{n}{\sum_{i=1}^n e^{-\beta \cdot x_i}} \right) \dots \dots \dots (2.88)$$

El parámetro de escala α , se calcula mediante un proceso de iteraciones sucesivas, a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{\beta} + \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot e^{-\beta \cdot x_i})}{\sum_{i=1}^n e^{-\beta \cdot x_i}} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 0 \dots\dots\dots (2.89)$$

Dónde:

x_i = i-ésima variable hidrológica.
 n = Número de datos de la serie.

2.1.11.3.3. Distribución Log-Pearson Tipo III

Según Chow (1994a: pág. 386), Si Ln X sigue una distribución Pearson tipo III, entonces se dice que X sigue una distribución log-Pearson tipo III. La función de densidad de probabilidad para esta distribución es:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha \cdot \Gamma(\beta)} \left[\frac{\ln x - \gamma}{\alpha} \right]^{\beta-1} \cdot e^{-\frac{\ln x - \gamma}{\alpha}} \dots\dots\dots (2.90)$$

Dónde:

$f(x)$ = Función de densidad.
 α = Parámetro de escala.
 β = Parámetro de forma.
 γ = Parámetro de posición.
 $\Gamma(\beta)$ = Función gamma.
 x = Variable en estudio.

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha \cdot \Gamma(\beta)} \int_0^x e^{-\left(\frac{\ln x - \gamma}{\alpha}\right)} \left(\frac{\ln x - \gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1} dx \dots\dots\dots (2.91)$$

Sustituyendo

$$y = \frac{\ln x - \gamma}{\alpha} \dots\dots\dots (2.92)$$

La función de distribución de probabilidad queda como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^y y^{\beta-1} \cdot e^{-y} dy \dots\dots\dots (2.93)$$

Siendo esta una función de distribución Chi cuadrado con 2β grados de libertad y $x^2 = 2y$.

$$F(y) = F(x^2/v) = F_{x^2}(2y/2\beta) \dots\dots\dots (2.94)$$

Para estimar los parámetros de distribución de probabilidades, se utilizarán dos métodos estos son:

A. Método de los momentos

Según Condori (2012: pág. 148), para estimar los parámetros de distribución mediante este método se hará uso de las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{\sigma \cdot C_s'}{2} \dots\dots\dots (2.95)$$

$$\beta = \left(\frac{2}{C_s'}\right)^2 \dots\dots\dots (2.96)$$

Para la distribución Pearson Tipo III el parámetro γ , depende de la asimetría de la información:

$$\gamma = \mu' - \sigma' \cdot \sqrt{\beta} \rightarrow Si C_s \geq 0 \dots\dots\dots (2.97)$$

$$\gamma = \mu' + \sigma' \cdot \sqrt{\beta} \rightarrow Si C_s < 0 \dots\dots\dots (2.98)$$

Dónde:

μ' = Media de los logaritmos naturales de los datos observados.

σ' = Desviación estándar de los logaritmos naturales de los datos observados.

C_s' = Coeficiente de asimetría de los logaritmos naturales de los datos observados.

B. Método de máxima verosimilitud

Según Condori (2012: pág. 149), para estimar los parámetros de distribución mediante este método se hará uso de las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \right] - \gamma}{\beta} \dots \dots \dots (2.99)$$

$$\beta = \frac{0.5000876 + 0.1648852 \cdot Y + 0.0544274 \cdot Y^2}{Y} \dots \dots \dots (2.100)$$

$$Y = \ln \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \right] - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\ln(\ln x_i)] \dots \dots \dots (2.101)$$

El parámetro de posición γ , se calcula mediante un proceso de iteraciones sucesivas, a partir de la siguiente ecuación:

$$\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\ln x_i - \gamma} \right) (1 - \beta) + \frac{n \cdot \beta}{\mu' - \gamma} = 0 \dots \dots \dots (2.102)$$

Dónde:

x_i = i-ésima variable hidrológica.

n = Número de datos de la serie.

2.1.11.4. Selección de la función de distribución de probabilidad

Según Aparicio (1989: pág. 270), una selección apresurada de cualquiera de las funciones podría traducirse en una estructura sobrediseñada y costosa o subdiseñada y peligrosa. Por ello, se debe seleccionar la función con cuidado. Enseguida se describen algunos métodos para hacerlo.

2.1.11.4.1. Análisis gráfico

Según Aparicio (1989: pág. 270), un primer método que se usa para seleccionar la función consiste simplemente en inspeccionar una gráfica donde se haya dibujado cada una de las diferentes funciones junto con los puntos medidos. La función de distribución de probabilidad que se seleccione será la que se apegue visualmente mejor a los datos medidos.

2.1.11.4.2. Método de error cuadrático mínimo

Según Aparicio (1989: pág. 272), este método es menos subjetivo que el anterior. Consiste en calcular, para cada función de distribución, el error cuadrático.

$$C = \left[\sum_{i=1}^n (x_{ei} - x_{oi})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.103)$$

Dónde:

C = Error cuadrático.

x_{ei} = i-ésimo dato estimado.

x_{oi} = i-ésimo dato calculado con la función de distribución.

2.1.11.4.3. Prueba de bondad de ajuste: Chi cuadrado

Según Aparicio (1989: pág. 275), la prueba X^2 es la más popular. Fue propuesta por Karl Pearson en 1900. Para aplicar la prueba, el primer paso es dividir los datos en un número k de intervalos de clase. Posteriormente se calcula el parámetro estadístico:

$$D = \sum_{i=1}^K \frac{(\theta_i - \epsilon_i)^2}{\epsilon_i} \dots\dots\dots (2.104)$$

Dónde:

D = Parámetro estadístico Chi cuadrado.

θ_i = Número observado de eventos en el intervalo i .

ϵ_i = Número esperado de eventos en el intervalo i .

Una forma de determinar los k intervalos de clase es utilizando la fórmula de Sturges:

$$k = 1 + 3.322 \cdot \log N \dots\dots\dots (2.105)$$

Dónde:

k = Número de intervalos de clase.

N = Número de datos de la serie.

Además ϵ_i se calcula como:

$$\epsilon_i = n[F(S_i) - F(I_i)] \dots\dots\dots (2.106)$$

Dónde:

n = Número de eventos.

$F(S_i)$ = Función de distribución en el límite superior del intervalo i .

$F(I_i)$ = Función de distribución en el límite inferior del intervalo i

Una vez calculado el parámetro D para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución X^2 para $v = k - 1 - m$ grados de libertad y un nivel de significancia α , donde m es el número de parámetros estimados a partir de los datos. Para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D \leq X^2_{1-\alpha, k-1-m} \dots \dots \dots (2.107)$$

El valor de $X^2_{1-\alpha, k-1-m}$ se obtiene de tablas de la función de distribución X^2 . Los valores de α que se usan normalmente son del 10, 5 y 1%. El valor de α , en la teoría estadística, es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula. El valor más común de α es de 0.05; para este nivel de significancia suelen aceptarse varias funciones de distribución de probabilidad. De ser el caso, y si se usa solamente este criterio para aceptar una función, se escogería la que tiene el menor valor de D .

2.1.11.4.4. Prueba de bondad de ajuste: Kolmogorov-Smirnov

Según Aparicio (1989: pág. 279), esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$.

$$D_{MAX} = máx|F_o(x_m) - F(x_m)| \dots \dots \dots (2.108)$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (Tabla 2.6). Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como.

$$F_o(x_m) = 1 - \frac{m}{n + 1} \dots \dots \dots (2.109)$$

Dónde:

m = Número de orden del dato.

n = Número total de datos.

Tabla N° 2.6: Valores críticos d para la prueba Kolmogorov-Smirnov

Tamaño de la muestra	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

Fuente: *Fundamentos de hidrología de superficie* (Aparicio F., 1989)

2.1.11.5. Cálculo de las precipitaciones máximas de diseño mediante las funciones de distribución de probabilidad

2.1.11.5.1. Distribución Log-Normal de II parámetros

Según Aparicio (1989: pág. 260), para el cálculo de las precipitaciones máximas mediante este método se usa la siguiente relación:

$$x_t = e^{z \cdot \beta + \alpha} \dots \dots \dots (2.110)$$

Dónde:

x_t = Precipitación máxima anual en 24 horas.

z = Variable estandarizada par la distribución Log-Normal de II parámetros.

α = La media de los logaritmos naturales de la variable.

β = La desviación estándar de los logaritmos naturales de la variable.

2.1.11.5.2. Distribución Gumbel

Según Aparicio (1989: pág. 265), para el cálculo de las precipitaciones máximas mediante este método se hizo uso de la siguiente relación:

$$x_t = \alpha - \frac{1}{\beta} \cdot \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \dots \dots \dots (2.111)$$

Dónde:

x_t = Precipitación máxima anual en 24 horas.

α = Parámetro de posición.

β = Parámetro de escala.

T = Periodo de retorno.

2.1.11.5.3. Distribución Log-Pearson Tipo III

Según Condori (2012: pág. 160), Para el cálculo de las precipitaciones máximas mediante este método se hizo uso de la siguiente relación:

$$x_t = e^{y \cdot \alpha + \gamma} \dots \dots \dots (2.112)$$

Según Aparicio (1989: pág. 261), Para el cálculo de la variable "y" se considera la función de distribución de probabilidad:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^y y^{\beta-1} \cdot e^{-y} dy \dots \dots \dots (2.113)$$

Siendo esta una función de distribución Chi cuadrado con 2β grados de libertad y $x^2 = 2 \cdot y$, el valor de " x^2 " se obtendrá de la tabla de la función de distribución Chi cuadrado. Considerando además para tabular en las tablas:

$$P \rightarrow Si \alpha < 0$$

$$1 - P \rightarrow Si \alpha \geq 0$$

Dónde:

P = Probabilidad de excedencia.

2.1.12. HIDRÁULICA DE RÍOS

2.1.12.1. Ríos

Según Martín (2003: pág. 21), el río es un elemento natural que recoge las aguas de una cuenca y las transporta en lámina libre hasta su desembocadura.

2.1.12.1.1. Clasificación básica de los ríos

Según Martín (2003: pág. 25), a este respecto se llaman ríos efímeros, por oposición a ríos perennes, aquellos que sólo llevan agua en episodios de

fuertes precipitaciones, mientras que se mantienen secos el resto del tiempo. Son típicos de climas áridos y semiáridos. Las ramblas, barrancos y algunas rieras mediterráneas son un ejemplo de este tipo especial de ríos.

Se llaman ríos aluviales aquellos que discurren por materiales sedimentarios modernos, generalmente aportados por el propio río. El lecho de estos ríos tiene un cierto espesor de material granular prácticamente suelto. Asimismo, es muy común que los materiales aluviales ocupen mucha más extensión horizontal que la del cauce actual, formando unas llanuras ocasionalmente inundables llamadas llanuras de inundación. Estos ríos pueden evolucionar a través de estas llanuras y causar cambios importantes de los cauces. Los problemas más importantes que afronta la ingeniería fluvial se refieren a ríos de estas características, porque frecuentemente en sus valles aluviales se asienta la mayor densidad de actividades humanas. Por el contrario, los ríos de lecho rocoso o cohesivo suelen ser ríos encajados o incisos en los valles, desde el punto de vista morfológico, y con menos interacción con los asentamientos de población.

La pendiente de un río establece la diferencia más importante en cuanto al régimen hidráulico. Se llaman ríos torrenciales los que tienen una pendiente mayor del 1.5 % y torrentes los cursos de agua de pendiente mayor que el 6 %. La llamada hidráulica torrencial estudia el flujo de los torrentes. Se usan mucho los términos río de montaña y río de llanura para aludir al contexto geográfico y a la pendiente del río, aunque sin una definición precisa. Según la composición del material aluvial se diferencia entre ríos de grava y ríos de arena.

2.1.12.2. Tránsito de avenidas

Según Martín (2003: pág. 77), la avenida es el fenómeno natural de la crecida de un río y por ello una de las manifestaciones del llamado movimiento variable en lámina libre (o no permanente en el tiempo). Su tránsito en el cauce significa el modo en que la venida viaja aguas abajo. Los lechos y los cauces fluviales así como las obras de ingeniería fluvial experimentan las mayores acciones y transformaciones durante las avenidas.

2.1.12.3. Flujo gradualmente variado

Según Chow (1994b: pág. 213), es el flujo permanente cuya profundidad varía de manera gradual a lo largo de la longitud del canal. Esta definición establece dos condiciones: 1) el flujo es permanente; es decir, las características hidráulicas de flujo permanecen constantes para el intervalo de tiempo bajo consideración, y 2) las líneas de corriente son paralelas; es decir, prevalece la distribución hidrostática de presiones sobre la sección de canal. Todas las teorías así desarrolladas en general giran alrededor de la siguiente suposición básica:

- a) La pérdida de altura en una sección es la misma que para un flujo uniforme que tiene la velocidad y el radio hidráulico de la sección. De acuerdo con esta suposición, la ecuación de flujo uniforme puede utilizarse para evaluar la pendiente de energía de un flujo gradualmente variado en una sección de canal determinada, y el correspondiente coeficiente de rugosidad desarrollado en principio para flujo uniforme se aplica al flujo variado.

Además de la anterior suposición básica, también se utilizan las siguientes suposiciones donde se necesite una simplificación adicional en los análisis subsecuentes:

- b) La pendiente del canal es baja; esto significa que la profundidad de flujo es la misma sin importar si se utiliza la dirección vertical o normal. El factor de corrección de presiones $\cos \theta$ (aplicado a la profundidad de la sección de flujo) es igual a la unidad. No ocurre atrapamiento de aire. En caso de que exista un notable atrapamiento de aire, los cálculos deben llevarse a cabo, suponiendo que no existe atrapamiento y después deben corregirse.
- c) El canal es prismático; es decir, el canal tiene alineamiento y forma constantes.
- d) La distribución de velocidad en la sección de canal es fija. Luego los coeficientes de distribución de velocidades son constantes.

- e) La conductividad K y el factor de sección Z son funciones exponenciales de profundidad de flujo.
- f) El coeficiente de rugosidad es independiente de la profundidad de flujo y constante a través del tramo del canal bajo consideración.

2.1.12.3.1. Ecuación dinámica de flujo gradualmente variado

Según Chow (1994b: pág. 214), considere el perfil de flujo gradualmente variado en la longitud elemental dx de un canal abierto (Figura 2.15). La altura total de energía por encima del nivel de referencia en la sección 1 aguas arriba es:

$$H = z + d \cdot \cos \theta + \alpha \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (2.114)$$

Donde H es la altura total de energía en pies; z es la distancia vertical del fondo del canal por encima del nivel de referencia en pies; d es la profundidad de la sección de flujo en pies; θ es el ángulo de la pendiente del fondo; α es el coeficiente de energía; y V es la velocidad media del flujo a través de la sección en pies/s.

Se supone que θ y α son constantes a través del tramo del canal bajo consideración. Al tomar el fondo del canal como el eje x y al derivar la ecuación (2.114) con respecto a la longitud x del perfil de la superficie del agua, el cual se mide a lo largo del eje x , se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{dH}{dx} = \frac{dz}{dx} + \cos \theta \cdot \frac{dd}{dx} + \alpha \cdot \frac{d}{dx} \left(\frac{V^2}{2 \cdot g} \right) \dots \dots \dots (2.115)$$

Nótese que la pendiente se define como el seno del ángulo de la pendiente y se supone que es positiva si desciende en la dirección del flujo y negativa si asciende. Por consiguiente en la Figura 2.15, la pendiente de energía es $S_f = dH/dx$ y al pendiente del fondo del canal es $S_o = \text{sen } \theta = -dz/dx$. Al sustituir estas pendientes en la ecuación (2.115) y resolver para dd/dx .

$$\frac{dd}{dx} = \frac{S_o - S_f}{\cos \theta + \alpha \cdot d \cdot (V^2/2 \cdot g)/dd} \dots \dots \dots (2.116)$$

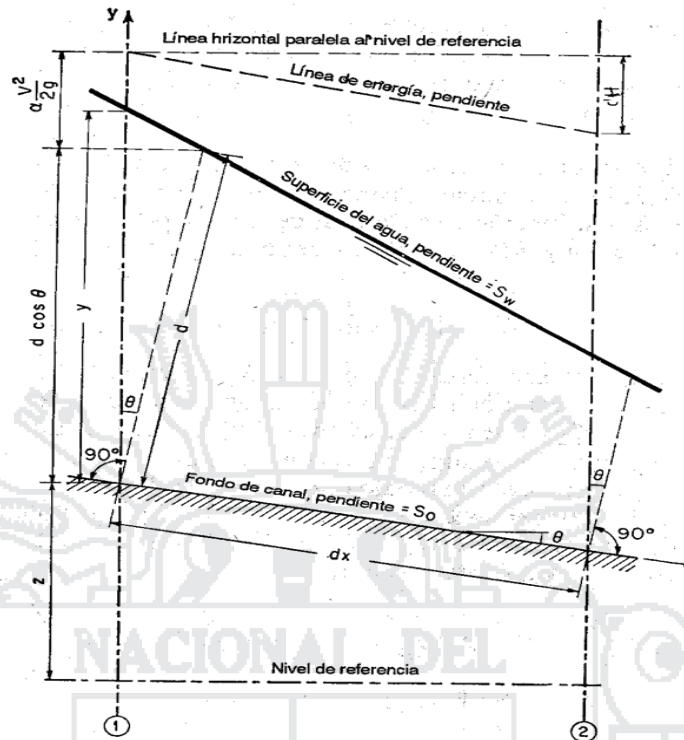


Figura N° 2.15: Deducción de la ecuación de flujo gradualmente variado

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos (Chow V. T., 1994b)

Ésta es la ecuación diferencial general para flujo gradualmente variado, conocida como ecuación dinámica del flujo gradualmente variado, o simplemente como ecuación de flujo gradualmente variado. Ésta representa la pendiente de la superficie con respecto al fondo del canal. La profundidad d se mide desde el fondo del canal, y el fondo del canal se toma como el eje x . Luego la pendiente de la superficie del agua es igual a la pendiente S_0 del fondo del canal si $dd/dx = 0$, menor que S_0 si dd/dx es positiva, y mayor que S_0 si dd/dx es negativa. En otras palabras, la superficie del agua es paralela al fondo del canal cuando $dd/dx = 0$, aumenta cuando dd/dx es positivo y disminuye cuando dd/dx es negativo.

En la ecuación anterior el ángulo θ de la pendiente se ha supuesto constante o independiente de x . De otra manera, debería añadirse un nuevo término, $-d \cdot \text{sen } \theta (d\theta/dd)$, donde θ es una función de x , la cual debe sumarse al denominador. Para θ pequeño, $\cos \theta \approx y$ y $dd/dx \approx dy/dx$. Luego la ecuación (2.116) se convierte en.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f}{1 + \alpha \cdot d \cdot (V^2/2 \cdot g)/dy} \dots\dots\dots (2.117)$$

2.1.12.3.2. La ecuación de Manning

Según Chow (1994b: pág. 96), en 1889 el ingeniero irlandés Robert Manning presentó una ecuación, la cual se modificó más adelante hasta llegar a su bien conocida forma actual.

$$V = \frac{1.49}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.118)$$

Donde V es la velocidad media en pies/s, R es el radio hidráulico en pies, S es la pendiente de la línea de energía y n es el coeficiente de rugosidad, específicamente conocido como n de Manning. Dentro de los rangos normales de pendiente y radio hidráulico, los valores del n de Manning y del n de Kutter son numéricamente muy parecidos. Al comparar la ecuación de Chézy con la ecuación de Manning, puede verse que:

$$C = \frac{1.49}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \dots\dots\dots (2.119)$$

A. Factores que afectan el coeficiente de rugosidad de Manning

Según Chow (1994b: pág. 99), los factores que ejercen la mayor influencia sobre el coeficiente de rugosidad tanto en canales artificiales como en canales naturales se escriben más adelante.

A.1. Rugosidad superficial

Según Chow (1994b: pág. 99), se representa por el tamaño y la forma de los granos de material que forman el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. En general, granos finos dan como resultado un valor relativamente bajo de n , y granos gruesos, un valor alto de n .

A.2. Vegetación

Según Chow (1994b: pág. 99), reduce de manera notable la capacidad del canal y retarda el flujo. Este efecto depende por completo de la altura, la densidad, la distribución y del tipo de vegetación.

A.3. Irregularidad del canal

Según Chow (1994b: pág. 101), en canales naturales, tales irregularidades por lo general son producidas por la presencia de barras de arena, ondas de arena, crestas y depresiones y fosos y montículos en el lecho del canal. En general, un cambio gradual y uniforme en la sección transversal o en su tamaño y forma no produce efectos apreciables en el valor de n , pero cambios abruptos o alternaciones de secciones pequeñas y grandes requieren el uso de un valor grande de n .

A.4. Alineamiento del canal

Según Chow (1994b: pág. 101), curvas suaves con radios grandes producirán valores de n relativamente bajos, en tanto que curvas bruscas con meandros severos incrementarán el n .

A.5. Sedimentación y socavación

Según Chow (1994b: pág. 101), en general, la sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir el n , en tanto que la socavación puede hacer lo contrario e incrementar el n . El efecto de la socavación no es importante siempre y cuando la erosión en el lecho del canal causada por velocidades altas progresa igual y uniformemente.

A.6. Obstrucción

Según Chow (1994b: pág. 102), la presencia de obstrucciones de troncos, pilas de puentes y estructuras similares tiende a incrementar el n . La magnitud de este aumento depende de la naturaleza de las obstrucciones, de su tamaño, forma, número y distribución.

A.7. Tamaño y forma del canal

Según Chow (1994b: pág. 102), no existe evidencia definitiva acerca del tamaño y la forma del canal como factores importantes que afecten el valor de n . Un incremento en el radio hidráulico puede aumentar o disminuir el n .

A.8. Nivel y caudal

Según Chow (1994b: pág. 102), en la mayor parte de las corrientes el valor de n disminuye con el aumento en el nivel y en el caudal. Cuando el caudal es muy alto, la corriente puede rebosar sus bancas y una parte del flujo se localizará en la planicie de inundación. El valor de n para planicies de inundación por lo general es mayor que el del canal en sí y su magnitud depende de la condición superficial o de la vegetación.

A.9. Cambio estacional

Según Chow (1994b: pág. 104), debido al crecimiento estacional de plantas acuáticas, hierbas, malezas, sauces y árboles en el canal o en las bancas, el valor de n puede aumentar en la estación de crecimiento y disminuir en la estación inactiva.

A.10. Material en suspensión y carga de lecho

Según Chow (1994b: pág. 104), el material en suspensión y la carga de lecho, ya sea en movimiento o no, consumirá energía y causará una pérdida de altura e incrementará la rugosidad aparente del canal.

A partir del reconocimiento de varios factores primordiales que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan desarrolló un procedimiento, el valor de n puede calcularse por:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5 \dots \dots \dots (2.120)$$

Donde n_0 es un valor básico de n para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados, n_1 es un valor que debe agregarse al n_0 para corregir el efecto de las rugosidades superficiales, n_2 es un valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal, n_3 es un valor para considerar las obstrucciones, n_4 es un valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo, y m_5 es un factor de corrección de los efectos por meandros en el canal. Los valores apropiados de n_0 a n_4 y m_5 pueden seleccionarse en la Tabla 2.7 de acuerdo con las condiciones dadas.

Tabla N° 2.7: Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación (2.120)

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos (Chow V. T., 1994b)

B. Tabla del coeficiente de rugosidad de Manning

Tabla N° 2.8: Valores del coeficiente de rugosidad n (Corrientes naturales)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Corrientes naturales			
A-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos.	0.025	0.030	0.033

2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas.	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena.	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras.	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes.	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras.	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos.	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos.	0.075	0.100	0.150
b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos.			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas.	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes.	0.040	0.050	0.070
A-2. Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales.			
1. Pasto corto.	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto.	0.030	0.035	0.050
b. Áreas cultivadas.			
1. Sin cultivo.	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros.	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros.	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales.			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza.	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno.	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano.	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno.	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano.	0.070	0.100	0.160
d. Árboles.			
1. Sauces densos, rectos y en verano.	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con trocos sin retoños.	0.030	0.040	0.050

3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños.	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas.	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas.	0.100	0.120	0.160
A-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de n es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva.			
a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales.	0.025	...	0.060
b. Sección irregular y rugosa.	0.035	...	0.100

Fuente: *Hidráulica de Canales Abiertos (Chow V. T., 1994b)*

2.1.12.3.3. Conductividad de una sección de canal

Según Chow (1994b: pág. 126), el caudal de flujo uniforme en un canal puede expresarse como el producto de la velocidad, y el área mojada, o:

$$Q = V \cdot A = C \cdot R^x \cdot S^y \cdot A = K \cdot S^y \dots \dots \dots (2.121)$$

$$K = C \cdot A \cdot R^x \dots \dots \dots (2.122)$$

Donde V es la velocidad media en pies/s; R es el radio hidráulico en pies; S es la pendiente de energía; x y y son exponentes; y C es un factor de resistencia al flujo, el cual varía con la velocidad media, el radio hidráulico, la rugosidad del canal, la viscosidad y muchos otros factores.

El término K se conoce como conductividad de la sección de canal; es una medida de la capacidad de transporte de la sección de canal, debido a que es directamente proporcional a Q . Cuando se utiliza la ecuación de Manning o la ecuación de Chézy como ecuación de flujo uniforme, es decir, cuando $y = 1/2$, el caudal de la ecuación (2.121) se convierte en:

$$Q = K \cdot \sqrt{S} \dots \dots \dots (2.123)$$

Y la conductividad es:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (2.124)$$

Esta ecuación puede utilizarse para calcular la conductividad cuando tanto el caudal como la pendiente del canal están determinados. Cuando se utiliza la ecuación de Chézy, la ecuación (2.122) se convierte en:

$$K = C \cdot A \cdot R^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.125)$$

Donde *C* es el factor de resistencia de Chézy. De manera similar, cuando se utiliza la ecuación de Manning.

$$K = \frac{1.49}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.126)$$

2.1.12.3.4. Cálculo del perfil de flujo gradualmente variado por el método del paso estándar

Según Chow (1994b: pág. 262), en canales no prismáticos los elementos hidráulicos no son independientes de la distancia a lo largo del canal. En canales naturales, por lo general es necesario llevar a cabo estudios de campo para recolectar los datos requeridos en todas las secciones consideradas en el cálculo. Este cálculo se lleva a cabo mediante pasos de estación a estación en las cuales se han determinado las características hidráulicas. En tales casos la distancia entre las estaciones es conocida y el procedimiento es determinar la profundidad de flujo en las estaciones. Tal procedimiento a menudo se lleva a cabo mediante un proceso de ensayo y error. Para explicar este método es conveniente referir la posición de la superficie del agua con respecto a un nivel de referencia horizontal. En la Figura 2.16 las superficies del agua por encima del nivel de referencia en las dos secciones extremas son:

$$Z_1 = S_o \cdot \Delta x + y_1 + z_2 \dots\dots\dots (2.127)$$

$$Z_2 = y_2 + z_2 \dots\dots\dots (2.128)$$

La pérdida por fricción es:

$$h_f = S_f \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot (S_1 + S_2) \cdot \Delta x \dots\dots\dots (2.129)$$

Dónde la pendiente de fricción S_f se toma como el promedio de las pendientes en las dos secciones extremas o como S_f . De la Figura 2.16, al igualar las alturas totales en los extremos de las secciones 1 y 2, puede escribirse lo siguiente:

$$S_o \cdot \Delta x + y_1 + \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = y_2 + \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + S_f \cdot \Delta x \dots \dots \dots (2.130)$$

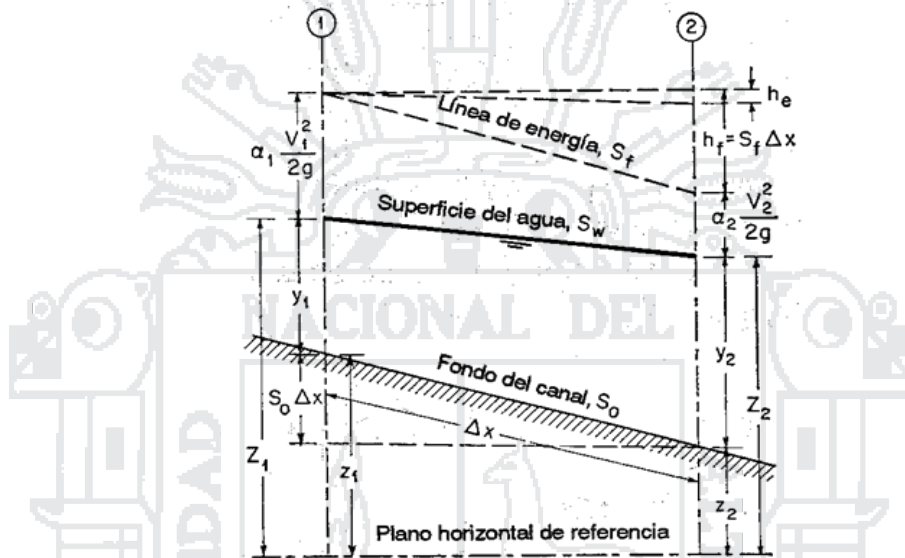


Figura N° 2.16: Tramo de canal para la deducción del método de paso

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos (Chow V. T., 1994b)

Al sustituir las ecuaciones (2.127), (2.128) y (2.129) en la ecuación (2.130), puede escribirse lo siguiente:

$$Z_1 + \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + h_f + h_e \dots \dots \dots (2.131)$$

Dónde h_e se añade para tener en cuenta las pérdidas por remolinos (eddies), las cuales pueden ser muy importantes en canales no prismáticos. No existe un método racional disponible para evaluar las pérdidas por remolino. Éstas dependen sobre todo del cambio en la altura de velocidad y pueden expresarse como parte de él, o $k(\Delta \alpha V^2 / 2g)$, donde k es un coeficiente. Para tramos gradualmente convergentes y divergentes, $k = 0$ a 0.1 y 0.2 , respectivamente. Para expansiones y contracciones abruptas, k es alrededor de 0.5 . Para canales prismáticos y regulares, las pérdidas por remolino son prácticamente cero, o $k = 0$. Por conveniencia en el cálculo, algunas veces h_e

puede considerarse parte de la pérdida de fricción y el n de Manning debe incrementarse de manera apropiada para el cálculo de h_f , luego h_e es cero en el cálculo. Las alturas totales en las dos secciones extremas son:

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.132)$$

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.133)$$

Por consiguiente, la ecuación (2.131) se convierte en:

$$H_1 = H_2 + h_f + h_e \dots\dots\dots (2.134)$$

2.1.13. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Según Puerta (2011: pág. 8), es un conjunto de “hardware”, “software”, datos geográficos y personal capacitado, organizados para capturar, almacenar, consultar, analizar y presentar todo tipo de información que pueda tener una referencia geográfica. Un SIG es una base de datos espacial.

2.1.13.1. Modelos de datos

Según Moreno (2008: pág. 8), desde el punto de vista operativo, la representación del territorio se realiza adoptando unas fórmulas bien definidas, se trata de los llamados modelos de datos de un SIG, de los que existen varios.

2.1.13.1.1. Modelo raster

Según Moreno (2008: pág. 8), se caracteriza por adoptar una unidad espacial estándar, el píxel, que no es sino un cuadrado, de tamaño elegible por el experto, que servirá para representar a un fragmento del espacio.

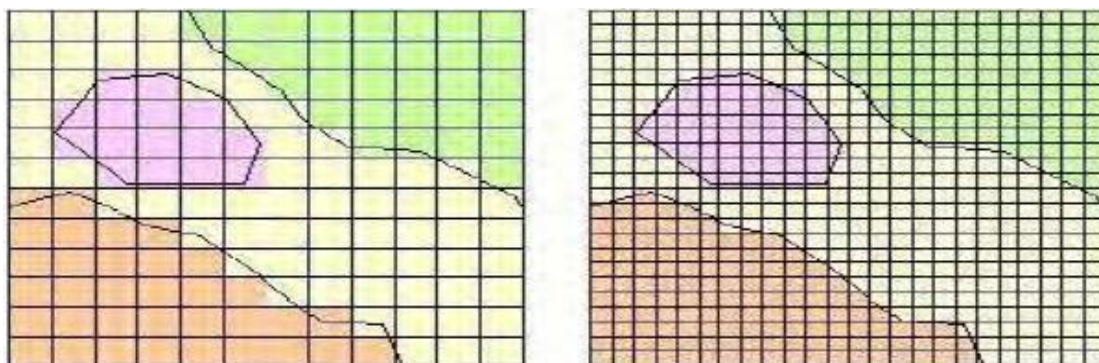


Figura N° 2.17: El píxel en un modelo raster
 Fuente: ArcGIS 10 Básico (Puerta R. et al, 2011)

Es como si el territorio fuese cubierto por una cuadrícula regular, siendo cada una de las celdillas la unidad a la que se refiere la información.

2.1.13.1.2. Modelo vectorial

Según Moreno (2008: pág. 8), se define por usar las figuras de la geometría convencional, puntos, líneas, curvas, polígonos, círculos, elipses o volúmenes para representar las entidades del mundo real. No es ni más ni menos que la lógica que preside el diseño de mapas o atlas, en los cuales, por ejemplo, una ciudad está representada a veces por un punto o a veces por un polígono irregular aproximando su perímetro.

2.1.13.1.3. Modelo de datos orientado a objetos

Según Moreno (2008: pág. 8), es una representación más avanzada de la realidad es la que ofrece el modelo de datos orientado a objetos (MDOO). Conceptualmente este modelo es heredero de la programación orientada a objetos, por lo que comparte buena parte de la lógica y la terminología de esa parcela de la informática. Un objeto se refiere a una entidad real, por ejemplo, una parcela, un río, un autobús, etc. cuya representación informática, aparte de vincularse a una determinada figura geométrica (por ejemplo, una línea), posee una capacidad de comportarse según un abanico más o menos grande de posibilidades.

2.1.13.2. Modelo digital del terreno (MDT)

Según Puerta (2013: pág. 24), Es una representación estadística de una superficie continua del terreno mediante un conjunto infinito de puntos cuyos valores en X, Y y Z son conocidos y están definidos en un sistema de coordenadas arbitrario.

Este concepto es un tanto más generalista; ya que el eje Z incluye tanto el uso de elevaciones (Ejemplo: metros sobre el nivel del mar) como de alturas (Ejemplo: levantamiento topográfico); así como los accidentes típicos del paisaje (Ejemplo: ríos, riscos, cañadas, etc.). Para muchos usuarios el término incluye tanto los elementos planimétricos como hipsométricos propios del

paisaje; así como la información derivada a partir del modelo (Ejemplo: pendiente, intervisibilidad y orientación, entre otros).

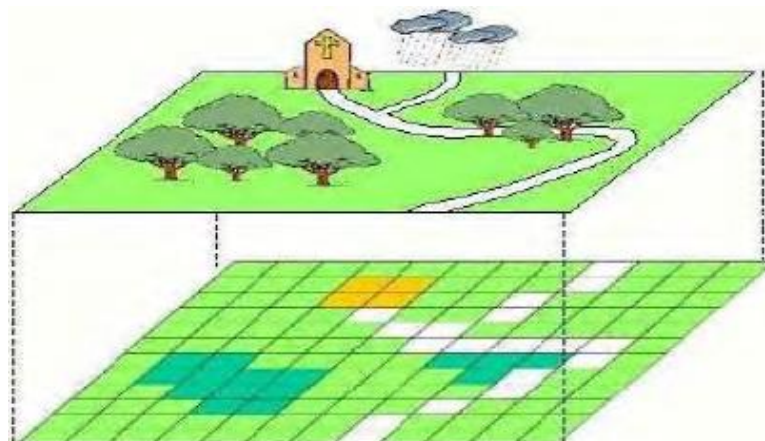


Figura N° 2.18: Representación de un modelo digital del terreno

Fuente: ArcGIS 10 Básico (Puerta R. et al, 2011)

2.1.13.3. Modelo digital de elevación (MDE)

Según Puerta (2013: pág. 24), en este caso la palabra elevación enfatiza el concepto de medición de altura con respecto a un datum y la generación por parte del modelo de valores absolutos de altura. Este término se utiliza con frecuencia en los Estados Unidos para describir un arreglo rectangular o hexagonal de puntos con valores de elevación obtenidos por métodos fotogramétricos o cartográficos.

2.1.13.4. ArcGIS como tecnología

Según Moreno (2008: pág. 15), las aplicaciones de sobremesa (GIS Desktop) están integradas por la triada ArcView, ArcEditor y ArcInfo, que conforman el núcleo central del sistema y representan una jerarquía de productos con capacidades crecientes. En realidad, cada uno de los tres está compuesto por unos módulos básicos y otros opcionales (las llamadas extensiones). Entre los primeros hay que mencionar:

- ArcCatalog: Se destina a la organización, gestión, exploración, búsqueda y previsualización de los archivos de geodatos y de la metainformación o metadatos (información descriptiva sobre los geodatos), creación de bases de geodatos y de servicios de localización automática de direcciones postales.

- ArcMap: Es el módulo principal y contiene las funciones de entrada, visualización, consultas y tratamientos de la información geográfica. La versión para ArcEditor incorpora la función de generar el MDOO.
- ArcToolbox: Realiza la importación, exportación y conversión de geodatos; así geoprocesamiento. La versión para ArcInfo contiene la totalidad de las herramientas, en tanto que ArcView y ArcEditor ofrecen subconjuntos algo menores de ellas.

De las extensiones (licenciadas separadamente) cabe reseñar, entre otras Spatial Analyst (visualización, análisis y modelado raster), 3D Analyst (visualización y tratamientos tridimensionales), Network Analyst (representación y técnicas aplicables a redes), Geostatistical Analyst (análisis geoestadístico), Tracking Analyst (captura, visualización y tratamiento de geodatos que cambian en el tiempo, tales como los generados y transmitidos desde unidades móviles), Image Analysis (análisis de imágenes remotas digitales), etc.

2.1.13.4.1. ArcInfo

Según Puerta (2011: pág. 14), es el producto funcionalmente más rico en la familia de ArcGIS. Incluye todo el potencial que puede dar ArcView y ArcEditor, de forma adicional ArcInfo añade el entorno de geoprocesamiento de ArcGIS Desktop, más de 100 herramientas nuevas válidas para trabajar con cualquier formato vectorial de los soportados por ArcGIS, y unas 50 herramientas específicas para formato cobertura. Dispone de funcionalidades de conversión de datos a otros formatos y sistemas de proyección, así como toda la funcionalidad aportada por el entorno de comandos de ArcInfo Workstation.

2.1.13.4.2. ArcEditor

Según Puerta (2011: pág. 15), Diseñado principalmente para crear y editar geodatabases. Se puede crear y modificar bases de datos y esquemas de bases de datos para ficheros shape, coberturas, geodatabases personales, y corporativas o multiusuario; así como la posibilidad de implementar topología basada en reglas.

2.1.13.4.3. ArcView

Según Puerta (2011: pág. 15), Incorpora funciones avanzadas de visualización, análisis y consulta de datos, así como la capacidad de crear y editar datos geográficos y alfanuméricos. Asimismo, contiene ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox.

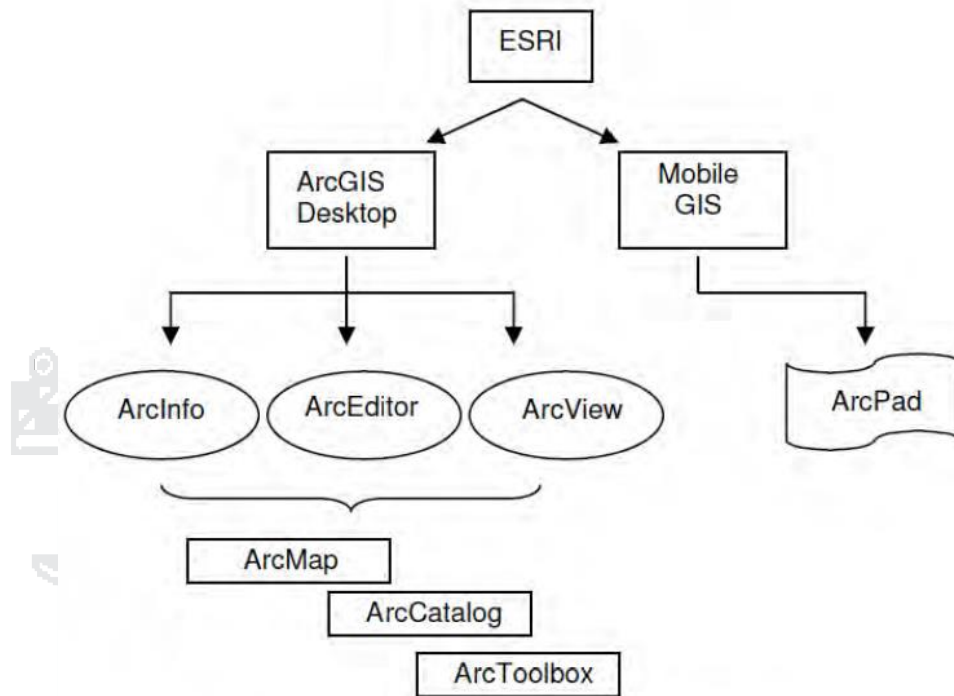


Figura N° 2.19: Esquema de la arquitectura de ArcGIS

Fuente: ArcGIS 10 Básico (Puerta R. et al, 2011)

2.1.13.5. HEC-HMS

Según HEC (2015: pág. ii), el Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) está diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de sistemas de cuencas hidrográficas dendríticas. En muchos incluye procedimientos tradicionales de análisis hidrológico, tales como la infiltración, hidrogramas unitarios, y el enrutamiento hidrológico. También incluye los procedimientos necesarios para la simulación continua incluyendo la evapotranspiración, la fusión de la nieve, y la contabilidad de la humedad del suelo. Simulación de la escorrentía en grilla también se puede realizar. Las herramientas de análisis suplementarios se ofrecen para la estimación de parámetros, análisis en profundidad de la zona, el flujo de pronóstico, la evaluación de la incertidumbre, la erosión y transporte de sedimentos, y la calidad del agua.

El programa cuenta con un entorno de trabajo integrado con la entrada de datos, motor de cálculo, y los resultados de las herramientas de reporte. Una interfaz gráfica de usuario permite el movimiento sin problemas entre las diferentes partes del programa. Los resultados de simulación se almacenan en el almacenamiento de datos del sistema HEC-DSS y se pueden utilizar en combinación con otros programas para los estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, la previsión de flujo, impacto futuro de urbanización, el diseño de depósitos de vertederos, la reducción de daños por inundaciones, la regulación de una inundación y sistemas de operación.

2.1.13.5.1. Componentes del modelo en HEC-HMS

Según HEC (2015: pág. 1), los componentes del modelo son utilizados para simular la respuesta hidrológica en una cuenca. Estos incluyen; modelos de cuencas, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada. En una simulación se calcula la respuesta de la cuenca dada a una precipitación, una vez definido el modelo meteorológico, las especificaciones de control definen el tiempo, y el intervalo de tiempo para el cual se realizará la simulación. Y los datos de entrada tales como series de tiempo, datos de grilla son requeridos muchas veces como parámetros o condiciones de borde en la cuenca y el modelo meteorológico.

A. Modelo de cuenca

Según HEC (2015: pág. 2), el modelo de cuenca es utilizado para representar la parte física de la cuenca. El usuario desarrolla un modelo de cuenca agregando y conectando elementos hidrológicos. Los elementos hidrológicos usan modelos matemáticos para describir los procesos físicos en la cuenca. La Tabla 2.9 muestra una lista y descripción de los elementos hidrológicos disponibles.

En el caso de las subcuencas, existen muchos modelos matemáticos para determinar las pérdidas de precipitación, transformar el exceso en caudal, añadir el gasto base. En la Tabla 2.10 se presenta la lista de los métodos disponibles para la subcuencas y los canales.

Tabla N° 2.9: Elementos hidrológicos en HEC-HMS

Icono	Elemento	Descripción
	Subcuenca (Subbasin)	Es utilizado para representar la parte física de la cuenca. Dada la precipitación, el caudal de salida de la sub-cuenca es calculado restando las pérdidas de precipitación, y transformando el exceso de precipitación en caudal de salida sumándole el caudal base
	Canal (Reach)	Es utilizado para trasladar el flujo aguas abajo en el modelo de cuenca. El gasto de entrada a este elemento puede venir de uno o más elementos aguas arriba. EL flujo de salida es calculado en base al tránsito y la atenuación del hidrograma de entrada.
	Unión (Junction)	Se utiliza para unir el caudal proveniente de uno o más elementos hidrológicos. El caudal de salida es calculado simplemente sumando todas las entradas y asumiendo que no existe almacenamiento en la unión.
	Fuente (Source)	Este elemento se utiliza para introducir caudal en la cuenca, no tiene entradas, el gasto de salida es definido por el usuario.
	Salida (Sink)	Es utilizado para representar la salida de la cuenca. El gasto de entrada a este elemento puede venir de uno o más elementos. No hay gasto de salida en este elemento.
	Reservorio (Reservoir)	Se utiliza para modelar la detención y atenuación de un hidrograma causada por un reservorio, estanque de detención, embalse. El gasto de entrada puede venir de uno o más elementos hidrológicos. El caudal de salida puede ser calculado de tres formas. El usuario puede definir tablas de; almacenamiento-descarga, elevación-almacenamiento-descarga, altura-área-descarga. Se puede introducir también una relación entre la elevación y el almacenamiento o la elevación y el área y definir una o más estructuras de salida, o especificar una serie de tiempo de caudal de salida.
	Desviación (Diversion)	En este elemento se modela el caudal que deje el canal principal. La entrada puede venir de uno o más elementos. La salida es de dos tipos, el caudal desviado, y el caudal que no es desviado, el desviado es calculado utilizando información de entrada, y cada una de estas salidas puede ser conectada a elementos hidrológicos.

Fuente: Hydrologic Modeling System HEC-HMS Quick Start Guide (HEC, 2015)

Tabla N° 2.10: Métodos para los cálculos en las subcuencas y los canales

Elemento	Tipo de Cálculo	Método	
Subcuenca	Cubierta	Cubierta dinámica	
		Cubierta simple	
		Cubierta simple por grilla	
	Superficie	Superficie simple	
		Superficie simple por grilla	
	Pérdidas	Déficit y razón constante (DC)	
		Exponencial	
		Green y Ampt	
		DC por grilla	
		SCS CN por grilla	
		Green y Ampt por grilla	
		SMA por grilla	
		Inicial y razón constante	
		Número de curva (CN) del Soil Conservation Service	
		Smith Paralange	
		Conteo de Humedad del suelo (SMA)	
		Escorrentía	Hidrograma Unitario de Clark
			Onda cinemática
	Clark modificado		
	Hidrograma unitario del Soil Conservation Service		
	Hidrograma unitario de Snyder		
	Curva S especificada por el usuario		
	Hidrograma unitario especificado por el usuario		
Flujo base	Recesión delimitada		
	Mensualmente constante		
	Reservorio lineal		
	Aproximación no lineal de Boussinesq		
	Recesión		
Canal	Transito	Onda cinemática	
		Retraso	
		Puls modificado	
		Muskingum	
		Muskingum-Cunge	
		Straddle Stagger	
	Perdidas/Ganancias	Constante	
Percolación			

Fuente: *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Quick Start Guide (HEC, 2015)*

B. Modelo meteorológico

Según HEC (2015: pág. 5), El modelo meteorológico calcula la precipitación requerida en una subcuenca. Se puede utilizar precipitación puntual o por grillas, tiene la capacidad de modelar precipitación sólida y líquida junto con evapotranspiración.

Tabla N° 2.11: Métodos del modelo meteorológico

Métodos	Descripción
Frecuencia de tormentas (Frequency Storm)	Este método es utilizado para desarrollar un evento de precipitación en el cual el valor de la precipitación para diferentes duraciones tiene una probabilidad de excedencia consistente.
Estaciones por peso (Gage Weights)	Este método permita asignar pesos a las diferentes estaciones definidas por el usuario.
Precipitación por grilla (Gridded Precipitation)	Este método permite el uso de precipitación por grilla, tal como puede ser la proveniente de un radar meteorológico.
Tormenta HMR52 (HMR52 Storm)	Este método calcula la precipitación máxima probable de una cuenca como se detalla en el informe n° 52 Hidrometeorológico (Hansen, Schreiner y Miller, 1982).
Inverso de la distancia (Inverse Distance)	Este método calcula el promedio en la subcuenca aplicando la ecuación del inverso de la distancia al cuadrado para las estaciones definidas por el usuario.
Tormenta del SCS (SCS Storm)	Este método aplica una distribución específica del SCS a una tormenta con una duración total de 24 horas.
Hietograma específico (Specified Hyetograph)	En este método el usuario introduce el hietograma para la subcuenca.
Tormenta estándar de proyecto (Standard Project Storm)	Este método aplica una distribución en el tiempo a un valor de precipitación dado.

Fuente: Hydrologic Modeling System HEC-HMS Quick Start Guide (HEC, 2015)

También posee un método de cálculo de derretimiento de nieve utilizando un algoritmo de temperatura. Los métodos para la evapotranspiración incluyen el promedio mensual, el método de Priestel y Taylor, y el mismo método en forma de grilla. Un método de evapotranspiración es requerido solo cuando se

modelan respuestas hidrológicas en largos períodos de tiempo. Una breve descripción de los métodos disponibles para calcular la precipitación promedio o precipitación por grillas se presenta en la Tabla 2.11.

C. Especificaciones de control

Según HEC (2015: pág. 6), Las especificaciones de control fijan el tiempo de duración de cada corrida de una simulación. La información en las especificaciones de control incluye una fecha de inicio, una fecha de finalización y el intervalo de tiempo de la simulación.

D. Datos de entrada

Según HEC (2015: pág. 6), Las series de tiempo, las series de pares, los datos de las grillas son requeridos generalmente como condiciones de borde en los modelos de cuencas y meteorológicos. Una lista completa de los datos de entradas está incluida en la Tabla 2.12. La data de entrada puede ser introducida manualmente o como referencia a un record existente como un archivo HEC-DDS. Toda la data de grillas debe ser primero referenciada a un archivo HEC-DDS.

Tabla N° 2.12: Datos de entrada en HEC-HMS

Series de tiempo	Series de pares	Datos de grillas
Precipitación	Almacenamiento- Caudal	Precipitación
Caudal	Altura-Almacenamiento	Temperatura
Niveles	Altura-Área	Radiación solar
Temperatura	Altura-Caudal	Coefficiente de cultivo
Radiación solar	Afluencia-Desviación	Capacidad de almacenamiento
Velocidad del viento	Diámetro-Porcentual	Tasa de percolación
Presión del aire	Secciones transversales	Coefficiente de almacenamiento
Humedad	Hidrograma unitario	Déficit de humedad
Altitud	Curvas de porcentaje	Áreas impermeables
Coefficiente de cultivo	Duración-Precipitación	Número de curva del SCS
Equivalente de agua en la nieve	Tasa de derretimiento ATI	Elevación
Cantidad de sedimentos	Tasa de enfriamiento ATI	Contenido de frío
Concentración	Patrones de la tasa de derretimiento	

Porcentaje de evapotranspiración Luz solar	Probabilidad de acumulación	Contenido de frío ATI Tasa de derretimiento ATI Contenido de agua líquida Equivalente de agua contenida en la nieve Contenido de agua Potencial de agua Presión del aire Humedad Velocidad del viento Energía Albedo Profundidad de nieve Longitud de flujo Pendiente
---	-----------------------------	--

Fuente: Hydrologic Modeling System HEC-HMS Quick Start Guide (HEC, 2015)

2.1.13.6. HEC-GeoRAS

Según HEC (2012, pág. ii), HEC-GeoRAS es un conjunto de herramientas de ArcGIS específicamente diseñados para procesar los datos geoespaciales para su uso con HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System). La extensión permite a los usuarios con experiencia limitada en SIG crear un archivo de importación a HEC-RAS que contiene datos geométricos existentes de un modelo digital del terreno (MDT) y conjuntos de datos complementarios. Resultados exportados de HEC-RAS también pueden ser procesados.

2.1.13.7. HEC-RAS

Según Villón (2011: pág. 15), el HEC-RAS es el nombre compuesto de las siglas en inglés, HEC (Hydrologic Engineering Center ó Centro de Ingeniería Hidrológica) y RAS (River Analysis System ó Sistema de Análisis de Ríos), es una aplicación que permite la modelación hidráulica en régimen permanente y no permanente, transporte de sedimentos y análisis de calidad del agua en cauces abiertos, ríos y canales artificiales, el mismo que ha sido

desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE. UU.

Con HEC-RAS se facilita el cálculo de los perfiles del agua y de los parámetros hidráulicos del cauce. El programa permite desarrollar el cálculo, de los niveles de la superficie del agua de un flujo gradualmente variado. El sistema que se modela puede ser un solo río o una red de ríos. El componente del estudio del flujo, puede hacer el estudio de régimen subcrítico, supercrítico o la mezcla de los dos.

2.1.14. RIESGO ANTE INUNDACIONES

Según INDECI (2011: pág. 53), el cálculo del riesgo corresponde a un análisis y combinación de datos teórico empíricos con respecto a la probabilidad de ocurrencia del peligro identificado, es decir, la interrelación de las condiciones espacio-temporales del área en estudio representado en las distintas dimensiones de vulnerabilidad territorial. Para estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad.

Tabla N° 2.13: Matriz del riesgo

Peligro Muy Alto 1.00	Riesgo Medio 0.25	Riesgo Alto 0.50	Riesgo Muy Alto 0.75	Riesgo Muy Alto 1.00
Peligro Alto 0.75	Riesgo Bajo 0.19	Riesgo Medio 0.38	Riesgo Alto 0.56	Riesgo Muy Alto 0.75
Peligro Medio 0.50	Riesgo Bajo 0.13	Riesgo Medio 0.25	Riesgo Medio 0.38	Riesgo Alto 0.50
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 Medio 0.50	Vulnerabilidad Alta 0.75	Vulnerabilidad Muy Alta 1.00

Nivel de Riesgo	Rangos
Riesgo Muy Alto	0.75 < R ≤ 1.00
Riesgo Alto	0.50 < R ≤ 0.75
Riesgo Medio	0.25 < R ≤ 0.50
Riesgo Bajo	0.00 < R ≤ 0.25

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.1. Peligro ante inundaciones

Según INDECI (2011: pág. 16), los niveles de peligro por inundación de un área dada, resultan de la relación entre frecuencia de las inundaciones y su intensidad (es decir su profundidad, o el producto de la profundidad por la velocidad). Representándose gráficamente en la siguiente matriz: (Los valores numéricos de intensidad son para inundaciones estáticas)

Tabla N° 2.14: Matriz del nivel de peligrosidad

Intensidad	Muy Alta 1.00	Peligro Medio 0.25	Peligro Alto 0.50	Peligro Muy Alto 0.75	Peligro Muy Alto 1.00
	Alta 0.75	Peligro Bajo 0.19	Peligro Medio 0.38	Peligro Alto 0.56	Peligro Muy Alto 0.75
	Medio 0.50	Peligro Bajo 0.13	Peligro Medio 0.25	Peligro Medio 0.38	Peligro Alto 0.50
	Bajo 0.25	Peligro Bajo 0.06	Peligro Bajo 0.13	Peligro Bajo 0.19	Peligro Medio 0.25
		Baja 0.25	Medio 0.50	Alta 0.75	Muy Alta 1.00
Frecuencia (años)					

Nivel de Peligrosidad		Rangos
Peligro Muy Alto		$0.75 < NP \leq 1.00$
Peligro Alto		$0.50 < NP \leq 0.75$
Peligro Medio		$0.25 < NP \leq 0.50$
Peligro Bajo		$0.00 < NP \leq 0.25$

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.1.1. Nivel de intensidad o magnitud de la inundación

Según INDECI (2011: pág. 13), para inundaciones estáticas se considera la profundidad o altura del flujo. Mientras que para inundaciones dinámicas se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad del flujo. (Siempre y cuando esta fórmula arroje valores más altos, en términos de intensidad que la anterior). Los umbrales entre los niveles de intensidad muy alta, alta, media y baja, han sido definidos considerando la peligrosidad que

una determinada columna de agua puede significar para la infraestructura o las viviendas y la vida de los pobladores.

Tabla N° 2.15: Nivel de intensidad

Nivel de intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad del flujo (m ² /s) (inundaciones dinámicas)	Rangos
Muy alta	H > 1.50 m	H*V > 1.5 m	0.75 < NI ≤ 1.00
Alta	0.50 m < H < 1.50 m	0.50 m < H*V < 1.50 m	0.50 < NI ≤ 0.75
Media	0.25 m < H < 0.50 m	0.25 m < H*V < 0.50 m	0.25 < NI ≤ 0.50
Baja	< 0.25 m	H*V < 0.25 m	0.00 < NI ≤ 0.25

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.1.2. Frecuencia o periodo de retorno de la inundación

Según INDECI (2011: pág. 15), la frecuencia o recurrencia de inundaciones o cada cuanto se inunda una determinada zona dependerá esencialmente de la frecuencia de precipitaciones excepcionalmente fuertes.

Tabla N° 2.16: Evaluación de la frecuencia

Niveles de intensidad	Período de retorno en años (Tr)	Rangos
Muy alta	1 < Tr ≤ 5 años	0.75 < F ≤ 1.00
Alta	5 < Tr ≤ 15 años	0.50 < F ≤ 0.75
Media	15 < Tr ≤ 50 años	0.25 < F ≤ 0.50
Baja	50 < Tr ≤ 200 años o más	0.00 < F ≤ 0.25

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.1.3. Método PRRANC para modelación hidráulica

Según INDECI (2011: pág. 19), la metodología presentada ha sido retomada de la experiencia desarrollada en Nicaragua con el “Proyecto Elaboración de Mapas de Riesgos Naturales en Tres Zonas de Intervención del PRRAC”, ejecutado por la Unión Europea y el INETER. Los caudales simulados con el modelo hidrológico calibrado se utilizan para modelar las condiciones de flujo en los cauces considerados en el área de estudio. Esto se realiza aplicando un modelo matemático de cálculo de flujo superficial. La

modelación hidráulica con un modelo matemático se subdivide en las siguientes tareas:

A. Análisis preliminar del problema

Según INDECI (2011: pág. 21), el primer paso consiste en revisar la información existente y definir conceptualmente, el problema que se quiere resolver. Y el tipo de modelo que se va a utilizar. Se considera la posibilidad de modelar diferentes tipos de condiciones de flujo (flujo permanente o no permanente) y se examina la necesidad de modelar el transporte de sedimentos en los cauces

B. Inventario de la situación actual

Según INDECI (2011: pág. 21), Esta tarea comprende la recopilación de todos los datos existentes del área de estudio necesarios para la modelación hidráulica: geometría de los cauces y del terreno en las zonas de las planicies de inundación. Existen distintas maneras de obtener estos datos. Un método usualmente empleado consiste en trabajar con un modelo digital del terreno (MDT) que se puede obtener a partir de fotografías aéreas.

C. Concepción del modelo

Según INDECI (2011: pág. 22), el análisis de la información recopilada y procesada en el paso anterior permitirá definir con exactitud el modelo matemático. Un aspecto importante en esta etapa es decidir qué tipo de modelo es el más adecuado para describir la configuración de flujo que se quiere modelar (dimensión del modelo). Por lo general, se trata de utilizar el modelo más simple que permita describir los procesos físicos con la precisión deseada.

D. Armado del modelo

Según INDECI (2011: pág. 22), en este paso se construye el modelo matemático con la ayuda de programas y herramientas de CAD o SIG se comienza por digitalizar en la pantalla la posición y la trayectoria de los cauces utilizando como información de fondo mapas topográficos digitales y las curvas de nivel del MDT. Los tramos de los cauces a considerar se vinculan definiendo

la red hidrológica del modelo. Luego se dibujan líneas perpendiculares a la dirección del flujo indicando la posición de las secciones transversales que se utilizarán para el cálculo hidráulico.

E. Ajuste de parámetros del modelo

Según INDECI (2011: pág. 23), una vez construido el modelo se procede a fijar y a ajustar los parámetros del mismo. Este proceso se denomina calibración del modelo. Los parámetros de calibración de modelo son los coeficientes de rugosidad de los cauces y de las planicies de inundación. Dependiendo de las características de las planicies de inundación, podrá también ser necesario ajustar el ancho de las áreas de flujo efectivo de dichas secciones.

F. Corridas en el modelo

Según INDECI (2011: pág. 23), el objetivo de la modelación hidráulica es la determinación de los límites de las áreas de inundación. Por lo tanto, la variable a considerar y a variar en las simulaciones será el caudal. Para este tipo de estudios es común considerar caudales correspondientes a crecidas con período de retorno de 5, 10, 50, 100 y 200 años. En caso de considerar régimen permanente, los caudales utilizados para las simulaciones corresponden al valor pico de la crecida.

2.1.14.2. Vulnerabilidad ante el peligro por inundaciones

Según INDECI (2011: pág. 31), ante la posible ocurrencia de Inundaciones Fluviales, los elementos potencialmente vulnerables serán identificados a través del análisis de las vulnerabilidades, las variables e indicadores correspondientes a cada vulnerabilidad.

Una vez culminado el proceso de identificación, evaluación y análisis de los diversos indicadores considerados para cada tipo de vulnerabilidad asociada ante la posible ocurrencia de peligro por inundación, se procederá a ponderar los resultados obtenidos por cada uno de ellos para luego ponderar y estratificar la vulnerabilidad total.

Tabla N° 2.17: Vulnerabilidad total

VULNERABILIDAD TOTAL	GRADO
$0.75 < VT \leq 1$	Muy alto
$0.50 < VT \leq 0.75$	Alto
$0.25 < VT \leq 0.50$	Media
$0.00 < VT \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.2.1. Vulnerabilidad Física

Tabla N° 2.18: Variable: Localización de viviendas

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Muy cercana 0.2 – 0 Km.	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
Cercana 0.2 – 1 Km.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Medianamente cerca 1 – 5 Km.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Muy alejada > 5 Km.	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

Tabla N° 2.19: Variable: Material de construcción utilizada en viviendas

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
Estructuras de adobe, piedras o madera, sin refuerzos estructurales	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

Tabla N° 2.20: Variable: Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
Con normativa vigente sin cumplimiento	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Con normativa vigente medianamente cumplidas	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Con normativa vigente estrictamente cumplidas	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.2.2. Vulnerabilidad Social

Tabla N° 2.21: Variable: Nivel de organización

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
La organización política o social de la población es nula o presenta altos niveles de corrupción en su clase dirigencia y desprestigio popular. Existen disputas internas. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, es nula o muy aislada. Existe un nulo o efímero interés de la población por participar en algún tipo de organización social. No existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros). No existen gremios organizados.	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
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 dirigencial 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.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Existe organización política o social de la población. No existen disputas internas entre estas organizaciones con normalidad. Presentan casos aislados de corrupción en su	$0.25 < V \leq 0.50$	Media

<p>clase dirigencial. Las organizaciones tienen funcionamiento todo el año pero en condiciones de “sobre vivencia”. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, tienen cierta presencia. Sus propuestas son tomadas en cuenta. Existe un cierto interés de la población por participar en algún tipo de organización social. Existen comités vecinales de organización social, que cuentan con deficiencias, en proceso de formación, pero con un capital humano interesante de gestión.</p>		
<p>Existe organización activa política o social de la población. Existen clases dirigenciales comprometidas con la prevención de riesgos, el desarrollo y la gestión eficiente de su territorio.</p> <p>Las organizaciones tienen funcionamiento todo el año pero en condiciones de básicas o mejores. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, tiene importante presencia. Sus propuestas son tomadas en cuenta. Existe interés de la población por participar en algún tipo de organización social.</p> <p>Existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros), en proceso de consolidación o con amplia trayectoria y gestión eficiente. Existen gremios organizados.</p>	<p>$0.00 < V \leq 0.25$</p>	<p>Baja</p>

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

Tabla N° 2.22: Variable: Grado y tipo de relación e Integración entre las instituciones y organizaciones locales

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
No existe relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
Débil relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Existe una parcial relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Fuerte relación e integración entre las Instituciones y organizaciones locales	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.2.3. Vulnerabilidad Educativa

Tabla N° 2.23: Variable: Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
No cuentan ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil.	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
Desarrollan insuficientes programas de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura escasa.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Desarrollan con regular frecuencia programas de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Desarrollan constantemente programas de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura total.	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

Tabla N° 2.24: Variable: Existencia de capacitación de la población civil en temas concernientes a defensa civil

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
La totalidad de la población no cuenta ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil.	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
La población está escasamente capacitada en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura escasa.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
La población se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
La población se capacita constantemente en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura total.	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

Tabla N° 2.25: Variable: Campañas de difusión

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de defensa civil para la población local.	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de defensa civil, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de defensa civil, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de defensa civil, existiendo el conocimiento total de la población.	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.2.4. Vulnerabilidad Política e Institucional

Tabla N° 2.26: Variable: Político y legal

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
El soporte legal que ayude a la reducción de riesgos del territorio (local, regional o nacional) en el que se encuentra el área en estudio genera efectos negativos a su desarrollo. No existen políticas el desarrollo planificado del territorio. Existe un desorden en la configuración territorial del área en estudio. No existen instrumentos legales locales que apoyen la reducción del riesgo (ejemplo: Ordenanzas municipales).	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
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.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta

<p>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 se cumple ocasionalmente. Existe un interés tenue en el desarrollo planificado del territorio. El desorden en la configuración territorial del área en estudio se presenta en una importante parte de todo el territorio donde se encuentra el área en estudio.</p> <p>Algunas acciones de prevención y/o mitigación de desastres han sido están considerados dentro de los planes estratégicos de desarrollo pero nunca se implementaron.</p>	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
<p>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 se llega a cumplir con regularidad. El desarrollo planificado del territorio, es un eje estratégico de desarrollo. Se aplican acciones de ordenamiento o reordenamiento territorial. Acciones de prevención y/o mitigación de desastres están consideradas dentro de los planes estratégicos de desarrollo (o se viene implementando).</p>	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

Tabla N° 2.27: Variable: Organización y capacidad institucional

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
<p>Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan poca efectividad en su gestión. Cuentan con un gran desprestigio y desaprobación popular (puede existir el caso en el que la gestión sea poco eficiente pero con un apoyo popular basado en el asistencialismo o populismo).</p> <p>Las instituciones gubernamentales de nivel sectorial muestran índices de gestión deficientes y trabajo poco coordinado. No existe madurez política. Las instituciones privadas, generan: conflictos, muestran poco interés con la realidad local, muchas de ellas coadyuvan con la informalidad, o, forman enclaves en el territorio en el que se encuentran. No existe apoyo e identificación institucional e interinstitucional.</p>	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta

<p>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 conflictos aislados, muestran un relativo interés con la realidad local, algunas 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.</p>	<p>$0.50 < V \leq 0.75$</p>	<p>Alta</p>
<p>Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel estándar de efectividad en su gestión. Tienen un apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad. Las instituciones gubernamentales de nivel sectorial muestran algunos índices de gestión de eficiencia, Existe cierta coordinación intersectorial. La madurez política es embrionaria. Las instituciones privadas, normalmente no generan conflictos, muestran un interés con la realidad local, existe una minoría que coadyuva con la informalidad, se encuentran integradas al territorio en el que se encuentran. Existe un relativo apoyo e identificación institucional e interinstitucional.</p>	<p>$0.25 < V \leq 0.50$</p>	<p>Media</p>
<p>Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan un nivel eficiente de efectividad en su gestión. Tienen un apoyo popular que les permite gobernar con tranquilidad. Las instituciones gubernamentales de nivel sectorial muestran índices interesantes de gestión de eficiencia, Existe una progresiva coordinación intersectorial. Existe un proceso de madurez política. Las instituciones privadas, normalmente no generan conflictos, muestran un interés con la realidad local, se encuentran integradas y comprometidas al territorio en el que se encuentran. Existe un interesante apoyo e identificación institucional e interinstitucional.</p>	<p>$0.00 < V \leq 0.25$</p>	<p>Baja</p>

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.2.5. Vulnerabilidad Cultural e Ideológica

Tabla N° 2.28: Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
Existe desconocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
Existe un escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

Tabla N° 2.29: Variable: Percepción local del riesgo

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
La mayoría de la población tiene una percepción irreal, místico – religioso sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
La minoría de la población tiene una percepción realista y más místico – religiosa sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
La mayoría de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
La población total tiene una percepción real sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

Tabla N° 2.30: Variable: Actitud frente al riesgo

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población.	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo y afrontarlo para prevenirlo.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Actitud previsor de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo.	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

2.1.14.2.6. Vulnerabilidad Científica y Tecnológica

Tabla N° 2.31: Variable: Información y soporte técnico

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
No existen estudios sobre ningún peligro de mayor recurrencia en el área de estudio. Los centros de investigación y/o organismos del estado cuentan con información muy general o inexistente sobre el 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).	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
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 algún 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).	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Existen un o algunos estudios sobre el lugar, que son de gran utilidad para la estimación del Riesgo del Lugar en estudio. El área recibe el apoyo externo de equipos tecnológicos que puedan monitorear y/o analizar el peligro. También Mitigarlo. El área recibe ocasionalmente técnicos calificados que pueden asesorar en la gestión del riesgo de desastre (prevención y mitigación).	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Existe información importante sobre el lugar, que son de gran utilidad para la estimación del Riesgo del Lugar en estudio. El área recibe el apoyo externo de equipos tecnológicos que puedan monitorear y/o analizar el peligro. También Mitigarlo. El área tiene o empieza a adquirir equipos tecnológicos que puedan monitorear y/o analizar el peligro. También Mitigarlo. El área en estudio cuenta permanentemente con técnicos calificados que pueden asesorar en la gestión del riesgo de desastre (prevención y mitigación).	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)

Tabla N° 2.32: Variable: Conocimiento y cumplimiento de recomendaciones

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerab.
La población desconoce estudios realizados en el centro urbano o rural de los peligros más recurrentes.	$0.75 < V \leq 1.00$	Muy alta
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.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
La mayoría de la población posee un conocimiento sobre los estudios realizados en el centro urbano o rural de los peligros más recurrentes, cumpliendo algunas recomendaciones.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
La totalidad de la población posee un conocimiento sobre los estudios realizados en el centro urbano o rural de los peligros más recurrentes, cumpliendo las recomendaciones dadas.	$0.00 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: *Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones F. (INDECI, 2011)*

2.2. MARCO REFERENCIAL

- En año 2010 la Autoridad Nacional del Agua (ANA) publicó como parte del proyecto “Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Huancané y Suches” el documento titulado “Inventario de fuentes de agua superficiales de las cuencas Huancané y Suches”, en el cual reporta el inventario de las fuentes de agua superficial en el ámbito de las cuencas de los ríos Huancané y Suches, para lo cual se utiliza el método propuesto por el Ing. Otto Pfafstetter para codificar las unidades hidrográficas, también obtiene el número de fuentes utilizada y sin uso y los manantiales existentes en el área de estudio.
- En año 2010 la Autoridad Nacional del Agua (ANA) publicó como parte del proyecto “Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Huancané y Suches” el documento titulado “Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches”, en este evalúa el comportamiento pluviométrico de las cuencas Huancané y Suches, analizando la

consistencia y completación de la información, para posteriormente realizar una modelación hidrológica de precipitación-escorrentía, mediante el modelo hidrológico de Lutz Scholz para la generación de las descargas medias en las subcuencas de interés. También realiza una modelación estocástica para la generación de series sintéticas de caudales medios mensuales con la información hidrométrica en ambas cuencas. También analiza la disponibilidad y demanda hídrica en ambas cuencas, para posteriormente desarrollar el balance hídrico. También analiza eventos hidrológicos extremos como son máximas avenidas y sequías.

- Bernabe Arias Colque en su tesis, “Modelamiento Hidrológico mediante HEC-HMS en la Subcuenca Azángaro-Puno”, realizado en la UNA-PUNO-2009, determinó las máximas avenidas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años; para el cual transformó la precipitación en escorrentía, utilizando el modelo HEC-HMS; considerando una AMS II (Condiciones Antecedentes de Humedad) para el cálculo de Curva CN y el hidrograma unitario Sintético de SCS. Llegando a la conclusión de que el modelo generado se aproxima a los caudales generados en los estudios hidrológicos realizados por otras instituciones en la Subcuenca Azángaro.
- Piter César Condori Cañazaca y Ronald Huancapaza Yancachajlla en su Tesis, Modelación Hidrológica del Río Coata en la Subcuenca Bajo Coata, Aplicando Sistemas de Información Geográfica”, realizado en la UNA-PUNO-2012, determinaron los caudales máximos para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años utilizando el modelo hidrológico HEC-HMS, basándose en los datos de precipitación máxima de 24 horas mensuales, que extrapoló a los periodos de retorno requerido por métodos probabilísticos utilizando funciones de distribución, cuyos parámetros halló por el método de los momentos y de máxima verosimilitud. Para el análisis hidráulico utilizó los programas Autocad Land, ArcGIS, HEC-GeoRAS y HEC-RAS, generando como resultado mapas de tirante hidráulico, velocidades y riesgo a inundaciones, para los distintos periodos de retorno. Llegando a las siguientes conclusiones; el modelo hidrológico realizado en el programa HEC-HMS, determina los Caudales Máximos de Diseño; y que gracias a la aplicación de HEC-GeoRAS se pueden combinar los datos de los sistemas de información geográfica (GIS) con HEC-RAS. Esta

combinación facilita enormemente el trabajo y lo dota de una mejor calidad de presentación de resultados, con un esfuerzo mínimo en comparación con otros métodos tradicionales. Podemos alimentar a HEC-RAS con datos geométricos extraídos de un modelo digital del terreno y posteriormente utilizar los resultados hidráulicos para dibujar mapas de inundación en entrono GIS de forma automática.

- Paula Andrea Ausensi Tapia, en su tesis “Evaluación de Métodos Hidrológicos para la Completación de Datos Faltantes”, realizado en la Universidad de Talca de Chile en el año 2005, analiza los métodos de correlación lineal, completación por razones de distancia, completación por promedios vecinales, completación por razones promedio, completación por correlación con estaciones vecinas y completación por regresiones múltiples con 2 y 3 estaciones cercanas. Llegando a la conclusión de que el método que presenta menores errores en todas las estaciones utilizadas para el análisis es el de regresiones múltiples.
- El Ing. Agrícola Yesid Carvajal Escobar, en su artículo de investigación “Estimación de caudales promedios mensuales por subcuencas hidrológicas mediante modelación con HEC-HMS”, realizado para publicarse en la revista Tecnura de la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas de Colombia en el año 2007, utiliza en programa HEC-HMS como método de modelación hidrológica para estimar caudales promedios mensuales en la cuenca del río Yumbo, Valle del Cauca, Colombia. A partir de datos de lluvia, información morfométrica y de suelos. La aplicación del programa HEC-HMS comprendió cuatro etapas básicas: La creación de un Modelo de Cuenca en el cual define los elementos hidrológicos del sistema y los métodos de estimación de pérdidas, transformación lluvia-caudal y determinación del flujo base; la creación de un Modelo meteorológico correspondiente a incrementos de precipitación tomados del hietograma medio para cada mes y evaporación; la definición de unas especificaciones de control asignando fechas (arbitrarias), tiempos de lluvia e intervalos; y finalmente, la etapa de simulación y resultados. Llegando a la conclusión de que los resultados obtenidos presentan una aceptable calibración con los datos reales observados en la estación hidrométrica Pasoancho presente en la cuenca.

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

3.1.1. DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA

Para la delimitación de las unidades hidrográficas de la Cuenca Huancané y determinar la Cuenca Baja del Río Huancané, se utilizó como base la realizada por la Autoridad Nacional de Agua (ANA), dicho organismo empleó la metodología de Pfafstetter; aprobada en el año 2008 mediante Resolución Ministerial N° 033-2008-AG, para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú. Dicha codificación para el presente estudio se muestra en el Anexo IX.

El Sistema de Codificación Pfafstetter fue desarrollado por Otto Pfafstetter en 1989, difundido a partir de 1997 por Verdin y adoptado a partir de entonces por la United State Geological Survey (USGS - Servicio Geológico de los Estados Unidos), como estándar internacional. Es una metodología para asignar Identificadores Ids a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie del terreno; dicho de otro modo asigna Ids a una cuenca para relacionarla con sus cuencas vecinas, locales o internas.

El proceso de codificación consiste en subdividir una cuenca hidrográfica, cualquiera que sea su tamaño, identificando y delimitando los cuatro mayores afluentes del río principal, en función del área que comprenden sus respectivas unidades hidrográficas. Las cuencas correspondientes a esos tributarios son enumeradas o codificadas con los dígitos pares 2, 4, 6 y 8, en el sentido de aguas abajo hacia aguas arriba es decir desde la desembocadura hacia la naciente del río principal. Los otros tributarios del río principal son agrupados

en las áreas restantes, denominadas intercuenas, que se codifican, en el mismo sentido, con los dígitos impares 1, 3, 5, 7 y 9.

De acuerdo a dicha codificación la Cuenca Baja del Río Huancané, es la subcuenca Bajo Huancané que pertenece a la Cuenca Huancané. Además de esta base se realizaron ajustes a la delimitación considerando la topografía y la desembocadura.

Tabla N° 3.1: Codificación de cuencas hasta el nivel 5

Nombre UH 01	Nombre UH 02	Nombre UH 03	Nombre UH 04	Código Nivel 05	Nombre Cuenca/Intercuenca
Región Hidrográfica del Titicaca	Unidad Hidrográfica 01	Unidad Hidrográfica 017	Huancané	01781	Bajo Huancané
				01782	Llache
				01783	Medio Bajo Huancané
				01784	Tuyto
				01785	Medio Huancané
				01786	Muñani
				01787	Medio Alto Huancané
				01788	Pistune
				01789	Alto Huancané

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

La superficie total de la cuenca del río Huancané es de 3631.21 km². Sus características fisiográficas principales son las siguientes:

- Perímetro de la cuenca : 422.07 km.
- Longitud del cauce principal : 140.61 km.
- Cota máxima de la cuenca : 5100 m.s.n.m.
- Cota mínima de la cuenca : 3805 m.s.n.m.
- Pendiente media de la cuenca : 0.0067 m/m.
- Pendiente media del cauce principal : 0.0008 m/m.

Además, la Sub Cuenca Bajo Huancané tiene una superficie total de 246.43 km². Sus características fisiográficas principales son las siguientes:

- Perímetro de la cuenca : 83.11 km.

- Longitud del cauce principal : 30.17 km.
- Cota máxima de la cuenca : 4555 m.s.n.m.
- Cota mínima de la cuenca : 3805 m.s.n.m.
- Pendiente media de la cuenca : 0.0218 m/m.
- Pendiente media del cauce principal : 0.00015 m/m.

3.1.3. USO MAYOR DE SUELOS

Para la clasificación de uso mayor de suelos en la cuenca Huancané, se ha utilizado el mapa elaborado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), donde muestra la calidad y sus características principales de suelos significativos y los mapas cartográficos elaborados por el Instituto Geográficos Nacional Peruano, a partir del cual se elaboró un mapa de uso mayor de suelos para la cuenca Huancané que se muestra en el Anexo IX. A continuación se muestra una descripción en forma general, de cada uso mayor de suelo presente en la cuenca Huancané indicada por la ANA.

1) Cultivos en Limpio (A3c-P1c)

Se tratan de tierras aptas para cultivos en limpio con calidad agrologica baja y con limitaciones de clima, combinados con tierras aptas para pastos con calidad agrologica alta y con limitaciones de clima, se localiza en la zona baja de la cuenca Huancané, distribuida en las subcuencas Bajo Huancané, Llache, Tuyto, Medio Bajo Huancané y Pistune.

Esta clasificación de uso mayor de tierra ocupa una extensión de 428.16 km², que representa el 11.79 % del área total de la cuenca, área que sirve para cultivo en limpio.

2) Aptas para Pastos (P1c)

Se tratan de tierras aptas para pastos con calidad agrologica alta y con limitaciones de clima, se localiza en la zona media de la cuenca Huancané, distribuida en las subcuencas Tuyto, Medio Bajo Huancané, Medio Huancané, Medio Alto Huancané, Muñani, Alto Huancané y Pistune.

Esta clasificación de uso mayor de tierra ocupa una extensión de 544.84 km², que representa el 15.00 % del área total de la cuenca, área que sirve para pastos destinados a forraje de animales de origen pecuario.

3) Aptas para Pastos (P2e)

Se tratan de tierras aptas para pastos con calidad agrologica media y con limitaciones de erosión, se localiza en la zona alta de la cuenca Huancané, distribuida en las subcuencas Muñani y Alto Huancané.

Esta clasificación de uso mayor de tierra ocupa una extensión de 25.36 km², que representa el 0.70 % del área total de la cuenca, área que no es apta para fines agrícolas, pero es adecuado para pasturas naturales y pasturas cultivadas considerando medidas de protección por la posible erosión del suelo.

4) Tierras de Protección (X)

Se tratan de tierras de protección, inapropiadas para el desarrollo agropecuario y explotación forestal dentro de márgenes económicos, se localiza en la zona alta de la cuenca Huancané, distribuida en las subcuencas Muñani y Alto Huancané.

Esta clasificación de uso mayor de tierra ocupa una extensión de 169.73 km², que representa el 4.67 % del área total de la cuenca, área con cobertura vegetal muy pobre y que pueden prestar gran valor económico para otros usos como el desarrollo de la actividad minera.

5) Tierras de Protección (X-P2e)

Se tratan de tierras de protección, combinados con tierras aptas para pastos con calidad agrologica media y con limitaciones de erosión, se localiza en la zona baja, media y alta de la cuenca Huancané, siendo el uso de suelo más abundante de la cuenca, distribuida en las subcuencas Bajo Huancané, Medio Bajo Huancané, Llache, Tuyto, Medio Huancané, Pistune, Medio Alto Huancané, Muñani y Alto Huancané.

Esta clasificación de uso mayor de tierra ocupa una extensión de 2430.46 km², que representa el 66.93 % del área total de la cuenca, área que cuenta con zonas de cobertura vegetal muy pobre y otras áreas que no son aptas para fines agrícolas, pero son adecuadas para pasturas naturales y pasturas cultivadas considerando medidas de protección por la posible erosión del suelo.

3.1.4. TIPIFICACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) la cuenca Huancané en su extensión cuenta con nueve unidades hidrográficas básicas o subcuencas, dicha subdivisión se realizó utilizando el método de Pfafstetter. A continuación se describe cada unidad hidrográfica de la cuenca Huancané.

A. UNIDAD HIDROGRÁFICA BAJO HUANCANÉ

Políticamente se encuentra ubicada en los distritos de Huancané, Chupa y Vilquechico, provincia de Huancané y Azangaro, región de Puno. Hidrográficamente se localiza en la parte baja de la cuenca del río Huancané; por sus características hidrográficas es una intercuenca, que recibe el aporte de agua de los ríos afluentes. La unidad hidrográfica Bajo Huancané abarca una superficie de 246.43 km² y representa el 6.79% de la cuenca del río Huancané. El curso principal es el tramo río Huancané y cuya longitud es de 30.17 km. El cauce del tramo río Huancané presenta una pendiente media de 0.015%. El cauce en su recorrido presenta formas meándricas a consecuencia de la baja pendiente del río. Las vías de acceso en esta subcuenca son ejes viales principales y secundarios que comunica el distrito de Huatasani y centros poblados del entorno con la ciudad de Huancané.

B. UNIDAD HIDROGRÁFICA LLACHE

Políticamente se encuentra ubicada en los distritos de Pedro Vilca Apaza, Chupa, Huancané, Putina y Huatasani, provincias de San Antonio de Putina, Azangaro y Huancané, región de Puno. Hidrográficamente se localiza en la parte media baja de la cuenca del río Huancané; por sus características hidrográficas es uno de los tributarios que aporta sus aguas en forma directa a la cuenca Huancané; teniendo el principal afluente el río Pichacane por la margen izquierda. La unidad hidrográfica Llache abarca una superficie de

162.01 km² y representa el 4.46% de la cuenca del río Huancané. El curso principal nace de la quebrada Sasahuine - río Cala Cala - río Llache y cuya longitud es de 40.01 km, desde la naciente del cauce principal quebrada Sasahuine hasta la desembocadura al río Huancané. El cauce del río Llache presenta una pendiente media de 2.08%. El cauce en la parte media y baja de su recorrido presenta formas meándricas a consecuencia de la baja pendiente del río. Las vías de acceso en esta subcuenca son ejes viales principales y secundarios que comunican los distritos de Huatasani y Pedro Vilca Apaza, y centros poblados del entorno con la ciudad de Huancané.

C. UNIDAD HIDROGRÁFICA MEDIO BAJO HUANCANÉ

Políticamente se encuentra ubicada en los distritos de Huatasani y Huancané, provincia de Huancané, región de Puno. Hidrográficamente se localiza en la parte media baja de la cuenca del río Huancané; por sus características hidrográficas es una intercuenca, que recibe el aporte de agua de los ríos afluentes. La unidad hidrográfica Medio Bajo Huancané abarca una superficie de 48.08 km² y representa el 1.32% de la cuenca del río Huancané. El curso principal es el tramo río Huancané y cuya longitud es de 10.85 km, desde la confluencia de los ríos Putina y Tuyto hasta la confluencia con el río Llache. El cauce del tramo río Huancané presenta una pendiente media de 0.02%. El cauce en su recorrido presenta formas meándricas a consecuencia de la baja pendiente del río. Las vías de acceso en esta subcuenca son ejes viales principales y secundarios que comunica el distrito de Huatasani y centros poblados del entorno con la ciudad de Huancané.

D. UNIDAD HIDROGRÁFICA TUYTO

Políticamente se encuentra ubicada en los distritos de Huancané, Inchupalla, Vilquechico, Rosaspata, Moho, Huayrapata y Cojata; provincias de Huancané y Moho, región de Puno. Hidrográficamente se localiza en la parte media baja de la cuenca del río Huancané; por sus características hidrográficas es uno de los tributarios principales que aporta sus aguas en forma directa a la cuenca Huancané; teniendo los principales afluentes los ríos Guitarrane y Huayllacuyo por la margen izquierda, los ríos, Despansane y Pacchacuyo por la margen derecha. La unidad hidrográfica Tuyto abarca una superficie de

1107.37 km² y representa el 30.50% de la cuenca del río Huancané. El curso principal nace de la quebrada Chilluparje - río Achucachi - río Yaputira - río Quellocarca - río Osoca - río Tuyto y cuya longitud es de 92.27 km, desde la naciente del cauce principal hasta la confluencia con el río Putina. El cauce del río Tuyto presenta una pendiente media de 0.77%. El cauce en la parte media y baja de su recorrido presenta formas meándricas a consecuencia de la baja pendiente del río. Las vías de acceso en esta subcuenca son ejes viales principales y secundarios que comunican los distritos de Huatasani, Vilquechico, Rosaspata, Moho y Cojata, y centros poblados del entorno con la ciudad de Huancané.

E. UNIDAD HIDROGRÁFICA MEDIO HUANCANÉ

Políticamente se encuentra ubicada en los distritos de Huatasani, Inchupalla, Putina, Pedro Vilca Apaza y Quilcapunco, provincias de Huancané y San Antonio de Putina, región de Puno. Hidrográficamente se localiza en la parte media de la cuenca del río Huancané; por sus características hidrográficas es una intercuenca, que recibe el aporte de agua de los ríos afluentes. La unidad hidrográfica Medio Huancané abarca una superficie de 231.10 km² y representa el 6.36% de la cuenca del río Huancané. El curso principal es el río Putina y cuya longitud es de 36.45 km, desde la confluencia de los ríos Pongongoni y Muñani hasta la confluencia con el río Tuyto. El cauce del río Putina presenta una pendiente media de 0.07%. El cauce en su recorrido presenta formas meándricas a consecuencia de la baja pendiente del río. Las vías de acceso en esta subcuenca son ejes viales principales y secundarios que comunican los distritos de Huatasani y Putina, y centros poblados del entorno con la ciudad de Huancané.

F. UNIDAD HIDROGRÁFICA MUÑANI

Políticamente se encuentra ubicada en los distritos de Putina, Muñani y Potoni; provincias de San Antonio de Putina y Azángaro, región de Puno. Hidrográficamente se localiza en la parte alta de la cuenca del río Huancané; por sus características hidrográficas es uno de los tributarios principales que aporta sus aguas en forma directa a la cuenca Huancané; teniendo los principales afluentes los ríos Palca y Tarucani por la margen izquierda. La

unidad hidrográfica Muñani abarca una superficie de 889.68 km² y representa el 24.50% de la cuenca del río Huancané. El curso principal nace de la quebrada Pujro Utcaña - quebrada Jalivaña - quebrada Huancollo – río Guanaco - río Mallquini - río Muñani y cuya longitud es de 70.57 km, desde la naciente del cauce principal hasta la confluencia con el río Pongongoni. El cauce del río Muñani presenta una pendiente media de 1.27%. El cauce en la parte baja de su recorrido presenta formas meándricas a consecuencia de la baja pendiente del río. Las vías de acceso en esta subcuenca son ejes viales principales y secundarios que comunican los distritos de Huatasani, Putina y Muñani, y centros poblados del entorno con la ciudad de Huancané.

G. UNIDAD HIDROGRÁFICA MEDIO ALTO HUANCANÉ

Políticamente se encuentra ubicada en el distrito de Putina, provincia de San Antonio de Putina, región de Puno. Hidrográficamente se localiza en la parte media alta de la cuenca del río Huancané; por sus características hidrográficas es una intercuenca, que recibe el aporte de agua de los ríos afluentes. La unidad hidrográfica Medio Alto Huancané abarca una superficie de 42.31 km² y representa el 1.17% de la cuenca del río Huancané. El curso principal es el río Pongongoni y cuya longitud es de 16.15 km, desde la confluencia de los ríos Pistune y Puncune hasta la confluencia con el río Muñani. El cauce del río Pongongoni presenta una pendiente media de 0.04%. El cauce en su recorrido presenta formas meándricas a consecuencia de la baja pendiente del río. Las vías de acceso en esta subcuenca son ejes viales principales y secundarios que comunican los distritos de Huatasani y Putina, y centros poblados del entorno con la ciudad de Huancané.

H. UNIDAD HIDROGRÁFICA PISTUNE

Políticamente se encuentra ubicada en los distritos de Putina, Quilcapunco e Inchupalla; provincias de San Antonio de Putina y Huancané, región de Puno. Hidrográficamente se localiza en la parte media de la cuenca del río Huancané; por sus características hidrográficas es uno de los tributarios principales que aporta sus aguas en forma directa a la cuenca Huancané; teniendo los principales afluentes los ríos Humajalso, Chejolla Jahuirá, Chaullanetira y Combuco por la margen derecha. La unidad hidrográfica

Pistune abarca una superficie de 379.53 km² y representa el 10.45% de la cuenca del río Huancané. El curso principal nace de la quebrada Machaypunco - río Humullo - río Inchupalla - río Achajahuira - río Pistune y cuya longitud es de 51.89 km, desde la naciente del cauce principal hasta la confluencia con el río Puncune. El cauce del río Pistune presenta una pendiente media de 1.64%. El cauce en la parte media y baja de su recorrido presenta formas meándricas a consecuencia de la baja pendiente del río. Las vías de acceso en esta subcuenca son ejes viales principales y secundarios que comunican los distritos de Huatasani, Putina, Inchupalla y Vilquechico, y centros poblados del entorno con la ciudad de Huancané.

I. UNIDAD HIDROGRÁFICA ALTO HUANCANÉ

Políticamente se encuentra ubicada en los distritos de Putina, Quilcapunco y Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región de Puno. Hidrográficamente se localiza en la parte alta de la cuenca del río Huancané; por sus características hidrográficas es uno de los tributarios principales que aporta sus aguas en forma directa a la cuenca Huancané; teniendo los principales afluentes los ríos Jarcapunco, Acuyo y Alvarizani por la margen izquierda, los ríos Choquene, Furcapunco y Larcamayo por la margen derecha. La unidad hidrográfica Alto Huancané abarca una superficie de 524.70 km² y representa el 14.45% de la cuenca del río Huancané. El curso principal nace de la quebrada Chiptane – quebrada Jarccapunco - río Toco Toco - río Ticani – río Puncune y cuya longitud es de 47.00 km, desde la naciente del cauce principal hasta la confluencia con el río Pistune. El cauce del río Principal presenta una pendiente media de 1.98%. El cauce en la parte baja de su recorrido presenta formas meándricas a consecuencia de la baja pendiente del río. Las vías de acceso en esta subcuenca son ejes viales principales y secundarios que comunican los distritos de Huatasani, Putina, Quilcapunco, Ananea, Cojata y Vilque Chico, y centros poblados del entorno con la ciudad de Huancané.

3.2. MATERIALES

Para la ejecución de la tesis se utilizaron los siguientes programas e información:

3.2.1. PROGRAMAS UTILIZADOS

- Microsoft Office 2010.
- Autocad 2014.
- Autodesk Civil 3d 2014.
- Global Mapper 16.
- Google Earth Pro 7.1.4.
- Hec – Hms 4.1
- Hec – Ras 4.1
- Hec – GeoRas 10.2
- Arc Gis 10.2.1

3.2.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA

- Mapas de la Carta Nacional elaborados por el Instituto Geográfico Nacional Peruano (IGN), digitalizados bajo el entorno de GIS con equidistancia de curvas de nivel de 50 m.
- Mapa de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras del Perú a escala 1/1'000,000 elaborado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), publicado en 1981.
- Mapa de Cuencas Hidrográficas elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), digitalizados bajo el entorno de GIS, publicado en 2007.
- Mapas de límites departamentales, provinciales y distritales elaborados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), digitalizados bajo el entorno de GIS, publicado en 2007.
- Imágenes satelitales de Google Earth con fecha del 2013.
- Modelo Digital de Elevación con resolución de 1 arc-second (30 m aproximadamente) construidos por el radiómetro ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection), perteneciente a la alianza entre la NASA y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón, que pusieron en marche en 1999.
- Información de datos meteorológicos, correspondiente a 12 estaciones, recolectados y presentados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) entre los años 1985 – 2014 para precipitaciones

máximas en 24 horas mensual. La lista de las estaciones con datos adquiridos se muestran en la Tabla N° 3.2.

- Información de precipitación total mensual como promedio multimensual entre los años 1956 – 2009, correspondientes a 11 estaciones, obtenido del “Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches”, publicado por la ANA y que fue elaborado con datos recolectados por el SENAMHI en dicho periodo. Las estaciones usadas son las mismas que se muestran en la Tabla N° 3.2 a excepción de la estación PUCARA.
- Información de la demanda hídrica en la Cuenca Huancané obtenido del “Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches” que utiliza la información proporcionada por la Administración Local de Agua (ALA) Huancané, para determinar la demanda agrícola, poblacional y minera.

**Tabla N° 3.2: Estaciones meteorológicas con datos adquiridos al
SENAMHI**

N°	Estación	Código	Ubicación Política			Ubicación Geográfica		
			Dpto.	Provincia	Distrito	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
1	CRUCERO	114058	PUNO	CARABAYA	CRUCERO	14°21'51.1"	70°01'33.3"	4183
2	CP PROGRESO	114040	PUNO	AZANGARO	ASILLO	14°41'24.4"	70°01'24.7"	2980
3	PUCARA	115046	PUNO	LAMPA	PUCARA	15°02'44.2"	70°21'59.9"	3900
4	AZÁNGARO	114041	PUNO	AZANGARO	AZANGARO	14°54'51.7"	70°11'26.7"	3863
5	MUÑANI	114042	PUNO	AZANGARO	MUÑANI	14°46'01.0"	69°57'06.5"	3948
6	ANANEA	114050	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	14°40'42.4"	69°32'03.3"	4660
7	ARAPA	115035	PUNO	AZANGARO	ARAPA	15°08'10.5"	70°07'05.6"	3830
8	PUTINA	114093	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	PUTINA	14°54'52.6"	69°52'03.9"	3878
9	COJATA	115119	PUNO	HUANCANÉ	COJATA	15°01'31.5"	69°21'49.3"	4380
10	TARACO	115047	PUNO	HUANCANÉ	TARACO	15°18'42.0"	69°58'20.9"	3849
11	HUANCANÉ	115037	PUNO	HUANCANÉ	HUANCANÉ	15°12'05.4"	69°45'12.8"	3890
12	HUARAYA MOHO	115038	PUNO	MOHO	MOHO	15°23'17.8"	69°29'03.4"	3890

Fuente: SENAMHI

3.3. METODOLOGÍA

De la información meteorológica adquirida para el estudio, precipitación máxima en 24 horas, registrada por el SENAMHI – Puno, entre los años 1985 – 2014 (30 años) de 12 estaciones, 4 estaciones se encuentran dentro de la cuenca (CP PROGRESO, MUÑANI, PUTINA y HUANCANÉ) y 8 estaciones de apoyo alrededor de la cuenca (CRUCERO, PUCARA, AZÁNGARO, ANANEA, ARAPA, COJATA, TARACO y HUARAYA MOHO); una copia de los datos de dichas estaciones se presentan en el Anexo II, mientras que el plano de la ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas se encuentran en el Anexo IX.

Además se utiliza la información de precipitación total mensual como promedio multimensual entre los años 1956 – 2009 de las mismas estaciones mencionadas anteriormente a excepción de la estación PUCARA obtenido del “Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches”, publicado por la ANA y la información de la demanda hídrica en la Cuenca Huancané obtenido de la misma fuente, para determinar la demanda agrícola, poblacional y minera.

El tipo de modelo hidrológico elegido es matemático, determinístico, según la discretización espacial cuasidistribuido; utilizando para tal fin el método de modelación del programa HEC-HMS. Para lo cual se utilizó el registro de Precipitación Máxima en 24 horas adquirido al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), de esta información se realizó el completado de datos faltantes, un análisis estadístico, para la posterior análisis hidrológico y obtención de los caudales medios y máximos a distintos periodos de retorno, y finalmente realizar el análisis hidráulico para determinar el Potencial Hídrico y Puntos de Riesgo ante inundaciones en la subcuenca Bajo Huancané. Además la Autoridad Nacional del Agua con su Administración Local de Agua Huancané en el año 2010 desarrollo un Proyecto: Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Huancané y Suches del cual publicó 2 documentos el “Inventario de Fuentes de Agua Superficiales de las Cuencas Huancané y Suches”, y “Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches”, los cuales han sido revisados para la elaboración del presente estudio.

3.3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.3.1.1. Completado de la Información

De los registros 12 registros meteorológicos entre los años 1985 – 2014 para precipitaciones máximas en 24 horas mensual, la estación AZÁNGARO presenta datos faltantes entre los años 1985 – 1993. Para completar estos datos se utilizó en el presente trabajo el método de las “Regresiones Múltiples”, descrito en la sección 2.1.6.3.2 del Capítulo II. Utilizándose 3 variables, es decir, 3 estaciones completas para estimar los datos faltantes de la estación incompleta; estas estaciones fueron seleccionadas tomando en cuenta su correlación con los datos de la estación incompleta, para lo cual se utilizó el método del “Coeficiente de correlación lineal de Pearson”, descrito en la sección 2.1.6.3.1 del Capítulo II.

3.3.1.2. Análisis de Consistencia

Con la finalidad de determinar la consistencia de la información pluviométrica disponible y completada, de la serie de datos en las estaciones seleccionadas, es que se realizó el análisis de consistencia. Se utilizan habitualmente tres puntos de vista, que son también los que se utilizarán en el presente estudio:

- Análisis visual de hidrogramas, descrito en la sección 2.1.11.1.1.
- Análisis de doble masa, descrito en la sección 2.1.11.1.2.
- Análisis estadístico tanto en la media como en la desviación estándar con las pruebas “T” y “F”, descrito en la sección 2.1.11.1.3.

3.3.1.3. Distribución de probabilidad para las variables hidrológicas

Entre las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología para extrapolar las precipitaciones máximas a distintos periodos de retorno, se utilizaron en el presente estudio las siguientes:

- Distribución Log-Normal de II parámetros, descrita en la sección 2.1.11.3.1.
- Distribución Gumbel, descrita en la sección 2.1.11.3.2.
- Distribución Log-Pearson Tipo III, descrita en la sección 2.1.11.3.3.

Considerando el Método de los Momento y el Método de la Máxima Verosimilitud para hallar los parámetros de cada función de distribución. Además previo a realizar el análisis se ordenaron los valores de la serie de cada estación de mayor a menor, prescindiendo del año de ocurrencia, luego se asignará a cada valor una probabilidad de excedencia, usando la fórmula de Weibull, descrita en la sección 2.1.11.2.1 del Capítulo II.

3.3.1.4. Selección de la función de distribución de probabilidad

Para seleccionar la función de distribución de probabilidad que mejor se ajuste a las precipitaciones máximas, se utilizó la prueba de ajuste gráfico, Error cuadrático mínimo y las pruebas estadísticas de bondad del ajuste: Chi cuadrado y Kolmogorov-Smirnov. Luego se calificó las funciones según el orden de preferencia indicado por cada prueba para elegir la función de distribución que mejor se ajuste a los datos observados.

3.3.1.4.1. Análisis gráfico

Se utiliza como método preliminar en el cual se inspecciona una gráfica donde se haya dibujado cada una de las diferentes funciones junto con los datos medidos. Luego se analiza el gráfico para elegir la función de distribución de probabilidad que se apege visualmente mejor a los datos medidos.

3.3.1.4.2. Método de error cuadrático mínimo

Consiste en calcular la diferencia entre lo calculado con la función y lo estimado con los datos observados, según se describe en la sección 2.1.11.4.2.

3.3.1.4.3. Prueba de bondad de ajuste: Chi cuadrado

Se realizó la prueba siguiendo lo descrito en la sección 2.1.11.4.3 del Capítulo II.

3.3.1.4.4. Prueba de bondad de ajuste: Kolmogorov-Smirnov

Esta prueba tiene la ventaja sobre la de Chi cuadrado en que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La prueba se realizó como se indica en la sección 2.1.11.4.4 del Capítulo II.

3.3.1.5. Cálculo de las precipitaciones máximas de diseño mediante las funciones de distribución de probabilidad

Una vez seleccionada la función de distribución de probabilidad que mejor se adecua a los datos de cada estación, se procede a calcular las precipitaciones máximas anuales en 24 horas, utilizando dichas funciones, con las relaciones mostradas en la sección 2.1.11.5 del Capítulo II.

3.3.2. MODELO PARA ESTIMAR CAUDALES MEDIOS Y MÁXIMAS AVENIDAS

En la actualidad existen muchos modelos hidrológicos con aplicaciones diversas que han dado muy buenos resultados, para el presente estudio se usará el programa HEC-HMS en su versión 4.1, el cual tiene una gran aceptación internacional y es distribuido libremente, para la simulación hidrológica de la cuenca en estudio, estimar volúmenes medios, caudales medios y el caudal máximo de salida a distintos periodos de retorno en la cuenca. El manejo del programa se describe en la directiva de aplicación del Anexo I.

3.3.2.1. Componentes del modelo para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

Los componentes del modelo configurados para la modelación hidrológica de la Cuenca Huancané son:

- Modelos de cuencas.
- Modelos meteorológicos.
- Especificaciones de control.

3.3.2.3.1. Modelo de cuenca para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

Para el caso de la cuenca Huancané se utilizaron los elementos: subcuenca (subbasin), canal (reach) y unión (junction). Los métodos de cálculo elegidos para los elementos hidrológicos utilizados en el modelado de la cuenca Huancané son:

- Subcuenca: En el caso de la “cubierta” que representa la evapotranspiración se eligió “ninguno”, debido a la poca relevancia de esta en la escorrentía, la gran extensión de la cuenca, la poca

vegetación y cultivos presente en el área de la cuenca y la dificultad para la obtención de datos precisos para su cálculo. En el caso de la “Superficie” que representa el suelo donde el agua puede acumularse en zonas de almacenamiento se eligió “ninguno”, debido a la poca relevancia de esta en la escorrentía, la gran extensión de la cuenca y la dificultad para la obtención de datos precisos para su cálculo. En el caso de las “Pérdidas” fundamentalmente referidas a las producidas por la infiltración, se eligió “Número de curva (CN) del Soil Conservation Service”, debido a la facilidad de cálculo ya que depende únicamente de la variable “Número de curva”. En el caso de la “Escorrentía” que representa la transformación de la precipitación dentro del área de la subcuenca en escorrentía, se eligió “Hidrograma unitario del Soil Conservation Service”, debido a la facilidad de cálculo ya que depende principalmente de la variable “Tiempo de retardo” y la elección del tipo de hidrograma unitario en función al PRF (peak rate factor), eligiéndose el estándar establecido por la SCS de 484. En el caso del “Flujo base” que representa el flujo base en el subsuelo, se eligió “Ninguno”, debido a la poca relevancia de esta en la escorrentía, la gran extensión de la cuenca y la dificultad para la obtención de datos precisos para su cálculo.

- Canal: En el caso del “Tránsito” del agua en el río, se eligió “Muskingum-Cunge”, debido a que los datos a introducir se pueden obtener de mapas elaborados por el IGN y Google Earth. En el caso de “Pérdidas/Ganancias”, que representa la pérdida o ganancia en el canal adicionales a la infiltración producidos por ejemplo por el movimiento en el canal, se eligió “Ninguno”, debido a la poca relevancia de esta en la escorrentía.
- Unión: Representa el caudal proveniente de uno o más subcuencas.
- Salida: Representa el caudal de salida de la cuenca.

A. Características fisiográficas de las subcuencas

Las características fisiográficas de las subcuencas se obtuvieron mediante el análisis de los mapas topográficos y cartográficos elaborados por el Instituto Geofísico Nacional Peruano (IGN), el mapa de cuencas

hidrográficas elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y mapas digitales de Google Earth.

Tabla N° 3.3: Métodos para los cálculos en las subcuencas y los canales elegidos para el modelado

Elemento	Tipo de Cálculo	Método
Subcuenca	Cubierta	Ninguno
	Superficie	Ninguno
	Pérdidas	Número de curva (CN) del Soil Conservation Service
	Escorrentía	Hidrograma unitario del Soil Conservation Service
	Flujo base	Ninguno
Canal	Tránsito	Muskingum-Cunge
	Pérdidas/Ganancias	Ninguno
Unión	Ninguno	Ninguno
Salida	Ninguno	Ninguno

Fuente: Elaboración propia

B. Cálculo del tiempo de concentración y retardo

Para el cálculo del tiempo de concentración se utilizaron las fórmulas mostradas en la sección 2.1.3.1.3 del Capítulo II. En la Tabla 3.4 se muestran los resultados.

C. Determinación del Número de curva (NC) de las subcuencas

Para determinar el número de curva para cada subcuenca, se utilizó el mapa de uso mayor de suelos del Perú a escala 1/1'000,000 elaborado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), el cual fue digitalizado en el Software ArcGis, en base a este y las imágenes satelitales obtenidas de Google Earth se ha clasificado el grupo hidrológico al que pertenece cada uso de suelo y se identificó el tipo de cobertura vegetal, para finalmente determinar el NC en condiciones normales de humedad (AMCII), que se ajusta a las características de la zona de estudio ya que no se encuentra permanentemente húmeda como sucede en las cuencas de la selva alta y tampoco seca como sucede con las cuencas de la costa. En las Tablas 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8 se muestra el cálculo y los resultados.

Tabla N° 3.4: Cálculo del tiempo de concentración y tiempo de retardo

Subcuencas	Bransby-Williams (min)	California Culvert Practice (min)	Kirpich (min)	Témez (min)	Rowe (min)	Formula Californiana del USBR (min)	Promedio tiempo de concentración (min)	Tiempo de retardo (min)
Bajo Huancané	1479.28	1630.58	1628.70	1278.71	1630.44	1622.31	1545.00	927.00
Llache	761.69	302.53	302.18	619.90	302.51	301.00	431.64	258.98
Medio Bajo Huancané	600.57	683.94	683.16	564.69	683.89	680.48	649.45	389.67
Tuyto	1771.09	846.77	845.79	1415.18	846.69	842.47	1094.67	656.80
Medio Huancané	1315.14	1032.42	1031.24	1096.49	1032.34	1027.19	1089.14	653.48
Muñani	1250.49	566.25	565.60	1047.88	566.21	563.38	759.97	455.98
Medio Alto Huancané	762.78	668.17	667.40	649.22	668.11	664.78	680.08	408.05
Pistune	951.30	404.94	404.47	790.14	404.90	402.89	559.78	335.87
Alto Huancané	803.78	349.36	348.95	707.49	349.33	347.58	484.41	290.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 3.5: Número de curva para cada uso mayor de suelos presente en la cuenca Huancané

Uso de suelos	Clase de cubierta	Condición hidrológica	Grupo hidrológico	NC
A3c-P1c	Cultivos alineados	Buena	B	78
P1c	Pastizales	Buena	B	61
P2e	Pastizales	Regular	A	49
X	Prados	-	B	58
X-P2e	Pastizales	Regular	C	79
Lagos	-	-	-	100
Urbano	Residencial	-	B	85
Red Vial	Camino	-	B	84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 3.6: Área correspondiente a cada uso mayor de suelo en las subcuencas de la Cuenca Huancané

Subcuencas	ÁREA (Km ²)							
	A3c-P1c	P1c	P2e	X	X-P2e	Lagos	Urbano	R. Vial
Bajo Huancané	124.52				108.11	12.17	1.42	0.20
Llache	55.07				106.89	0.04		0.01
Medio Bajo Huancané	9.55	5.10			32.77	0.08	0.53	0.04
Tuyto	208.58	46.29			843.38	8.97	0.15	
Medio Huancané		73.98			155.65	0.92	0.44	0.11
Muñani		165.10	24.13	64.68	630.80	3.81	1.16	
Medio Alto Huancané		23.97			17.82	0.06	0.39	0.06
Pistune	30.44	69.96			278.80	0.28		0.05
Alto Huancané		160.44	1.22	105.05	256.24	1.54		0.21

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 3.7: Área por NC correspondiente a cada uso mayor de suelo en las subcuencas de la Cuenca Huancané

Subcuencas	ÁREA POR NC							
	A3c-P1c	P1c	P2e	X	X-P2e	Lagos	Urbano	R. Vial
Bajo Huancané	9712.67				8540.66	1217.25	120.54	17.07
Llache	4295.63				8444.12	4.01		1.18
Medio Bajo Huancané	744.91	311.23			2589.11	8.00	45.32	3.56
Tuyto	16268.91	2823.70			66627.31	896.92	13.00	
Medio Huancané		4512.80			12296.11	91.89	37.54	9.35
Muñani		10070.89	1182.54	3751.33	49833.28	381.24	98.55	
Medio Alto Huancané		1462.46			1407.86	6.49	33.14	4.85
Pistune	2374.13	4267.39			22025.03	28.28		4.16
Alto Huancané		9786.99	59.86	6093.03	20242.62	153.82		17.80

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 3.8: Número de curva para cada subcuenca en la Cuenca Huancané

Subcuencas	NC Ponderado
Bajo Huancané	79.57
Llache	78.67
Medio Bajo Huancané	77.00
Tuyto	78.23
Medio Huancané	73.34
Muñani	73.42
Medio Alto Huancané	68.89
Pistune	75.62
Alto Huancané	69.29

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.3.2. Modelo meteorológico para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

En el presente estudio se considerará únicamente la precipitación debido a que dentro de la cuenca no se presentan nevados para la producción de agua por deshielos y la evapotranspiración y nieve no tienen un gran impacto

en la producción de escorrentía en la cuenca, además de la dificultad para obtener los datos necesarios para calcularlos.

Para el caso de máximas avenidas, se determinará la precipitación que ingresa a la subcuenca, mediante una tormenta de diseño que simula el proceso precipitación – escorrentía. Debido a que en la zona de estudio no se encuentran instalados pluviógrafos que brinden información detallada de las tormentas, es que se ha optado por utilizar el método del hietograma sintético de tormentas diseñado por el Soil Conservation Service del U.S. Departamento og Agriculture utilizado en los Estados Unidos con duraciones de tormenta de 24 horas. Existen cuatro tormentas de 24 horas de duración: Tipo I, IA, II y III, método que es utilizado por algunas instituciones del Perú como el SENAMHI. Para este estudio se utilizará la tormenta de diseño Tipo II, ya que las características de esta son similares a las tormentas que se presenta en la zona de estudio. Mientras que para calcular los caudales medios, que representan más de una tormenta por mes se optó por el método del hietograma específico, distribuyendo la precipitación total promedio en el transcurso de cada mes y para cada subcuenca.

A. Cálculo de la precipitación promedio areal en las subcuencas por el método de isoyetas

El método se describe en el Capítulo II, sección 2.1.6.2 apartado C. En el presente estudio se utiliza como herramienta de apoyo el programa ArcGis, seleccionando como método de interpolación el Kriging.

3.3.2.3.3. Especificaciones de control para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

Para la modelación de la Cuenca Huancané en caso de precipitación máxima en 24 horas, se consideró un tiempo de duración de 5 días con intervalos de tiempo de 1 hora. Mientras que para la modelación de Cuenca Huancané en caso de precipitación media mensual, se consideró un tiempo de duración de 1 mes, correspondiente al mes a modelar con intervalos de 1 día.

3.3.2.2. Definir la simulación en HEC-HMS

El programa permite definir diversas “Run” de simulaciones combinando diferentes modelos de cuenca, modelos metodológicos y especificaciones de control.

3.3.3. MODELO HIDRÁULICO PARA ELABORAR MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIONES

Para elaborar los mapas de riesgo por inundaciones se consideró lo indicado en el cuaderno Técnico N° 02 “Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales”, publicado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) en el año 2011, el cual considera para la elaboración de mapas de riesgo a inundaciones el análisis del peligro mediante la obtención del tirante hidráulico a distintos periodos de retorno, para lo cual se construyó un modelo hidráulico; y el análisis de la vulnerabilidad de la zona de estudio. El manejo del programa se describe en la directiva de aplicación del Anexo I.

3.3.3.1. Elaboración de mapas de tirante hidráulico para el análisis del peligro ante inundaciones PRRAC para elaborar mapas

Para la elaboración de los mapas de tirante hidráulico se consideró el método PRRAC descrito en la sección 2.1.14.1.3 del Capítulo II. Para su aplicación se siguieron los siguientes pasos:

- Se define conceptualmente, el problema que se quiere resolver, el tipo de modelo que se va a utilizar y el tipo de condición de flujo. Para el presente estudio se realiza el modelo hidráulico unidimensional con la utilización de los programas HEC-RAS, ArcGis y HEC-GeoRAS, considerando un flujo permanente, debido a que se requiere modelar hidráulicamente el cauce principal de la subcuenca Bajo Huancané en condición de caudal máximo a distintos periodos de retorno, sin que los parámetros hidráulicos varíen en relación al tiempo, además tampoco se considera el transporte de sedimentos.
- Para la modelación hidráulica se requiere la geometría del cauce y del terreno en las zonas de las planicies de inundación. De las distintas maneras de obtener estos datos, para el presente estudio se utiliza un modelo digital de elevación (MDE), obtenido del radiómetro ASTER

(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection), datos publicados por la alianza entre la NASA y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón, con una resolución de 30 m (1 arc-sec). Estos datos se descargaron y exportaron al ArcGis con la ayuda del programa Global Mapper.

- A continuación para armar el modelo se construye el modelo matemático con la ayuda de programas y herramientas de CAD o SIG se comienza por digitalizar en la pantalla la posición y la trayectoria de los cauces utilizando como información de fondo mapas topográficos digitales y las curvas de nivel del MDE. El cauce se define mediante la red hidrológica del modelo.
- Luego se dibujan líneas perpendiculares a la dirección del flujo indicando la posición de las secciones transversales que se utilizarán para el cálculo hidráulico. Las alturas del terreno en las secciones transversales se obtienen por intersección de la proyección de las líneas de las secciones con el MDE. Posteriormente se eligen los parámetros de rugosidad del cauce y de las planicies de inundación.
- Luego de definir la geometría del modelo se introducen los datos de flujo necesarios para ejecutar las corridas con el modelo, se fijan los parámetros de control y las opciones para las corridas. Para el presente estudio se utilizaran caudales máximos a periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años.

3.3.3.2. Análisis de vulnerabilidad

Para analizar la vulnerabilidad en la subcuenca Bajo Huancané se consideraron los criterios indicados por el INDECI y que se muestran en el ítem 2.1.14.2 del Capítulo II.

3.3.3.3. Elaboración de mapas de riesgo

Se elaboró los mapas de riesgo considerando los criterios indicados por el INDECI y que se muestran en el ítem 2.1.14 del Capítulo II, con la ayuda del programa ArcGIS.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

4.1.1. Completado de información

Una estación presenta datos faltantes (AZÁNGARO) y otra (ARAPA) presenta un error en la información del mes de febrero del 2014 indicando una altura de precipitación de 129.4 mm en lugar de 29.4 mm. Para completar los datos faltantes se seleccionó el método de “Regresiones múltiples”, utilizando tres estaciones completas que tengan la mayor correlación y cercanía con la estación incompleta.

4.1.1.1. Correlación de datos

Para seleccionar las estaciones que se utilizarán para completar los datos faltantes, se realizó el análisis de la correlación entre la estación AZÁNGARO de datos incompletos y las otras estaciones con datos completos, utilizando el método del “Coeficiente de correlación lineal de Pearson”, descrito en el Capítulo III sección 3.3.1.1.1, cuyo cálculo se muestra en la Tabla N° 4.1.

Según los resultados obtenidos, se tiene que las estaciones con la mayor correlación son CP PROGRESO, PUCARA y PUTINA, estas estaciones además se encuentran cercanas a la estación AZÁNGARO con datos incompletos.

Tabla N° 4.1: Coeficientes de correlación entre la estación AZÁNGARO y demás estaciones

MES	CRUCERO	CP PROGRESO	PUCARA	MUÑANI	ANANEA	ARAPA	PUTINA	COJATA	TARACO	HUANCANÉ	HUARAYA MOHO
ENERO	0.116	0.372	0.213	-0.345	0.112	-0.107	0.080	0.014	-0.215	0.215	0.118
FEBRERO	0.394	0.256	0.286	0.366	-0.275	0.123	0.462	0.064	0.151	0.541	0.247
MARZO	-0.013	-0.047	0.273	-0.061	-0.024	0.065	0.240	-0.098	-0.109	-0.119	0.111
ABRIL	0.282	0.167	0.240	0.036	-0.071	0.272	0.243	-0.130	0.166	0.143	0.160
MAYO	0.079	0.493	0.658	0.090	0.587	0.371	0.804	0.215	0.056	0.116	0.101
JUNIO	0.509	0.859	0.680	0.687	0.326	0.703	0.766	0.538	0.639	0.699	0.670
JULIO	0.742	0.885	0.740	0.773	0.314	0.761	0.643	0.328	0.254	0.713	0.832
AGOSTO	-0.077	0.289	0.634	0.380	0.081	0.702	0.546	0.237	0.822	0.545	0.637
SEPTIEMBRE	-0.015	0.408	0.389	0.560	0.138	0.752	0.496	0.060	0.339	0.359	0.431
OCTUBRE	-0.143	0.722	0.635	0.190	0.359	0.510	0.420	-0.115	0.334	0.488	0.079
NOVIEMBRE	0.382	0.415	0.414	-0.113	0.327	0.235	0.675	0.155	0.049	0.406	0.195
DICIEMBRE	0.111	0.306	0.257	0.018	-0.354	-0.025	0.828	0.127	-0.178	0.287	0.531
PROMEDIO	0.197	0.427	0.452	0.215	0.127	0.364	0.517	0.116	0.192	0.366	0.343

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.2. Completado por regresiones múltiples

Para completar los datos faltantes de precipitación máxima mensual en 24 horas de la estación AZÁNGARO por el método de regresiones múltiples, en función a los datos de las estaciones CP PROGRESO, PUCARA y PUTINA, se ha realizado el cálculo de las constantes de regresión, cuyo detalle se encuentra en el Anexo III, a continuación se muestra los resultados.

Tabla N° 4.2: Constantes de regresión

MES	CONSTANTES DE REGRESIÓN			
	β_0	β_1	β_2	β_3
ENERO	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328
FEBRERO	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735
MARZO	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649
ABRIL	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592
MAYO	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530
JUNIO	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002
JULIO	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082
AGOSTO	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434
SETIEMBRE	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670
OCTUBRE	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910
NOVIEMBRE	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613
DICIEMBRE	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se calcularon los datos de precipitación máxima mensual en 24 horas de la estación AZÁNGARO, cuyo detalle de cálculo se muestra en el Anexo IV. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla N° 4.3: Datos faltantes completados de la estación AZÁNGARO por el método de Regresiones Múltiples

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MES MAX
1985	19.5	22.2	19.0	17.2	4.9	0.7	0.2	2.7	13.9	3.6	31.5	26.7	31.5	NOV
1986	20.5	21.3	21.7	13.9	5.2	0.0	1.5	4.1	10.9	7.9	17.3	29.9	29.9	DIC
1987	17.7	15.5	19.5	12.5	1.1	0.8	5.1	7.3	4.3	24.1	30.6	2.5	30.6	NOV
1988	19.1	20.3	27.1	17.1	4.9	0.0	0.2	5.8	5.5	8.1	7.5	28.4	28.4	DIC
1989	18.8	18.7	24.8	11.4	1.2	2.2	0.3	6.0	11.0	15.0	10.4	18.2	24.8	MAR
1990	16.7	22.3	21.4	8.2	2.3	8.1	0.2	0.0	10.2	15.2	16.3	16.1	22.3	FEB
1991	20.3	19.4	27.0	11.0	5.6	2.7	0.0	2.1	5.1	14.9	13.6	35.7	35.7	DIC
1992	19.1	21.6	19.1	9.6	0.0	2.1	0.0	27.1	8.5	8.0	20.5	31.9	31.9	DIC
1993	23.0	17.9	24.9	15.0	5.5	2.4	3.6	6.4	11.0	14.5	23.1	24.0	24.9	MAR

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Análisis de consistencia de la información meteorológica

Se ha realizado el análisis de consistencia de la información pluviométrica adquirida al SENAMHI para detectar, corregir y eliminar los errores que no se aprecian a simple vista. Esto con el fin de obtener una serie de datos homogénea, consistente y confiable. Los métodos utilizados en el presente estudio son: Análisis visual gráfico de los histogramas, Análisis de doble masa y Análisis estadístico.

4.1.2.1. Análisis visual gráfico de los histogramas

Para este análisis se realizaron los histogramas de precipitación anual con los datos de cada estación, observándose un comportamiento hidrológico similar en los gráficos resultantes, existiendo algunos picos producto de periodos secos y húmedos, que se observan en todos los histogramas. Además se observa un salto de precipitaciones bajas en la segunda mitad de los datos en la estación CRUCERO, un salto de precipitaciones altas en la segunda mitad de los datos en la estación ANANEA y un salto de precipitaciones bajas en la segunda mitad de los datos en la estación HUANCANÉ.

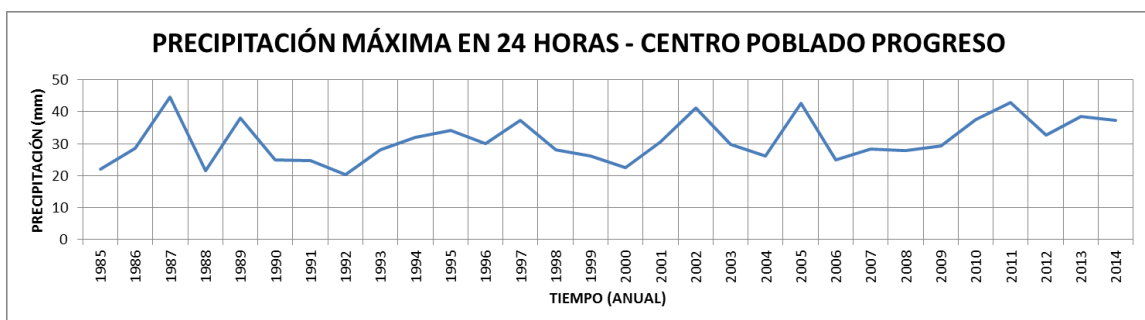
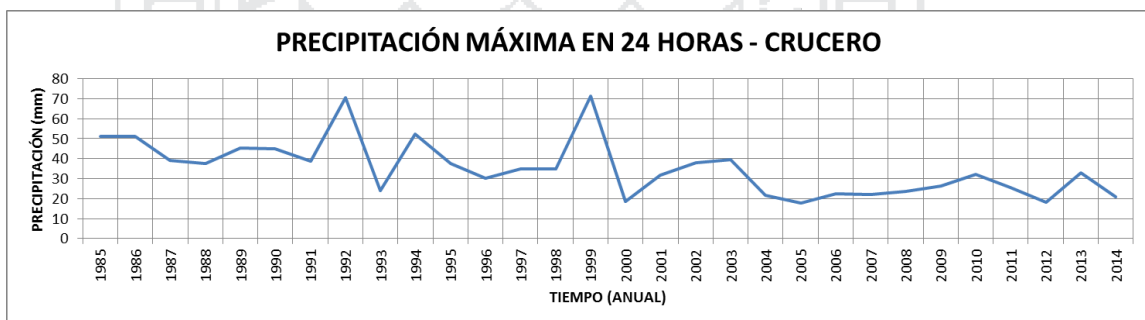


Figura N° 4.1: Histogramas de precipitación máxima en 24 horas anual - I

Fuente: Elaboración Propia

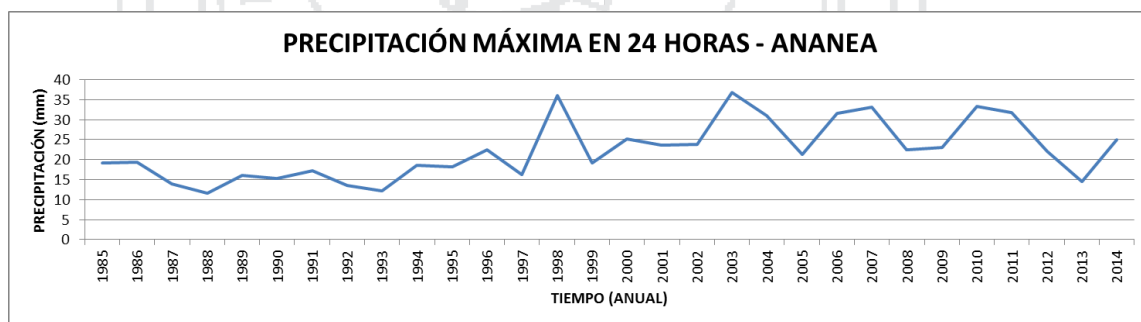
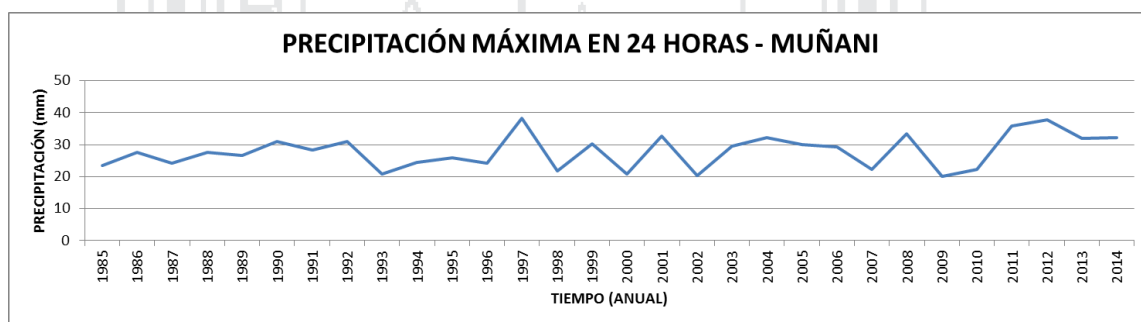
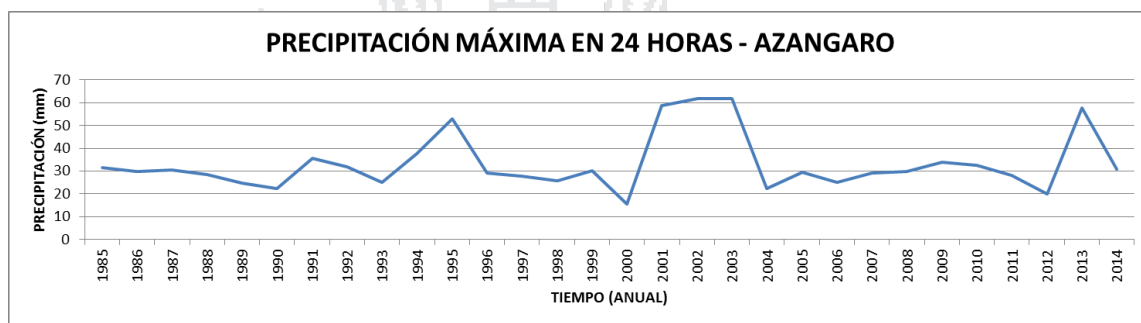
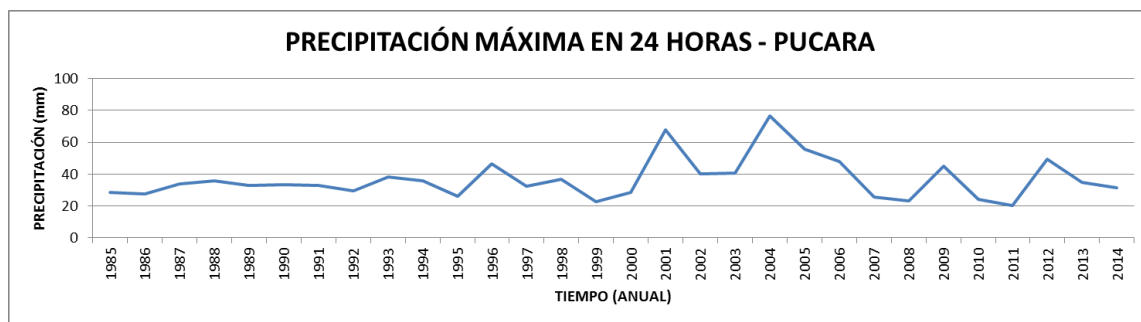


Figura N° 4.2: Histogramas de precipitación máxima en 24 horas anual - II
Fuente: Elaboración Propia

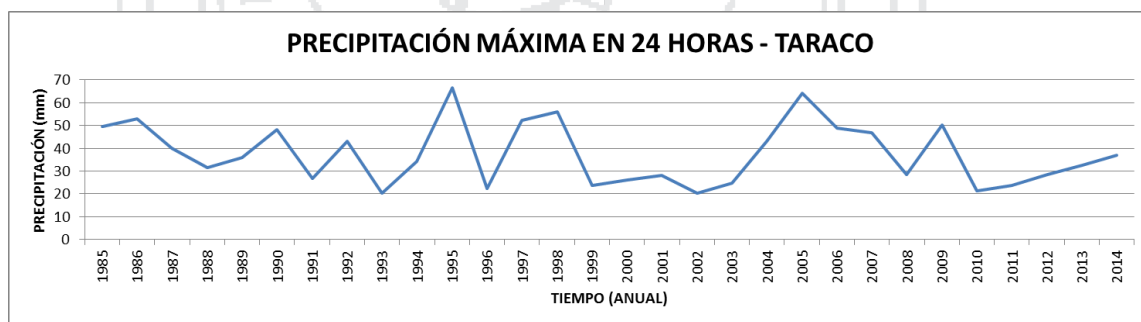
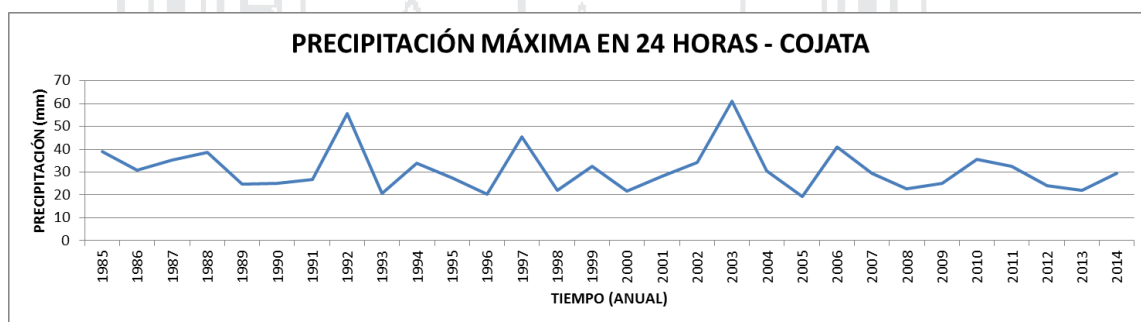
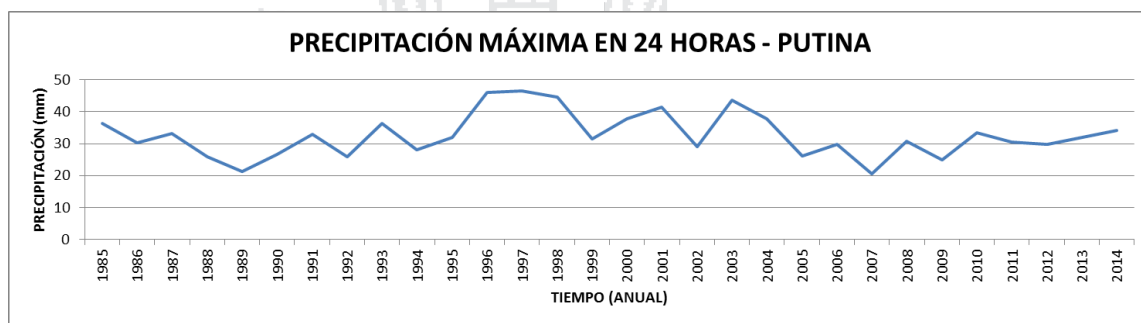
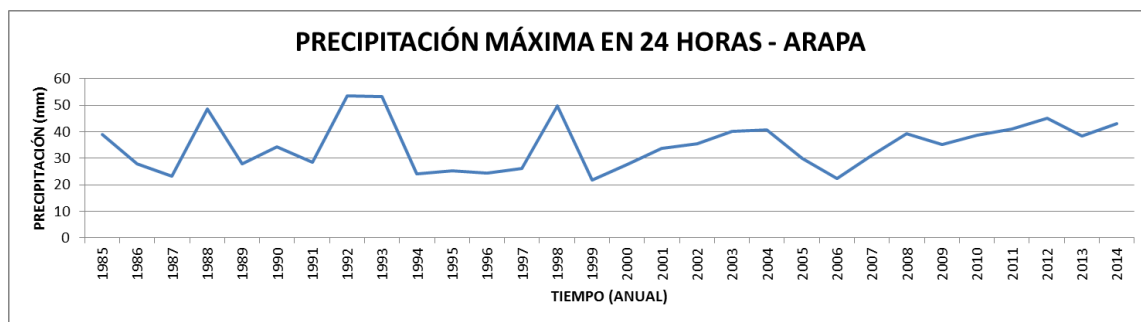


Figura N° 4.3: Histogramas de precipitación máxima en 24 horas anual - III
Fuente: Elaboración Propia

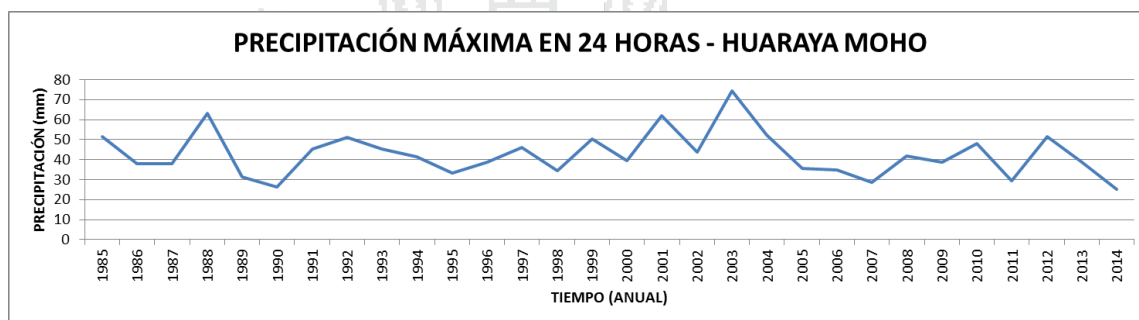
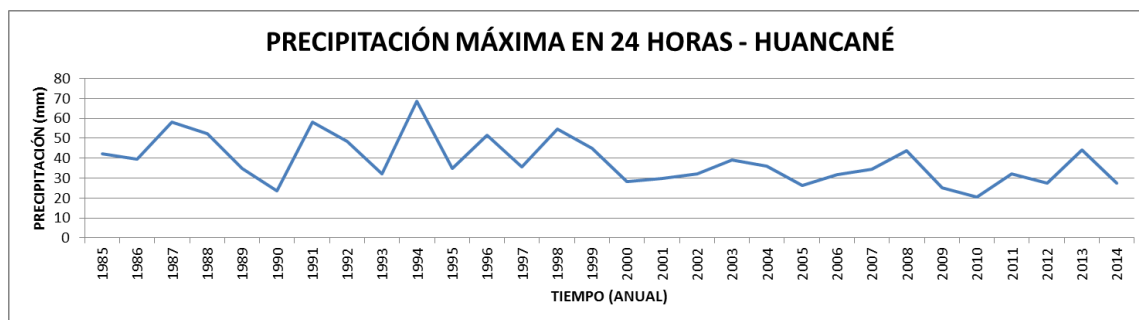


Figura N° 4.4: Histogramas de precipitación máxima en 24 horas anual - IV

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.2. Análisis de doble masa

Para este análisis se ha conformado grupos de estaciones meteorológicas según el comportamiento hidrológico similar, los bloques conformados son los siguientes:

GRUPO I: CENTRO POBLADO PROGRESO, MUÑANI, ANANEA y COJATA.

GRUPO II: PUCARA, AZÁNGARO, ARAPA y PUTINA.

GRUPO III: CRUCERO, TARACO, HUANCANÉ y HUARAYA MOHO.

Para agrupar las estaciones, se ha considerado la ubicación geográfica, distribución espacial de la precipitación y comportamiento hidrológico, que muestran las estaciones. Las tablas y figuras del análisis de doble masas se muestran a continuación.

En estos se observa ligeros quiebres en los gráficos de doble masa a excepción de las estaciones CRUCERO y ANANEA cuyos quiebres son notables.

**Tabla N° 4.4: Análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas
anual – Grupo I**

AÑO	ESTACIONES								PROMEDIO DE LAS TRES ESTACIONES	
	CP PROGRESO		MUÑANI		ANANEA		COJATA		PP. ANUAL	PP. ACUMUL.
	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.		
1985	22.0	22.0	23.6	23.6	19.1	19.1	38.9	38.9	25.9	25.9
1986	28.5	50.5	27.6	51.2	19.3	38.4	31.0	69.9	26.6	52.5
1987	44.6	95.1	24.3	75.5	14.0	52.4	35.1	105.0	29.5	82.0
1988	21.5	116.6	27.7	103.2	11.6	64.0	38.6	143.6	24.9	106.9
1989	38.1	154.7	26.6	129.8	16.0	80.0	24.8	168.4	26.4	133.2
1990	25.0	179.7	31.0	160.8	15.2	95.2	25.0	193.4	24.1	157.3
1991	24.8	204.5	28.3	189.1	17.3	112.5	26.7	220.1	24.3	181.6
1992	20.3	224.8	31.0	220.1	13.5	126.0	55.5	275.6	30.1	211.6
1993	28.2	253.0	20.8	240.9	12.1	138.1	20.7	296.3	20.5	232.1
1994	32.0	285.0	24.5	265.4	18.6	156.7	34.0	330.3	27.3	259.4
1995	34.2	319.2	26.0	291.4	18.2	174.9	27.5	357.8	26.5	285.8
1996	30.0	349.2	24.2	315.6	22.4	197.3	20.2	378.0	24.2	310.0
1997	37.4	386.6	38.2	353.8	16.2	213.5	45.4	423.4	34.3	344.3
1998	28.0	414.6	21.8	375.6	36.0	249.5	22.1	445.5	27.0	371.3
1999	26.2	440.8	30.2	405.8	19.2	268.7	32.5	478.0	27.0	398.3
2000	22.4	463.2	20.7	426.5	25.2	293.9	21.6	499.6	22.5	420.8
2001	30.5	493.7	32.7	459.2	23.6	317.5	28.1	527.7	28.7	449.5
2002	41.2	534.9	20.4	479.6	23.8	341.3	34.4	562.1	30.0	479.5
2003	29.8	564.7	29.6	509.2	36.9	378.2	61.1	623.2	39.4	518.8
2004	26.2	590.9	32.2	541.4	31.0	409.2	30.6	653.8	30.0	548.8
2005	42.6	633.5	30.1	571.5	21.4	430.6	19.2	673.0	28.3	577.2
2006	25.0	658.5	29.2	600.7	31.5	462.1	40.9	713.9	31.7	608.8
2007	28.4	686.9	22.2	622.9	33.1	495.2	29.6	743.5	28.3	637.1
2008	27.8	714.7	33.4	656.3	22.4	517.6	22.6	766.1	26.6	663.7
2009	29.4	744.1	20.0	676.3	23.0	540.6	25.0	791.1	24.4	688.0
2010	37.6	781.7	22.2	698.5	33.4	574.0	35.6	826.7	32.2	720.2
2011	42.8	824.5	35.8	734.3	31.8	605.8	32.4	859.1	35.7	755.9
2012	32.6	857.1	37.9	772.2	22.1	627.9	24.0	883.1	29.2	785.1
2013	38.6	895.7	32.0	804.2	14.6	642.5	22.0	905.1	26.8	811.9
2014	37.2	932.9	32.3	836.5	24.9	667.4	29.4	934.5	31.0	842.8

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 4.5: Análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas
anual – Grupo II**

AÑO	ESTACIONES								PROMEDIO DE LAS TRES ESTACIONES	
	PUCARA		AZANGARO		ARAPA		PUTINA		PP. ANUAL	PP. ACUMUL.
	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.		
1985	28.7	28.7	31.5	31.5	38.9	38.9	36.3	36.3	33.9	33.9
1986	27.6	56.3	29.9	61.4	28.0	66.9	30.2	66.5	28.9	62.8
1987	33.8	90.1	30.6	92.0	23.2	90.1	33.2	99.7	30.2	93.0
1988	36.0	126.1	28.4	120.4	48.5	138.6	25.8	125.5	34.7	127.7
1989	33.1	159.2	24.8	145.2	27.8	166.4	21.2	146.7	26.7	154.4
1990	33.4	192.6	22.3	167.5	34.4	200.8	26.7	173.4	29.2	183.6
1991	33.1	225.7	35.7	203.2	28.6	229.4	33.0	206.4	32.6	216.2
1992	29.4	255.1	31.9	235.1	53.6	283.0	26.0	232.4	35.2	251.4
1993	38.2	293.3	24.9	260.0	53.3	336.3	36.4	268.8	38.2	289.6
1994	35.9	329.2	37.8	297.8	24.0	360.3	28.0	296.8	31.4	321.0
1995	26.0	355.2	52.9	350.7	25.4	385.7	32.0	328.8	34.1	355.1
1996	46.6	401.8	29.2	379.9	24.3	410.0	46.1	374.9	36.6	391.7
1997	32.4	434.2	27.8	407.7	26.0	436.0	46.5	421.4	33.2	424.8
1998	37.0	471.2	25.8	433.5	49.6	485.6	44.5	465.9	39.2	464.1
1999	22.6	493.8	30.3	463.8	21.7	507.3	31.6	497.5	26.6	490.6
2000	28.6	522.4	15.6	479.4	27.7	535.0	37.7	535.2	27.4	518.0
2001	68.0	590.4	58.8	538.2	33.6	568.6	41.5	576.7	50.5	568.5
2002	40.2	630.6	61.8	600.0	35.6	604.2	29.0	605.7	41.7	610.1
2003	40.5	671.1	61.9	661.9	40.0	644.2	43.5	649.2	46.5	656.6
2004	76.4	747.5	22.4	684.3	40.8	685.0	37.9	687.1	44.4	701.0
2005	55.6	803.1	29.6	713.9	30.0	715.0	26.2	713.3	35.4	736.3
2006	47.8	850.9	25.2	739.1	22.4	737.4	29.8	743.1	31.3	767.6
2007	25.7	876.6	29.0	768.1	31.2	768.6	20.5	763.6	26.6	794.2
2008	23.0	899.6	29.7	797.8	39.2	807.8	30.8	794.4	30.7	824.9
2009	45.0	944.6	33.9	831.7	35.1	842.9	24.9	819.3	34.7	859.6
2010	24.0	968.6	32.4	864.1	38.6	881.5	33.4	852.7	32.1	891.7
2011	20.4	989.0	28.0	892.1	41.0	922.5	30.5	883.2	30.0	921.7
2012	49.2	1038.2	20.1	912.2	45.2	967.7	29.9	913.1	36.1	957.8
2013	35.0	1073.2	57.6	969.8	38.5	1006.2	32.0	945.1	40.8	998.6
2014	31.6	1104.8	31.0	1000.8	43.1	1049.3	34.2	979.3	35.0	1033.6

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 4.6: Análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas
anual – Grupo III**

AÑO	ESTACIONES								PROMEDIO DE LAS TRES ESTACIONES	
	CRUCERO		TARACO		HUANCANÉ		HUARAYA MOHO			
	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.	PP. ANUAL	PP. ACUMUL.
1985	51.1	51.1	49.5	49.5	42.2	42.2	51.6	51.6	48.6	48.6
1986	51.0	102.1	53.0	102.5	39.4	81.6	37.8	89.4	45.3	93.9
1987	39.1	141.2	40.0	142.5	58.0	139.6	38.0	127.4	43.8	137.7
1988	37.4	178.6	31.5	174.0	52.4	192.0	63.2	190.6	46.1	183.8
1989	45.2	223.8	36.0	210.0	35.0	227.0	31.4	222.0	36.9	220.7
1990	45.0	268.8	48.1	258.1	23.8	250.8	26.4	248.4	35.8	256.5
1991	38.7	307.5	26.8	284.9	58.0	308.8	45.2	293.6	42.2	298.7
1992	70.7	378.2	43.0	327.9	48.5	357.3	51.0	344.6	53.3	352.0
1993	24.0	402.2	20.4	348.3	32.0	389.3	45.3	389.9	30.4	382.4
1994	52.3	454.5	34.2	382.5	68.7	458.0	41.5	431.4	49.2	431.6
1995	37.5	492.0	66.4	448.9	35.0	493.0	33.4	464.8	43.1	474.7
1996	30.1	522.1	22.4	471.3	51.6	544.6	38.7	503.5	35.7	510.4
1997	35.0	557.1	52.2	523.5	35.6	580.2	46.0	549.5	42.2	552.6
1998	34.8	591.9	55.8	579.3	54.5	634.7	34.5	584.0	44.9	597.5
1999	71.3	663.2	23.6	602.9	45.0	679.7	50.5	634.5	47.6	645.1
2000	18.5	681.7	26.0	628.9	28.4	708.1	39.5	674.0	28.1	673.2
2001	31.7	713.4	28.0	656.9	29.7	737.8	62.0	736.0	37.9	711.0
2002	37.8	751.2	20.4	677.3	32.0	769.8	43.8	779.8	33.5	744.5
2003	39.4	790.6	24.6	701.9	39.2	809.0	74.3	854.1	44.4	788.9
2004	21.7	812.3	43.0	744.9	35.9	844.9	52.4	906.5	38.3	827.2
2005	17.6	829.9	64.0	808.9	26.4	871.3	35.8	942.3	36.0	863.1
2006	22.4	852.3	48.8	857.7	31.6	902.9	34.8	977.1	34.4	897.5
2007	22.0	874.3	46.8	904.5	34.6	937.5	28.5	1005.6	33.0	930.5
2008	23.7	898.0	28.6	933.1	43.9	981.4	42.0	1047.6	34.6	965.0
2009	26.4	924.4	50.2	983.3	25.3	1006.7	38.6	1086.2	35.1	1000.2
2010	32.1	956.5	21.4	1004.7	20.6	1027.3	48.1	1134.3	30.6	1030.7
2011	25.4	981.9	23.6	1028.3	32.2	1059.5	29.5	1163.8	27.7	1058.4
2012	18.2	1000.1	28.4	1056.7	27.4	1086.9	51.6	1215.4	31.4	1089.8
2013	33.0	1033.1	32.6	1089.3	44.1	1131.0	38.9	1254.3	37.2	1126.9
2014	20.7	1053.8	36.8	1126.1	27.4	1158.4	25.0	1279.3	27.5	1154.4

Fuente: Elaboración Propia

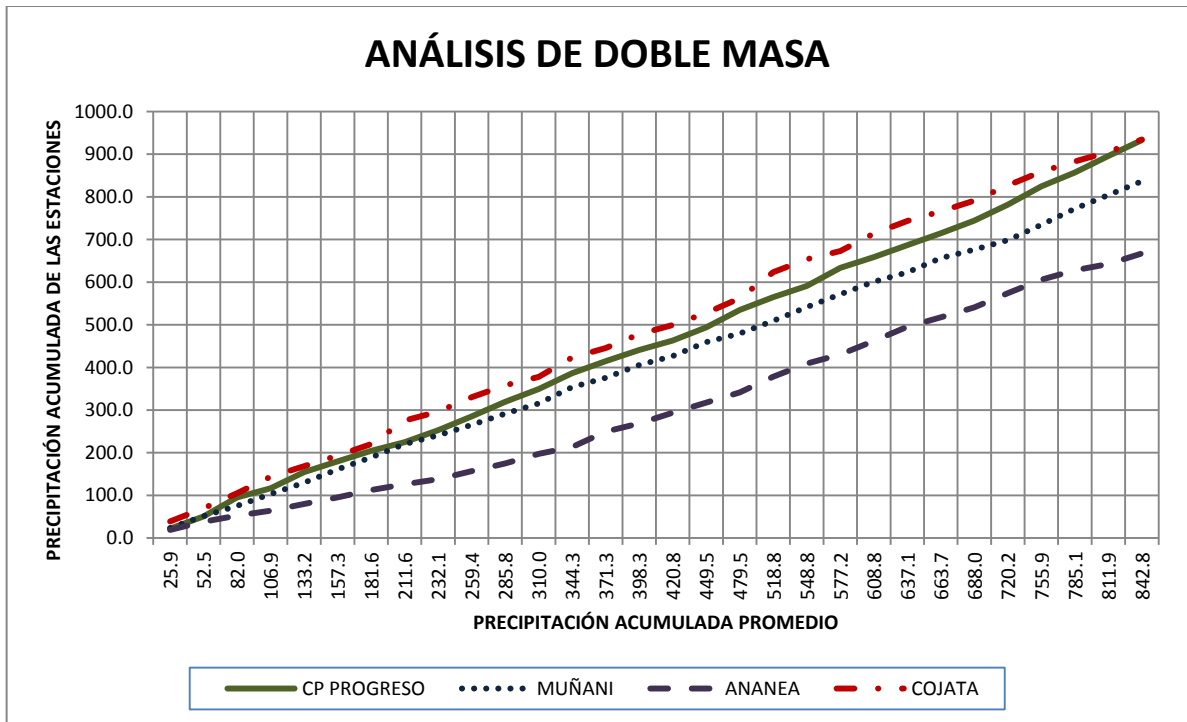


Figura N° 4.5: Gráfico análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas anual – Grupo I

Fuente: Elaboración Propia

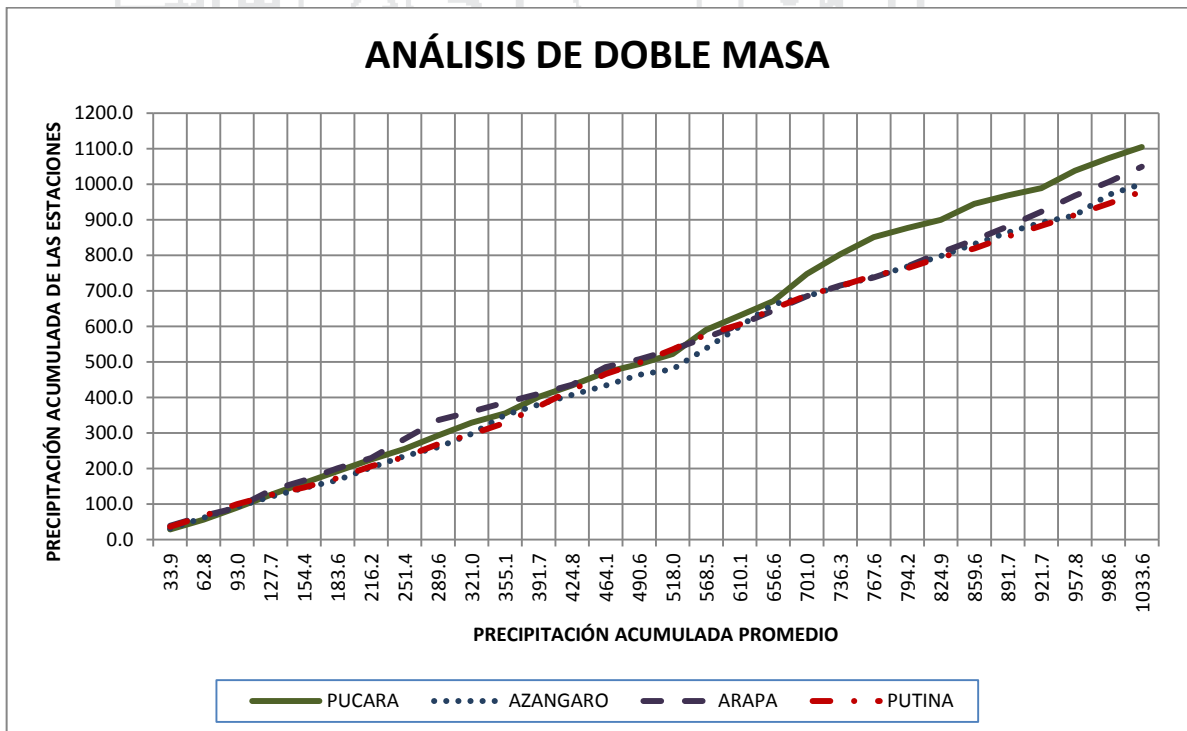


Figura N° 4.6: Gráfico análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas anual – Grupo II

Fuente: Elaboración Propia

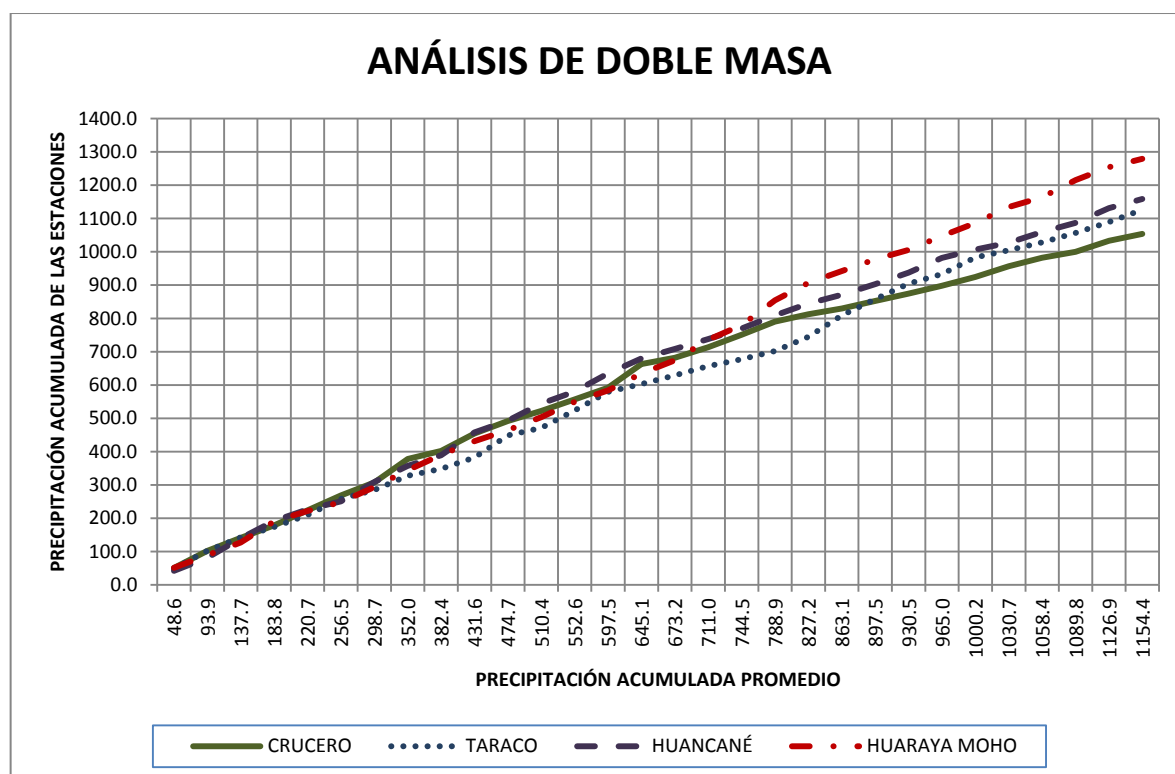


Figura N° 4.7: Gráfico análisis de doble masa precipitación máxima en 24 horas anual – Grupo III

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. Análisis estadístico

4.1.3.1. Análisis de salto

4.1.3.1.1. Consistencia de la media

Para evaluar la consistencia de la media, es decir, si los valores promedio de las submuestras de cada estación son estadísticamente iguales o diferentes, se siguieron los siguientes pasos:

- Se dividieron los datos en dos periodos, en función a los quiebres del análisis de doble masa.
- Se calculó la media y la desviación estándar para cada periodo.
- Se calculó el T_c .
- Se tabuló el T_t , con la utilización de la tabla T de Student.
- Se comparó el T_c con el T_t .
- Se corrigieron los datos de la estación con valores promedios estadísticamente distintos.

El análisis de consistencia de la media y los resultados se muestran en las Tablas N° 4.7 al 4.11.

4.1.3.1.2. Consistencia de la desviación estándar

Para evaluar la consistencia de la desviación estándar, es decir, si los valores de la desviación estándar de las submuestras de cada estación son estadísticamente iguales o diferentes, se siguieron los siguientes pasos:

- Se dividieron los datos en dos periodos, en función a los quiebres del análisis de doble masa.
- Se calculó la varianza de ambos periodos.
- Se calculó el Fc.
- Se calculó el Ft, con la utilización de la tabla F de Fisher.
- Se comparó el Fc con el Ft.
- Se corrigieron los datos de la estación con valores de desviación estándar estadísticamente distintos.

El análisis de consistencia de la desviación estándar y los resultados se muestran en las Tablas N° 4.7 al 4.11.

Tabla N° 4.7: Análisis de consistencia - I

ESTACIÓN: CRUCERO						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 2003	N1	19	41.611	13.496	11.228	4.254
2004 - 2014	N2	11	23.927	5.017		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
4.157	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	SI	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
7.236	18	10	0.05	2.798	$|Fc| \leq Ft$	SI

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.8: Análisis de consistencia – II

ESTACIÓN: CP PROGRESO						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 2002	N1	18	29.717	7.044	6.770	2.523
2003 - 2014	N2	12	33.167	6.323		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
1.367	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
1.241	17	11	0.05	2.685	$|Fc| \leq Ft$	NO

ESTACIÓN: PUCARA						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 2004	N1	20	37.375	13.214	13.063	5.059
2005 - 2014	N2	10	35.730	12.740		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
0.325	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
1.076	19	9	0.05	2.948	$|Fc| \leq Ft$	NO

ESTACIÓN: AZANGARO						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 2002	N1	18	33.333	12.391	12.616	4.702
2003 - 2014	N2	12	33.400	12.957		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
0.014	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
1.093	11	17	0.05	2.413	$|Fc| \leq Ft$	NO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.9: Análisis de consistencia – III

ESTACIÓN: MUÑANI						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 2004	N1	20	27.070	4.697	5.196	2.013
2005 - 2014	N2	10	29.510	6.118		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
1.212	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
1.696	9	19	0.05	2.423	$|Fc| \leq Ft$	NO

ESTACIÓN: ANANEA						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 1994	N1	10	15.670	2.854	8.053	3.119
1995 - 2014	N2	20	25.535	9.576		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
3.163	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	SI	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
11.256	19	9	0.05	2.948	$|Fc| \leq Ft$	SI

ESTACIÓN: ARAPA						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 1997	N1	13	33.538	11.331	9.396	3.462
1998 - 2014	N2	17	36.076	7.629		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
0.733	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
2.206	12	16	0.05	2.425	$|Fc| \leq Ft$	NO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.10: Análisis de consistencia – IV

ESTACIÓN: PUTINA						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 1997	N1	13	32.415	7.558	6.983	2.573
1998 - 2014	N2	17	32.818	6.519		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
0.156	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
1.344	12	16	0.05	2.425	$|Fc| \leq Ft$	NO

ESTACIÓN: COJATA						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 1996	N1	12	31.500	9.868	10.134	3.777
1997 - 2014	N2	18	30.917	10.303		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
0.154	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
1.090	17	11	0.05	2.685	$|Fc| \leq Ft$	NO

ESTACIÓN: TARACO						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 1997	N1	13	40.269	13.444	13.434	4.950
1998 - 2014	N2	17	35.447	13.427		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
0.974	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
1.002	12	16	0.05	2.425	$|Fc| \leq Ft$	NO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.11: Análisis de consistencia – V

ESTACIÓN: HUANCANÉ						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 1998	N1	14	45.336	12.542	10.061	3.682
1999 - 2014	N2	16	32.731	7.254		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
3.423	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	SI	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
2.990	13	15	0.05	2.448	$|Fc| \leq Ft$	SI

ESTACIÓN: HUARAYA MOHO						
A. DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA						
PERIODOS DE ANÁLISIS		N° DE DATOS	PROMEDIO	DES. EST.	DES. PON.	DES. DIF. PROM.
1985 - 2001	N1	17	43.322	9.824	11.431	4.260
2002 - 2014	N2	13	41.625	13.545		
B. CONSISTENCIA DE LA MEDIA						
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENCIA EN LA MEDIA SIGNIFICATIVA	
0.398	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO	
C. CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR						
Fc (CALCULADA)	G.N.N.	G.N.D.	α	Ft (TABLA)	COMPARACIÓN	DIFERENC EN LA DES. EST. SIGNIFICATIVA
1.901	11	17	0.05	2.413	$|Fc| \leq Ft$	NO

Fuente: *Elaboración Propia*

Según el análisis de consistencia de los datos de las estaciones CRUCERO, ANANEA y HUANCANÉ los parámetros de la media y desviación estándar son estadísticamente distintos, por lo cual se corregirá solo los datos del periodo 2, periodo 1 y periodo 2 de las series respectivamente, quedando como se muestra en la Tabla N° 4.12.

Tabla N° 4.12: Corrección de los datos de las estaciones

AÑO	ESTACIÓN CRUCERO		ESTACIÓN ANANEA		ESTACIÓN HUANCANÉ	
	INICIAL	CORREGIDO	INICIAL	CORREGIDO	INICIAL	CORREGIDO
1985	51.1	51.1	19.1	37.0	42.2	42.2
1986	51.0	51.0	19.3	37.7	39.4	39.4
1987	39.1	39.1	14.0	19.9	58.0	58.0
1988	37.4	37.4	11.6	11.9	52.4	52.4
1989	45.2	45.2	16.0	26.6	35.0	35.0
1990	45.0	45.0	15.2	24.0	23.8	23.8
1991	38.7	38.7	17.3	31.0	58.0	58.0
1992	70.7	70.7	13.5	18.3	48.5	48.5
1993	24.0	24.0	12.1	13.6	32.0	32.0
1994	52.3	52.3	18.6	35.4	68.7	68.7
1995	37.5	37.5	18.2	18.2	35.0	35.0
1996	30.1	30.1	22.4	22.4	51.6	51.6
1997	35.0	35.0	16.2	16.2	35.6	35.6
1998	34.8	34.8	36.0	36.0	54.5	54.5
1999	71.3	71.3	19.2	19.2	45.0	66.5
2000	18.5	18.5	25.2	25.2	28.4	37.8
2001	31.7	31.7	23.6	23.6	29.7	40.1
2002	37.8	37.8	23.8	23.8	32.0	44.1
2003	39.4	39.4	36.9	36.9	39.2	56.5
2004	21.7	35.6	31.0	31.0	35.9	50.8
2005	17.6	24.6	21.4	21.4	26.4	34.4
2006	22.4	37.5	31.5	31.5	31.6	43.4
2007	22.0	36.4	33.1	33.1	34.6	48.6
2008	23.7	41.0	22.4	22.4	43.9	64.6
2009	26.4	48.3	23.0	23.0	25.3	32.5
2010	32.1	63.6	33.4	33.4	20.6	24.4
2011	25.4	45.6	31.8	31.8	32.2	44.4
2012	18.2	26.2	22.1	22.1	27.4	36.1
2013	33.0	66.0	14.6	14.6	44.1	65.0
2014	20.7	32.9	24.9	24.9	27.4	36.1

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.2. Análisis de tendencias

Por ser datos anuales no se realizó el análisis de la tendencia en la desviación estándar.

4.1.3.2.1. Tendencia en la media

Para evaluar la tendencia en la media, se siguieron los siguientes pasos:

- Se calcularon los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.
- Se calculó el Tc.

- Se tabuló el Tt, con la utilización de la tabla T de Student.
- Se comparó el Tc con el Tt.

El análisis de tendencia en la media y los resultados se muestran en las Tablas N° 4.13 a 4.15.

Tabla N° 4.13: Resumen análisis de tendencia en la media - I

ESTACIÓN: CRUCERO					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = -0.059		Am = 42.984		Bm = -0.089	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
-0.312	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

ESTACIÓN: CP PROGRESO					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = 0.323		Am = 27.186		Bm = 0.252	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
1.808	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

ESTACIÓN: PUCARA					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = 0.148		Am = 33.485		Bm = 0.216	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
0.790	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

ESTACIÓN: AZANGARO					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = 0.125		Am = 30.631		Bm = 0.176	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
0.667	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.14: Resumen análisis de tendencia en la media - II

ESTACIÓN: MUÑANI					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = 0.271		Am = 25.386		Bm = 0.161	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
1.489	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

ESTACIÓN: ANANEA					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = 0.010		Am = 25.404		Bm = 0.008	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
0.052	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

ESTACIÓN: ARAPA					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = 0.160		Am = 32.357		Bm = 0.169	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
0.856	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

ESTACIÓN: PUTINA					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = -0.013		Am = 32.796		Bm = -0.010	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
-0.067	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

ESTACIÓN: COJATA					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = -0.153		Am = 33.830		Bm = -0.173	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
-0.818	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.15: Resumen análisis de tendencia en la media - III

ESTACIÓN: TARACO					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = -0.185		Am = 41.897		Bm = -0.281	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
-0.993	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

ESTACIÓN: HUANCANÉ					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = -0.037		Am = 46.145		Bm = -0.052	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
-0.197	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

ESTACIÓN: HUARAYA MOHO					
A. PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN SIMPLE DE REGRESIÓN LINEAL					
R = -0.118		Am = 44.992		Bm = -0.152	
B. TENDENCIA EN LA MEDIA					
Tc (CALCULADA)	G.L.	$\alpha/2$	Tt (TABLA)	COMPARACIÓN	LA TENDENCIA ES SIGNIFICATIVA
-0.631	28	0.025	2.048	$|Tc| \leq Tt$	NO

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Distribución de probabilidad para las variables hidrológicas

Con la finalidad de realizar la extrapolación a partir de las precipitaciones máximas anuales registradas utilizando las funciones de distribución seleccionadas para el presente estudio: Distribución Log-Normal de II parámetros, Gumbel y Log-Pearson Tipo III. Se ordenaron los valores de la serie de cada estación de mayor a menor, prescindiendo del año de ocurrencia, luego se asignó a cada valor una probabilidad de excedencia, conocido también como posición de trazado. Se calculó el periodo o tiempo de retorno como la inversa de la probabilidad de excedencia y se calcularon los parámetros de distribución, considerando los métodos de momentos y máxima verosimilitud. Las tablas siguientes muestran la extrapolación de los datos de serie histórica de cada estación con cada función de distribución de probabilidad.

Tabla N° 4.16: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación CRUCERO

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	71.3	31.25	0.032	70.53	71.35	71.06	72.23	70.38	72.36
2	70.7	15.38	0.065	63.49	64.10	63.56	64.46	63.65	64.38
3	66.0	10.31	0.097	59.38	59.87	59.24	60.00	59.66	59.83
4	63.6	7.75	0.129	56.36	56.77	56.11	56.76	56.70	56.54
5	52.3	6.21	0.161	53.95	54.29	53.63	54.19	54.32	53.94
6	51.1	5.15	0.194	51.86	52.14	51.50	51.99	52.25	51.71
7	51.0	4.42	0.226	50.09	50.34	49.72	50.15	50.49	49.85
8	48.3	3.88	0.258	48.52	48.73	48.15	48.51	48.92	48.21
9	45.6	3.45	0.290	47.09	47.26	46.72	47.04	47.48	46.72
10	45.2	3.10	0.323	45.73	45.88	45.38	45.65	46.11	45.32
11	45.0	2.82	0.355	44.51	44.62	44.17	44.39	44.87	44.06
12	41.0	2.58	0.387	43.35	43.44	43.03	43.22	43.70	42.88
13	39.4	2.39	0.419	42.25	42.31	41.96	42.11	42.58	41.76
14	39.1	2.21	0.452	41.16	41.20	40.90	41.01	41.47	40.66
15	38.7	2.07	0.484	40.14	40.17	39.91	39.99	40.43	39.64
16	37.8	1.94	0.516	39.15	39.16	38.96	39.00	39.41	38.65
17	37.5	1.82	0.548	38.19	38.17	38.03	38.04	38.42	37.69
18	37.5	1.72	0.581	37.20	37.17	37.08	37.06	37.40	36.71
19	37.4	1.63	0.613	36.26	36.21	36.18	36.13	36.43	35.78
20	36.4	1.55	0.645	35.32	35.25	35.28	35.20	35.45	34.86
21	35.6	1.48	0.677	34.37	34.28	34.38	34.26	34.47	33.93
22	35.0	1.41	0.710	33.38	33.27	33.44	33.29	33.44	32.97
23	34.8	1.35	0.742	32.39	32.28	32.50	32.32	32.41	32.02
24	32.9	1.29	0.774	31.38	31.24	31.54	31.33	31.35	31.04
25	31.7	1.24	0.806	30.31	30.16	30.53	30.28	30.23	30.02
26	30.1	1.19	0.839	29.14	28.97	29.41	29.13	29.00	28.90
27	26.2	1.15	0.871	27.89	27.70	28.23	27.90	27.68	27.72
28	24.6	1.11	0.903	26.47	26.27	26.88	26.51	26.19	26.39
29	24.0	1.07	0.935	24.76	24.54	25.25	24.81	24.37	24.80
30	18.5	1.03	0.968	22.29	22.04	22.86	22.35	21.75	22.52

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu_y = 3.67999$
$\sigma_y = 0.31101$

Método Max. Verosimilitud
$\mu_y = 3.68028$
$\sigma_y = 0.31710$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 35.64253$
$\beta = 0.09672$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 35.57290$
$\beta = 0.09345$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = -0.01744$
$\beta = 330.53792$
$Y = 9.44547$
$Csy = -0.11001$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.02694$
$\beta = 137.15453$
$Y = -0.01531$
$Y = 0.00365$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.17: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación CP PROGRESO

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	44.6	31.25	0.032	45.50	45.65	46.36	47.23	45.83	45.79
2	42.8	15.38	0.065	42.26	42.38	42.47	43.13	42.43	42.34
3	42.6	10.31	0.097	40.32	40.42	40.23	40.77	40.42	40.30
4	41.2	7.75	0.129	38.87	38.96	38.61	39.06	38.92	38.80
5	38.6	6.21	0.161	37.69	37.77	37.33	37.70	37.70	37.58
6	38.1	5.15	0.194	36.66	36.73	36.22	36.54	36.65	36.52
7	37.6	4.42	0.226	35.78	35.84	35.30	35.56	35.75	35.63
8	37.4	3.88	0.258	34.99	35.04	34.48	34.70	34.94	34.82
9	37.2	3.45	0.290	34.26	34.31	33.74	33.92	34.20	34.09
10	34.2	3.10	0.323	33.57	33.61	33.05	33.19	33.49	33.39
11	32.6	2.82	0.355	32.93	32.97	32.42	32.53	32.85	32.75
12	32.0	2.58	0.387	32.33	32.36	31.83	31.91	32.24	32.15
13	30.5	2.39	0.419	31.75	31.77	31.28	31.32	31.65	31.58
14	30.0	2.21	0.452	31.17	31.19	30.73	30.74	31.07	31.01
15	29.8	2.07	0.484	30.63	30.65	30.22	30.20	30.53	30.47
16	29.4	1.94	0.516	30.10	30.11	29.72	29.68	29.99	29.95
17	28.5	1.82	0.548	29.58	29.58	29.24	29.17	29.47	29.43
18	28.4	1.72	0.581	29.04	29.04	28.75	28.65	28.93	28.91
19	28.2	1.63	0.613	28.52	28.52	28.28	28.16	28.41	28.40
20	28.0	1.55	0.645	28.00	27.99	27.82	27.67	27.89	27.89
21	27.8	1.48	0.677	27.47	27.46	27.35	27.18	27.37	27.38
22	26.2	1.41	0.710	26.91	26.90	26.86	26.66	26.81	26.84
23	26.2	1.35	0.742	26.35	26.33	26.38	26.15	26.26	26.30
24	25.0	1.29	0.774	25.77	25.75	25.88	25.62	25.68	25.74
25	25.0	1.24	0.806	25.15	25.13	25.35	25.07	25.07	25.15
26	24.8	1.19	0.839	24.46	24.43	24.78	24.46	24.39	24.50
27	22.4	1.15	0.871	23.72	23.69	24.16	23.81	23.67	23.79
28	22.0	1.11	0.903	22.87	22.83	23.47	23.08	22.83	22.99
29	21.5	1.07	0.935	21.82	21.77	22.62	22.18	21.81	22.01
30	20.3	1.03	0.968	20.27	20.21	21.38	20.88	20.30	20.56

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu_y = 3.41327$
$\sigma_y = 0.21832$

Método Max. Verosimilitud
$\mu_y = 3.41372$
$\sigma_y = 0.21991$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 28.00451$
$\beta = 0.18667$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 27.86638$
$\beta = 0.17692$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = 0.00682$
$\beta = 1038.73830$
$Y = -3.67376$
$Csy = 0.06206$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.01370$
$\beta = 249.08122$
$Y = 0.00043$
$Y = 0.00201$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.18: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación PUCARA

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	76.4	31.25	0.032	65.17	62.60	65.39	61.33	64.18	62.13
2	68.0	15.38	0.065	58.11	56.30	58.11	55.00	55.73	55.54
3	55.6	10.31	0.097	54.02	52.63	53.93	51.35	51.16	51.77
4	49.2	7.75	0.129	51.03	49.93	50.89	48.71	47.97	49.04
5	47.8	6.21	0.161	48.65	47.77	48.48	46.61	45.51	46.88
6	46.6	5.15	0.194	46.60	45.91	46.42	44.82	43.45	45.02
7	45.0	4.42	0.226	44.87	44.33	44.69	43.31	41.77	43.47
8	40.5	3.88	0.258	43.34	42.93	43.16	41.98	40.30	42.09
9	40.2	3.45	0.290	41.95	41.65	41.78	40.78	39.00	40.84
10	38.2	3.10	0.323	40.63	40.44	40.48	39.64	37.79	39.67
11	37.0	2.82	0.355	39.44	39.35	39.31	38.62	36.72	38.61
12	36.0	2.58	0.387	38.32	38.32	38.20	37.66	35.72	37.62
13	35.9	2.39	0.419	37.26	37.33	37.16	36.76	34.80	36.68
14	35.0	2.21	0.452	36.22	36.37	36.14	35.86	33.90	35.75
15	33.8	2.07	0.484	35.24	35.46	35.18	35.03	33.07	34.89
16	33.4	1.94	0.516	34.30	34.58	34.25	34.22	32.28	34.05
17	33.1	1.82	0.548	33.37	33.72	33.35	33.44	31.52	33.24
18	33.1	1.72	0.581	32.44	32.84	32.44	32.64	30.76	32.42
19	32.4	1.63	0.613	31.54	32.00	31.56	31.88	30.04	31.63
20	31.6	1.55	0.645	30.65	31.16	30.69	31.12	29.33	30.84
21	29.4	1.48	0.677	29.75	30.32	29.81	30.36	28.63	30.06
22	28.7	1.41	0.710	28.82	29.44	28.90	29.56	27.91	29.24
23	28.6	1.35	0.742	27.89	28.56	27.99	28.77	27.22	28.43
24	27.6	1.29	0.774	26.94	27.66	27.06	27.96	26.51	27.60
25	26.0	1.24	0.806	25.94	26.71	26.08	27.11	25.77	26.73
26	25.7	1.19	0.839	24.85	25.66	25.00	26.17	24.99	25.78
27	24.0	1.15	0.871	23.69	24.56	23.85	25.17	24.17	24.77
28	23.0	1.11	0.903	22.38	23.30	22.54	24.03	23.26	23.63
29	22.6	1.07	0.935	20.80	21.78	20.96	22.65	22.21	22.25
30	20.4	1.03	0.968	18.55	19.59	18.64	20.63	20.75	20.29

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu y = 3.54869$
$\sigma y = 0.33922$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.55578$
$\sigma y = 0.31369$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 31.03888$
$\beta = 0.09973$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 31.42522$
$\beta = 0.11455$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = 0.09736$
$\beta = 10.38093$
$Y = 2.54508$
$Csy = 0.62074$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.02593$
$\beta = 136.27490$
$Y = 0.02270$
$Y = 0.00367$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.19: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación AZÁNGARO

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	61.9	31.25	0.032	60.88	58.25	60.89	56.32	60.86	57.95
2	61.8	15.38	0.065	53.91	52.07	53.88	50.36	52.28	51.44
3	58.8	10.31	0.097	49.89	48.48	49.84	46.93	47.68	47.74
4	57.6	7.75	0.129	46.97	45.86	46.92	44.45	44.50	45.07
5	52.9	6.21	0.161	44.65	43.77	44.60	42.48	42.07	42.97
6	37.8	5.15	0.194	42.66	41.96	42.61	40.79	40.03	41.16
7	35.7	4.42	0.226	40.98	40.45	40.94	39.38	38.38	39.66
8	33.9	3.88	0.258	39.50	39.09	39.47	38.13	36.94	38.33
9	32.4	3.45	0.290	38.16	37.87	38.14	36.99	35.67	37.13
10	31.9	3.10	0.323	36.89	36.71	36.88	35.93	34.49	36.00
11	31.5	2.82	0.355	35.75	35.66	35.75	34.97	33.45	34.98
12	31.0	2.58	0.387	34.67	34.67	34.69	34.06	32.49	34.03
13	30.6	2.39	0.419	33.66	33.73	33.68	33.21	31.60	33.14
14	30.3	2.21	0.452	32.66	32.81	32.69	32.37	30.73	32.25
15	29.9	2.07	0.484	31.73	31.94	31.77	31.59	29.94	31.43
16	29.7	1.94	0.516	30.82	31.10	30.88	30.83	29.18	30.64
17	29.6	1.82	0.548	29.94	30.29	30.01	30.09	28.45	29.87
18	29.2	1.72	0.581	29.05	29.46	29.13	29.34	27.72	29.09
19	29.0	1.63	0.613	28.20	28.66	28.28	28.63	27.04	28.34
20	28.4	1.55	0.645	27.36	27.87	27.44	27.91	26.37	27.60
21	28.0	1.48	0.677	26.51	27.07	26.60	27.19	25.71	26.86
22	27.8	1.41	0.710	25.63	26.24	25.72	26.45	25.03	26.10
23	25.8	1.35	0.742	24.76	25.41	24.85	25.71	24.37	25.34
24	25.2	1.29	0.774	23.86	24.57	23.94	24.94	23.71	24.56
25	24.9	1.24	0.806	22.92	23.68	23.00	24.14	23.02	23.75
26	24.8	1.19	0.839	21.90	22.70	21.96	23.25	22.29	22.86
27	22.4	1.15	0.871	20.82	21.66	20.85	22.31	21.53	21.92
28	22.3	1.11	0.903	19.60	20.49	19.59	21.24	20.69	20.86
29	20.1	1.07	0.935	18.14	19.08	18.06	19.94	19.71	19.59
30	15.6	1.03	0.968	16.06	17.06	15.83	18.05	18.38	17.79

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu y = 3.44268$
$\sigma y = 0.35966$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.45066$
$\sigma y = 0.33151$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 27.78080$
$\beta = 0.10346$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 28.19837$
$\beta = 0.12182$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = 0.10893$
$\beta = 9.26115$
$Y = 2.44180$
$Csy = 0.65720$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.02976$
$\beta = 115.19059$
$Y = 0.02272$
$Y = 0.00435$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.20: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación MUÑANI

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	38.2	31.25	0.032	38.69	38.95	39.52	40.82	38.71	38.91
2	37.9	15.38	0.065	36.33	36.53	36.55	37.54	36.43	36.38
3	35.8	10.31	0.097	34.90	35.07	34.85	35.66	35.04	34.87
4	33.4	7.75	0.129	33.83	33.97	33.61	34.29	33.98	33.74
5	32.7	6.21	0.161	32.95	33.07	32.63	33.21	33.11	32.83
6	32.3	5.15	0.194	32.18	32.29	31.79	32.28	32.35	32.03
7	32.2	4.42	0.226	31.52	31.61	31.09	31.50	31.69	31.35
8	32.0	3.88	0.258	30.93	31.00	30.46	30.82	31.09	30.74
9	31.0	3.45	0.290	30.38	30.44	29.90	30.19	30.54	30.18
10	31.0	3.10	0.323	29.85	29.90	29.37	29.61	30.01	29.64
11	30.2	2.82	0.355	29.37	29.41	28.89	29.08	29.52	29.15
12	30.1	2.58	0.387	28.91	28.94	28.44	28.58	29.06	28.69
13	29.6	2.39	0.419	28.47	28.49	28.02	28.12	28.61	28.25
14	29.2	2.21	0.452	28.03	28.04	27.60	27.65	28.16	27.80
15	28.3	2.07	0.484	27.61	27.62	27.21	27.22	27.74	27.39
16	27.7	1.94	0.516	27.20	27.20	26.84	26.81	27.32	26.98
17	27.6	1.82	0.548	26.80	26.79	26.47	26.40	26.90	26.58
18	26.6	1.72	0.581	26.38	26.36	26.10	25.99	26.47	26.17
19	26.0	1.63	0.613	25.98	25.95	25.74	25.59	26.06	25.77
20	24.5	1.55	0.645	25.57	25.54	25.38	25.20	25.64	25.37
21	24.3	1.48	0.677	25.16	25.12	25.03	24.81	25.21	24.96
22	24.2	1.41	0.710	24.72	24.67	24.65	24.40	24.76	24.53
23	23.6	1.35	0.742	24.28	24.23	24.29	23.99	24.30	24.11
24	22.2	1.29	0.774	23.82	23.76	23.90	23.57	23.82	23.66
25	22.2	1.24	0.806	23.33	23.26	23.51	23.13	23.31	23.19
26	21.8	1.19	0.839	22.79	22.71	23.07	22.64	22.74	22.66
27	20.8	1.15	0.871	22.20	22.11	22.60	22.13	22.12	22.10
28	20.7	1.11	0.903	21.52	21.42	22.07	21.54	21.40	21.44
29	20.4	1.07	0.935	20.67	20.56	21.42	20.82	20.51	20.64
30	20.0	1.03	0.968	19.41	19.28	20.48	19.78	19.17	19.45

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu y = 3.31069$
$\sigma y = 0.18624$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.31077$
$\sigma y = 0.18980$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 25.52584$
$\beta = 0.24484$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 25.36038$
$\beta = 0.22164$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = -0.00912$
$\beta = 433.14166$
$Y = 7.26090$
$Csy = -0.09610$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.01059$
$\beta = 312.94252$
$Y = -0.00378$
$Y = 0.00160$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.21: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación ANANEA

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	37.7	31.25	0.032	41.85	43.75	42.29	44.94	42.21	45.08
2	37.0	15.38	0.065	37.95	39.33	38.02	40.05	39.05	39.99
3	36.9	10.31	0.097	35.66	36.75	35.57	37.24	37.07	37.10
4	36.0	7.75	0.129	33.97	34.85	33.78	35.20	35.54	35.01
5	35.4	6.21	0.161	32.61	33.34	32.37	33.59	34.27	33.37
6	33.4	5.15	0.194	31.44	32.03	31.16	32.20	33.14	31.97
7	33.1	4.42	0.226	30.44	30.93	30.15	31.04	32.16	30.80
8	31.8	3.88	0.258	29.55	29.94	29.25	30.01	31.27	29.77
9	31.5	3.45	0.290	28.74	29.05	28.44	29.09	30.44	28.83
10	31.0	3.10	0.323	27.97	28.20	27.68	28.21	29.64	27.95
11	31.0	2.82	0.355	27.27	27.43	26.99	27.42	28.90	27.17
12	26.6	2.58	0.387	26.61	26.71	26.34	26.68	28.20	26.43
13	25.2	2.39	0.419	25.98	26.02	25.73	25.98	27.51	25.73
14	24.9	2.21	0.452	25.36	25.34	25.13	25.29	26.83	25.04
15	24.0	2.07	0.484	24.77	24.70	24.57	24.65	26.18	24.41
16	23.8	1.94	0.516	24.21	24.09	24.03	24.03	25.54	23.79
17	23.6	1.82	0.548	23.65	23.48	23.50	23.42	24.91	23.19
18	23.0	1.72	0.581	23.08	22.87	22.96	22.81	24.26	22.59
19	22.4	1.63	0.613	22.54	22.28	22.45	22.22	23.62	22.01
20	22.4	1.55	0.645	21.99	21.69	21.93	21.63	22.98	21.44
21	22.1	1.48	0.677	21.44	21.10	21.42	21.04	22.33	20.87
22	21.4	1.41	0.710	20.87	20.49	20.88	20.43	21.64	20.27
23	19.9	1.35	0.742	20.29	19.87	20.35	19.82	20.95	19.68
24	19.2	1.29	0.774	19.70	19.24	19.80	19.19	20.23	19.08
25	18.3	1.24	0.806	19.08	18.58	19.23	18.54	19.46	18.45
26	18.2	1.19	0.839	18.39	17.85	18.60	17.81	18.60	17.76
27	16.2	1.15	0.871	17.65	17.07	17.92	17.04	17.68	17.04
28	14.6	1.11	0.903	16.82	16.19	17.16	16.16	16.62	16.22
29	13.6	1.07	0.935	15.80	15.13	16.22	15.09	15.31	15.24
30	11.9	1.03	0.968	14.33	13.60	14.87	13.54	13.40	13.85

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu y = 3.19820$
$\sigma y = 0.28930$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.19434$
$\sigma y = 0.31543$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 22.13961$
$\beta = 0.17000$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 21.86805$
$\beta = 0.14846$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = -0.07341$
$\beta = 18.46265$
$Y = 4.54967$
$Csy = -0.46546$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.03158$
$\beta = 102.05372$
$Y = -0.02833$
$Y = 0.00491$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.22: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación ARAPA

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	53.6	31.25	0.032	54.90	55.43	55.68	56.65	55.49	55.74
2	53.3	15.38	0.065	50.25	50.64	50.40	51.13	50.65	50.62
3	49.6	10.31	0.097	47.49	47.81	47.37	47.95	47.80	47.65
4	48.5	7.75	0.129	45.45	45.72	45.17	45.65	45.69	45.47
5	45.2	6.21	0.161	43.81	44.03	43.43	43.83	44.00	43.73
6	43.1	5.15	0.194	42.37	42.56	41.93	42.26	42.52	42.23
7	41.0	4.42	0.226	41.16	41.32	40.68	40.95	41.27	40.97
8	40.8	3.88	0.258	40.07	40.20	39.57	39.79	40.15	39.84
9	40.0	3.45	0.290	39.07	39.18	38.57	38.74	39.13	38.82
10	39.2	3.10	0.323	38.12	38.21	37.62	37.75	38.16	37.84
11	38.9	2.82	0.355	37.25	37.33	36.77	36.86	37.28	36.97
12	38.6	2.58	0.387	36.44	36.49	35.98	36.03	36.44	36.14
13	38.5	2.39	0.419	35.66	35.69	35.22	35.23	35.64	35.35
14	35.6	2.21	0.452	34.88	34.90	34.48	34.46	34.85	34.58
15	35.1	2.07	0.484	34.15	34.16	33.78	33.73	34.11	33.85
16	34.4	1.94	0.516	33.44	33.44	33.11	33.03	33.39	33.15
17	33.6	1.82	0.548	32.75	32.73	32.46	32.34	32.68	32.45
18	31.2	1.72	0.581	32.03	32.00	31.79	31.65	31.96	31.75
19	30.0	1.63	0.613	31.35	31.30	31.16	30.98	31.26	31.08
20	28.6	1.55	0.645	30.66	30.60	30.53	30.32	30.56	30.41
21	28.0	1.48	0.677	29.97	29.90	29.89	29.66	29.86	29.73
22	27.8	1.41	0.710	29.24	29.15	29.23	28.96	29.12	29.02
23	27.7	1.35	0.742	28.51	28.41	28.58	28.28	28.38	28.32
24	26.0	1.29	0.774	27.75	27.65	27.90	27.57	27.62	27.59
25	25.4	1.24	0.806	26.96	26.84	27.19	26.82	26.81	26.83
26	24.3	1.19	0.839	26.08	25.94	26.40	26.01	25.92	25.99
27	24.0	1.15	0.871	25.13	24.98	25.57	25.13	24.97	25.09
28	23.2	1.11	0.903	24.05	23.89	24.63	24.14	23.89	24.08
29	22.4	1.07	0.935	22.73	22.56	23.47	22.94	22.56	22.84
30	21.7	1.03	0.968	20.81	20.61	21.80	21.18	20.63	21.05

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu y = 3.52038$
$\sigma y = 0.26192$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.52037$
$\sigma y = 0.26708$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 30.78194$
$\beta = 0.13760$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 30.58807$
$\beta = 0.13143$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = 0.00223$
$\beta = 14288.31707$
$Y = -28.40428$
$Csy = 0.01673$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.01966$
$\beta = 179.12116$
$Y = -0.00071$
$Y = 0.00279$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.23: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación PUTINA

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	46.5	31.25	0.032	46.96	47.14	47.89	49.47	47.08	47.17
2	46.1	15.38	0.065	43.77	43.91	44.01	45.22	43.92	43.77
3	44.5	10.31	0.097	41.85	41.97	41.77	42.78	42.01	41.76
4	43.5	7.75	0.129	40.42	40.52	40.15	41.01	40.58	40.27
5	41.5	6.21	0.161	39.25	39.34	38.87	39.60	39.41	39.06
6	37.9	5.15	0.194	38.23	38.31	37.76	38.40	38.39	38.01
7	37.7	4.42	0.226	37.35	37.42	36.84	37.39	37.51	37.12
8	36.4	3.88	0.258	36.57	36.63	36.03	36.50	36.72	36.32
9	36.3	3.45	0.290	35.84	35.89	35.29	35.69	35.99	35.59
10	34.2	3.10	0.323	35.15	35.19	34.59	34.93	35.29	34.89
11	33.4	2.82	0.355	34.51	34.55	33.97	34.24	34.65	34.25
12	33.2	2.58	0.387	33.91	33.94	33.38	33.60	34.05	33.65
13	33.0	2.39	0.419	33.33	33.36	32.82	32.99	33.46	33.07
14	32.0	2.21	0.452	32.76	32.78	32.27	32.40	32.88	32.50
15	32.0	2.07	0.484	32.21	32.23	31.76	31.84	32.33	31.96
16	31.6	1.94	0.516	31.68	31.69	31.27	31.30	31.79	31.43
17	30.8	1.82	0.548	31.15	31.16	30.79	30.77	31.26	30.92
18	30.5	1.72	0.581	30.61	30.62	30.30	30.24	30.71	30.39
19	30.2	1.63	0.613	30.09	30.09	29.83	29.72	30.18	29.88
20	29.9	1.55	0.645	29.57	29.56	29.37	29.22	29.65	29.37
21	29.8	1.48	0.677	29.03	29.02	28.90	28.70	29.10	28.85
22	29.0	1.41	0.710	28.47	28.45	28.41	28.17	28.53	28.30
23	28.0	1.35	0.742	27.91	27.89	27.93	27.64	27.96	27.76
24	26.7	1.29	0.774	27.32	27.29	27.43	27.10	27.36	27.19
25	26.2	1.24	0.806	26.69	26.66	26.91	26.53	26.72	26.59
26	26.0	1.19	0.839	26.00	25.96	26.33	25.90	26.01	25.93
27	25.8	1.15	0.871	25.25	25.20	25.72	25.23	25.24	25.21
28	24.9	1.11	0.903	24.38	24.33	25.02	24.46	24.36	24.39
29	21.2	1.07	0.935	23.31	23.26	24.17	23.54	23.26	23.39
30	20.5	1.03	0.968	21.73	21.66	22.94	22.19	21.64	21.91

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu y = 3.46400$
$\sigma y = 0.20802$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.46443$
$\sigma y = 0.20989$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 29.55390$
$\beta = 0.18683$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 29.42065$
$\beta = 0.17089$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = -0.00380$
$\beta = 3050.98328$
$Y = 15.05776$
$Csy = -0.03621$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.01237$
$\beta = 280.33297$
$Y = -0.00462$
$Y = 0.00178$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.24: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación COJATA

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	61.1	31.25	0.032	52.89	51.03	53.28	50.28	52.07	50.35
2	55.5	15.38	0.065	47.59	46.27	47.64	45.33	45.64	45.42
3	45.4	10.31	0.097	44.50	43.48	44.40	42.49	42.14	42.58
4	40.9	7.75	0.129	42.23	41.41	42.04	40.42	39.69	40.51
5	38.9	6.21	0.161	40.41	39.76	40.18	38.79	37.80	38.86
6	38.6	5.15	0.194	38.84	38.32	38.58	37.38	36.21	37.44
7	35.6	4.42	0.226	37.52	37.11	37.24	36.21	34.91	36.25
8	35.1	3.88	0.258	36.34	36.02	36.06	35.17	33.77	35.19
9	34.4	3.45	0.290	35.26	35.03	34.99	34.23	32.76	34.24
10	34.0	3.10	0.323	34.24	34.09	33.98	33.34	31.82	33.33
11	32.5	2.82	0.355	33.32	33.24	33.07	32.54	30.99	32.51
12	32.4	2.58	0.387	32.45	32.43	32.22	31.79	30.22	31.74
13	31.0	2.39	0.419	31.62	31.66	31.41	31.09	29.49	31.00
14	30.6	2.21	0.452	30.81	30.90	30.62	30.39	28.79	30.28
15	29.6	2.07	0.484	30.04	30.19	29.87	29.74	28.14	29.61
16	29.4	1.94	0.516	29.30	29.50	29.16	29.11	27.52	28.96
17	28.1	1.82	0.548	28.57	28.82	28.46	28.49	26.93	28.32
18	27.5	1.72	0.581	27.84	28.13	27.75	27.87	26.33	27.67
19	26.7	1.63	0.613	27.13	27.46	27.07	27.28	25.77	27.05
20	25.0	1.55	0.645	26.42	26.79	26.39	26.68	25.21	26.43
21	25.0	1.48	0.677	25.71	26.12	25.72	26.09	24.66	25.81
22	24.8	1.41	0.710	24.96	25.42	25.01	25.47	24.10	25.16
23	24.0	1.35	0.742	24.23	24.72	24.31	24.85	23.55	24.52
24	22.6	1.29	0.774	23.46	24.00	23.58	24.21	22.99	23.85
25	22.1	1.24	0.806	22.66	23.24	22.82	23.55	22.41	23.16
26	22.0	1.19	0.839	21.78	22.40	21.99	22.81	21.79	22.40
27	21.6	1.15	0.871	20.85	21.50	21.10	22.03	21.14	21.58
28	20.7	1.11	0.903	19.78	20.48	20.09	21.14	20.43	20.66
29	20.2	1.07	0.935	18.50	19.25	18.86	20.06	19.59	19.55
30	19.2	1.03	0.968	16.65	17.45	17.07	18.49	18.43	17.95

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu y = 3.39012$
$\sigma y = 0.31207$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.39591$
$\sigma y = 0.28971$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 26.66645$
$\beta = 0.12874$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 26.92109$
$\beta = 0.14665$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = 0.09446$
$\beta = 9.40747$
$Y = 2.50732$
$Csy = 0.65207$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.02310$
$\beta = 145.98932$
$Y = 0.02384$
$Y = 0.00343$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.25: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación TARACO

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	66.4	31.25	0.032	67.20	68.64	67.35	67.48	69.08	68.74
2	64.0	15.38	0.065	59.76	60.79	59.75	59.81	60.95	60.20
3	55.8	10.31	0.097	55.46	56.26	55.38	55.40	56.31	55.40
4	53.0	7.75	0.129	52.33	52.97	52.21	52.20	52.95	51.97
5	52.2	6.21	0.161	49.83	50.36	49.70	49.67	50.29	49.28
6	50.2	5.15	0.194	47.68	48.11	47.55	47.49	48.01	47.00
7	49.5	4.42	0.226	45.88	46.23	45.75	45.67	46.10	45.10
8	48.8	3.88	0.258	44.28	44.55	44.15	44.06	44.41	43.42
9	48.1	3.45	0.290	42.82	43.04	42.71	42.60	42.89	41.92
10	46.8	3.10	0.323	41.45	41.61	41.35	41.23	41.45	40.51
11	43.0	2.82	0.355	40.21	40.32	40.12	39.99	40.16	39.24
12	43.0	2.58	0.387	39.05	39.12	38.97	38.83	38.95	38.07
13	40.0	2.39	0.419	37.94	37.97	37.89	37.73	37.80	36.96
14	36.8	2.21	0.452	36.86	36.84	36.82	36.65	36.68	35.87
15	36.0	2.07	0.484	35.84	35.79	35.82	35.65	35.63	34.86
16	34.2	1.94	0.516	34.86	34.78	34.85	34.67	34.62	33.89
17	32.6	1.82	0.548	33.90	33.79	33.91	33.72	33.64	32.95
18	31.5	1.72	0.581	32.93	32.78	32.95	32.76	32.64	32.00
19	28.6	1.63	0.613	31.99	31.82	32.04	31.83	31.69	31.09
20	28.4	1.55	0.645	31.07	30.87	31.13	30.91	30.74	30.20
21	28.0	1.48	0.677	30.14	29.91	30.22	29.99	29.80	29.31
22	26.8	1.41	0.710	29.17	28.92	29.26	29.03	28.82	28.38
23	26.0	1.35	0.742	28.21	27.94	28.32	28.07	27.85	27.48
24	24.6	1.29	0.774	27.23	26.93	27.34	27.09	26.86	26.55
25	23.6	1.24	0.806	26.20	25.87	26.32	26.06	25.82	25.58
26	23.6	1.19	0.839	25.07	24.72	25.19	24.92	24.69	24.53
27	22.4	1.15	0.871	23.87	23.50	23.99	23.71	23.49	23.42
28	21.4	1.11	0.903	22.52	22.12	22.63	22.33	22.15	22.18
29	20.4	1.07	0.935	20.90	20.48	20.97	20.66	20.54	20.70
30	20.4	1.03	0.968	18.59	18.14	18.56	18.22	18.26	18.62

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

DIST. LOG NORMAL II PARÁMETROS

Método Momentos
$\mu y = 3.56515$
$\sigma y = 0.34688$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.56336$
$\sigma y = 0.35928$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 31.49591$
$\beta = 0.09555$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 31.28278$
$\beta = 0.09464$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = 0.00960$
$\beta = 1401.63636$
$Y = -9.88769$
$Csy = 0.05342$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.03512$
$\beta = 101.41151$
$Y = 0.00212$
$Y = 0.00494$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.26: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación HUANCANÉ

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	68.7	31.25	0.032	71.74	73.44	72.71	75.98	72.09	73.99
2	66.5	15.38	0.065	65.54	66.80	65.73	68.24	66.54	66.80
3	65.0	10.31	0.097	61.88	62.88	61.72	63.79	63.15	62.65
4	64.6	7.75	0.129	59.17	60.00	58.81	60.56	60.57	59.62
5	58.0	6.21	0.161	56.99	57.67	56.51	58.01	58.46	57.20
6	58.0	5.15	0.194	55.09	55.65	54.53	55.81	56.60	55.12
7	56.5	4.42	0.226	53.48	53.95	52.88	53.98	55.00	53.37
8	54.5	3.88	0.258	52.03	52.42	51.41	52.35	53.55	51.82
9	52.4	3.45	0.290	50.71	51.02	50.09	50.88	52.21	50.40
10	51.6	3.10	0.323	49.46	49.70	48.84	49.49	50.92	49.07
11	50.8	2.82	0.355	48.31	48.49	47.71	48.24	49.74	47.86
12	48.6	2.58	0.387	47.23	47.35	46.66	47.07	48.62	46.73
13	48.5	2.39	0.419	46.20	46.27	45.66	45.97	47.53	45.65
14	44.4	2.21	0.452	45.18	45.19	44.67	44.87	46.45	44.58
15	44.1	2.07	0.484	44.22	44.18	43.76	43.86	45.43	43.59
16	43.4	1.94	0.516	43.28	43.20	42.87	42.87	44.43	42.63
17	42.2	1.82	0.548	42.36	42.24	42.00	41.91	43.44	41.68
18	40.1	1.72	0.581	41.42	41.26	41.13	40.94	42.42	40.73
19	39.4	1.63	0.613	40.52	40.31	40.29	40.01	41.43	39.81
20	37.8	1.55	0.645	39.61	39.36	39.45	39.08	40.44	38.90
21	36.1	1.48	0.677	38.70	38.41	38.61	38.15	39.43	37.98
22	36.1	1.41	0.710	37.74	37.41	37.74	37.18	38.36	37.02
23	35.6	1.35	0.742	36.78	36.42	36.87	36.22	37.30	36.07
24	35.0	1.29	0.774	35.79	35.38	35.98	35.22	36.18	35.08
25	35.0	1.24	0.806	34.74	34.30	35.04	34.18	35.00	34.06
26	34.4	1.19	0.839	33.58	33.10	34.00	33.03	33.68	32.92
27	32.5	1.15	0.871	32.34	31.82	32.90	31.81	32.26	31.72
28	32.0	1.11	0.903	30.93	30.35	31.65	30.42	30.62	30.35
29	24.4	1.07	0.935	29.20	28.58	30.13	28.73	28.62	28.70
30	23.8	1.03	0.968	26.68	25.99	27.91	26.27	25.66	26.32

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

**DIST. LOG NORMAL II
PARÁMETROS**

Método Momentos
$\mu y = 3.77845$
$\sigma y = 0.26701$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.77712$
$\sigma y = 0.28039$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 39.78938$
$\beta = 0.10407$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 39.45411$
$\beta = 0.09378$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = -0.03819$
$\beta = 53.89928$
$Y = 5.83562$
$Csy = -0.27242$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.02058$
$\beta = 184.32159$
$Y = -0.01631$
$Y = 0.00272$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.27: Extrapolación de la serie anual de precipitación máxima con las funciones de distribución – Estación HUARAYA MOHO

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	74.3	31.25	0.032	66.70	66.51	67.66	68.32	66.91	66.75
2	63.2	15.38	0.065	61.09	60.97	61.29	61.79	60.97	60.88
3	62.0	10.31	0.097	57.77	57.68	57.62	58.04	57.51	57.45
4	52.4	7.75	0.129	55.31	55.24	54.96	55.32	54.96	54.94
5	51.6	6.21	0.161	53.32	53.28	52.85	53.16	52.92	52.93
6	51.6	5.15	0.194	51.59	51.56	51.05	51.31	51.16	51.18
7	51.0	4.42	0.226	50.12	50.11	49.53	49.76	49.67	49.71
8	50.5	3.88	0.258	48.80	48.80	48.19	48.39	48.34	48.40
9	48.1	3.45	0.290	47.60	47.61	46.98	47.15	47.13	47.21
10	46.0	3.10	0.323	46.45	46.47	45.84	45.98	45.98	46.07
11	45.3	2.82	0.355	45.41	45.44	44.81	44.93	44.94	45.05
12	45.2	2.58	0.387	44.42	44.46	43.85	43.94	43.96	44.08
13	43.8	2.39	0.419	43.48	43.52	42.94	43.01	43.03	43.16
14	42.0	2.21	0.452	42.54	42.59	42.04	42.09	42.11	42.25
15	41.5	2.07	0.484	41.66	41.72	41.20	41.23	41.24	41.39
16	39.5	1.94	0.516	40.80	40.86	40.39	40.40	40.40	40.56
17	38.9	1.82	0.548	39.96	40.03	39.60	39.59	39.57	39.75
18	38.7	1.72	0.581	39.10	39.17	38.80	38.77	38.74	38.92
19	38.6	1.63	0.613	38.27	38.35	38.03	37.99	37.93	38.12
20	38.0	1.55	0.645	37.43	37.52	37.27	37.21	37.12	37.33
21	37.8	1.48	0.677	36.59	36.68	36.50	36.42	36.31	36.53
22	35.8	1.41	0.710	35.71	35.81	35.70	35.60	35.46	35.69
23	34.8	1.35	0.742	34.83	34.93	34.91	34.79	34.62	34.85
24	34.5	1.29	0.774	33.91	34.02	34.09	33.95	33.74	33.99
25	33.4	1.24	0.806	32.95	33.06	33.23	33.07	32.82	33.08
26	31.4	1.19	0.839	31.88	32.00	32.28	32.11	31.81	32.08
27	29.5	1.15	0.871	30.73	30.86	31.28	31.08	30.72	31.01
28	28.5	1.11	0.903	29.42	29.55	30.13	29.90	29.49	29.79
29	26.4	1.07	0.935	27.82	27.96	28.74	28.48	27.99	28.31
30	25.0	1.03	0.968	25.49	25.63	26.72	26.41	25.81	26.16

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

**DIST. LOG NORMAL II
PARÁMETROS**

Método Momentos
$\mu y = 3.71915$
$\sigma y = 0.25971$

Método Max. Verosimilitud
$\mu y = 3.72058$
$\sigma y = 0.25741$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 37.57395$
$\beta = 0.11386$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 37.52025$
$\beta = 0.11124$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = 0.01576$
$\beta = 266.89409$
$Y = -0.48465$
$Csy = 0.12242$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.01722$
$\beta = 216.11159$
$Y = 0.00014$
$Y = 0.00232$

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5. Selección de la función de distribución de probabilidad

Para seleccionar la función de distribución que mejor se adecue a los datos de las estaciones se realizaron las siguientes pruebas:

4.1.5.1. Análisis gráfico

A continuación se muestra el análisis gráfico, considerando los datos observados o corregidos y los obtenidos a través de las funciones de distribución utilizadas.

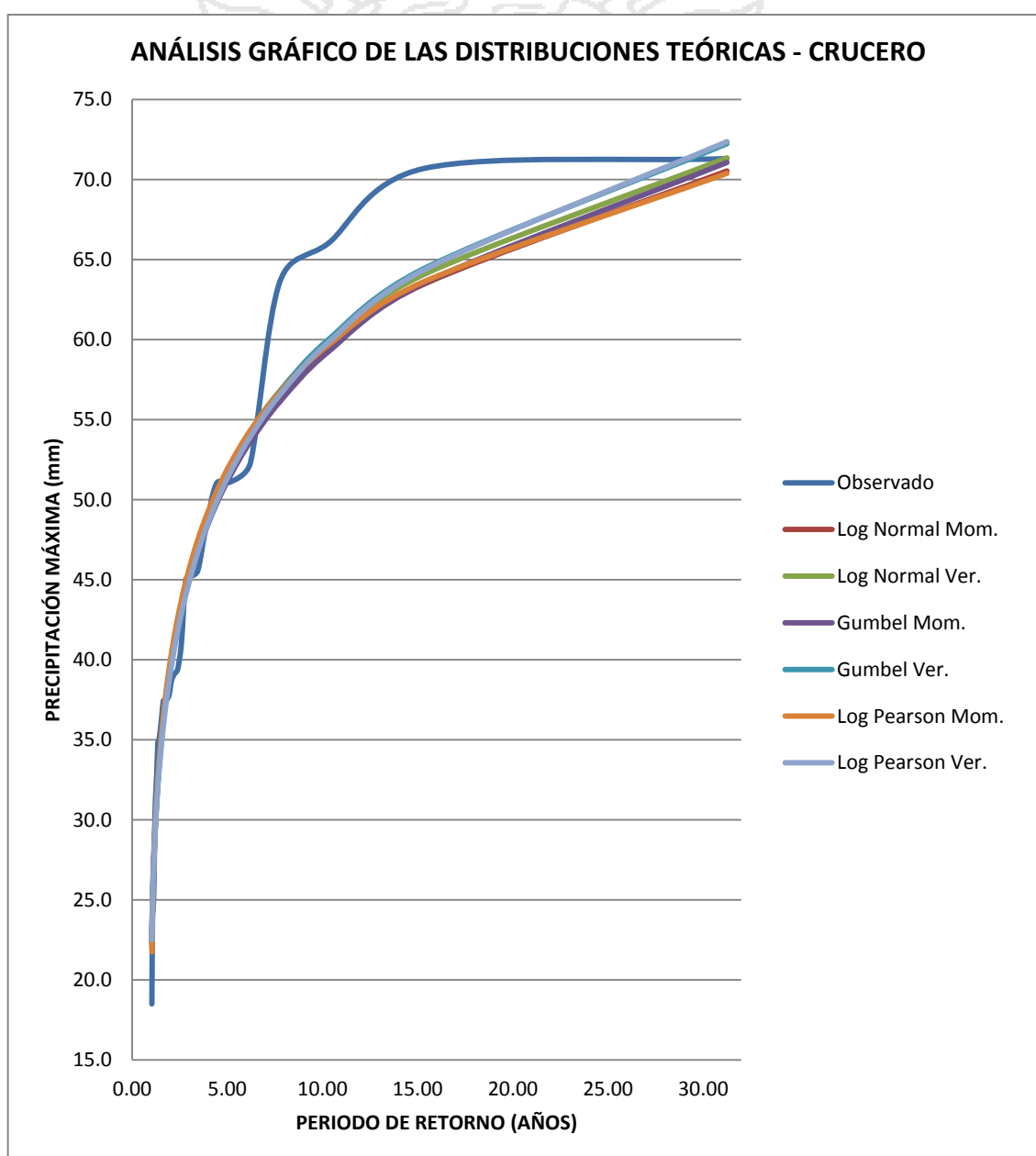


Figura N° 4.8: Análisis gráfico – Estación CRUCERO

Fuente: Elaboración Propia

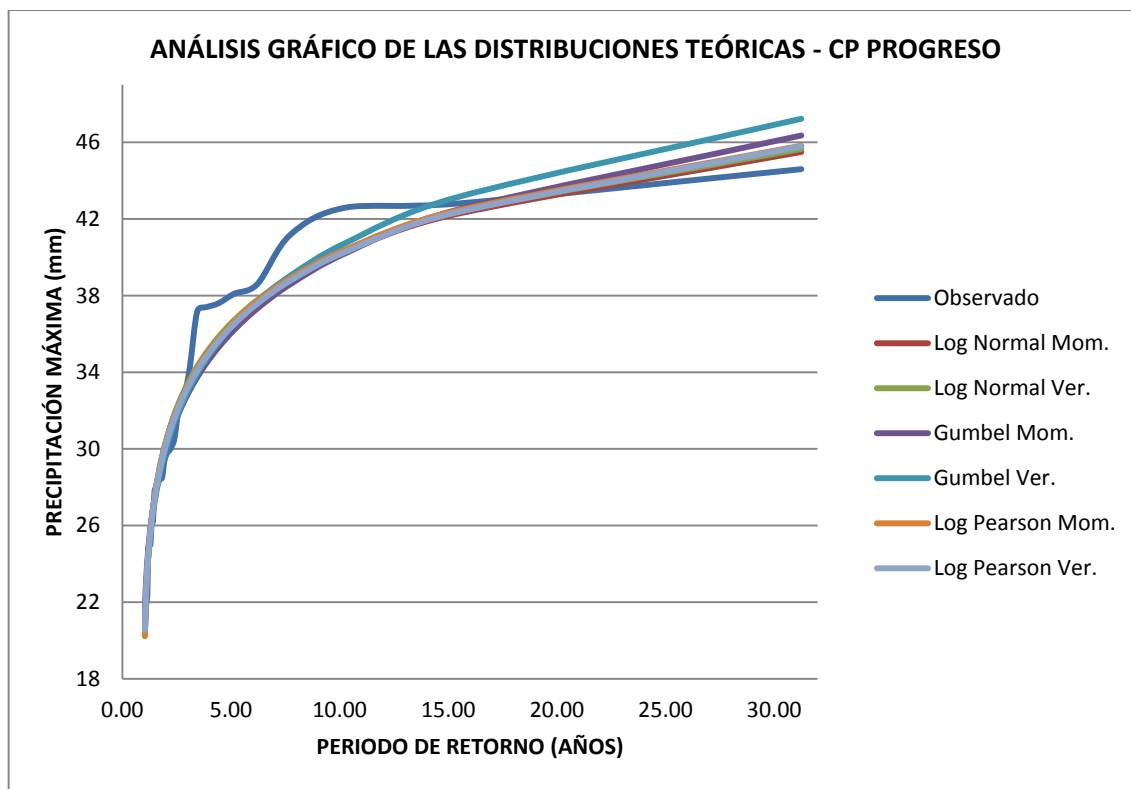


Figura N° 4.9: Análisis gráfico – Estación CP PROGRESO

Fuente: Elaboración Propia

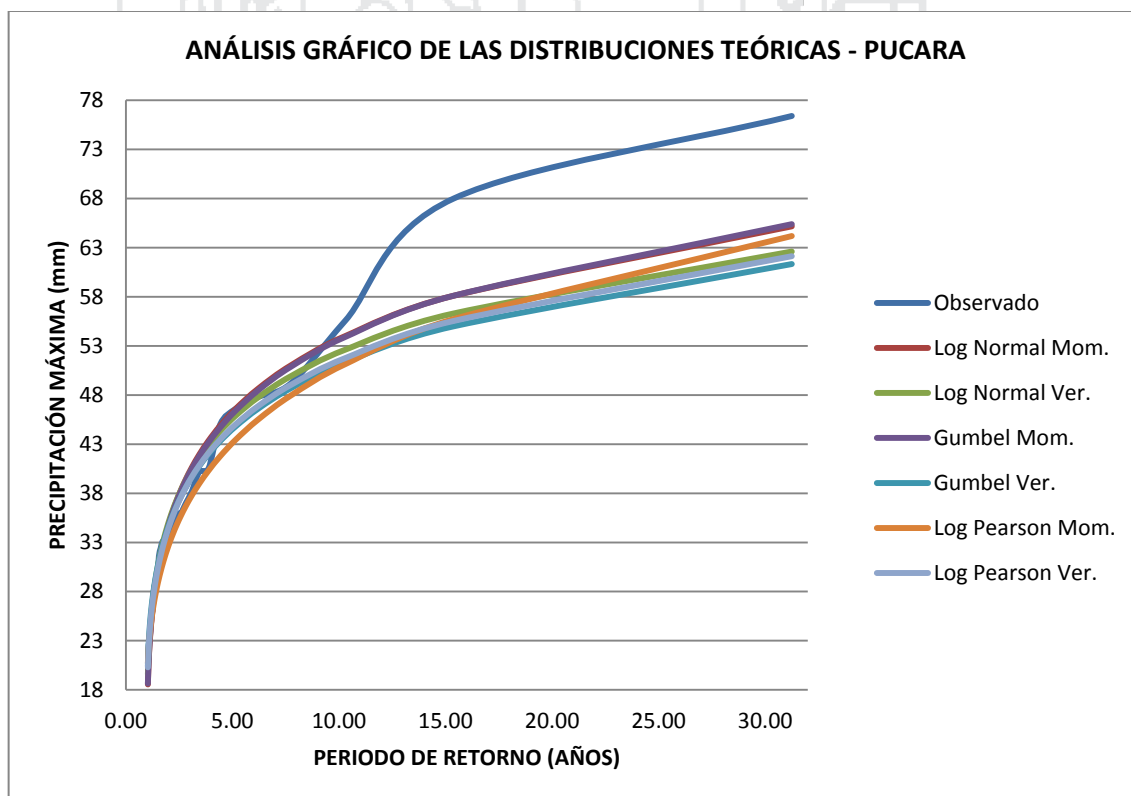


Figura N° 4.10: Análisis gráfico – Estación PUCARA

Fuente: Elaboración Propia

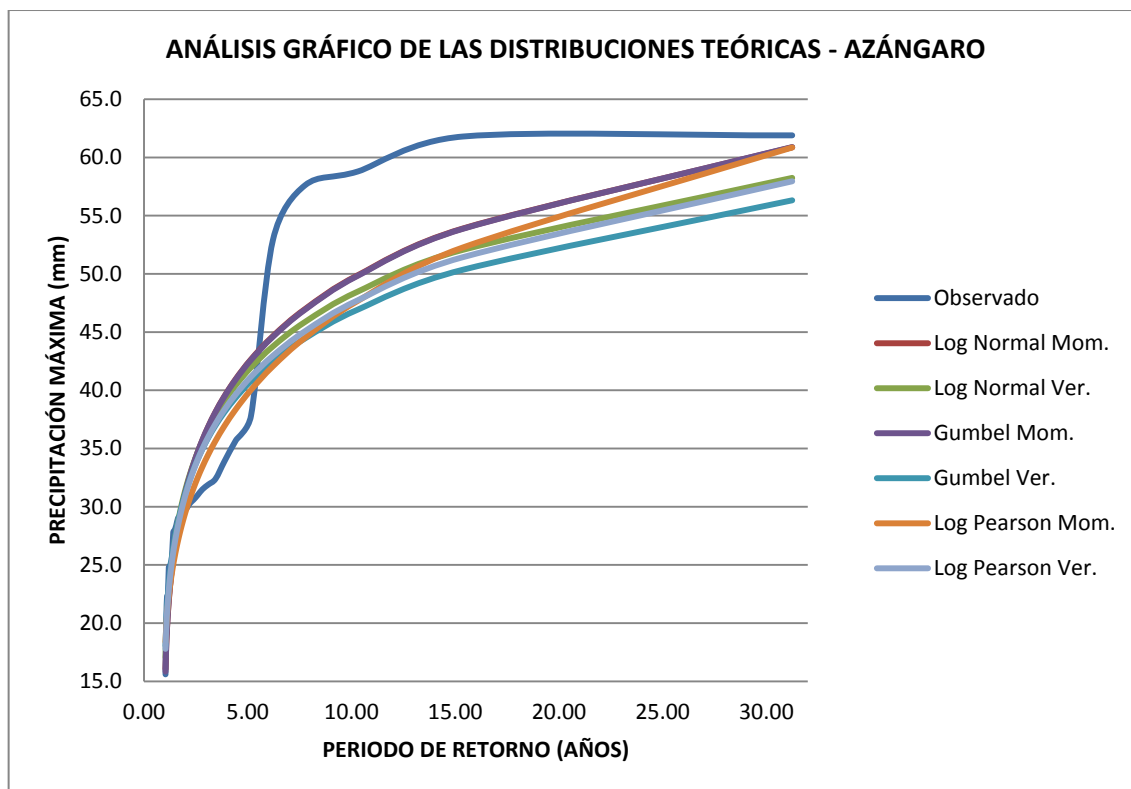


Figura N° 4.11: Análisis gráfico – Estación AZÁNGARO

Fuente: Elaboración Propia

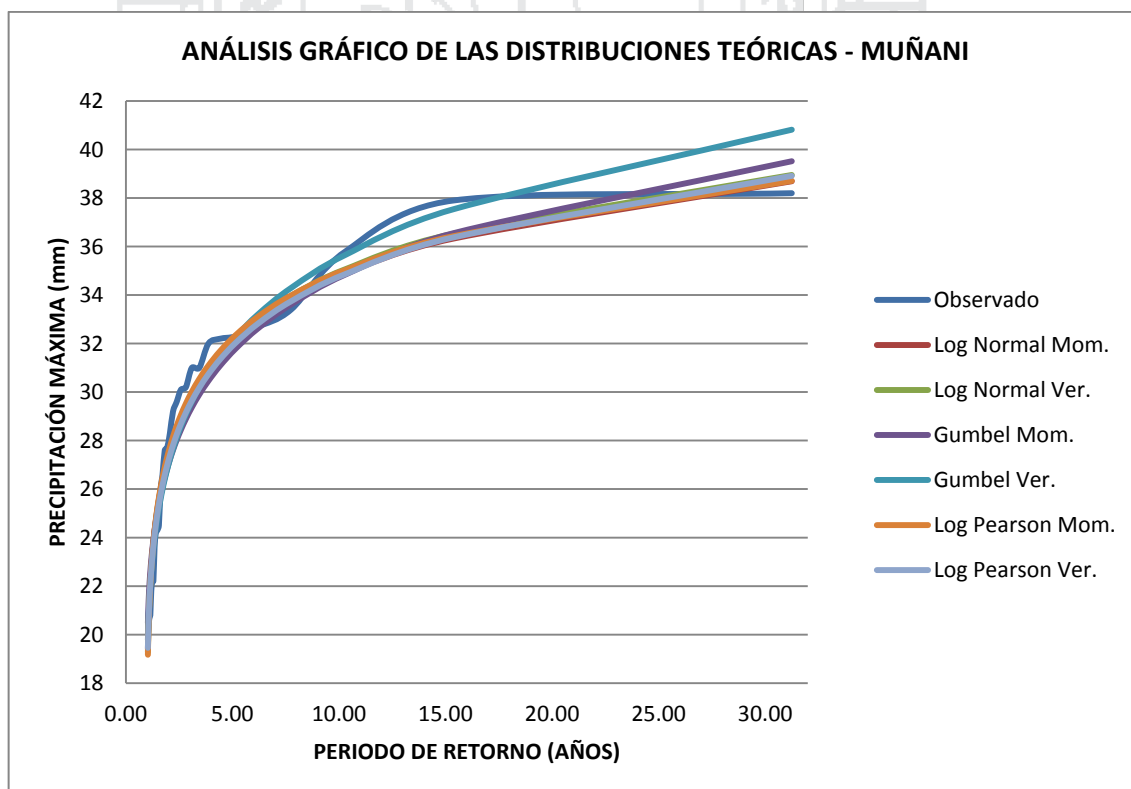


Figura N° 4.12: Análisis gráfico – Estación MUÑANI

Fuente: Elaboración Propia

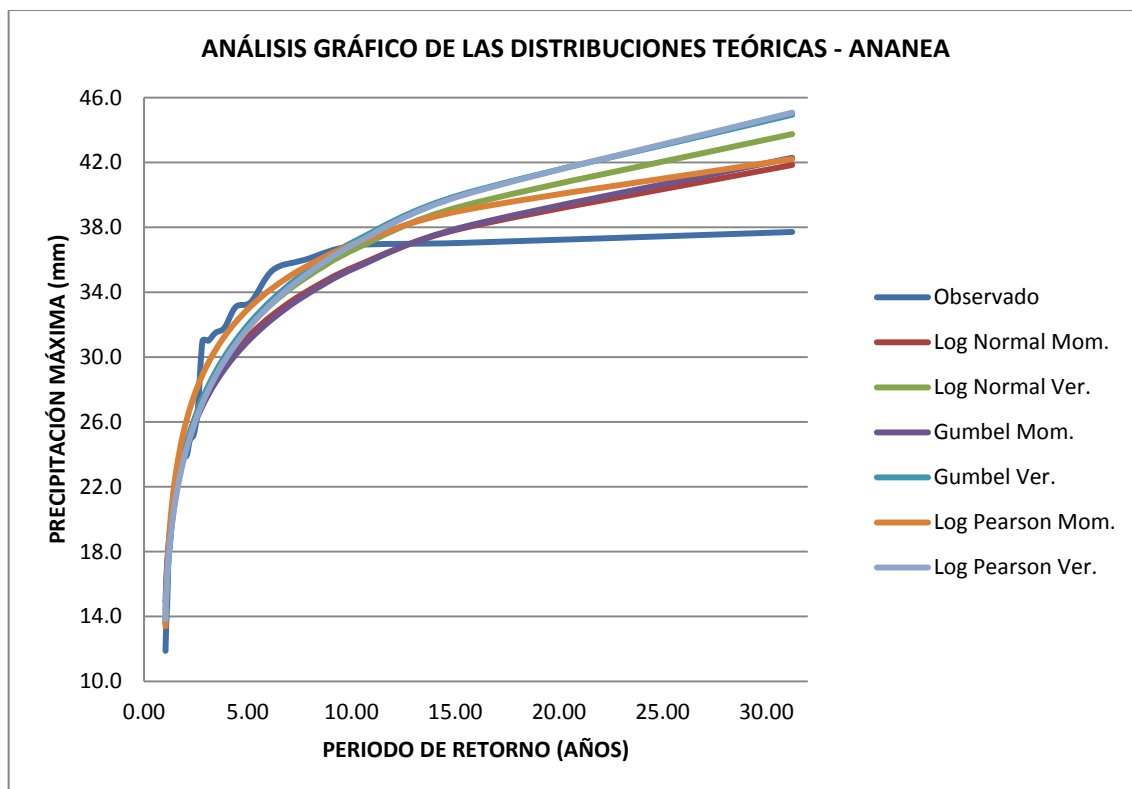


Figura N° 4.13: Análisis gráfico – Estación ANANEA

Fuente: Elaboración Propia

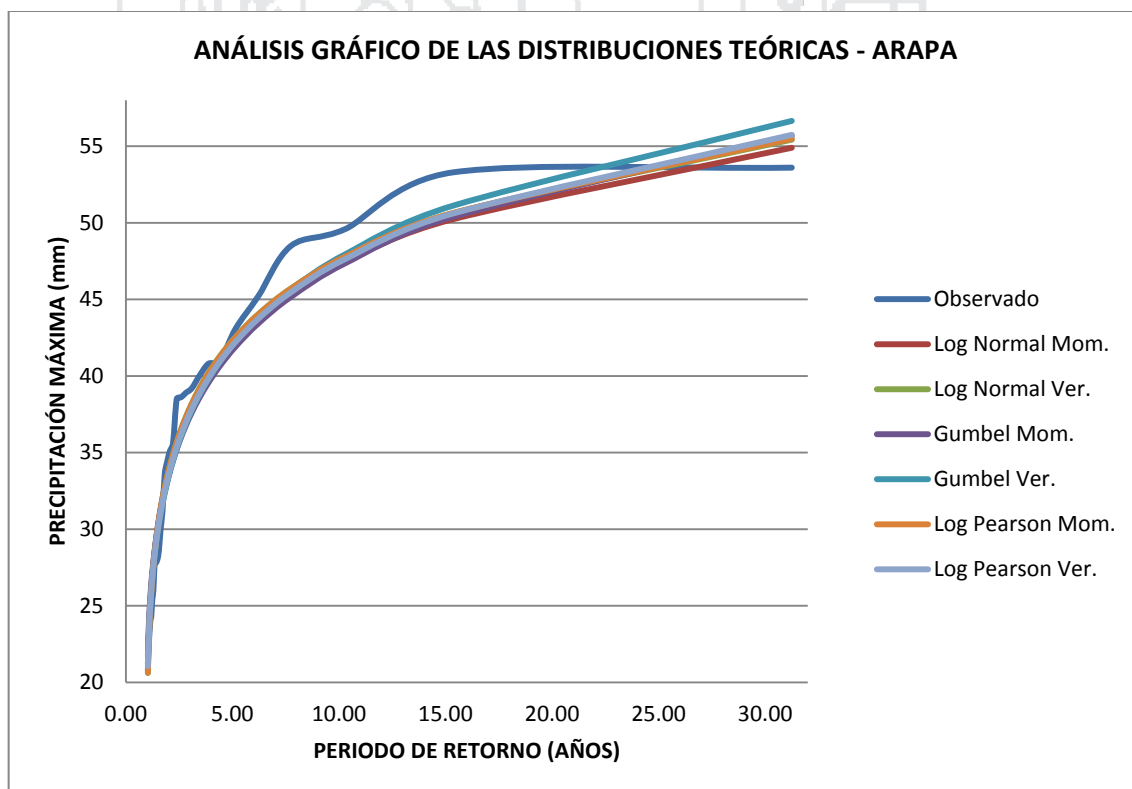


Figura N° 4.14: Análisis gráfico – Estación ARAPA

Fuente: Elaboración Propia

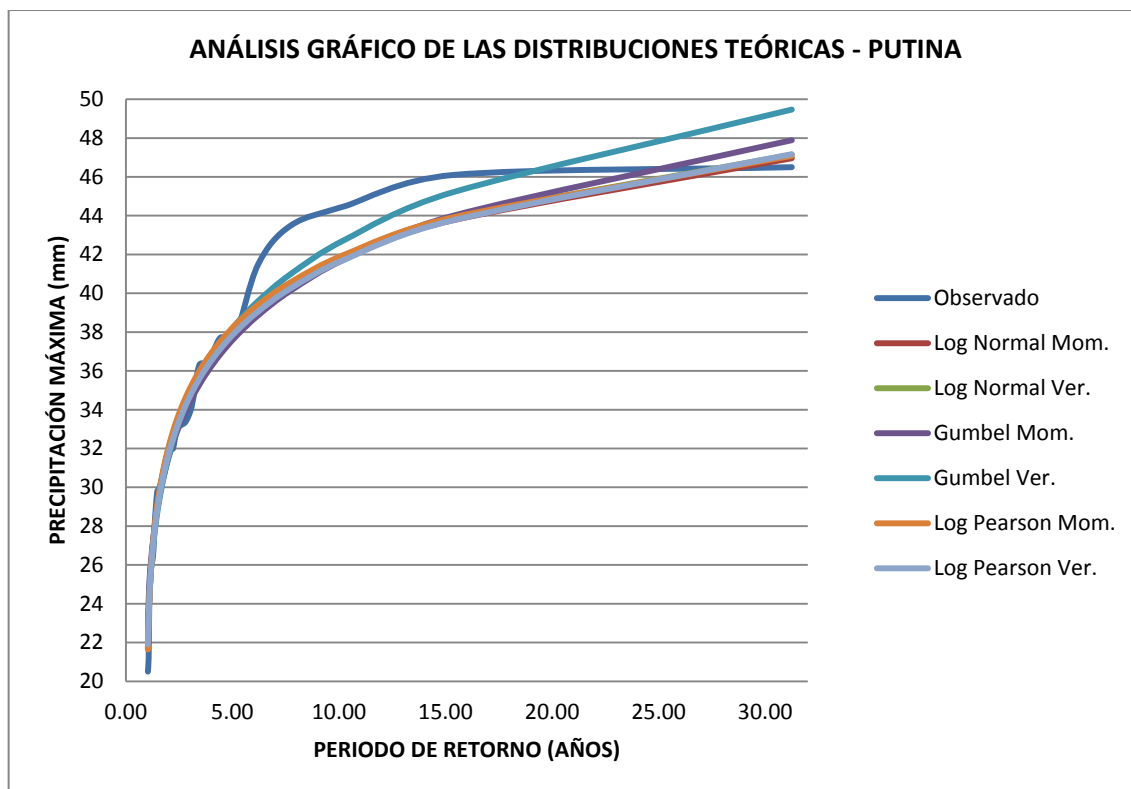


Figura N° 4.15: Análisis gráfico – Estación PUTINA

Fuente: Elaboración Propia

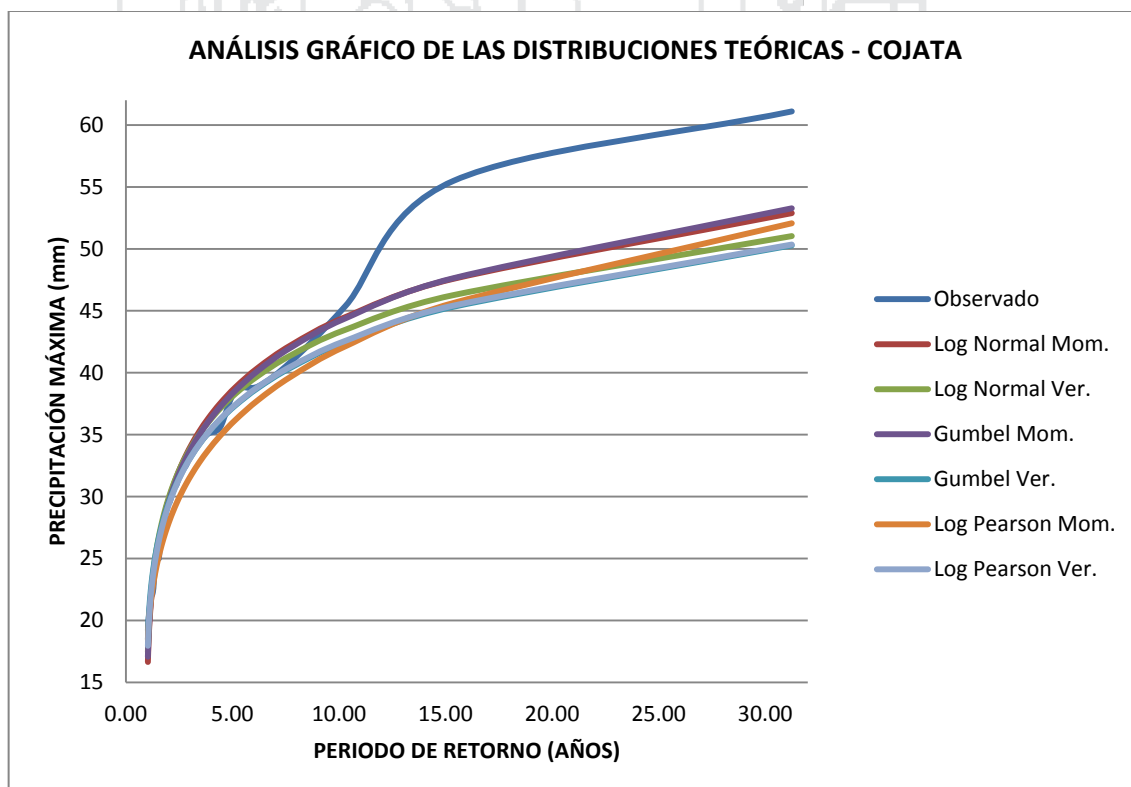


Figura N° 4.16: Análisis gráfico – Estación COJATA

Fuente: Elaboración Propia

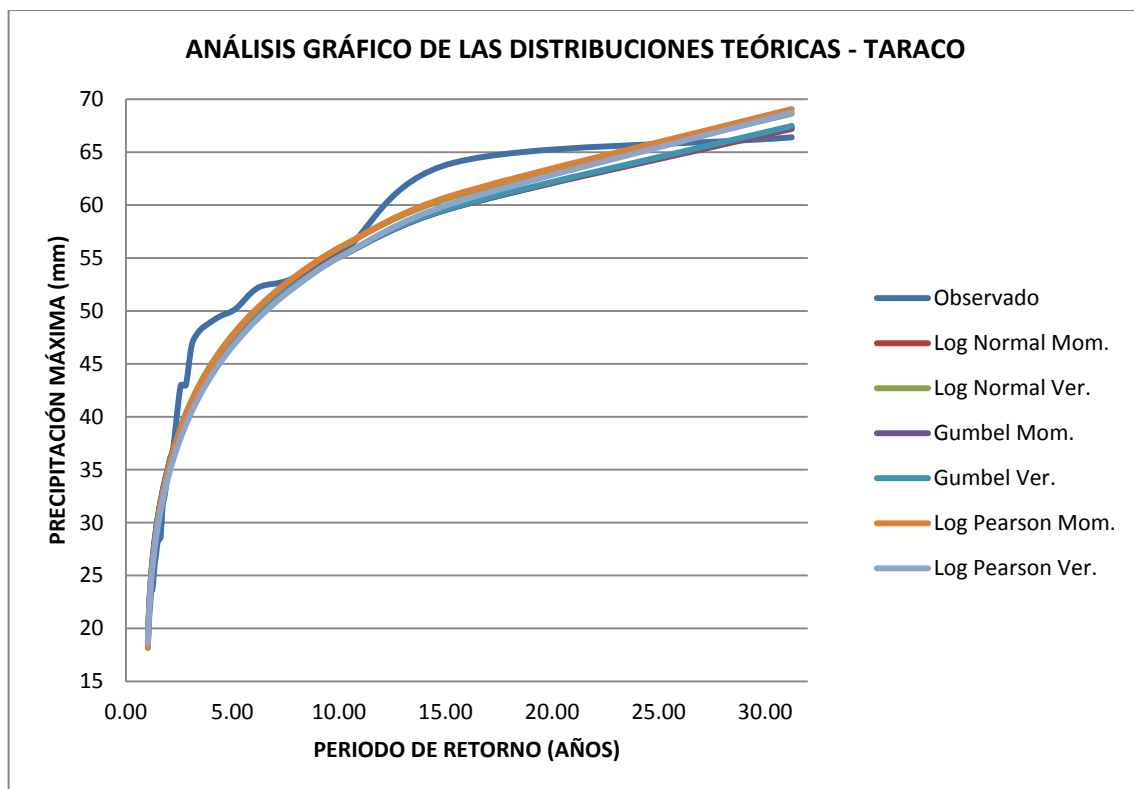


Figura N° 4.17: Análisis gráfico – Estación TARACO

Fuente: Elaboración Propia

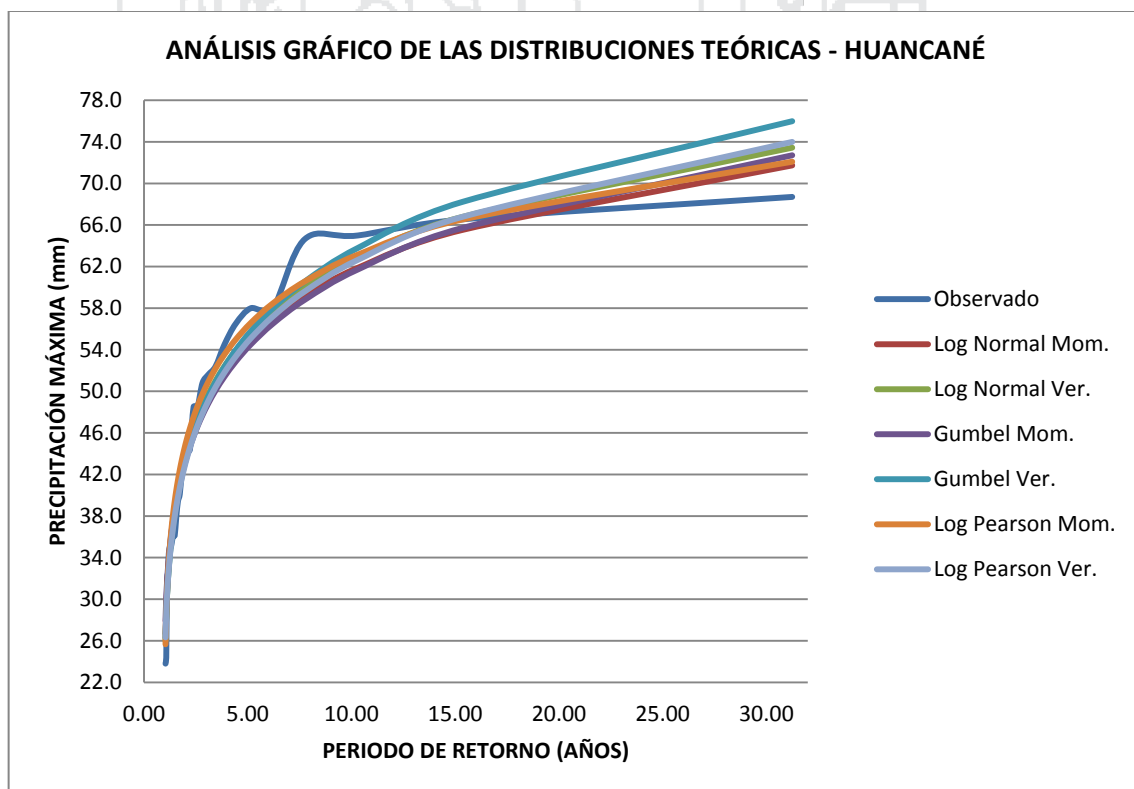


Figura N° 4.18: Análisis gráfico – Estación HUANCANÉ

Fuente: Elaboración Propia

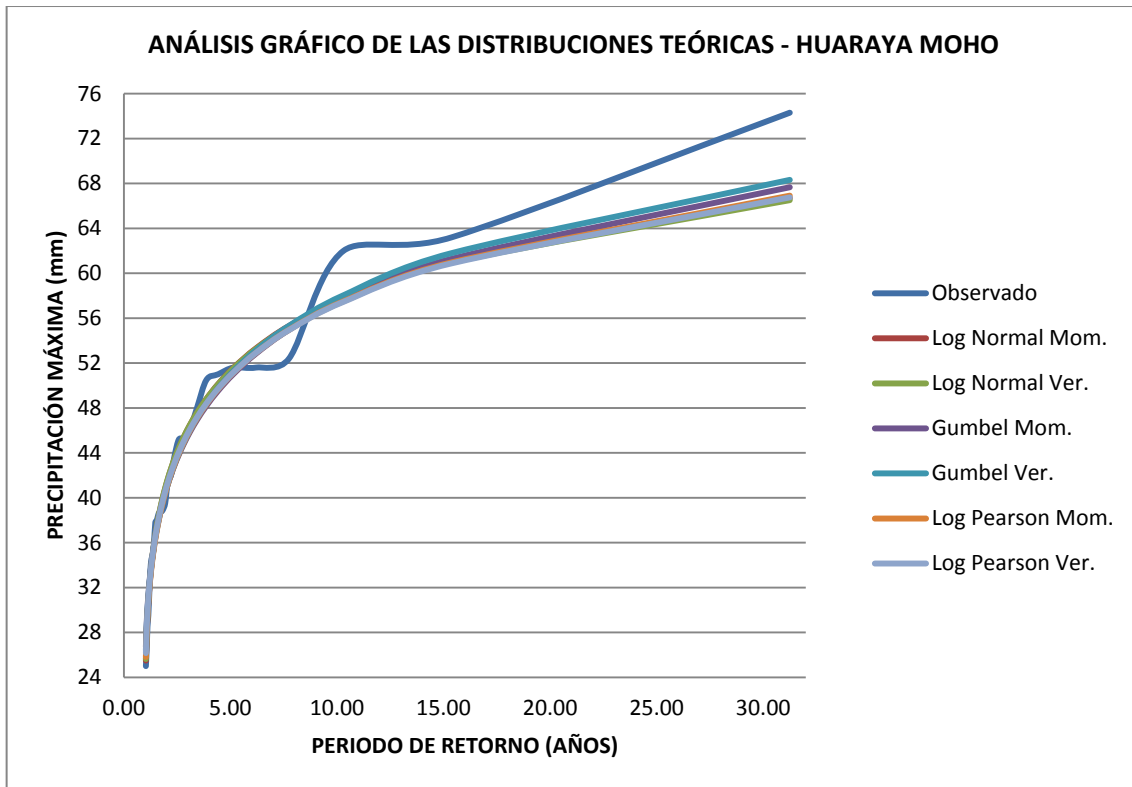


Figura N° 4.19: Análisis gráfico – Estación HUARAYA MOHO

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.2. Método de error cuadrático mínimo

Los detalles del cálculo del error cuadrático mínimo entre lo calculado con las funciones de distribución y los datos observados o corregidos, se muestran en el Anexo V, mientras que a continuación se presentan los resultados.

Tabla N° 4.28: Resumen de la prueba de error cuadrático mínimo - I

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
CRUCERO	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	14.74
		Mét. Máx. Verosimilitud	14.10
	Gumbel	Método de Momentos	14.88
		Mét. Máx. Verosimilitud	13.84
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	14.53
		Mét. Máx. Verosimilitud	14.12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.29: Resumen de la prueba de error cuadrático mínimo II

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
CP PROGRESO	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	6.54
		Mét. Máx. Verosimilitud	6.40
	Gumbel	Método de Momentos	7.69
		Mét. Máx. Verosimilitud	6.97
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	6.47
		Mét. Máx. Verosimilitud	6.76
PUCARA	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	16.62
		Mét. Máx. Verosimilitud	19.34
	Gumbel	Método de Momentos	16.28
		Mét. Máx. Verosimilitud	21.03
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	19.41
		Mét. Máx. Verosimilitud	19.91
AZÁNGARO	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	23.53
		Mét. Máx. Verosimilitud	25.02
	Gumbel	Método de Momentos	23.54
		Mét. Máx. Verosimilitud	26.68
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	24.50
		Mét. Máx. Verosimilitud	25.30
MUÑANI	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	4.88
		Mét. Máx. Verosimilitud	4.67
	Gumbel	Método de Momentos	6.31
		Mét. Máx. Verosimilitud	5.63
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	4.58
		Mét. Máx. Verosimilitud	5.12
ANANEA	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	9.98
		Mét. Máx. Verosimilitud	9.83
	Gumbel	Método de Momentos	11.10
		Mét. Máx. Verosimilitud	10.64
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	8.62
		Mét. Máx. Verosimilitud	11.20

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla N° 4.30: Resumen de la prueba de error cuadrático mínimo III

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ARAPA	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	8.56
		Mét. Máx. Verosimilitud	8.09
	Gumbel	Método de Momentos	9.81
		Mét. Máx. Verosimilitud	8.89
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	8.13
		Mét. Máx. Verosimilitud	8.75
PUTINA	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	6.27
		Mét. Máx. Verosimilitud	6.10
	Gumbel	Método de Momentos	7.22
		Mét. Máx. Verosimilitud	6.05
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	6.09
		Mét. Máx. Verosimilitud	6.48
COJATA	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	12.54
		Mét. Máx. Verosimilitud	14.51
	Gumbel	Método de Momentos	11.96
		Mét. Máx. Verosimilitud	15.62
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	15.22
		Mét. Máx. Verosimilitud	15.37
TARACO	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	14.47
		Mét. Máx. Verosimilitud	13.47
	Gumbel	Método de Momentos	14.88
		Mét. Máx. Verosimilitud	14.75
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	13.68
		Mét. Máx. Verosimilitud	15.68
HUANCANÉ	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	12.13
		Mét. Máx. Verosimilitud	11.10
	Gumbel	Método de Momentos	14.14
		Mét. Máx. Verosimilitud	12.31
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	10.43
		Mét. Máx. Verosimilitud	12.43

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.31: Resumen de la prueba de error cuadrático mínimo IV

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
HUARAYA MOHO	Log Normal II de Parámetros	Método de Momentos	10.34
		Mét. Máx. Verosimilitud	10.58
	Gumbel	Método de Momentos	10.30
		Mét. Máx. Verosimilitud	9.47
	Log Pearson Tipo III	Método de Momentos	10.47
		Mét. Máx. Verosimilitud	10.68

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.3. Prueba de bondad de ajuste: Chi cuadrado

Los detalles del cálculo de la prueba de bondad de ajuste Chi cuadrado entre lo calculado con las funciones de distribución y los datos observados o corregidos, se muestran en el Anexo VI, mientras que a continuación se presentan los resultados.

Tabla N° 4.32: Resumen de la bondad de ajuste Chi cuadrado - I

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	PRUEBA		AJUSTE
			D	χ^2	
CRUCERO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	3.846	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	3.578	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	3.864	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	3.433	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	3.861	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	3.387	5.991	Si se ajusta
CP PROGRESO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.995	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.950	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	1.335	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.975	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.962	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	1.022	5.991	Si se ajusta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.33: Resumen de la bondad de ajuste Chi cuadrado - II

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	PRUEBA		AJUSTE
			D	χ^2	
PUCARA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	4.342	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	5.185	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	4.112	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	5.634	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	4.218	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	5.112	5.991	Si se ajusta
AZÁNGARO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	18.956	7.815	No se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	19.820	7.815	No se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	18.977	7.815	No se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	20.953	7.815	No se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	17.298	5.991	No se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	19.397	5.991	No se ajusta
MUÑANI	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	2.192	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	1.909	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	6.718	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	3.367	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	1.675	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	2.440	5.991	Si se ajusta
ANANEA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	4.959	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	4.324	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	5.961	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	4.432	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	4.539	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	4.570	5.991	Si se ajusta
ARAPA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	1.941	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	1.880	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	1.912	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	1.768	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	1.863	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	1.787	5.991	Si se ajusta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.34: Resumen de la bondad de ajuste Chi cuadrado - III

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	PRUEBA		AJUSTE
			D	χ^2	
PUTINA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.644	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.574	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.958	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.320	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.600	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.627	5.991	Si se ajusta
COJATA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	5.114	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	6.712	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	4.559	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	7.199	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	5.677	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	7.209	5.991	No se ajusta
TARACO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	5.725	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	5.036	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	6.155	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	5.897	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	5.210	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	6.335	5.991	No se ajusta
HUANCANÉ	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	2.772	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	1.720	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	6.625	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	2.203	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	1.271	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	2.426	5.991	Si se ajusta
HUARAYA MOHO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.700	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.706	7.815	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.423	7.815	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.402	7.815	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.421	5.991	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.461	5.991	Si se ajusta

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.4. Prueba de bondad de ajuste: Kolmogorov-Smirnov

Los detalles del cálculo de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov entre lo calculado con las funciones de distribución y los datos

observados o corregidos, se muestran en el Anexo VII, mientras que a continuación se presentan los resultados.

Tabla N° 4.35: Resumen de la bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov - I

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	PRUEBA		AJUSTE
			D _{MAX}	d	
CRUCERO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.0886	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0888	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.0817	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0837	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.0970	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0949	0.2400	Si se ajusta
CP PROGRESO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.1141	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1119	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.1258	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1158	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.1142	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1180	0.2400	Si se ajusta
PUCARA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.0724	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0777	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.0694	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0598	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.1019	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0559	0.2400	Si se ajusta
AZÁNGARO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.1704	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1766	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.1718	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1605	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.1322	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1561	0.2400	Si se ajusta
MUÑANI	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.0967	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0923	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.1212	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1041	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.0931	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0996	0.2400	Si se ajusta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.36: Resumen de la bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov - II

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	PRUEBA		AJUSTE
			D _{MAX}	d	
ANANEA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.1473	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1311	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.1560	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1276	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.1139	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1346	0.2400	Si se ajusta
ARAPA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.1099	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1065	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.1270	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1216	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.1082	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1189	0.2400	Si se ajusta
PUTINA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.0604	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0619	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.0622	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0691	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.0676	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0603	0.2400	Si se ajusta
COJATA	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.0632	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0843	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.0652	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0891	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.0929	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0729	0.2400	Si se ajusta
TARACO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.1163	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1076	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.1196	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1169	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.1088	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.1255	0.2400	Si se ajusta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.37: Resumen de la bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov - III

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	PRUEBA		AJUSTE
			D_{MAX}	d	
HUANCANÉ	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.0861	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0740	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.0916	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0711	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.0983	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0816	0.2400	Si se ajusta
HUARAYA MOHO	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	0.0494	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0522	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	0.0548	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0567	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	0.0593	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	0.0514	0.2400	Si se ajusta

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.5. Calificado y selección de la función de distribución

A continuación se muestra la tabla en la que se calificó las funciones de distribución, según el orden de preferencia indicado por cada prueba, dando 1 a la “mejor” y 5 a la “peor”. Considerando esta calificación para cada prueba se seleccionó la función de distribución y método de cálculo de sus parámetros más adecuada para la serie de datos de cada estación.

Tabla N° 4.38: Calificación y selección de la función de distribución - I

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	ANÁL. GRÁF.	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO		CHI CUADRADO				KOLMOGOROV-SMIRNOV				SELECCIÓN
			C	Calific.	D	Dt	Ajuste	Calific.	DMAX	P.C.	Ajuste	Calific.	
CRUCERO	Log Normal - Momentos	4	14.743	5	3.846	7.815	SI	4	0.0886	0.2400	SI	3	
	Log Normal – Máx. Ver.	3	14.104	2	3.578	7.815	SI	3	0.0888	0.2400	SI	4	
	Gumbel - Momentos	5	14.884	6	3.864	7.815	SI	6	0.0817	0.2400	SI	1	
	Gumbel – Máx. Ver.	1	13.845	1	3.433	7.815	SI	2	0.0837	0.2400	SI	2	X
	Log Pearson - Momentos	6	14.534	4	3.861	5.991	SI	5	0.0970	0.2400	SI	6	
	Log Pearson – Máx. Ver.	2	14.122	3	3.387	5.991	SI	1	0.0949	0.2400	SI	5	
CP PROGRESO	Log Normal - Momentos	2	6.536	3	0.995	7.815	SI	4	0.1141	0.2400	SI	2	
	Log Normal – Máx. Ver.	1	6.402	1	0.950	7.815	SI	1	0.1119	0.2400	SI	1	X
	Gumbel - Momentos	5	7.692	6	1.335	7.815	SI	6	0.1258	0.2400	SI	6	
	Gumbel – Máx. Ver.	6	6.971	5	0.975	7.815	SI	3	0.1158	0.2400	SI	4	
	Log Pearson - Momentos	3	6.474	2	0.962	5.991	SI	2	0.1142	0.2400	SI	3	
	Log Pearson – Máx. Ver.	4	6.760	4	1.022	5.991	SI	5	0.1180	0.2400	SI	5	
PUCARA	Log Normal - Momentos	4	16.623	2	4.342	7.815	SI	3	0.0724	0.2400	SI	4	
	Log Normal – Máx. Ver.	3	19.336	3	5.185	7.815	SI	5	0.0777	0.2400	SI	5	
	Gumbel - Momentos	1	16.284	1	4.112	7.815	SI	1	0.0694	0.2400	SI	3	X
	Gumbel – Máx. Ver.	6	21.028	6	5.634	7.815	SI	6	0.0598	0.2400	SI	2	
	Log Pearson - Momentos	2	19.408	4	4.218	5.991	SI	2	0.1019	0.2400	SI	6	
	Log Pearson – Máx. Ver.	5	19.906	5	5.112	5.991	SI	4	0.0559	0.2400	SI	1	
AZANGARO	Log Normal - Momentos	3	23.527	1	18.956	7.815	NO	2	0.1704	0.2400	SI	4	
	Log Normal – Máx. Ver.	4	25.021	4	19.820	7.815	NO	5	0.1766	0.2400	SI	6	
	Gumbel - Momentos	2	23.542	2	18.977	7.815	NO	3	0.1718	0.2400	SI	5	
	Gumbel – Máx. Ver.	6	26.681	6	20.953	7.815	NO	6	0.1605	0.2400	SI	3	
	Log Pearson - Momentos	1	24.502	3	17.298	5.991	NO	1	0.1322	0.2400	SI	1	X
	Log Pearson – Máx. Ver.	5	25.297	5	19.397	5.991	NO	4	0.1561	0.2400	SI	2	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.39: Calificación y selección de la función de distribución - II

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	ANÁL. GRAF.	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO		CHI CUADRADO				KOLMOGOROV-SMIRNOV				SELECCIÓN
			C	Calific.	D	Dt	Ajuste	Calific.	DMAX	P.C.	Ajuste	Calific.	
MUÑANI	Log Normal - Momentos	2	4.881	3	2.192	7.815	SI	3	0.0967	0.2400	SI	3	
	Log Normal – Máx. Ver.	3	4.671	2	1.909	7.815	SI	2	0.0923	0.2400	SI	1	
	Gumbel - Momentos	5	6.310	6	6.718	7.815	SI	6	0.1212	0.2400	SI	6	
	Gumbel – Máx. Ver.	6	5.628	5	3.367	7.815	SI	5	0.1041	0.2400	SI	5	
	Log Pearson - Momentos	1	4.584	1	1.675	5.991	SI	1	0.0931	0.2400	SI	2	X
	Log Pearson – Máx. Ver.	4	5.120	4	2.440	5.991	SI	4	0.0996	0.2400	SI	4	
ANANEA	Log Normal - Momentos	2	9.981	3	4.959	7.815	SI	5	0.1473	0.2400	SI	5	
	Log Normal – Máx. Ver.	5	9.834	2	4.324	7.815	SI	1	0.1311	0.2400	SI	3	
	Gumbel - Momentos	3	11.102	5	5.961	7.815	SI	6	0.1560	0.2400	SI	6	
	Gumbel – Máx. Ver.	4	10.636	4	4.432	7.815	SI	2	0.1276	0.2400	SI	2	
	Log Pearson - Momentos	1	8.623	1	4.539	5.991	SI	3	0.1139	0.2400	SI	1	X
	Log Pearson – Máx. Ver.	6	11.203	6	4.570	5.991	SI	4	0.1346	0.2400	SI	4	
ARAPA	Log Normal - Momentos	2	8.559	3	1.941	7.815	SI	6	0.1099	0.2400	SI	3	
	Log Normal – Máx. Ver.	1	8.087	1	1.880	7.815	SI	4	0.1065	0.2400	SI	1	X
	Gumbel - Momentos	5	9.813	6	1.912	7.815	SI	5	0.1270	0.2400	SI	6	
	Gumbel – Máx. Ver.	6	8.886	5	1.768	7.815	SI	1	0.1216	0.2400	SI	5	
	Log Pearson - Momentos	3	8.133	2	1.863	5.991	SI	3	0.1082	0.2400	SI	2	
	Log Pearson – Máx. Ver.	4	8.753	4	1.787	5.991	SI	2	0.1189	0.2400	SI	4	
PUTINA	Log Normal - Momentos	4	6.272	4	0.644	7.815	SI	5	0.0604	0.2400	SI	2	
	Log Normal – Máx. Ver.	3	6.103	3	0.574	7.815	SI	2	0.0619	0.2400	SI	3	X
	Gumbel - Momentos	5	7.224	6	0.958	7.815	SI	6	0.0622	0.2400	SI	4	
	Gumbel – Máx. Ver.	6	6.055	1	0.320	7.815	SI	1	0.0691	0.2400	SI	6	
	Log Pearson - Momentos	1	6.092	2	0.600	5.991	SI	3	0.0676	0.2400	SI	5	
	Log Pearson – Máx. Ver.	2	6.477	5	0.627	5.991	SI	4	0.0603	0.2400	SI	1	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.40: Calificación y selección de la función de distribución - III

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	ANÁL. GRÁF.	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO		CHI CUADRADO				KOLMOGOROV-SMIRNOV				SELECCIÓN
			C	Calific.	D	Dt	Ajuste	Calific.	DMAX	P.C.	Ajuste	Calific.	
COJATA	Log Normal - Momentos	2	12.544	2	5.114	7.815	SI	2	0.0632	0.2400	SI	1	
	Log Normal – Máx. Ver.	4	14.509	3	6.712	7.815	SI	4	0.0843	0.2400	SI	4	
	Gumbel - Momentos	1	11.958	1	4.559	7.815	SI	1	0.0652	0.2400	SI	2	X
	Gumbel – Máx. Ver.	5	15.623	6	7.199	7.815	SI	5	0.0891	0.2400	SI	5	
	Log Pearson - Momentos	3	15.224	4	5.677	5.991	SI	3	0.0929	0.2400	SI	6	
	Log Pearson – Máx. Ver.	6	15.373	5	7.209	5.991	NO	6	0.0729	0.2400	SI	3	
TARACO	Log Normal - Momentos	4	14.472	3	5.725	7.815	SI	3	0.1163	0.2400	SI	3	
	Log Normal – Máx. Ver.	1	13.469	1	5.036	7.815	SI	1	0.1076	0.2400	SI	1	X
	Gumbel - Momentos	3	14.884	5	6.155	7.815	SI	5	0.1196	0.2400	SI	5	
	Gumbel – Máx. Ver.	2	14.754	4	5.897	7.815	SI	4	0.1169	0.2400	SI	4	
	Log Pearson - Momentos	6	13.678	2	5.210	5.991	SI	2	0.1088	0.2400	SI	2	
	Log Pearson – Máx. Ver.	5	15.675	6	6.335	5.991	NO	6	0.1255	0.2400	SI	6	
HUANCANÉ	Log Normal - Momentos	1	12.130	3	2.772	7.815	SI	5	0.0861	0.2400	SI	4	
	Log Normal – Máx. Ver.	2	11.104	2	1.720	7.815	SI	2	0.0740	0.2400	SI	2	X
	Gumbel - Momentos	4	14.139	6	6.625	7.815	SI	6	0.0916	0.2400	SI	5	
	Gumbel – Máx. Ver.	6	12.310	4	2.203	7.815	SI	3	0.0711	0.2400	SI	1	
	Log Pearson - Momentos	3	10.428	1	1.271	5.991	SI	1	0.0983	0.2400	SI	6	
	Log Pearson – Máx. Ver.	5	12.426	5	2.426	5.991	SI	4	0.0816	0.2400	SI	3	
HUARAYA MOHO	Log Normal - Momentos	3	10.343	3	0.700	7.815	SI	5	0.0494	0.2400	SI	1	
	Log Normal – Máx. Ver.	4	10.575	5	0.706	7.815	SI	6	0.0522	0.2400	SI	3	
	Gumbel - Momentos	2	10.300	2	0.423	7.815	SI	3	0.0548	0.2400	SI	4	
	Gumbel – Máx. Ver.	1	9.472	1	0.402	7.815	SI	1	0.0567	0.2400	SI	5	X
	Log Pearson - Momentos	5	10.466	4	0.421	5.991	SI	2	0.0593	0.2400	SI	6	
	Log Pearson – Máx. Ver.	6	10.677	6	0.461	5.991	SI	4	0.0514	0.2400	SI	2	

Fuente: Elaboración Propia

4.1.6. Precipitaciones máximas

Utilizando las funciones de distribución seleccionadas se calcularon las precipitaciones máximas a distintos periodos de retorno, que se muestran en la Tabla N° 4.41, además se elaboraron tablas y gráficos de la frecuencia de la precipitación máxima que se muestran en el Anexo VIII.

Tabla N° 4.41: Precipitaciones máximas

ESTACIÓN	TIEMPO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	25	50	100
CRUCERO	39.50	51.62	59.65	69.80	77.33	84.80
CP PROGRESO	30.38	36.55	40.27	44.64	47.72	50.67
PUCARA	34.71	46.08	53.60	63.11	70.16	77.17
AZÁNGARO	29.55	39.70	47.34	58.09	66.93	76.52
MUÑANI	27.53	32.22	34.93	38.01	40.12	42.10
ANANEA	25.86	32.95	36.91	41.26	44.12	46.70
ARAPA	33.80	42.32	47.59	53.94	58.49	62.91
PUTINA	31.96	38.13	41.82	46.15	49.18	52.08
COJATA	29.51	38.32	44.15	51.51	56.98	62.40
TARACO	35.28	47.74	55.92	66.18	73.79	81.38
HUANCANÉ	43.69	55.32	62.58	71.38	77.71	83.88
HUARAYA MOHO	40.82	51.00	57.75	66.27	72.60	78.87

Fuente: Elaboración Propia

4.1.7. Precipitaciones totales medias mensuales

La información de precipitación total mensual como promedio multimensual entre los años 1956 – 2009 obtenido del “Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches”, publicado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de 11 estaciones de las cuales 4 estaciones se encuentran dentro de la cuenca (CP PROGRESO, MUÑANI, PUTINA y HUANCANÉ) y 7 estaciones de apoyo alrededor de la cuenca (CRUCERO, AZÁNGARO, ANANEA, ARAPA, COJATA, TARACO y HUARAYA MOHO); y que fue elaborado con datos recolectados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en dicho periodo. Dichos datos se muestran en la Tabla N° 4.42.

Tabla N° 4.42: Precipitaciones totales medias mensuales por cada estación

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
CRUCERO	152.50	135.90	114.40	56.60	18.10	6.70	4.70	11.70	32.60	52.70	78.60	119.00
CP PROGRESO	129.30	98.40	99.80	42.50	8.80	1.80	2.60	6.20	20.20	43.20	67.30	94.40
AZANGARO	126.20	95.80	90.90	41.80	8.10	3.00	1.90	8.10	25.30	42.10	72.40	93.80
MUÑANI	142.30	109.50	90.40	43.80	9.80	3.70	2.40	6.20	25.90	43.10	63.00	104.30
ANANEA	122.30	100.00	87.50	44.60	18.50	6.40	11.80	14.90	24.70	45.80	56.50	88.70
ARAPA	146.80	109.80	114.50	52.00	12.70	5.90	3.20	12.20	30.20	49.00	61.30	98.20
PUTINA	147.80	105.30	101.50	52.50	13.40	4.90	3.90	8.70	30.60	48.30	73.50	102.80
COJATA	145.70	118.20	107.30	57.10	17.30	8.80	6.50	16.90	37.10	57.30	67.80	103.60
TARACO	134.60	99.80	89.50	39.70	6.60	4.70	1.90	8.80	26.10	36.90	51.30	91.40
HUANCANÉ	140.40	109.60	102.10	42.60	12.00	4.40	3.60	10.60	30.70	46.90	63.40	111.40
HUARAYA MOHO	200.20	141.70	120.50	57.80	21.80	8.10	7.00	16.50	46.30	57.80	73.00	134.40

Fuente: Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches (ANA, 2010)

4.2. MODELO HIDROLÓGICO PARA ESTIMAR MÁXIMAS AVENIDAS

4.2.1. Componentes del modelo en HEC-HMS para máximas avenidas

4.2.1.1. Modelo de cuenca para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

Se importó una imagen que grafica los límites de la Cuenca Huancané y la división de las subcuenca, elaborada en el programa ArcGis y posteriormente se construyó el esquema hidrológico de la Cuenca Huancané. Los elementos hidrológicos utilizados para representar el esquema hidrológico de la cuenca se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 4.43: Elementos hidrológicos utilizados en el modelamiento y su representación

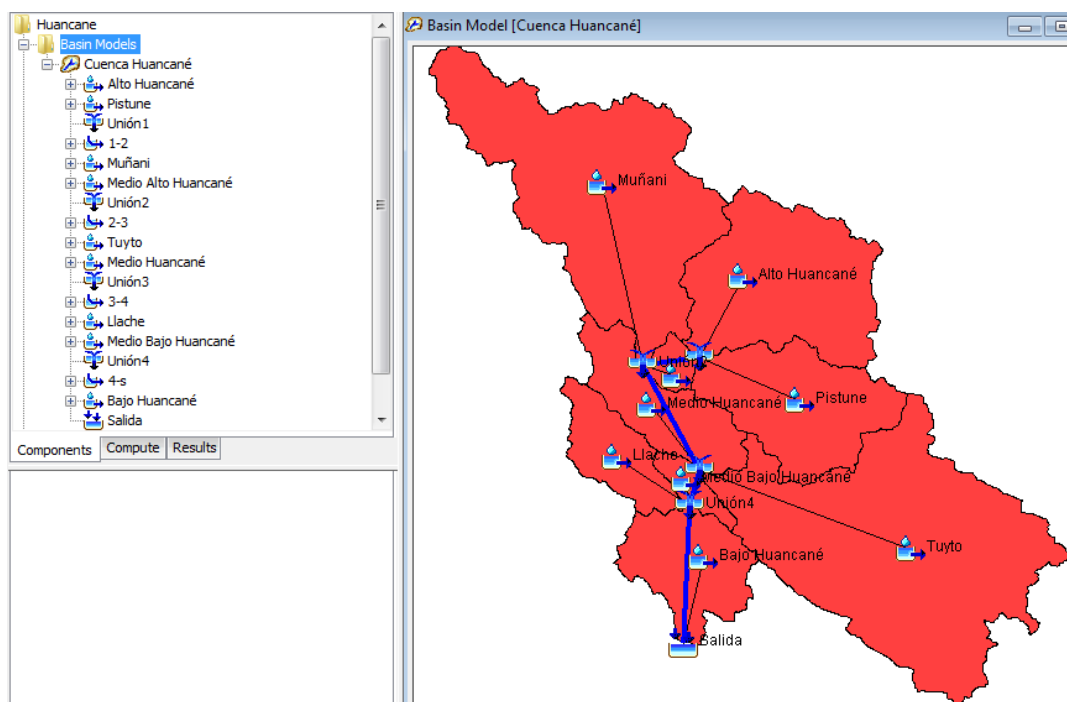
Elemento	Representación
Subcuenca	Alto Huancané
	Pistune
	Muñani
	Medio Alto Huancané
	Tuyto
	Medio Huancané
	Llache
	Medio Bajo Huancané
	Bajo Huancané
Unión	Unión1: Alto Huancané y Pistune
	Unión2: Muñani y Medio Alto Huancané
	Unión3: Medio Huancané y Tuyto
	Unión4: Llache y Medio Bajo Huancané
Canal	1-2: Desde la Unión1 a la Unión2
	2-3: Desde la Unión2 a la Unión3
	3-4: Desde la Unión3 a la Unión4
	4-s: Desde la Unión4 a la Salida
Salida	Salida

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.1.1. Características fisiográficas de las subcuencas

A continuación se muestran las características fisiográficas de las subcuencas comprendidas dentro de la Cuenca Huancané que se obtuvieron a través del análisis de la documentación recopilada.

Figura N° 4.20: Esquema hidrológico de la Cuenca Huancané



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.44: Características fisiográficas de las subcuencas

Subcuencas	Área de la Subcuenca (km ²)	Longitud del Río Principal (km)	Longitud de la Cuenca (km)	Ancho de la Cuenca (km)	Pendiente Media del Río Principal (%)
Bajo Huancané	246.425	30.171	30.171	8.168	0.015
Llache	162.014	40.011	40.682	3.982	2.084
Medio Bajo Huancané	48.082	10.852	10.852	4.431	0.018
Tuyto	1107.372	92.271	92.665	11.950	0.765
Medio Huancané	231.099	36.447	36.447	6.341	0.071
Muñani	889.681	70.565	72.350	12.297	1.273
Medio Alto Huancané	42.308	16.147	16.147	2.620	0.043
Pistune	379.525	51.888	52.740	7.196	1.644
Alto Huancané	524.702	46.996	47.652	11.011	1.979

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.1.2. Cálculo de la “escorrentía” en las subcuencas

Para representar la transformación de la precipitación dentro del área de cada subcuenca en escorrentía, se eligió el método del “Hidrograma unitario del Soil Conservation Service”, el cual requiere para su cálculo del “Tiempo de retardo” correspondiente a cada subcuenca y la selección de un tipo de

hidrograma unitario, seleccionándose en este caso el estándar establecido por la SCS de 484. Dichos tiempos de retardo se muestran en la tabla N° 3.6 del Capítulo III.

4.2.1.1.3. Cálculo de las “pérdidas” en las subcuencas

Para el cálculo de las pérdidas considerando principalmente las producidas por infiltración, se eligió el método del “Número de curva (CN) del Soil Conservation Service”, el cual requiere para su cálculo indicar.

- Pérdidas iniciales (mm): Para el presente estudio no se indicará pérdidas iniciales debido a que se pretende simular un solo evento de precipitación (máximo), para determinar las máximas avenidas.
- Número de curva (NC): Calculado como promedio ponderado sobre la subcuenca respectiva, cuyo cálculo se muestra en la sección 3.3.2.3.1 apartado C del Capítulo III y los resultados en la Tabla 3.8.
- Porcentaje de área impermeabilizada: Para el presente estudio se consideró de 0%, debido a la poca área completamente impermeabilizada presente en la cuenca.

4.2.1.1.4. Cálculo del “tránsito” en los canales

Para calcular el tránsito en los canales, se eligió el método del “Muskingum-Cunge”, del cual requiere para su cálculo indicar.

- Para el Método del paso de tiempo se seleccionó “Automatic Fixed Interval” (Intervalo fijo automático), para que el programa seleccione automáticamente un intervalo de tiempo fijo en el punto más pronunciado del hidrograma.
- Características fisiográficas del cauce, como son longitud del río y pendiente; que se encuentran en la Tabla N° 4.44, además del coeficiente de Manning del cauce que se consideró de 0.03. No se ingresó la elevación invertida, que es un dato opcional debido a que no es necesario para el presente estudio.
- Forma de la sección transversal, se seleccionó una forma trapezoidal, para la cual también debe indicarse el ancho de la base y pendiente del lado, estos datos se obtuvieron de mapas.

Tabla N° 4.45: Forma de la sección transversal de los canales

Canal	Ancho de la base (m)	Pendiente del lado (xH:1V)
1-2	17	1.5
2-3	20	1.2
3-4	34	2.0
4-s	40	2.5

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2. Modelo meteorológico para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

Utilizando las precipitaciones máximas de la Tabla N° 4.41 y las coordenadas de las estaciones se trazaron las isoyetas dentro del área de influencia de la cuenca, con la ayuda del programa ArcGis, dichos mapas se muestran en el Anexo X. Finalmente se obtuvo la precipitación promedio areal para la cuenca, las cuales se presentan a continuación.

Tabla N° 4.46: Precipitación areal promedio para periodos de retorno

Periodo de Retorno	Precipitación Areal (mm)
T = 2 años	33.86
T = 5 años	42.03
T = 10 años	47.13
T = 25 años	53.22
T = 50 años	57.77
T = 100 años	61.87

Fuente: Elaboración Propia

Estas precipitaciones promedio se ingresaron en al programa HEC-HMS, considerando el método del hietograma sintético de tormentas diseñado por el SCS (Soil Conservation Service), con la tormenta de diseño Tipo II.

4.2.1.3. Especificaciones de control para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

Para la modelación de la Cuenca Huancané se colocó como fecha de inicio 02 de febrero del 2016 con hora 08:00 a.m., como fecha final 07 de febrero del 2016 con hora 08:00 a.m. y con un intervalo de tiempo de 1 hora.

4.2.2. Caudales máximos calculados en HEC-HMS

Para el presente estudio se definió una simulación para cada periodo de retorno, siendo un total de 6 simulaciones. Tras la ejecución de las simulaciones definidas en el programa HEC-HMS se obtuvieron los siguientes caudales en la salida.

Tabla N° 4.47: Caudales máximos calculados en HEC-HMS en la salida

Tiempo de retorno (años)	Caudal máximo (m ³ /s)
2	121.3
5	256.2
10	357.8
25	495.3
50	608.1
100	717.6

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Comparación caudales máximos calculados con datos de la estación hidrológica Puente Huancané

Para comparar los resultados obtenidos con el programa HEC-HMS, con los datos medidos por la Estación Hidrológica del Puente Huancané, se extrapoló dichos datos a distintos periodos de retorno, que se muestra en la Tabla N° 4.48.

Además siguiendo el mismo procedimiento seguido en el caso de las precipitaciones máximas, para seleccionar la función de distribución que mejor se ajuste a los datos de la estación se realizó las pruebas de: Error Cuadrático Mínimo, Bondad de Ajuste Chi Cuadrado y Bondad de Ajuste Kolmogorov-Smirnov , que se muestran en la Tabla N° 4.49.

Luego se calificó los resultados de las pruebas de ajuste y seleccionó la función de distribución más adecuada (Tabla N° 4.50).

Entonces comparando los caudales máximos obtenidos por la modelación hidrológica con HEC-HMS y los caudales máximos de la estación hidrológica Puente Huancané se muestra en la Tabla N° 4.51.

Tabla N° 4.48: Extrapolación de la serie anual de caudales máximos con las funciones de distribución – Estación Hidrológica Puente Huancané

ESTIMACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS				DIST. LOG NORMAL		DIST. GUMBEL		DIST. LOG PEARSON TIPO III	
m	Xi	T. R. (Años)	Probab.	Xt (mm)		Xt (mm)		Xt (mm)	
				Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.	Momentos	Máx. Ver.
1	246.0	31.25	0.032	257.99	279.16	255.96	262.46	265.19	285.66
2	245.1	15.38	0.065	224.34	238.78	224.04	228.97	234.78	239.99
3	240.8	10.31	0.097	205.24	216.17	205.67	209.70	216.55	215.19
4	206.1	7.75	0.129	191.49	200.05	192.36	195.73	202.98	197.85
5	187.2	6.21	0.161	180.67	187.45	181.81	184.66	192.01	184.51
6	176.8	5.15	0.194	171.42	176.76	172.76	175.16	182.45	173.33
7	163.3	4.42	0.226	163.72	167.91	165.18	167.22	174.34	164.17
8	160.3	3.88	0.258	156.92	160.14	158.47	160.18	167.08	156.20
9	151.9	3.45	0.290	150.81	153.18	152.41	153.82	160.45	149.13
10	150.0	3.10	0.323	145.06	146.66	146.69	147.81	154.15	142.56
11	149.6	2.82	0.355	139.91	140.85	141.54	142.42	148.44	136.74
12	140.2	2.58	0.387	135.09	135.45	136.71	137.35	143.05	131.36
13	139.1	2.39	0.419	130.55	130.37	132.14	132.55	137.92	126.34
14	136.3	2.21	0.452	126.10	125.41	127.64	127.83	132.86	121.47
15	136.3	2.07	0.484	121.98	120.84	123.45	123.43	128.12	117.00
16	123.7	1.94	0.516	118.00	116.44	119.39	119.17	123.52	112.73
17	122.4	1.82	0.548	114.14	112.19	115.43	115.01	119.02	108.62
18	119.5	1.72	0.581	110.25	107.92	111.42	110.81	114.47	104.52
19	118.8	1.63	0.613	106.54	103.88	107.57	106.77	110.10	100.64
20	97.1	1.55	0.645	102.88	99.89	103.74	102.76	105.75	96.85
21	91.2	1.48	0.677	99.22	95.93	99.91	98.73	101.39	93.10
22	84.4	1.41	0.710	95.44	91.85	95.90	94.53	96.86	89.25
23	83.3	1.35	0.742	91.72	87.86	91.93	90.36	92.38	85.51
24	81.0	1.29	0.774	87.91	83.79	87.83	86.06	87.78	81.71
25	79.8	1.24	0.806	83.96	79.60	83.53	81.55	82.99	77.81
26	67.7	1.19	0.839	79.67	75.06	78.79	76.58	77.76	73.61
27	63.6	1.15	0.871	75.16	70.33	73.76	71.29	72.27	69.27
28	62.4	1.11	0.903	70.13	65.09	68.02	65.28	66.12	64.47
29	55.9	1.07	0.935	64.16	58.92	61.06	57.97	58.83	58.87
30	40.3	1.03	0.968	55.79	50.40	50.92	47.33	48.69	51.17

PARÁMETROS PARA CADA DISTRIBUCIÓN TEÓRICA

**DIST. LOG NORMAL II
PARÁMETROS**

Método Momentos
$\mu_y = 4.78725$
$\sigma_y = 0.41339$

Método Max. Verosimilitud
$\mu_y = 4.77589$
$\sigma_y = 0.46210$

DIST. GUMBEL

Método Momentos
$\alpha = 105.28476$
$\beta = 0.02274$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 104.37269$
$\beta = 0.02167$

DIST. LOG PEARSON TIPO III

Método Momentos
$\alpha = -0.08922$
$\beta = 26.82694$
$\gamma = 7.16930$
$C_{sy} = -0.27242$

Método Max. Verosimilitud
$\alpha = 0.04502$
$\beta = 106.88540$
$\gamma = -0.03656$
$\gamma = 0.00469$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.49: Resumen de pruebas de bondad de ajuste para la estación hidrológica Puente Huancané

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	MÉTODO PARA ESTIMAR PARÁMETROS	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO	CHI CUADRADO			KOLMOGOROV-SMIRNOV		
				D	X ²	AJUSTE	D _{MAX}	d	AJUSTE
HIDROLÓGICA PUENTE HUANCANÉ	Log Normal II de Parámetros	Mét. de Momentos	63.275	7.531	7.815	Si se ajusta	0.1050	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	56.551	3.767	7.815	Si se ajusta	0.1145	0.2400	Si se ajusta
	Gumbel	Mét. de Momentos	58.650	3.765	7.815	Si se ajusta	0.0940	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	52.403	2.852	7.815	Si se ajusta	0.0944	0.2400	Si se ajusta
	Log Pearson Tipo III	Mét. de Momentos	48.282	2.505	5.991	Si se ajusta	0.0869	0.2400	Si se ajusta
		Mét. Máx. Verosim.	67.261	5.208	5.991	Si se ajusta	0.1422	0.2400	Si se ajusta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.50: Calificación y selección de la función de distribución para la estación hidrológica Puente Huancané

ESTACIÓN	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO		CHI CUADRADO			KOLMOGOROV-SMIRNOV				SELECCIÓN	
		C	Calific.	D	Dt	Ajuste	Calific.	D _{MAX}	P.C.	Ajuste		Calific.
HIDROLÓGICA PUENTE HUANCANÉ	Log Normal - Momentos	63.275	5	7.531	7.815	SI	6	0.1050	0.2400	SI	4	
	Log Normal – Máx. Ver.	56.551	3	3.767	7.815	SI	4	0.1145	0.2400	SI	5	
	Gumbel - Momentos	58.650	4	3.765	7.815	SI	3	0.0940	0.2400	SI	2	
	Gumbel – Máx. Ver.	52.403	2	2.852	7.815	SI	2	0.0944	0.2400	SI	3	
	Log Pearson - Momentos	48.282	1	2.505	5.991	SI	1	0.0869	0.2400	SI	1	X
	Log Pearson – Máx. Ver.	67.261	6	5.208	5.991	SI	5	0.1422	0.2400	SI	6	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4.51: Comparación caudales máximos HEC-HMS con la extrapolación de los datos de la estación hidrológica Puente Huancané

Tiempo de retorno (años)	Caudal máximo HEC-HMS (m ³ /s)	Caudal máximo extrapolación Puente Huancané (m ³ /s)
2	121.3	125.8
5	256.2	180.9
10	357.8	215.1
25	495.3	255.8
50	608.1	284.3
100	717.6	311.4

Fuente: Elaboración Propia

De la comparación se puede llegar a la conclusión que a los periodos de retorno de 2, 5 y 10 años los resultados se aproximan, mientras que los periodos de retorno de 25, 50 y 100 los resultados son más distantes. Sin embargo para propósitos de diseño, suele ser conveniente considerar la condición más extrema.

4.3. MODELO HIDROLÓGICO PARA ESTIMAR CAUDALES MEDIOS

4.3.1. Componentes del modelo en HEC-HMS para caudales medios

4.3.1.1. Modelo de cuenca para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

Será la misma que se construyó en la sección 4.2.1.1.

4.3.1.2. Modelo meteorológico para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

Utilizando las precipitaciones totales medias mensuales para cada estación de la Tabla N° 4.42 y las coordenadas de las estaciones se trazaron las isoyetas dentro del área de influencia de la cuenca, con la ayuda del programa ArcGis, dichos mapas se muestran en el Anexo X. Finalmente se obtuvo la precipitación promedio areal para cada mes y subcuenca, las cuales se presentan en la Tabla N° 4.52. Estas precipitaciones promedio se ingresaron en el programa HEC-HMS, considerando el método del hietograma específico para distribuir la precipitación total en varios días de cada mes y para cada subcuenca.

Tabla N° 4.52: Precipitación areal promedio para cada mes y subcuenca

Mes	Precipitación Areal (mm)									
	Alto Huancané	Bajo Huancané	Llache	Medio Alto Huancané	Medio Bajo Huancané	Medio Huancané	Muñani	Pistune	Tuyto	
Enero	135.61	140.46	140.41	148.06	140.25	144.42	137.82	140.84	158.85	
Febrero	105.82	107.82	105.59	106.88	106.88	106.86	107.82	108.58	120.86	
Marzo	96.83	101.60	99.95	98.28	100.58	99.47	98.46	100.25	106.65	
Abril	48.79	44.25	50.00	51.79	48.21	50.70	46.77	50.86	52.38	
Mayo	15.61	11.62	11.57	13.13	13.12	12.86	12.11	15.27	17.07	
Junio	5.72	4.71	4.79	4.88	4.88	4.83	3.92	6.01	7.17	
Julio	7.53	3.33	3.13	4.38	4.02	3.85	4.08	6.13	6.06	
Agosto	11.81	10.22	9.20	9.37	10.21	9.31	8.12	12.22	14.68	
Setiembre	27.96	30.04	28.88	30.41	31.18	30.61	25.33	31.42	37.43	
Octubre	47.62	45.96	46.26	48.75	47.88	48.03	45.50	50.01	54.23	
Noviembre	64.02	63.11	68.50	71.41	67.56	70.63	66.47	68.15	69.26	
Diciembre	97.99	107.02	102.54	102.50	105.09	102.88	101.66	103.40	114.19	

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.3. Especificaciones de control para la “Cuenca Huancané” en HEC-HMS

Para la modelación de la Cuenca del Río Huancané se colocó como fecha de inicio el día 01 de cada mes del año 2015 con hora 00:00 a.m., como fecha final el día 01 del mes siguiente con hora 00:00 a.m. y con un intervalo de tiempo de 1 día.

4.3.2. Caudales medios calculados en HEC-HMS

Para calcular los caudales medios se definió una simulación para cada mes del año, siendo un total de 12 simulaciones. Tras la ejecución de las simulaciones en el programa HEC-HMS se obtuvieron los siguientes caudales medios y volumen de agua para cada mes en el punto de salida de la cuenca.

Tabla N° 4.53: Caudales medios y volumen de agua calculados en HEC-HMS en la salida

Mes	Caudal medio (m ³ /s)	Volumen (hm ³)
Enero	144.70	337.52
Febrero	112.97	234.23
Marzo	84.52	189.86
Abril	31.87	68.85
Mayo	3.88	8.73
Junio	1.21	1.68
Julio	1.13	1.49
Agosto	2.65	5.94
Setiembre	15.13	32.70
Octubre	30.52	68.57
Noviembre	51.57	111.41
Diciembre	96.79	217.45

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3. Comparación caudales medios calculados con datos de la estación hidrológica Puente Huancané

Comparando los caudales calculados con los caudales registrados en la estación Hidrológica del Puente Huancané (Anexo II), para los años 1985, 1993 y 2003 se observa que son aproximados.

Tabla N° 4.54: Comparación caudales medios HEC-HMS con datos de la estación hidrológica Puente Huancané

Mes	Caudal medio (m ³ /s)	Caudal medio Puente Huancané 1985 (m ³ /s)	Caudal medio Puente Huancané 1993 (m ³ /s)	Caudal medio Puente Huancané 2003 (m ³ /s)
Enero	144.70	148.859	118.837	177.998
Febrero	112.97	103.645	47.485	196.000
Marzo	84.52	98.781	46.359	206.110
Abril	31.87	99.559	34.536	145.696
Mayo	3.88	40.166	13.904	14.411
Junio	1.21	21.861	7.002	8.210
Julio	1.13	6.756	4.863	5.989
Agosto	2.65	4.010	3.124	5.570
Setiembre	15.13	9.492	3.545	5.312
Octubre	30.52	5.129	5.305	12.709
Noviembre	51.57	78.852	19.743	7.569
Diciembre	96.79	163.286	58.165	22.466

Fuente: Elaboración Propia

4.4. MODELO HIDRÁULICO PARA ELABORAR MAPAS DE RIESGO CON HEC-RAS

Para realizar el modelo hidráulico se ha seccionado el programa HEC-RAS que permite desarrollar el cálculo de perfiles de agua, parámetros hidráulicos del cauce y los niveles de la superficie del agua de un flujo gradualmente variado. Considerando para el presente estudio un flujo permanente, debido a que se trabajó con caudales máximos, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, y simular el peligro a inundaciones en la zona de estudio frente a una tormenta. Además se utilizó un Flujo Subcrítico (N° de Froude < 1) debido a la baja pendiente del río y por lo tanto baja velocidad del cauce. Los mapas de tirante hidráulico resultantes se muestran en el Anexo XII.

4.3.1. Análisis de vulnerabilidad ante inundaciones

Para el análisis de vulnerabilidad se consideró los criterios indicado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), descrito en la sección 2.1.14.2 del Capítulo II; y de dicha evaluación se determinó la siguiente vulnerabilidad.

Tabla N° 4.55: Análisis de vulnerabilidad

TIPOS DE VULNERABILIDAD	VARIABLES	VULNERABILIDAD		
Vulnerabilidad física	Localización de viviendas	Alta	0.75	0.75
	Material de construcción utilizada en viviendas	Alta	0.75	
	Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos	Alta	0.75	
Vulnerabilidad Social	Nivel de organización	Media	0.50	0.63
	Grado y tipo de relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones Locales	Alta	0.75	
Vulnerabilidad Educativa	Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a Defensa Civil	Alta	0.75	0.75
	Existencia de capacitación de la población civil en temas concernientes a Defensa Civil	Alta	0.75	
	Campañas de difusión (TV, radio y prensa)	Alta	0.75	
Vulnerabilidad política institucional	Político y legal	Alta	0.75	0.75
	Organización y capacidad institucional	Alta	0.75	
Vulnerabilidad cultural e ideológica	Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros	Media	0.75	0.67
	Percepción local del riesgo	Media	0.50	
	Actitud frente al riesgo	Media	0.75	
Vulnerabilidad científica y tecnológica	Información soporte técnico	Media	0.50	0.63
	Conocimiento y cumplimiento de recomendaciones	Media	0.75	
PROMEDIO				0.70

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Análisis de riesgo por inundaciones

Para el análisis de riesgo se consideró los criterios indicado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), descrito en la sección 2.1.14 del Capítulo II; el análisis de riesgos para el presente estudio se muestra en la Tabla N° 4.56.

Tabla N° 4.56: Análisis de riesgo por inundaciones en la subcuenca Bajo Huancané

		Intensidad			
		Muy alta H > 1.50 m 1.00 x 0.70	Alta 0.50m<H<1.50m 0.75 x 0.70	Media 0.25m<H<0.50m 0.50 x 0.70	Baja < 0.25 m 0.25 x 0.70
Frecuencia	Muy Alta 2 años 0.94	Alta 0.66	Media 0.49	Media 0.33	Baja 0.16
	Muy Alta 5 años 0.75	Alta 0.53	Media 0.39	Media 0.26	Baja 0.13
	Alta 10 años 0.63	Media 0.44	Media 0.33	Baja 0.22	Baja 0.11
	Media 25 años 0.43	Media 0.30	Baja 0.23	Baja 0.15	Baja 0.08
	Media 50 años 0.25	Baja 0.18	Baja 0.13	Baja 0.09	Baja 0.04
	Baja 100 años 0.17	Baja 0.12	Baja 0.09	Baja 0.06	Baja 0.03

Fuente: Elaboración Propia

Los mapas de riesgo por inundaciones en la subcuenca Bajo Huancané se muestran en el Anexo XIII.

4.5. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA HUANCANÉ

4.5.1. Disponibilidad hídrica en la Cuenca Huancané

En la cuenca Huancané las aguas subterráneas no se han estudiado, y no se considerará para el presente estudio. Además las fuentes de agua que no

se presentan en la cuenca son provenientes de almacenamiento en represas, trasvase de otras fuentes y nevados. Por lo cual la disponibilidad de agua en la subcuenca considerada es la proveniente de la escorrentía (aguas superficiales) que se muestran en la Tabla N° 4.53.

4.5.2. Demanda hídrica en la Cuenca Huancané

Para determinar la demanda hídrica, se consideró el estudio publicado por el ANA denominado “Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches” que utiliza la información proporcionada por la Administración Local de Agua (ALA) Huancané, para determinar la demanda agrícola, poblacional y minera; dicha información se muestra en la Tabla N° 4.57. Además recomienda considerar un caudal ecológico del 5% del volumen de agua que produce el caudal medio, que es el mínimo que debe mantener un curso de agua para no alterar las condiciones naturales del biotopo.

4.5.3. Balance hídrico para la obtención del potencial hídrico de la Cuenca Huancané

Realizando un balance hídrico de la Cuenca Huancané, considerando como disponibilidad hídrica el agua superficial y como demanda hídrica el uso poblacional, agrícola y ecológico es que se obtiene el superávit de agua en la cuenca, este representa el Potencial Hídrico de la Cuenca Huancané.

Tabla N° 4.57: Balance hídrico para la obtención del potencial hídrico de la Cuenca Huancané

Comp.	Variable	Volumen de agua mensual en hm ³												Total
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Disp.	Agua superficial	337.52	234.23	189.86	68.85	8.73	1.68	1.49	5.94	32.70	68.57	111.41	217.45	1278.43
Hídrica	Total	337.52	234.23	189.86	68.85	8.73	1.68	1.49	5.94	32.70	68.57	111.41	217.45	1278.43
	Uso agrícola	3.83	4.26	4.29	3.65	2.08	0.05	0.37	1.31	3.19	4.19	3.82	2.79	33.83
	Uso poblacional	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	2.04
Dem.	Uso minero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hídrica	Caudal ecológico	16.88	11.71	9.49	3.44	0.44	0.08	0.07	0.30	1.64	3.43	5.57	10.87	63.92
	Total	20.88	16.14	13.95	7.26	2.69	0.30	0.61	1.78	5.00	7.79	9.56	13.83	99.79
Balance	Demanda atendida	20.88	16.14	13.95	7.26	2.69	0.30	0.61	1.78	5.00	7.79	9.56	13.83	99.79
Hídrico	Superávit	316.64	218.09	175.91	61.59	6.04	1.38	0.88	4.16	27.71	60.78	101.85	203.62	1178.64
	Déficit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Potencial Hídrico	316.64	218.09	175.91	61.59	6.04	1.38	0.88	4.16	27.71	60.78	101.85	203.62	1178.64

Fuente: Elaboración Propia

4.6. Defensas rivereñas y de encauzamiento

Entre las obras de ingeniería para proteger el área aledaña al río, susceptible a ser dañada por el efecto de inundaciones se tienen:

- Limpieza de Cauce: Consiste en realizar la limpieza y darle uniformidad al cauce del río para lo cual se utiliza maquinaria pesada, con la finalidad de recuperar la pendiente y obtener una sección estable en el tramo crítico.
- Diques enrocados: Estructuras conformadas sobre la base de material de río dispuesto en forma trapezoidal y revestido con roca pesada en su cara húmeda. Pueden ser continuos o tramos priorizados donde se presenten flujos de agua que actúan con gran poder erosivo.
- Muros de concreto: Son estructuras que sirven de protección y encauzamiento, de forma longitudinal, de dimensiones variables en función al caudal máximo de diseño y el nivel de socavación.
- Gaviones: Son estructuras flexibles construidas por una red de malla hexagonal tejida a doble torsión rellena de roca. El llenado de las cajas del gavión se hace normalmente sobre la base de cantos rodados, que se encuentran en el cauce del río. Estas estructuras son apropiadas en zonas donde el río presenta pendiente suave y media.
- Pantallas de concreto armado: Estructura de contención similar a los gaviones, pero de mayor profundidad de excavación. No tienen espacios y son completamente impermeables. Como son construidas in situ pueden usarse pilotes para dar flexibilidad a la estructura y puntos adicionales de soporte.
- Espigones o deflectores: Son construcciones usadas a modo de rompeolas, permiten dirigir el cauce del río y aumentarlo en una dirección específica. Usualmente son construidos de hormigón o rocas de gran tamaño. Funcionan de tal manera que se dirige el sentido del agua, alejando el punto de máxima profundidad de la orilla (evitando desbordes).

4.7. Cumplimiento de objetivos y discusiones

Para el cumplimiento del objetivo “Realizar la modelación hidrológica de la subcuenca Bajo Huancané, para determinar puntos de riesgo y prevenir desbordes del río”, se hizo lo siguiente:

- Los datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación AZÁNGARO adquiridas al SENAMHI presentan datos incompletos que fueron completados mediante el método de las regresiones múltiples. Los resultados se muestran en la Tabla N° 4.3, página 154.
- El análisis de los datos de precipitación máxima en 24 horas, mediante métodos estadísticos, y así determinar la función de distribución más adecuada a los datos de cada estación para extrapolar la precipitación máxima a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Los resultados se muestran en la Tabla N° 4.41, página 203.
- Mediante el programa ArcGIS se calculó la precipitación areal promedio máxima a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, para lo cual, se utilizó la precipitación máxima de cada estación, las coordenadas de las estaciones y el método de interpolación Kriging, para hallar los mapas de isoyetas que se muestran en el Anexo X, páginas 340 - 345. Finalmente se obtuvo la precipitación areal promedio para la Cuenca Huancané, estas se muestran en la Tabla N° 4.46, página 208.
- La modelación hidrológica de la Cuenca Huancané utilizando el programa HEC-HMS, al cual se introdujo datos de precipitación areal promedio máxima en 24 horas y demás parámetros geomorfológicos de la cuenca, generando los caudales máximos en la salida, es decir, la subcuenca Bajo Huancané a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Los resultados se muestran en la Tabla N° 4.47, página 209.
- La modelación hidráulica del río principal perteneciente a la subcuenca Bajo Huancané con el programa HEC-RAS, utilizando el programa HEC-GeoRAS para trasladar los datos de Información Geográfica (SIG) al programa HEC-RAS, para que sirvan en el modelado y

posteriormente trasladando los resultados del modelado al programa ArcGIS, para su mejor visualización.

- El resultado de la modelación hidráulica del río principal perteneciente a la subcuenca Bajo Huancané ha generado los tirantes hidráulicos, mediante estos se puede observar las zonas inundables aledañas al cauce del río, el cual puede utilizarse para proponer obras de defensa que sirvan de protección contra las inundaciones. Estos mapas se muestran en el Anexo XII, páginas 363 - 374.
- Utilizando criterios propuestos por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) se analizó el Peligro y Vulnerabilidad ante Inundaciones en la Subcuenca Bajo Huancané, generándose finalmente mapas de Riesgo ante Inundaciones a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Estos mapas se muestran en el Anexo XIII, páginas 376 - 387.

Para el cumplimiento del objetivo “Determinar el potencial hídrico de la cuenca del río Huancané, para ubicar los puntos críticos de desbordes”, se hizo lo siguiente:

- Mediante el programa ArcGIS se calculó la precipitación areal promedio para cada mes y subcuenca, para lo cual, se utilizó la precipitación total media mensual para cada estación, que se muestra en la Tabla N° 4.42, página 204, las coordenadas de las estaciones y el método de interpolación Kriging, para hallar los mapas de isoyetas que se muestran en el Anexo X, páginas 346 - 357. Finalmente se obtuvo la precipitación areal promedio para cada mes y subcuenca, estas se muestran en la Tabla N° 4.52, página 213.
- La modelación hidrológica de la Cuenca Huancané utilizando el programa HEC-HMS, al cual se introdujo datos de precipitación areal promedio para cada mes y subcuenca y demás parámetros geomorfológicos de la cuenca, generando los caudales medios y volumen de agua superficial por mes en la salida de la Cuenca Huancané. Los resultados se muestran en la Tabla N° 4.53, página 214.

- El volumen de agua superficial generado en la cuenca por los caudales medios representa la disponibilidad de agua en la Cuenca Huancané, a esta restándole la demanda de agua en la Cuenca Huancané se determinó el volumen excedente de agua, que representa el Potencial Hídrico de la cuenca, dicho balance se muestra en la Tabla N° 4.57, página 219, este resultado puede utilizarse para proponer proyectos de irrigación y así generar el uso eficiente del recurso hídrico.

4.8. Cumplimiento de hipótesis

La hipótesis “La modelación hidrológica de la subcuenca Bajo Huancané, determina el potencial hídrico y los puntos de riesgo de desbordes del río Huancané”, se ha cumplido, ya que se realizó la modelación hidrológica de la Cuenca Huancané mediante el programa HEC-HMS, utilizando los parámetros geomorfológicos de la Cuenca y datos de precipitación media por mes, generando los caudales medios y volumen de agua superficial por mes en la salida de la Cuenca Huancané, mostrados en la Tabla N° 4.53, página 214. Utilizando dicho volumen como disponibilidad de agua y restándole la demanda de agua en la Cuenca se obtiene el potencial hídrico, este se muestra en la Tabla N° 4.57, página 219.

Además se realizó la modelación hidrológica mediante el programa HEC-HMS utilizando la precipitación máxima en 24 horas y demás parámetros geomorfológicos de la cuenca, generando los caudales máximos en la subcuenca Bajo Huancané a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, estos se muestran en la Tabla N° 4.47, página 209. Con dichos caudales y la geometría de la subcuenca Bajo Huancané se hizo la modelación hidráulica mediante el programa HEC-RAS, de la cual se obtuvo los tirantes hidráulicos y se pudo observar las zonas inundables, dichos mapas se muestran en el Anexo XII, páginas 363 - 374. Finalmente utilizando los criterios propuestos por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), se generó mapas de riesgo ante inundaciones, que se muestran en el Anexo XIII, páginas 376 - 387.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Con la modelación hidrológica de la Cuenca Huancané y Subcuenca Bajo Huancané, se determinó el potencial hídrico que fluctúa de acuerdo a los meses de precipitación pluvial, de tal manera el potencial hídrico mayor se muestra en los meses de Enero y Febrero con 316.64 hm^3 y 218.09 hm^3 respectivamente y las mínima se muestra en los mes de Julio con 0.88 hm^3 , haciendo un total anual de 1178.64 hm^3 .
- Realizando una evaluación de riesgo, utilizando el Manual de Estimación de riesgo Ante Inundaciones Fluviales a periodos de retorno de 2 y 5 años, presenta Riesgo Alto, a periodos de retorno de 10 y 25 años Riesgo Medio y a periodos de retorno de 50 y 100 años Riesgo Bajo.
- Utilizando los mapas de riesgo generados en el presente estudio, se han encontrado que los riesgos más altos se presentan en las riberas del río, en los últimos 2.8 Km pertenecientes a la Subcuenca Bajo Huancané.

RECOMENDACIONES

- Al evaluar el potencial hídrico se ha tenido 4 estaciones meteorológicas dentro de la Cuenca Huancané y el resto 8 se han utilizado como estaciones de apoyo, esto influye en la precisión de los resultados, por lo que se recomienda instalar más estaciones meteorológicas. Además también se recomienda inspeccionar periódicamente las estaciones pluviométricas de la cuenca, para verificar el correcto funcionamiento de las mismas.
- Durante el estudio no se ha encontrado instalado pluviógrafos en la Cuenca Huancané, que permita determinar el hietograma de las tormentas que se producen en la Cuenca, por lo que se sugiere la instalación de estos equipos.
- Es recomendable además que el estado peruano obtenga imágenes raster a mayor resolución (10 y 5 metros por pixel) de las disponibles, dentro del territorio peruano, tal como se tienen en Estado Unidos y Europa.

BIBLIOGRAFÍA

1. *ANÁLISIS DE CONSISTENCIA*. (s.f.). Descargado 26/12/2016 de <http://es.slideshare.net/leninhonorio/analisis-de-consistencia-42831555>.
2. Aparicio Mijares, Francisco Javier. (1989). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: LIMUSA.
3. Arias Colque, Bernabé. (2009). *Modelamiento Hidrológico mediante HEC-HMS en la Subcuenca Azángaro – Puno (Tesis de pregrado)*. Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
4. Ausensi Tapia, Paula Andrea. (2005). *Evaluación de Métodos Hidrológicos para la Completación de Datos Faltantes (Tesis de pregrado)*. Chile: Universidad de Talca.
5. Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2010). *Estudio hidrológico de las cuencas Huancané y Suches*. Perú: ANA.
6. Barrera Escoda, Antonio. (2004). *Técnicas de completado de series mensuales y aplicación al estudio de la influencia de la NAO en la distribución de la precipitación en España*. España: Universidad de Barcelona.
7. Campos Aranda, Daniel Francisco. (2015). *Estimación Simultánea de Datos Hidrológicos Anuales Faltantes en Múltiples Sitios*. México: Revista Ingeniería Investigación y Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, ISSN 1405-7743 FI-UNAM, Vol. 16, N°2, págs. 295-306.
8. Carvajal Escobar, Yesid; Aeango López, Diógenes; Jiménez Escobar, Henry. (2007). *Estimación de Caudales Promedios Mensuales por Subcuencas Hidrológicas Mediante Modelación con HEC-HMS*. Colombia: Revista Tecnura de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ISSN 0123-921X, Vol. 11, N°21, págs. 14-28.
9. Chereque Moran, Wendor. (1989). *Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
10. Chow, Ven Te. (1994). *Hidrología Aplicada*. Colombia: McGRAW-HILL.

11. Chow, Ven Te. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Colombia: McGRAW-HILL.
12. Condori Cañazaca, Piter César y Huancapaza Yancachajlla, Ronald. (2012). *Modelación Hidrológica del Río Coata en la Subcuenca Bajo Coata, Aplicando Sistemas de Información Geográfica (Tesis de pregrado)*. Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
13. Fernández Mejuto, Miguel; Vela Mayorga, Alicia; Gastaño Fernández, Santiago. (1997). *La Utilización de Modelos en Hidrología*. España: Revista de la Facultad de Educación de Albacete, ISSN 0214-4824, N°12, págs. 305-318.
14. Hydrologic Engineering Center (HEC). (2015). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Quick Start Guide*. Estados Unidos: US Army Corps of Engineers.
15. Hydrologic Engineering Center (HEC). (2012). *HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS 10*. Estados Unidos: US Army Corps of Engineers.
16. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2011). *Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales (Cuaderno técnico N° 2)*. Perú: INDECI.
17. Martín Vide, Juan P. (2003). *Ingeniería de ríos*. México: ALFAOMEGA.
18. Moreno Jiménez, Antonio y otros. (2008). *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica – Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*. México: Alfaomega.
19. Ordoñez Gálvez, Juan Julio. (2011). *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico*. Lima – Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
20. Ordoñez Gálvez, Juan Julio. (2011). *Cartilla Técnica: ¿Qué es Cuenca Hidrológica?*. Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
21. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2006). *Balance hídrico dinámico e integrado de El Salvador - Componente evaluación de recursos hídricos*. Uruguay: UNESCO.
22. Puerta Tuesta, Ronald; Rengifo Trigozo, Juan y Bravo Morales, Nino. (2011). *ArcGIS 10 Básico*. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

23. Puerta Tuesta, Ronald; Rengifo Trigozo, Juan y Bravo Morales, Nino. (2013). *Manual de ArcGIS 10 Nivel Intermedio*. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
24. Rojas, Rafael M. (2009). *Hidrología Aplicada al Manejo de Cuencas*. Colombia: Universidad de los Andes.
25. Sokolov A. A. y Chapman T. G. (1981). *Métodos de Cálculo del Balance Hídrico*. España: Instituto de Hidrología de España.
26. Vélez Upegui, Jorge Julián y Botero Gutiérrez Adriana. (2010). *Estimación del Tiempo de Concentración y Tiempo de Rezago en la Cuenca Experimental Urbana de la Quebrada San Luis, Manizales*. Medellín - Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
27. Villón Béjar, Máximo. (2002). *Hidrología*. Costa Rica: MaxSoft.
28. Villón Béjar, Máximo. (2011). *HEC-RAS Ejemplos*. Costa Rica: MaxSoft.



ANEXOS

- ANEXO I: DIRECTIVA DE APLICACIÓN PARA LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA
- ANEXO II: REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS Y CAUDALES MÁXIMOS MENSUAL
- ANEXO III: CONSTANTES DE REGRESIÓN
- ANEXO IV: COMPLETADO DE DATOS FALTANTES
- ANEXO V: PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
- ANEXO VI: PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO
- ANEXO VII: PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV-SMIRNOV
- ANEXO VIII: FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS
- ANEXO IX: MAPAS PARA REALIZAR LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA
- ANEXO X: MAPAS DE ISOYETAS
- ANEXO XI: SECCIONES REPRESENTATIVAS
- ANEXO XII: MAPAS TIRANTE HIDRÁULICO
- ANEXO XIII: MAPAS DE RIESGO A INUNDACIONES



DIRECTIVA DE APLICACIÓN PARA LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA EN LA TESIS

1. MODELO HIDROLÓGICO CON HEC-HMS

El programa HEC-HMS es de los más usados para realizar modelación hidrológica en Estados Unidos, varios países de Latinoamérica y el Perú, debido a los buenos resultados que da y la flexibilidad del programa que permite al usuario la selección de diferentes métodos para el cálculo de pérdidas, hidrogramas, flujo base y propagación en cauces.

El programa ofrece una interfaz de usuario que consta de una barra de menú en la que se encuentran todas las opciones, una barra de herramientas para el acceso rápido de las herramientas más usadas, y cuatro paneles importantes:

- Explorador de cuenca; que está dividido en tres partes: componentes, cálculos y resultados. En la pestaña componentes estos se encuentran organizados en carpetas individuales, cuando un componente es seleccionado, se expande los sub-componentes de este elemento. En la pestaña cálculos se muestran las simulaciones, intentos de optimización y análisis. En la pestaña resultados se puede comparar los que se obtienen de cada análisis.
- Editor de componentes; o sub-componentes que se encuentran activos en el explorador de cuenca, en este todos los parámetros pueden ser especificados. Los datos obligatorios serán marcados con un asterisco.
- Escritorio; en este se mantiene una variedad de ventanas, incluyendo tablas de resúmenes, series de tiempo, gráficos, editores globales y el mapa del modelo de cuenca, al cual los elementos hidrológicos son arrastrados desde la barra de herramientas y conectados para representar físicamente la red de drenaje de la cuenca en el área de estudio.

- Registro de mensajes; en este se muestran las notas, advertencias y errores, que son de utilidad para identificar porque una simulación falla o no se ejecuta.

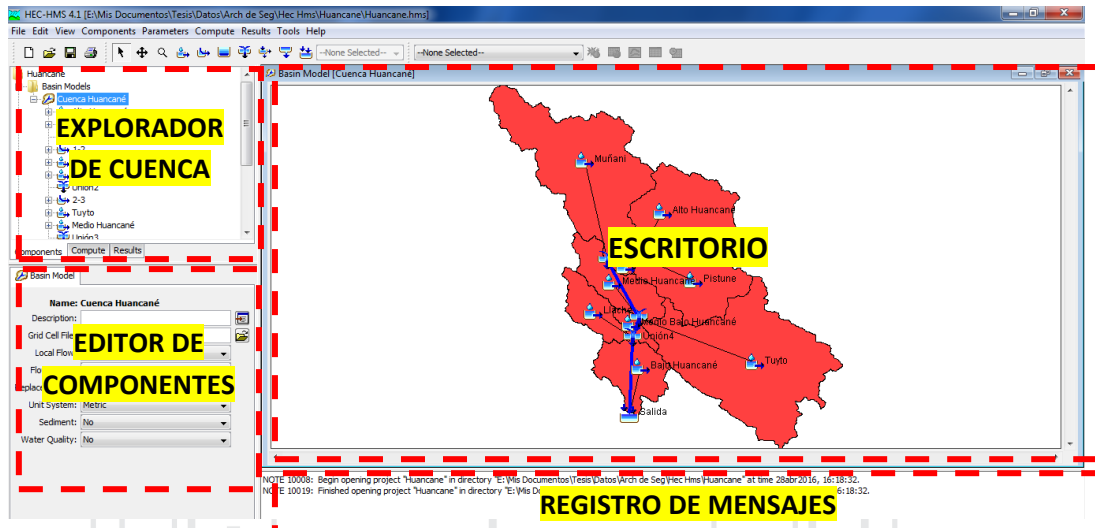


Figura N° A.1: Interfaz del programa HEC-HMS

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

1.1. Componentes del modelo hidrológico en HEC-HMS

1.1.1. Crear un modelo de cuenca

En esta parte se ingresan las distintas subcuencas y sus características, siendo en el caso más simple una sola subcuenca. Para comenzar a modelar la cuenca en estudio, una vez creado un nuevo proyecto, ir al menú *Components*, seleccionar *Basin Model Manager* y en la ventana emergente clic en *New*, para crear el modelo básico de la cuenca al cual debe asignarse un nombre y una descripción. A continuación aparecerá el modelo de cuenca creado en el Explorador de Cuenca, para seleccionarlo.

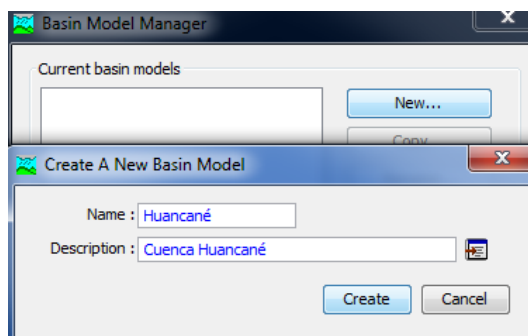




Figura N° A.2: Crear un modelo de cuenca

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

1.1.1.1. Construcción del esquema hidrográfico

El siguiente paso es construir el esquema hidrográfico de la cuenca a simular, para lo cual el programa permite importar una imagen como fondo para visualizar la forma de la cuenca, dar clic derecho en el escritorio, elegir *Background Layers*, en la ventana emergente clic sobre el botón *Add...* y seleccionar el archivo, para este caso se utilizó un dibujo de la cuenca Huancané con la división de las subcuencas, en formato SHP creado en el Programa ArcGis.

Para agregar el elemento Subcuenca seleccionar la herramienta *Subbasin Creation Tool*  y dar clic sobre el escritorio para representar cada subcuenca, indicando en la ventana emergente el nombre y descripción de la misma. Insertar además el elemento Salida seleccionando la herramienta *Sink Creation Tool*  y dar clic sobre el punto de salida de la cuenca.

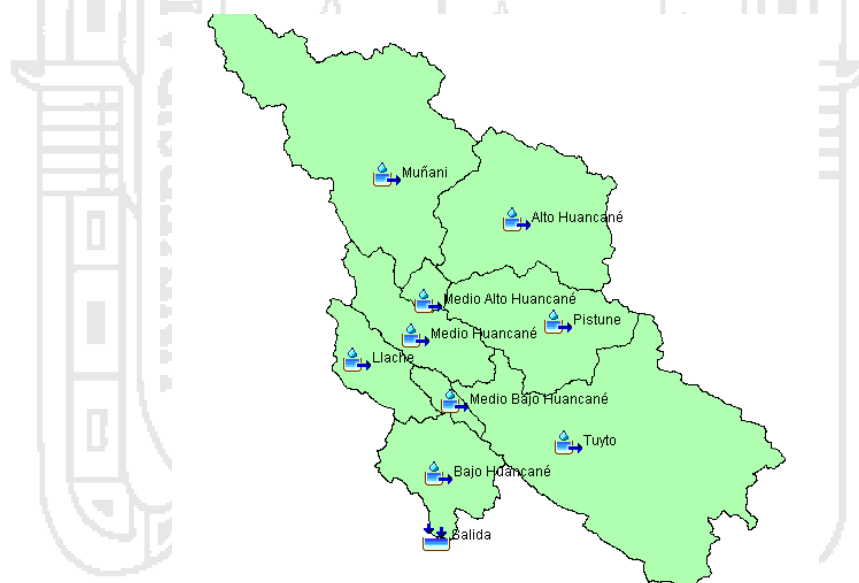



Figura N° A.3: Elemento Subcuenca y Salida del modelo

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

Para agregar el elemento Unión seleccionar la herramienta *Junction Creation Tool*  y dar clic sobre el escritorio en los puntos de unión de los caudales provenientes de las subcuencas, indicando en la ventana emergente el nombre y descripción de las mismas. A continuación hacer clic derecho sobre cada elemento Subcuenca, seleccionar la opción *Connect Downstream* y hacer clic sobre el elemento Unión correspondiente.

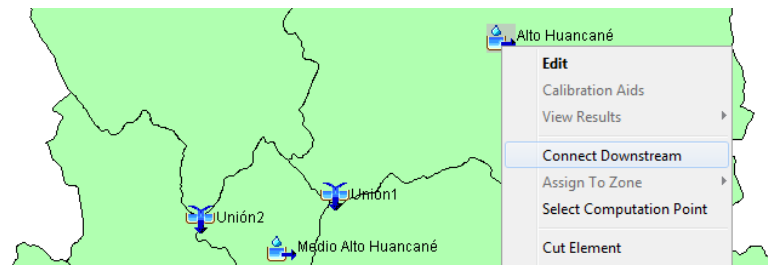


Figura N° A.4: Conexión de subcuencas a puntos de unión

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

Para agregar el elemento Canal seleccionar la herramienta *Reach Creation Tool* y dar clic sobre el escritorio en los elementos Unión para representar el traslado del agua entre ellos hacia la Salida de la cuenca, indicando su nombre y descripción. A continuación seleccionar cada uno de los elementos Unión y Canal del Explorador de cuenca y en el Editor de componentes, para la opción *Downstream* seleccionar el elemento correspondiente al cual trasladará el agua. Es decir, Unión1 descargará en Canal 1-2, este descargará en Unión2, este descargará en Canal 2-3, este descargará en Unión3, este descargará en Canal 3-4, este descargará en Unión4, este descargará en Canal 4-s, y este descargará en Salida.

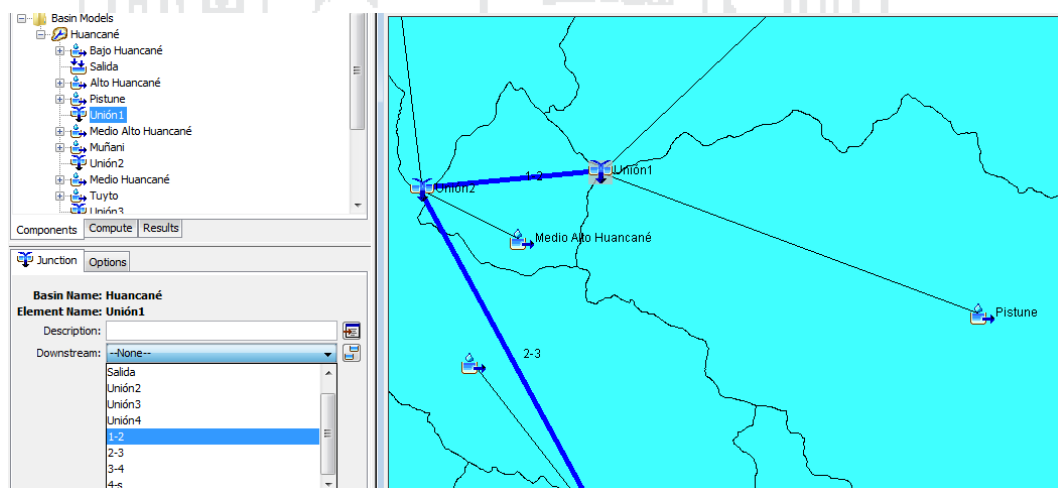


Figura N° A.5: Conexión de Uniones a Canales

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

1.1.1.2. Ingreso de datos para los métodos de cálculo

Para cada elemento subcuenca ingresar el área de la subcuenca y seleccionar como métodos de cálculo para pérdidas "SCS Curve Number" y para Escorrentía "SCS Unit Hydrograph", como se muestra en la Figura A.6.

Basin Name:	Cuenca Huancané
Element Name:	Bajo Huancané
Description:	01781
Downstream:	Salida
*Area (KM2)	246.425
Latitude Degrees:	
Latitude Minutes:	
Latitude Seconds:	
Longitude Degrees:	
Longitude Minutes:	
Longitude Seconds:	
Canopy Method:	--None--
Surface Method:	--None--
Loss Method:	SCS Curve Number
Transform Method:	SCS Unit Hydrograph
Baseflow Method:	--None--

Figura N° A.6: Configuración del elemento Subcuenca

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

Para calcular las pérdidas por infiltración, ingresar el valor del Número de curva, como se indica en la sección 4.2.1.1.3 del Capítulo IV.

Basin Name:	Cuenca Huancané
Element Name:	Bajo Huancané
Initial Abstraction (MM)	
*Curve Number:	79.57
*Impervious (%)	0.0

Figura N° A.7: Valores para calcular la pérdida por infiltración

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

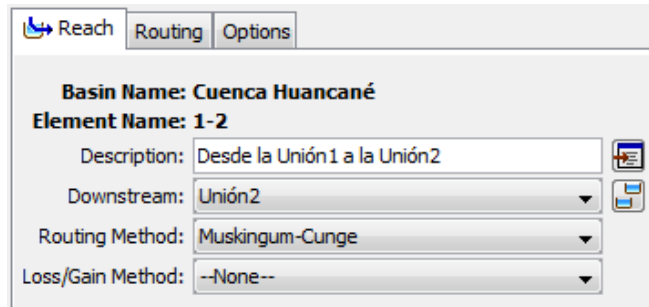
Para calcular la escorrentía por el método seleccionado, ingresar el Tiempo de Retardo, como se indica en la sección 4.2.1.1.2 del Capítulo IV.

Basin Name:	Cuenca Huancané
Element Name:	Bajo Huancané
Graph Type:	Standard (PRF 484)
*Lag Time (MIN)	927.00

Figura N° A.8: Valores para calcular le escorrentía

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

Para el elemento Canal seleccionar como método de cálculo para el tránsito del caudal "Muskingum-Cunge", como se muestra en la Figura A.9.

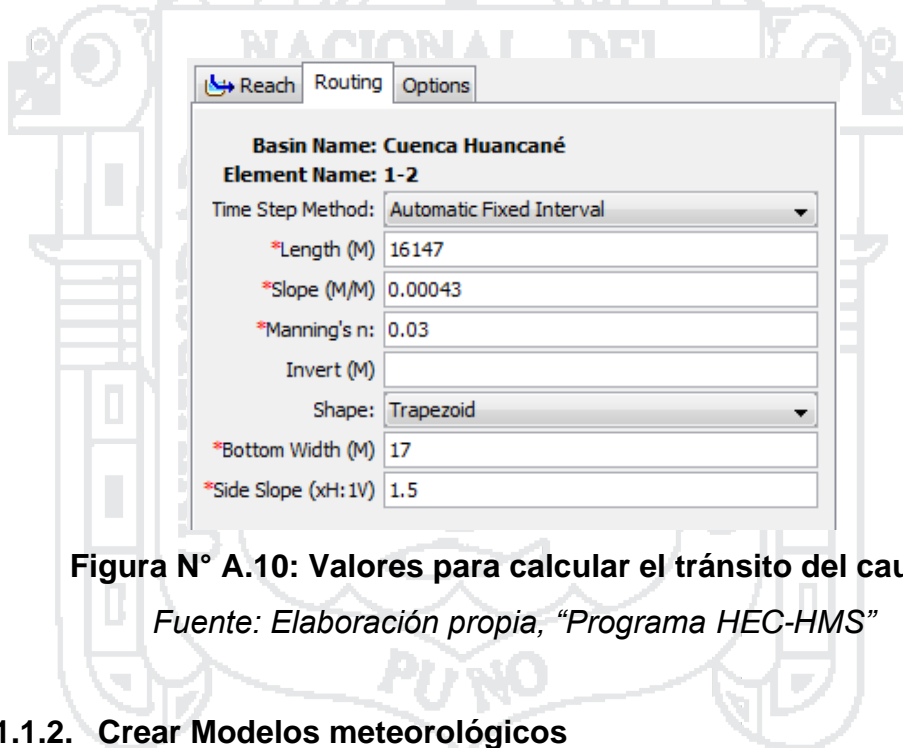


Field	Value
Basin Name	Cuenca Huancané
Element Name	1-2
Description	Desde la Unión 1 a la Unión 2
Downstream	Unión 2
Routing Method	Muskingum-Cunge
Loss/Gain Method	--None--

Figura N° A.9: Configuración del elemento Canal

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

Para calcular el tránsito del caudal por el método seleccionado, se ingresó los valores como se indica en la sección 4.2.1.1.4 del Capítulo IV.



Field	Value
Basin Name	Cuenca Huancané
Element Name	1-2
Time Step Method	Automatic Fixed Interval
*Length (M)	16147
*Slope (M/M)	0.00043
*Manning's n	0.03
Invert (M)	
Shape	Trapezoid
*Bottom Width (M)	17
*Side Slope (xH:1V)	1.5

Figura N° A.10: Valores para calcular el tránsito del caudal

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

1.1.2. Crear Modelos meteorológicos

En esta parte se ingresa la precipitación, para ello, ir al menú *Components*, seleccionar *Meteorologic Model Manager* y en la ventana emergente clic en *New*, para crear un modelo meteorológico al cual debe asignarse un nombre y una descripción. Para el presente estudio se crearon 6 modelos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. A continuación aparecerá el modelo meteorológico creado en el Explorador de Cuenca, para seleccionarlo.

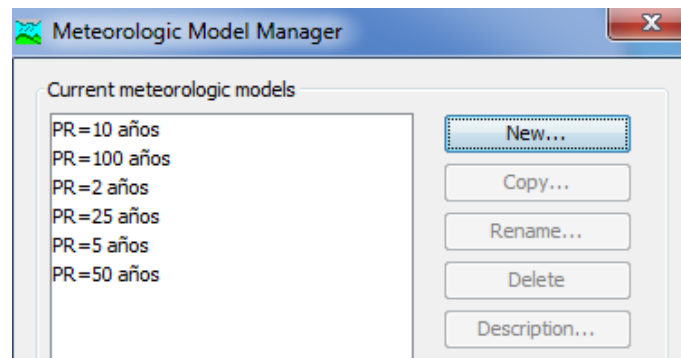


Figura N° A.11: Crear modelos meteorológicos

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

Para todos los modelos meteorológicos, se consideró únicamente el ingreso de agua por precipitación, utilizando el método de cálculo del "SCS Storm".

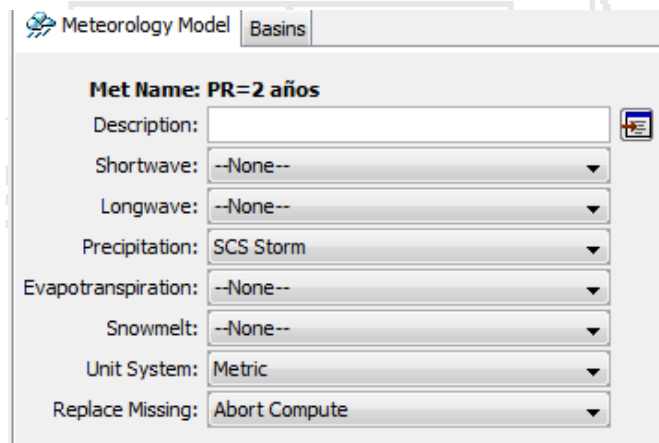


Figura N° A.12: Configuración del modelo meteorológico

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

Para calcular la precipitación en la cuenca producida por una tormenta utilizando "SCS Storm", se elige para el método tormenta tipo 2 y se ingresa la precipitación en milímetros, valores que se indica en la sección 4.2.1.2 del Capítulo IV.

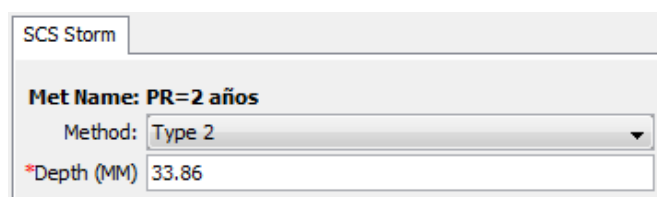


Figura N° A.13: Valores para simular la tormenta

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

1.1.3. Definir las especificaciones de control

En esta parte se fija el tiempo de duración de cada corrida de una simulación, para ello, ir al menú *Components*, seleccionar *Control Specifications Manager* y en la ventana emergente clic en *New*, para crear un modelo meteorológico al cual debe asignarse un nombre y una descripción. Para el presente estudio se crearon 6 modelos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. A continuación aparecerá el modelo meteorológico creado en el Explorador de Cuenca, para seleccionarlo

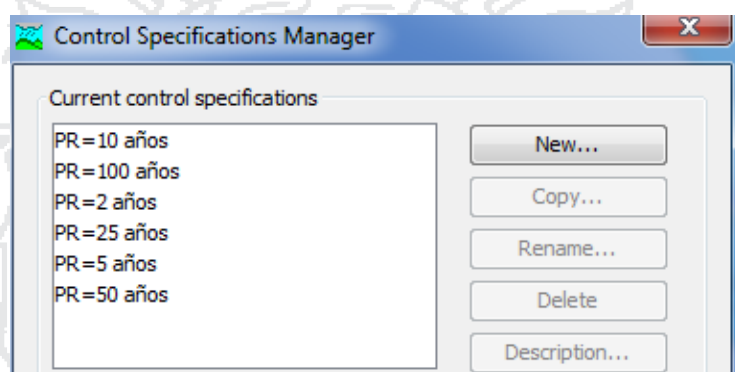


Figura N° A.14: Crear especificaciones de control

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

Las especificaciones de control para todas las simulaciones se ingresaron como se muestra en la Figura A.15.

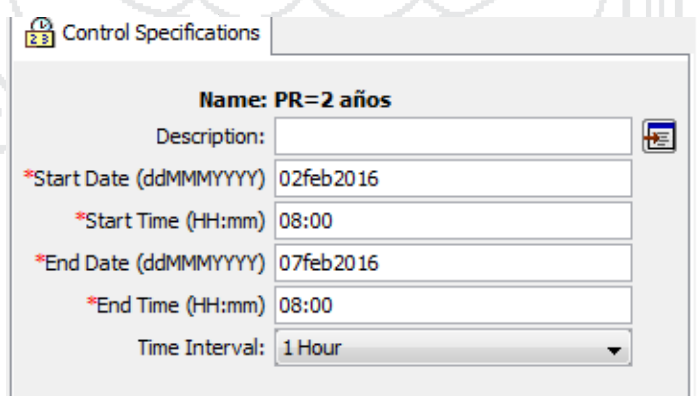


Figura N° A.15: Valores para las especificaciones de control

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

1.2. Crear y calcular una corrida de simulación

Para definir una simulación, en la barra de menú seleccionar “*Compute*”, “*Create Compute*” y luego “*Simulation Run...*”. Un cuadro de diálogo se abrirá en cual se ingresa el nombre de la simulación; y selecciona el modelo de cuenca, el modelo meteorológico y especificaciones de control a utilizarse. La nueva simulación es añadida a la pestaña “*Compute*” en el explorador de cuencas.

Finalmente para ejecutar la simulación seleccionarla en el Explorador de cuencas y en la barra de menú seleccionar “*Compute*” y “*Compute Run*”.

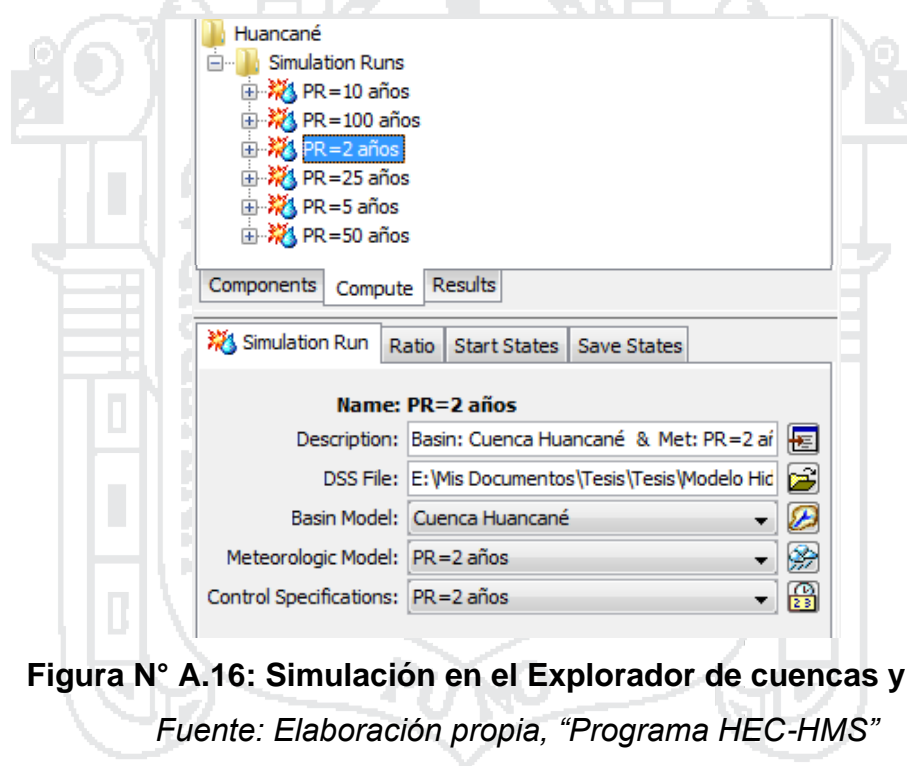


Figura N° A.16: Simulación en el Explorador de cuencas y Editor

Fuente: Elaboración propia, “Programa HEC-HMS”

1.3. Ver resultados de la simulación

Para ver los resultados seleccionar la pestaña “*Results*” del Explorador de cuencas y en este se mostraran los resultados de cada simulación corrida. Puede observarse los resultados de cada elemento hidrológico, seleccionándolo o puede observarse un resumen de los resultados, mediante el elemento “*Global Summary*”.

Global Summary Results for Run "PR=2 años"

Project: Huancané Simulation Run: PR=2 años

Start of Run: 02feb2016, 08:00 Basin Model: Cuenca Huancané
End of Run: 07feb2016, 08:00 Meteorologic Model: PR=2 años
Compute Time: 10ene2017, 21:37:08 Control Specifications: PR=2 años

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)
Alto Huancané	524.702	11.6	03feb2016, 06:00	1.04
Pistune	379.525	25.0	03feb2016, 04:00	3.08
Unión1	904.227	36.1	03feb2016, 04:00	1.89
1-2	904.227	34.9	03feb2016, 08:00	1.88
Muñani	889.681	36.0	03feb2016, 08:00	2.23
Medio Alto Huancané	42.308	0.8	03feb2016, 09:00	0.95
Unión2	1836.216	71.6	03feb2016, 08:00	2.03
2-3	1836.216	69.9	03feb2016, 13:00	2.02
Tuyto	1107.372	71.6	03feb2016, 10:00	4.30
Medio Huancané	231.099	7.7	03feb2016, 12:00	2.20
Unión3	3174.687	146.1	03feb2016, 12:00	2.83
3-4	3174.687	132.6	03feb2016, 15:00	2.79
Llache	162.014	18.7	03feb2016, 02:00	4.54
Medio Bajo Huancané	48.082	3.6	03feb2016, 05:00	3.69
Unión4	3384.783	136.2	03feb2016, 15:00	2.89
4-s	3384.783	110.9	03feb2016, 23:00	2.78
Bajo Huancané	246.425	14.6	03feb2016, 15:00	5.04
Salida	3631.208	121.3	03feb2016, 22:00	2.93

Figura N° A.17: Resumen de los resultados en una simulación

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-HMS"

2. MODELO HIDRÁULICO CON HEC-RAS

2.1. Obtención de la geometría del cauce utilizando Global Mapper

Para obtener el MDE previamente se creó un polígono ubicado en las coordenadas de la subcuenca Bajo Huancané en el programa ArcGIS, que sirva como referencia al momento de descargar el MDE.

Luego dentro del programa Global Mapper se configura la proyección cartográfica en este caso UTM WGS84 19 sur, luego se abre el polígono de referencia creado en ArcGis, seleccionar el menú *File* y la opción *Download Online Imagery/Topo/Terrain Maps...*, en la ventana emergente se selecciona los datos provenientes de ASTER GDEM v2, luego clic en el botón Draw Box para seleccionar el área de interés para importar los datos, finalmente clic en el botón *Connect*.

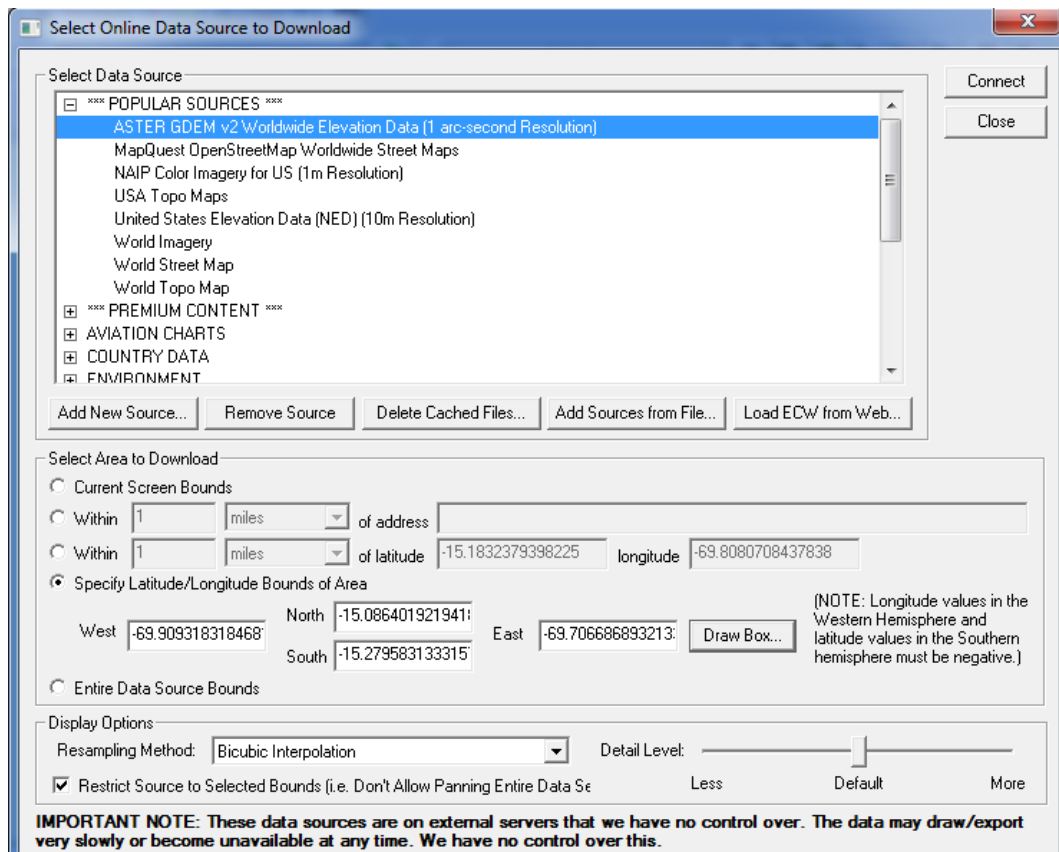


Figura N° A.18: Obtención del MDE en el programa Global Mapper

Fuente: Elaboración propia, "Programa Global Mapper"


Para exportar el MDE dar clic en el menú *File* y selecciona la opción *Export* y *Export Elevation Grid Format...*, en la ventana emergente se seleccionará el formato DEM y luego en las unidades verticales METERS, finalmente OK.

2.2. Edición del Modelo Digital de Elevación (MDE) con Civil 3D

Debido a que la resolución de los datos descargados es de 30 metros, en el MDE no se muestra el cauce del río, por lo cual se obtuvieron 20 secciones representativas del río en campo con la ayuda de un flexómetro, brújula, jalones y GPS, estas se muestran en el Anexo XI.

Para incluir las secciones representativas al MDE se eligió el programa Civil 3D, en el cual primeramente se editará la configuración del dibujo para definir la proyección cartográfica en UTM WGS84 19 sur.

2.2.1. Inserción de superficie terreno y construcción de su alineación

Se inserta la superficie dando clic a la herramienta *Superficie* y *A partir de DEM*, seleccionando el archivo DEM proveniente de Global Mapper y *Aceptar*. A continuación se define la alineación del río, para el presente estudio se utilizaron las imágenes satelitales de Google Earth para trazar el centro del cauce del río de la subcuenca bajo Huancané, dicho trazo se transformó a un archivo reconocible para Civil 3D mediante el programa ArcGIS, posteriormente se inserta el trazo al dibujo y convertirá la polilínea 3D en 2D; luego dando clic a la herramienta *Alineación*  y *Crear alineación a partir de objetos*; se seleccionó la polilínea del eje principal, verificó la orientación considerando que el inicio de las progresivas será aguas arriba.

2.2.2. Construcción de la alineación del fondo de lecho del río Huancané en la subcuenca Bajo Huancané

Para esto seleccionar la alineación creada y clic en la herramienta *Perfil de superficie*; en la ventana emergente clic en el botón *Añadir* y luego *Dibujar* en visualización del perfil; asignar un nombre al perfil longitudinal del terreno en el eje del río, luego clic en el botón *Siguiente* 6 veces y clic en *Crear visualización del perfil*; finalmente clic en un espacio vacío del dibujo para insertar el perfil longitudinal de la superficie del terreno a lo largo del eje del río.

A continuación seleccionar la malla del perfil creado y dar clic en la herramienta *Herramientas de creación de perfiles*, en la ventana emergente asignar un nombre al perfil longitudinal del fondo de lecho del río y clic en *Aceptar*. Luego seleccionar la herramienta *Dibujar tangentes sin curvas* y se dibuja el perfil, considerando para el presente caso una pendiente de 0.015%.

2.2.3. Construcción de las secciones representativas del río Huancané en la subcuenca Bajo Huancané

Para definir cada una de las 20 secciones representativas del río Huancané en la subcuenca Bajo Huancané, dar clic en la herramienta *Ensamblaje* y *Crear Ensamblaje*; en la ventana emergente asignar un nombre a la sección típica y *Aceptar*; entonces dar clic en un espacio vacío de la pantalla para insertar el ensamblaje. Luego debe ensamblarse la sección típica, para el

presente estudio primero se graficó la sección del río mediante una polilínea, y para transformar la polilínea en un subensamblaje se debe ir al menú *Obras lineales* y *Crear subensamblaje a partir de polilínea*; seleccionar la polilínea, asignarle un nombre y *Aceptar*; seleccionar el subensamblaje creado, dar clic en la herramienta *Añadir a ensamblaje* y click en el ensamblaje creado anteriormente; volver a seleccionar el subensamblaje y clic en la herramienta *Modificar origen* y luego seleccionar el fondo del cauce en el subensamblaje. A continuación debe asignarse un código a cada entidad del subensamblaje mediante la herramienta *Añadir código*. Finalmente utilizando la Paleta de herramientas de subensamblajes que tiene el programa se insertaron a ambos lados del subensamblaje anteriormente creado, un subensamblaje que genere corte o relleno, llamado *Pendiente TaludCunetaDesmonteBásica*; para construir el corredor del río.

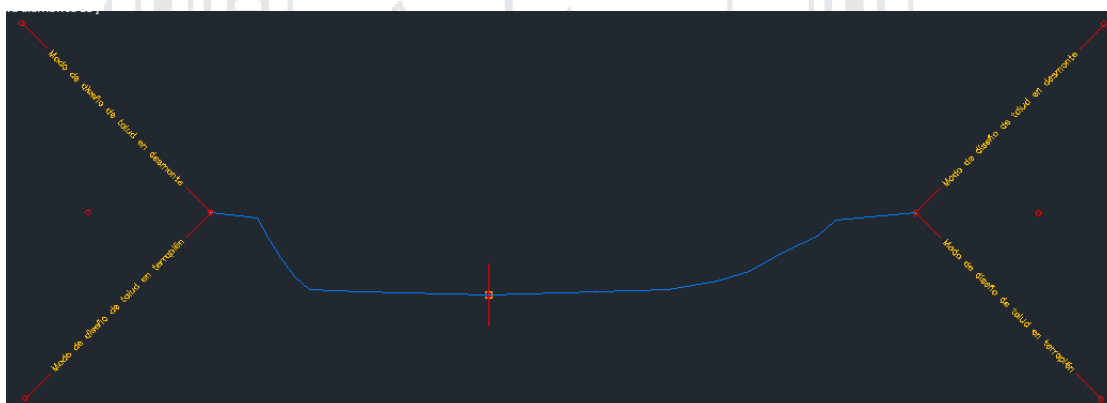


Figura N° A.19: Sección representativa creada
Fuente: *Elaboración propia, "Programa Civil 3D"*

2.2.4. Construcción del corredor del río Huancané en la subcuenca Bajo Huancané y superficie del mismo

Para generar el corredor del río clic en la herramienta *Obra lineal*, asignar un nombre al corredor, seleccionar los elementos creados anteriormente para crear el corredor como son alineación, perfil del fondo de lecho, el primer ensamblaje comenzando aguas arriba y la superficie creada a partir del MDE; finalmente *Aceptar*.

Para incluir todas las secciones representativas en el corredor y construir la superficie del corredor, seleccionar el corredor creado, clic derecho y *Propiedades de obra lineal*. En la pestaña *Parámetros* insertar las secciones creadas, dando clic derecho sobre la última sección creada y seleccionado la opción *Insertar región – Después...* e indicar las progresivas de influencia, además de establecer los objetivos hacia la superficie del terreno. A continuación se muestran las secciones ingresadas para el corredor del río.

Nombre	Alineación	Perfil	Ensamblaje	P.K. inicial	P.K. final	Frecuencia	Objeti...	Modi...
BL - Eje - (1)	Eje de río	Fondo de lecho		0+000.00m	30+148.13m			
RG - Seccion20 - (1)			Seccion1	0+000.00m	2+195.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion19 - (1)			Seccion2	2+195.00m	3+510.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion18 - (2)			Seccion3	3+510.00m	6+360.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion17 - (3)			Seccion4	6+360.00m	10+120.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion16 - (4)			Seccion5	10+120.00m	12+635.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion15 - (5)			Seccion6	12+635.00m	14+010.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion5 - (6)			Seccion7	14+010.00m	15+380.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion14 - (7)			Seccion8	15+380.00m	17+075.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion13 - (8)			Seccion9	17+075.00m	18+730.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion12 - (9)			Seccion10	18+730.00m	20+355.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion4 - (10)			Seccion11	20+355.00m	21+375.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion11 - (11)			Seccion12	21+375.00m	22+095.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion10 - (12)			Seccion13	22+095.00m	22+885.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion9 - (13)			Seccion14	22+885.00m	24+060.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion8 - (14)			Seccion15	24+060.00m	25+260.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion7 - (15)			Seccion16	25+260.00m	26+225.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion3 - (16)			Seccion17	26+225.00m	27+125.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion1 - (17)			Seccion18	27+125.00m	27+830.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion2 - (18)			Seccion19	27+830.00m	28+650.00m	20.000m	...	...
RG - Seccion6 - (19)			Seccion20	28+650.00m	30+148.13m	20.000m	...	...

Figura N° A.20: Asignación de secciones representativas al corredor del río

Fuente: Elaboración propia, "Programa Civil 3D"

En la pestaña *superficies* dar clic sobre el botón *Crear una superficie de obra lineal*, y agregar a dicha superficie el código Datum y los códigos que se asignaron a las entidades de los subensamblajes creados para las secciones representativas, y se activa la casilla *Añadir como línea de rotura* para todos los códigos.

En la pestaña *Contornos*, dar clic derecho sobre el corredor creado y seleccionar la opción *Añadir automáticamente e Intersección*, luego clic en *Aceptar* y se creará la superficie del corredor, finalmente deberá hacerse una edición de la superficie, de modo que el contorno de la superficie del corredor sea el de interés.

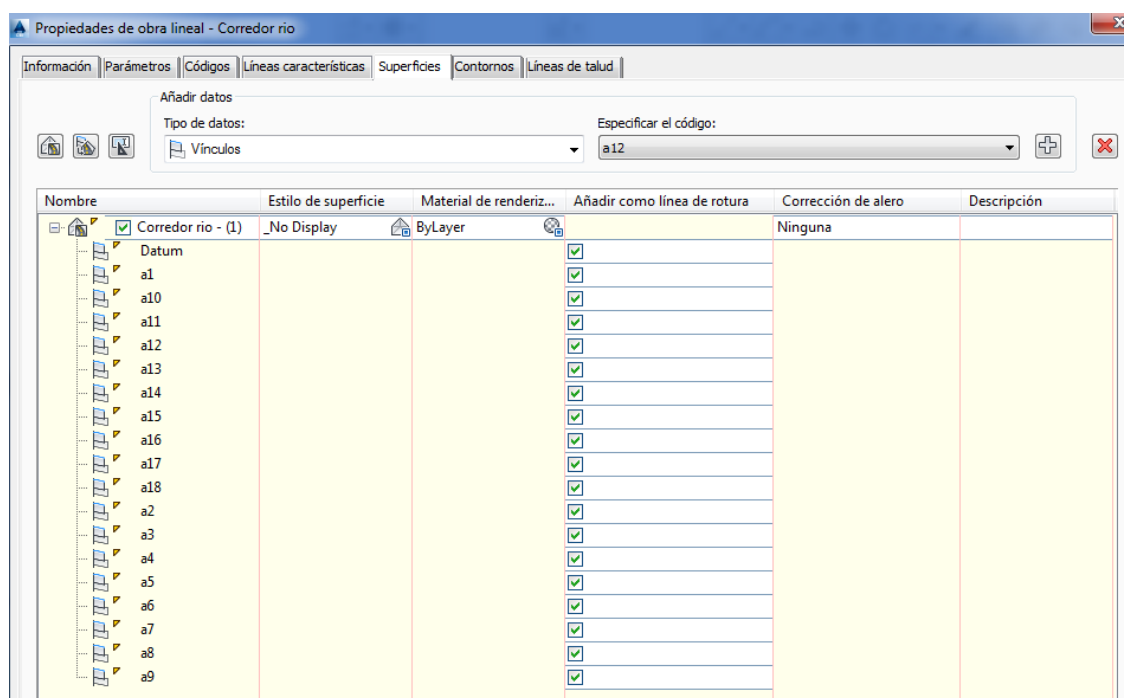


Figura N° A.21: Configuración de la superficie del corredor

Fuente: Elaboración propia, "Programa Civil 3D"

2.2.5. Construcción de la superficie combinada y exportación de la misma a ArcGIS

Para combinar la superficie del corredor creado con el del terreno, se crea una superficie nueva mediante la herramienta *Superficie y Crear superficie*; a continuación seleccionar el menú *Superficies, Editar superficies y Pegar superficie...*; pulsar la tecla Enter para que se muestre la lista de superficies creadas, seleccionar la superficie creada para combinar y Aceptar; luego seleccionar la superficie a pegar iniciando con la superficie correspondiente al terreno del MDE y Aceptar. Realizar el mismo procedimiento para pegar en este caso la superficie del corredor del río creado.

Finalmente para exportar la superficie a un formato reconocible por ArcGis, seleccionar el menú *Archivo, Exportar y Exportar a LandXML...*; en la ventana emergente seleccionar únicamente la superficie en la cual están combinadas la superficie terreno y la superficie del corredor del río; luego *Aceptar*, asignarle un nombre al archivo y *Guardar*.

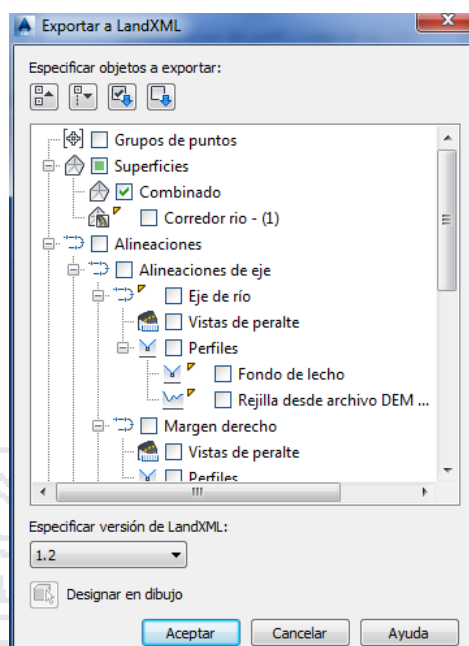


Figura N° A.22: Exportar superficie de Civil3D a ArcGIS

Fuente: Elaboración propia, "Programa Civil 3D"

2.3. Creación del archivo de geometría con HEC-GeoRAS para importar a HEC-RAS

Debido a que ingresar la geometría necesaria con suficiente detalle directamente en HEC-RAS es complicado se opta por utilizar el programa HEC-GeoRAS para procesar datos georreferenciados que permiten bajo el entorno de los sistemas de información geográfica crear un archivo para importar a HEC-RAS datos de geometría del terreno incluyendo cauce del río y secciones transversales; y posteriormente los resultados obtenidos de tirantes y velocidades se exportan desde HEC-RAS a ArcGis y pueden ser procesados para obtener mapas de inundación y riesgo.

2.3.1. Importación de superficie en formato TIN

HEC-GeoRAS requiere un MDE (Modelo Digital de Elevación) en formato TIN (Triangulated Irregular Network), para el presente estudio se dispondrá del archivo en formato LandXML generado anteriormente para lo cual; luego de abrir un archivo en blanco primeramente se editará la proyección cartográfica seleccionando el menú *View* y *Data frame properties...*; en la pestaña *Coordinate System* de la ventana emergente seleccionar *WGS 1984 UTM Zone 19S* para el presente estudio.

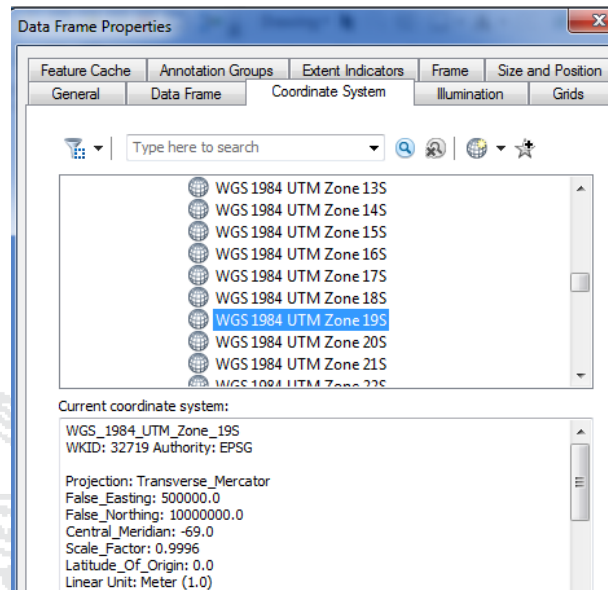


Figura N° A.23: Proyección cartográfica en ArcGIS

Fuente: Elaboración propia, "Programa ArcGIS"

A continuación verificar que las extensiones estén activadas, esto puede hacerse seleccionando el menú *Customize y Extensions*; a continuación marcar las casillas y pulsar *Close* para cerrar la ventana.

Para importar el MDE en formato TIN activar las herramientas *ArcToolbox* y seleccionar la herramienta *3D Analyst Tools, Conversion, From File y LandXML to TIN*; en la ventana emergente seleccionar el archivo de en formato Land XML, la carpeta de guardado, nombre del archivo de salida en formato TIN y OK. A continuación se muestra El archivo TIN importado.

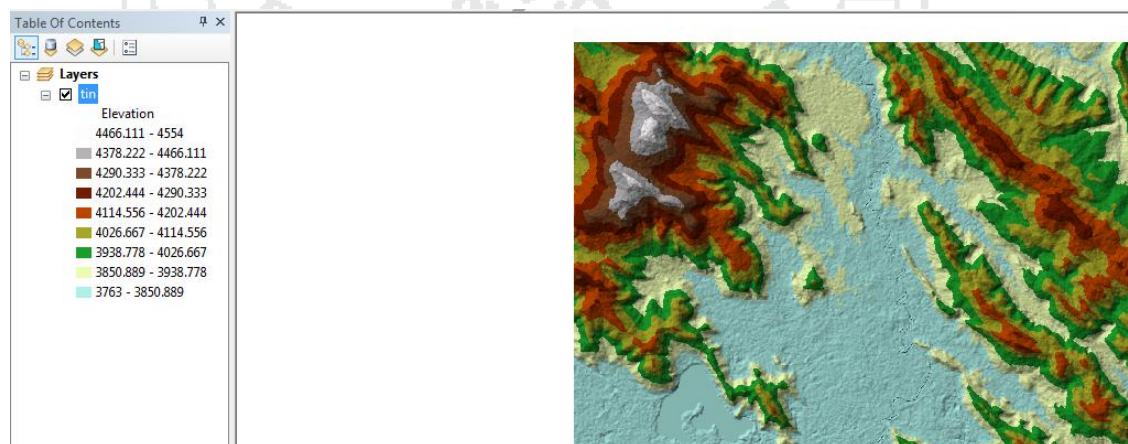


Figura N° A.24: Archivo TIN importado

Fuente: Elaboración propia, "Programa ArcGIS"

2.3.2. Creación de la línea central o eje del río con HEC-GeoRAS

La línea central del río se utiliza para establecer el alcance de la red fluvial en HEC-RAS, para dibujar dicha línea primeramente debe crearse la capa respectiva seleccionando el menú *RAS Geometry*, *Create RAS Layers* y *Stream Centerline*, en la ventana emergente asignar un nombre a la capa o dejarla con el nombre por defecto que es *River* y *OK*.

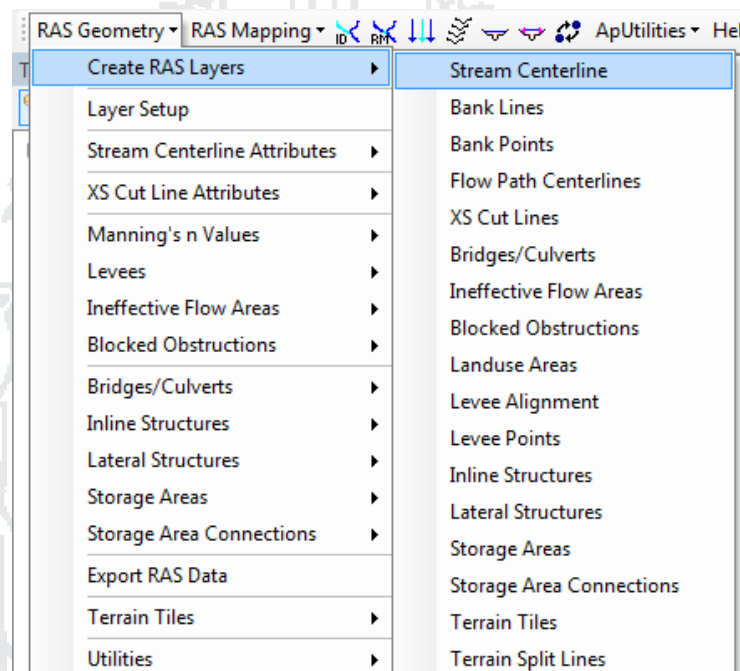


Figura N° A.25: Creación de capa para la línea central

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC GeoRAS"

Para crear la línea central del río, hacer clic sobre la herramienta *Editor*, *Start Editing* y en la ventana emergente seleccionar la capa *River*; a continuación trazar la línea central del cauce del río en dirección al flujo, es decir, comenzando aguas arriba y con un solo trazo. Después de digitalizar el cauce, lo siguiente es darle nombre, debido a que en HEC-RAS cada río debe tener un nombre único, de la misma forma cada tramo del mismo. Para asignar los nombres dar clic sobre la herramienta *Assign RiberCode and ReachCode to River* y seleccionar la línea central. Para el presente estudio se asignó como nombre de río Huancané y nombre de tramo Bajo Huancané.

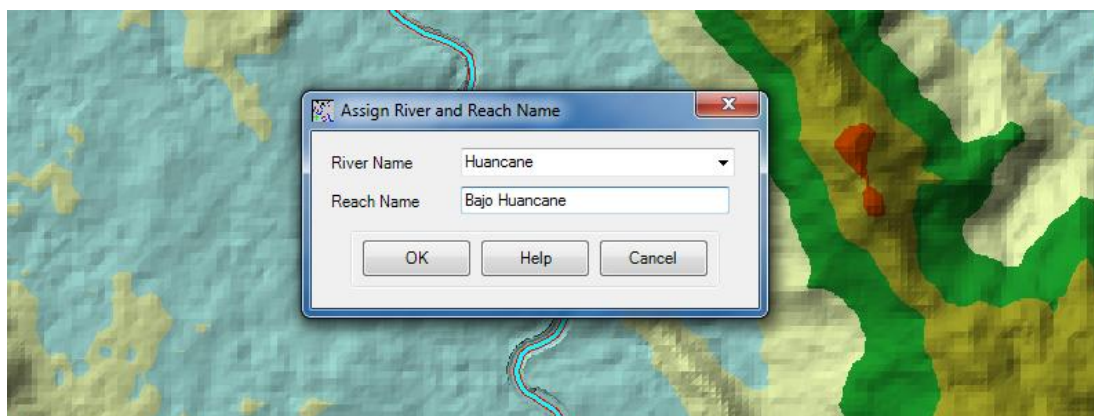


Figura N° A.26: Asignación de nombre al cauce

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC GeoRAS"

2.3.3. Creación de bancos del río con HEC-GeoRAS

Los bancos del río distinguen el cauce principal por el cual circula agua habitualmente, de las áreas de llanura circundantes susceptibles a inundarse por desbordamiento y que permite más tarde el asignar valores "n" de Manning distintos. Antes de trazar los bancos primeramente debe crearse la capa respectiva seleccionando el menú *RAS Geometry, Create RAS Layers* y *Bank Lines*, en la ventana emergente asignar un nombre a la capa o dejarla con el nombre por defecto que es *Banks* y *OK*.

Para dibujar las líneas de bancos, hacer clic sobre la herramienta *Editor, Start Editing* y en la ventana emergente seleccionar la capa *Banks*; a continuación trazar las dos líneas de bancos del río en dirección al flujo o contrario y con un solo trazo por banco.

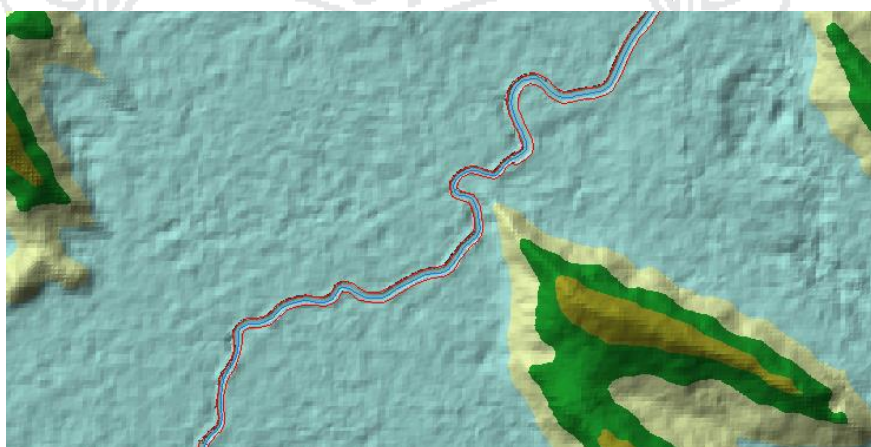


Figura N° A.27: Línea central y bancos del río

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC GeoRAS"

2.3.4. Creación de la trayectoria de flujo del río con HEC-GeoRAS

La trayectoria de flujo se define con tres tipos de líneas: central (paralela a la línea central), línea izquierda del límite de probable desbordamiento y línea derecha del límite de probable desbordamiento; por lo cual también sirve como referencia para dibujar las secciones más adelante. Antes de trazar las líneas de la trayectoria de flujo primeramente debe crearse la capa respectiva seleccionando el menú *RAS Geometry, Create RAS Layers y Flow Path Centerlines*, en la ventana emergente asignar un nombre a la capa o dejarla con el nombre por defecto que es *Flowpaths* y *OK*.

Para dibujar la trayectoria de flujo, hacer clic sobre la herramienta *Editor, Start Editing* y en la ventana emergente seleccionar la capa *Flowpaths*; a continuación confirmamos en la ventana emergente el utilizar una copia de la línea central para la trayectoria de flujo; y luego trazar las dos líneas restantes en dirección al flujo y con un solo trazo por línea. Lo siguiente es darles etiqueta, debido a que en HEC-RAS cada línea debe tener una única etiqueta en central, izquierda o derecha. Para asignar las etiquetas dar clic sobre la herramienta *Select Flowpath and Assign LineType Attributes* y seleccionar las líneas para asignarles la etiqueta correspondiente.

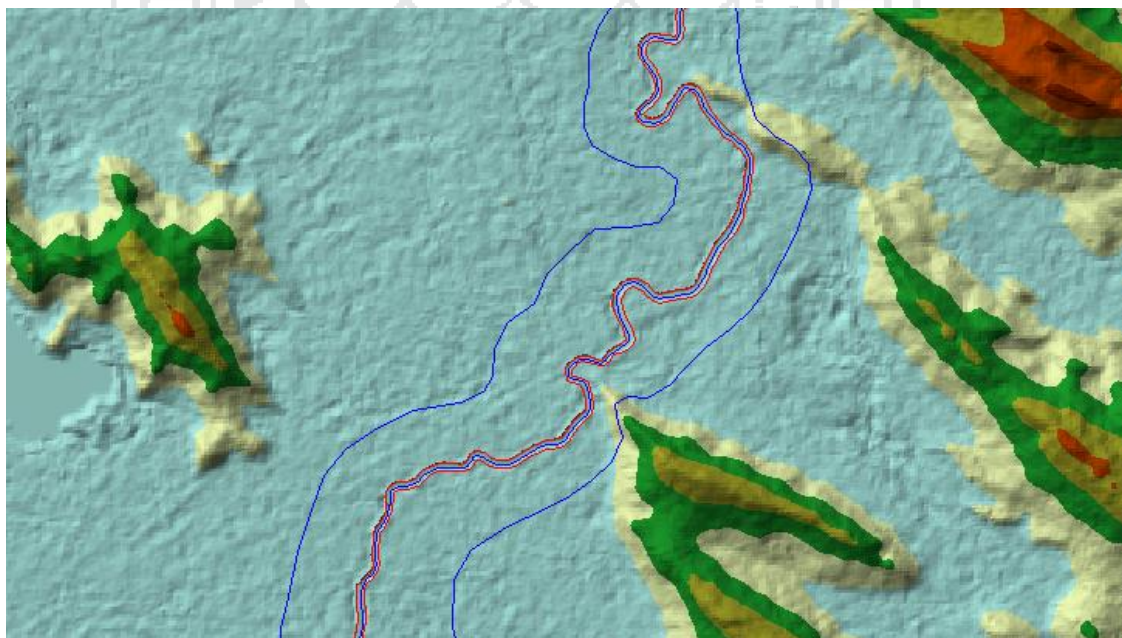


Figura N° A.28: Línea central, bancos del río y líneas de trayectoria de flujo

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC GeoRAS"

2.3.5. Creación de secciones con HEC-GeoRAS

Las secciones transversales son un elemento clave para HEC-RAS, ya que estos se utilizan para extraer los datos de elevación del terreno a lo largo del cauce del río, para crear un perfil del suelo. La intersección de las secciones transversales con otras capas RAS como la línea central y las líneas de la trayectoria de flujo se utilizan para determinar las estaciones de banco (localización del cauce por separado de la llanura de inundación). Por lo tanto, la creación de un número adecuado de las secciones transversales va producir una buena representación del lecho del cauce y planicie de inundación en riesgo. Antes de trazar las trayectorias de flujo primeramente debe crearse la capa respectiva seleccionando el menú *RAS Geometry, Create RAS Layers y XS Cut Lines*, en la ventana emergente asignar un nombre a la capa o dejarla con el nombre por defecto que es *XSCutLines* y *OK*.

Además debe considerarse las siguientes directrices a la hora de crear las líneas de corte transversal, estas son:

- Las líneas de corte transversal deben trazarse de izquierda a derecha mirando de aguas arriba hacia aguas abajo.
- Las líneas de corte transversal deben ser perpendiculares a la dirección de flujo (considerando el rango de los eventos de flujo).
- Las líneas de corte transversal no deben cruzarse.
- Las líneas de corte transversal deben cruzar la línea central solo una vez.
- Las líneas de corte transversal no pueden extenderse más allá del área del MDE.

Para dibujar las líneas de corte transversal, hacer clic sobre la herramienta *Editor, Start Editing* y en la ventana emergente seleccionar la capa *XSCutLines*, a continuación trazar las líneas según las directrices.

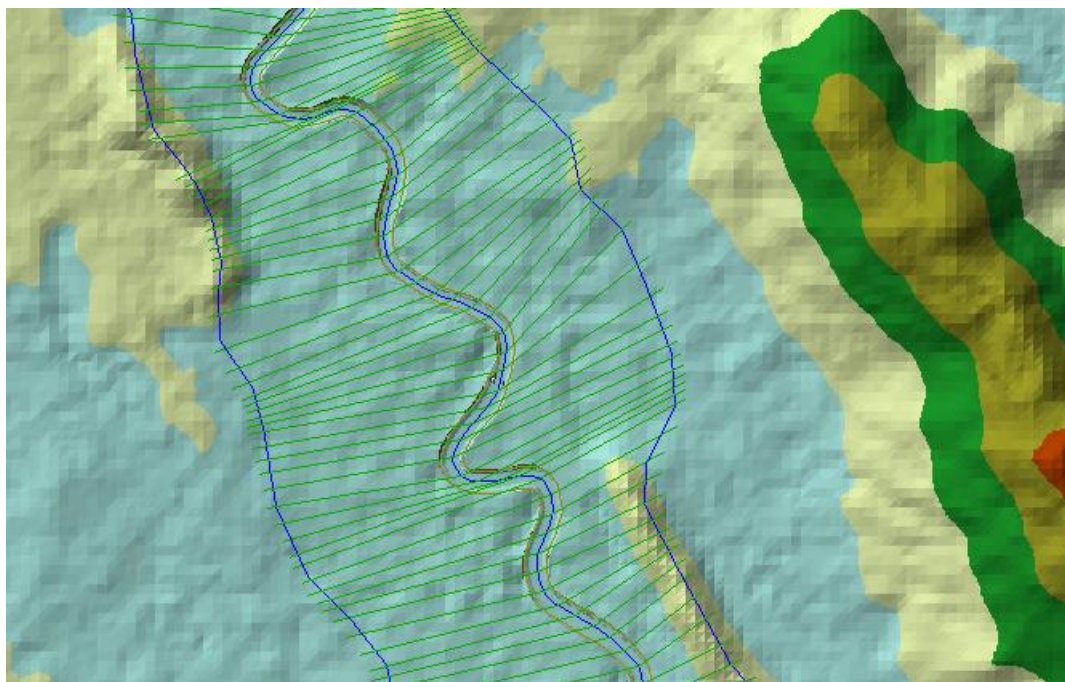


Figura N° A.29: Líneas de corte transversal

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC GeoRAS"

2.3.6. Creación de atributos a la línea central y secciones transversales con HEC-GeoRAS

Para exportar los datos a HEC-RAS es necesario que la línea central y las secciones transversales tengan sus correspondientes atributos (estaciones, altitud, etc), hasta el momento las capas creadas no tienen atributos, esto se logra.

- Seleccionando la herramienta *Ras Geometry, Stream Centerline Attributes* y *All*, a continuación en la ventana emergente clic en OK. Para crear una capa con la línea central y sus atributos.
- Seleccionando la herramienta *Ras Geometry, XS Cut Line Attributes* y *All*, a continuación en la ventana emergente clic en OK. Para crear una capa con las secciones transversales y sus atributos.

2.3.7. Exportar geometría de HEC-GeoRAS a HEC-RAS

Para exportar la geometría de la línea central del cauce y las secciones transversales a HEC-RAS, seleccionar la herramienta *RAS Geometry* y *Export RAS Data*; en la ventana emergente confirmar la ubicación, el nombre del archivo y clic en *OK*.

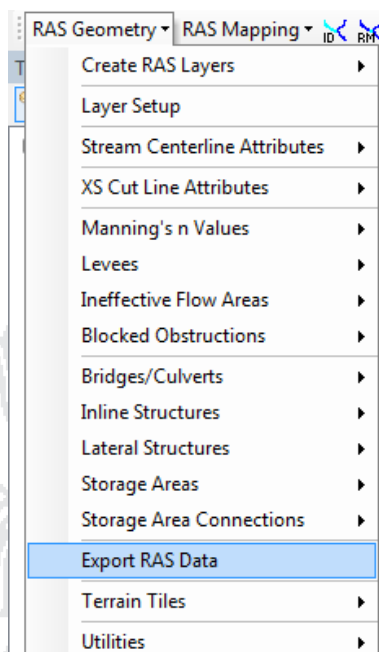


Figura N° A.30: Exportar geometría del terreno de HEC-GeoRAS a HEC-RAS

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC GeoRAS"

2.4. Simulación hidráulica con HEC-RAS

2.4.1. Importación de datos de la geometría en HEC-RAS

Primeramente se debe crear un nuevo proyecto, para ello, seleccionar el menú *File* y *New Project...*; en la ventana emergente seleccionar confirmar la ubicación y asignar un nombre al archivo; entonces clic en *OK*. A continuación configurar el sistema de unidades, seccionando el menú *Options* y *Unit system (US Customary/SI)*; en la ventana emergente seleccionar *System International (Metric System)* y clic en *OK*.

Para importar la geometría procesada en HEC-GeoRAS a HEC-RAS, seleccionar el menú *Edit* y *Geometric Data...*; en la ventana emergente seleccionar el menú *File, Import Geometry Data y GIS Format...*; se abrirá una ventana en la cual buscar y seleccionar el archivo importado de ArcGis para a continuación seleccionar las unidades de medida como "Si (metric) units", dar clic en siguiente y confirmar que los datos del cauce del río y las secciones creadas se hayan importado correctamente en las pestañas "River Reach Stream Lines" y "Cross Sections and IB Nodes" respectivamente y finalmente clic en el botón "Finished – Import Data".

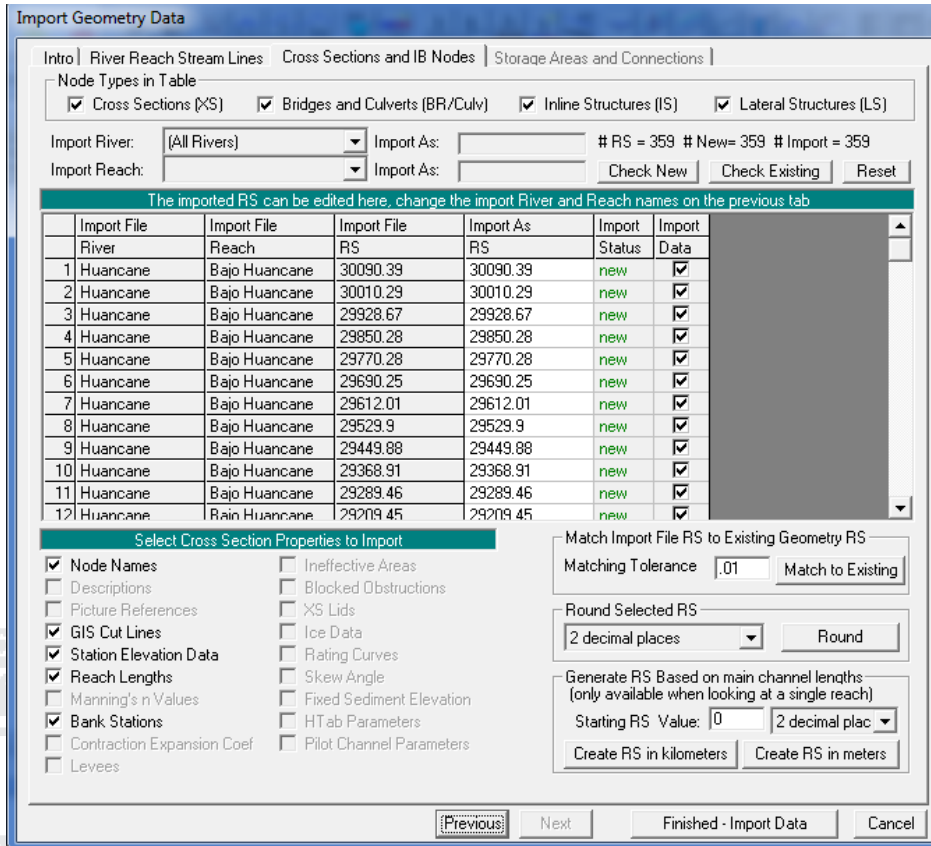


Figura N° A.31: Importación de la geometría a HEC-RAS

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-RAS"

A continuación se muestra una vista de la geometría del cauce importado en HEC-RAS.

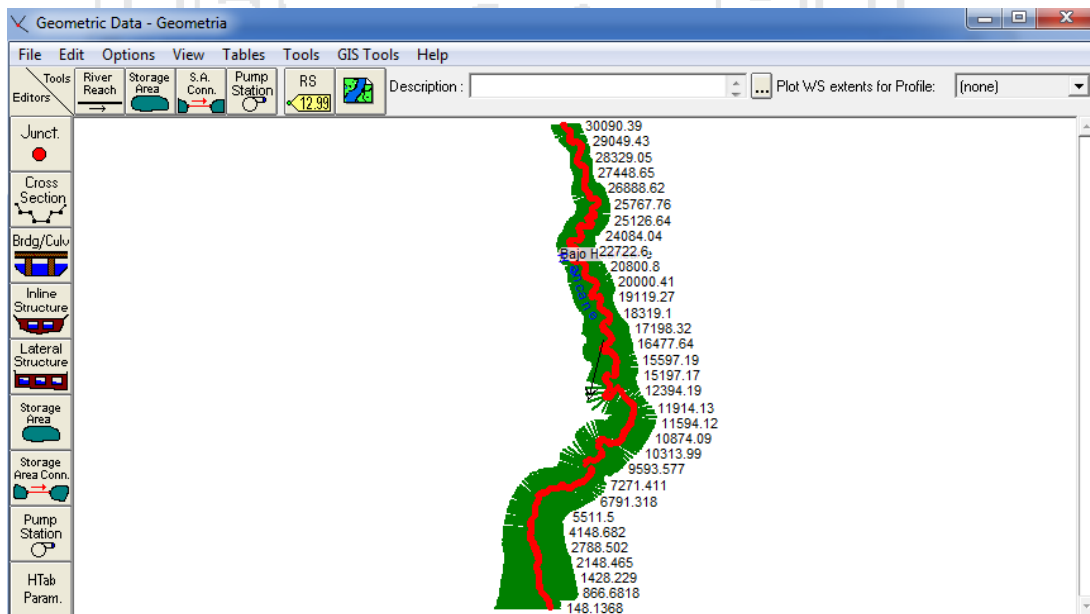


Figura N° A.32: Geometría del cauce en HEC-RAS

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-RAS"

Para ingresar los valores de los coeficientes de Manning, seleccionar el menú *Tables y Manning's n or k values (Horizontally varied)...*; en la ventana emergente se ingresó el valor de 0.04 para zonas inundables y 0.03 para el cauce natural del río, como se muestra en la Figura A.33.

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	30090.39	n	0.04	0.03	0.04
2	30010.29	n	0.04	0.03	0.04
3	29928.67	n	0.04	0.03	0.04
4	29850.28	n	0.04	0.03	0.04
5	29770.28	n	0.04	0.03	0.04
6	29690.25	n	0.04	0.03	0.04
7	29612.01	n	0.04	0.03	0.04
8	29529.9	n	0.04	0.03	0.04
9	29449.88	n	0.04	0.03	0.04
10	29368.91	n	0.04	0.03	0.04
11	29289.46	n	0.04	0.03	0.04
12	29209.45	n	0.04	0.03	0.04
13	29129.44	n	0.04	0.03	0.04
14	29049.43	n	0.04	0.03	0.04
15	28969.43	n	0.04	0.03	0.04
16	28889.4	n	0.04	0.03	0.04
17	28809.37	n	0.04	0.03	0.04
18	28729.08	n	0.04	0.03	0.04
19	28649.07	n	0.04	0.03	0.04
20	28567.33	n	0.04	0.03	0.04
21	28489.05	n	0.04	0.03	0.04

Figura N° A.33: Valores de coeficiente de Manning ingresados en HEC-RAS

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-RAS"

En el caso de los valores de coeficiente de expansión y contracción se optó por dejar los valores por defecto que indica el programa de 0.1 y 0.3 respectivamente, dichos valores pueden verificarse seleccionando el menú *Tables y Contraction\Expansion Coefficients (Steady Flow)....*

2.4.2. Introducción de datos de flujo

En el presente estudio se crearon 6 perfiles en HEC-RAS que representan la simulación para los 6 periodos de retorno considerados. Para lo cual en la ventana principal de HEC-RAS seleccionar el menú *Edit y Steady Flow Data...*; en la ventana emergente ingresar 6 para "Enter/Edit Number of Profiles" a continuación clic en el botón "Apply Data" para generar los 6 perfiles; luego ingresar los caudales máximos correspondientes a cada periodo de retorno, como se muestra en la Figura A.34.

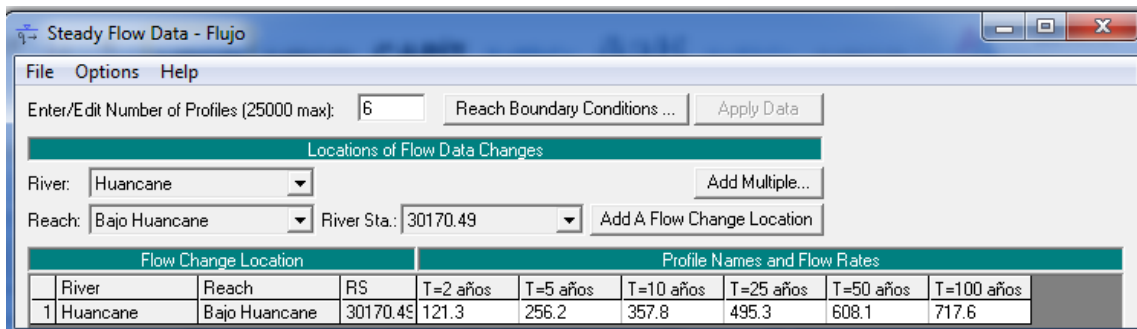


Figura N° A.34: Introducción de datos de flujo

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-RAS"

2.4.3. Introducción de condiciones de contorno

El programa HEC-RAS necesita la información de las condiciones de contorno en cada tramo, para establecer el nivel del agua inicial en ambos extremos del tramo del río: aguas arriba (Upstream) y/o aguas abajo (Downstream). Esto dependiendo de la pendiente del río, dado que una pendiente suave genera un flujo subcrítico y una pendiente fuerte un flujo supercrítico. Así mismo en un flujo subcrítico las condiciones de contorno solo se necesitan en el extremo de aguas abajo; en flujo supercrítico solo se necesitan en el extremo de aguas arriba y en un flujo mixto en ambos extremos. El río a modelar en el presente estudio presenta una pendiente baja por lo que tendrá un flujo subcrítico, entonces para introducir las condiciones de contorno dar clic en el botón "Reach Boundary Conditions..."; en la ventana emergente seleccionar la opción "Set boundary for all profiles" para que todos los perfiles tengan las mismas condiciones de contorno, seleccionar el extremo de aguas abajo (Downstream) y dar clic en el botón "Normal Depth" para ingresar la pendiente del cauce que para el presente estudio es de 0.00015 m/m; luego clic en OK .

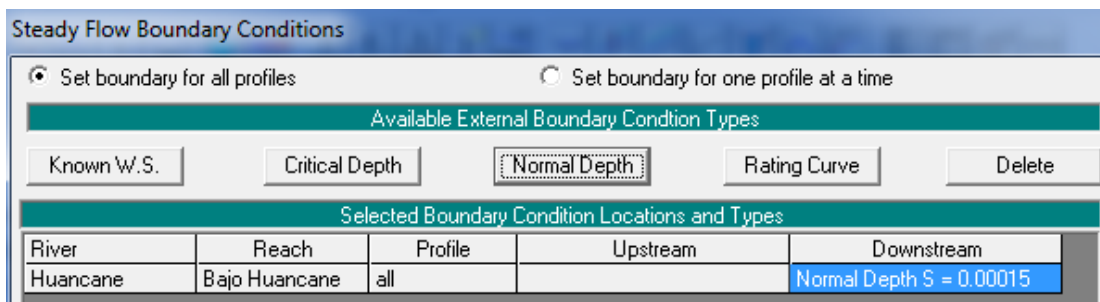


Figura N° A.35: Introducción de condiciones de contorno

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-RAS"

2.4.4. Ejecución de la modelación hidráulica en HEC-RAS

Para ejecutar el modelado como flujo permanente, en la ventana principal de HEC-RAS seleccionar el menú Run y Steady Flow Analysis...; en la ventana emergente seleccionar como régimen de flujo “Subcritical” y clic en el botón “Compute”.

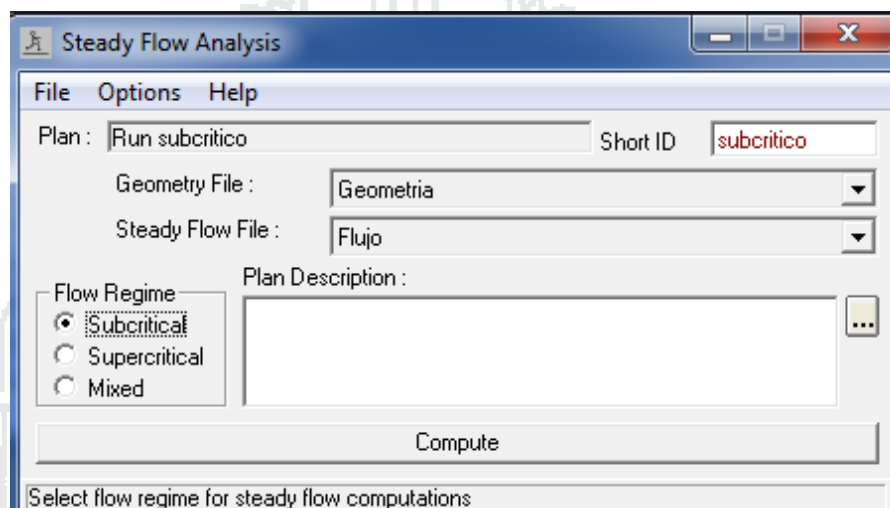


Figura N° A.36: Ejecución de la modelación hidráulica

Fuente: Elaboración propia, “Programa HEC-RAS”

2.4.5. Exportar datos de salida de HEC-RAS a HEC-GeoRAS

Antes de exportar los datos puede asignarse una proyección cartográfica a estos, para ello en la ventana principal de HEC-RAS seleccionar el menú *GIS Tools* y *RAS Mapper*; en la ventana emergente seleccionar el menú *Tools* y *Define Projection*; seleccionar el archivo de protección correspondiente a la zona de estudio en el presente caso “*WGS 1984 UTM Zone 19S*”, entonces guardar la configuración.

En la ventana principal de HEC-RAS seleccionar el menú *File* y *Export GIS Data*; en la ventana emergente dar clic sobre el botón “Select All” para exportar los 6 perfiles modelados y clic en OK. A continuación en la ventana que se muestra dar clic sobre el botón “Export Data”.

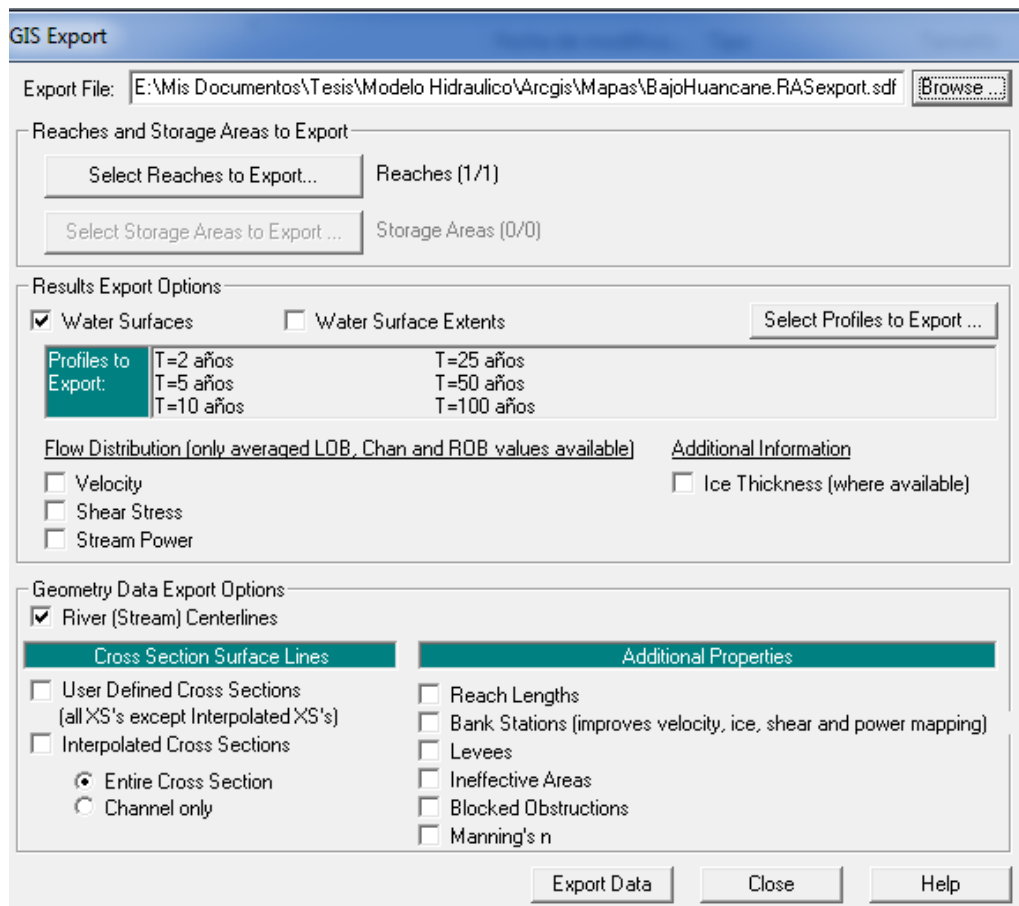


Figura N° A.37: Exportar datos de HEC-RAS a HEC-GeoRAS

Fuente: Elaboración propia, "Programa HEC-RAS"

2.5. Importación de la modelación hidráulica a ArcGIS y generación de mapas de tirante hidráulico

Antes de importar los datos de HEC-RAS, en ArcMap seleccionar la herramienta "Import RAS SDF File" de la barra de herramientas de HEC-GeoRAS para convertir dichos datos a un formato XML, entonces seleccionar el archivo y OK.

A continuación configurar las capas para importar los datos, entonces seleccionar la herramienta *Ras Mapping y Layer Setup*; en la ventana emergente seleccionar "New Analysis" y asignar un nombre al proyecto, en "RAS GIS Export File" seleccionar el archivo XML creado en el paso anterior, como tipo de terreno seleccionar TIN y como tamaño de celdas se ingresó 5 unidades y clic en OK. Configurar la proyección cartográfica de la capa creada en "WGS 1984 UTM Zone 19S".

Luego para importar los datos seleccionar la herramienta *Ras Mapping e Import RAS Data*; en la ventana emergente clic en OK y esperar a que se importen los datos.

2.6. Generación de mapas de tirante hidráulico

Para generar los mapas primero generar la superficie de agua, entonces seleccionar la herramienta *RAS Mapping, Inundation Mapping y Water Surface Generation*; en la ventana emergente seleccionar todos los perfiles de modelamiento correspondientes a los periodos de retorno y clic en OK.

A continuación delimitar la llanura de inundación cartográfica, para lo cual seleccionar la herramienta *RAS Mapping, Inundation Mapping y Floodplain Delineation Using Rasters*; en la ventana emergente seleccionar todos los perfiles de modelamiento correspondientes a los periodos de retorno y clic en OK. Entonces podrá observarse los mapas de tirante hidráulico e inundaciones seleccionando las capas que comienzan con la letra “d”.

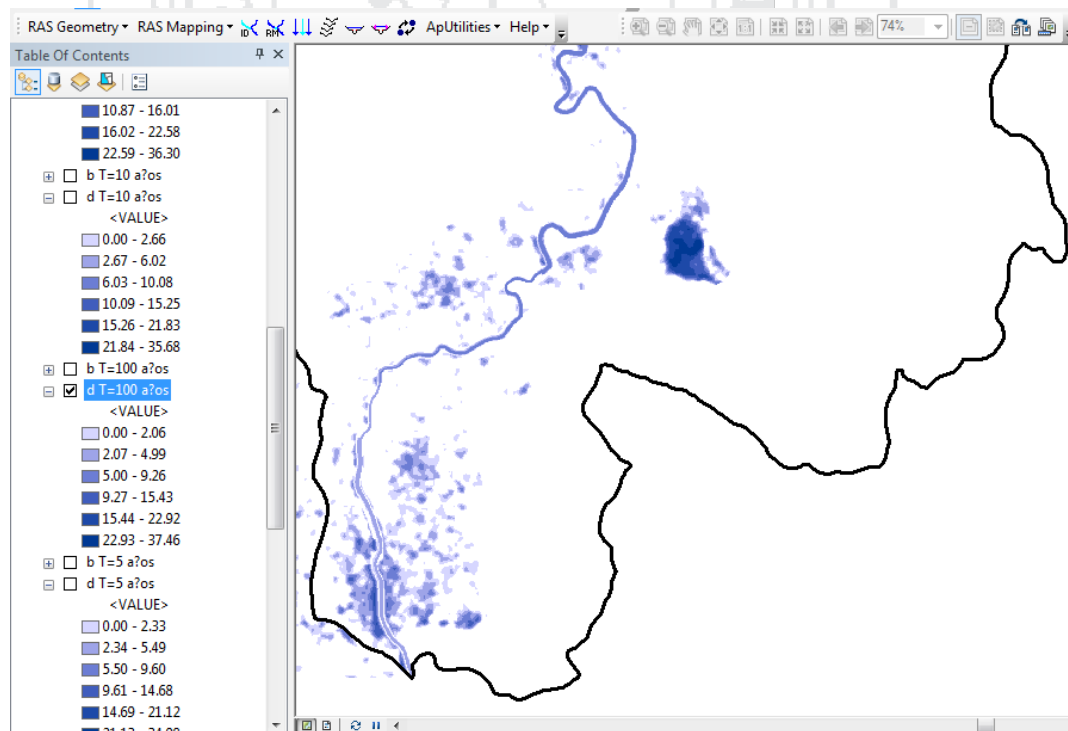
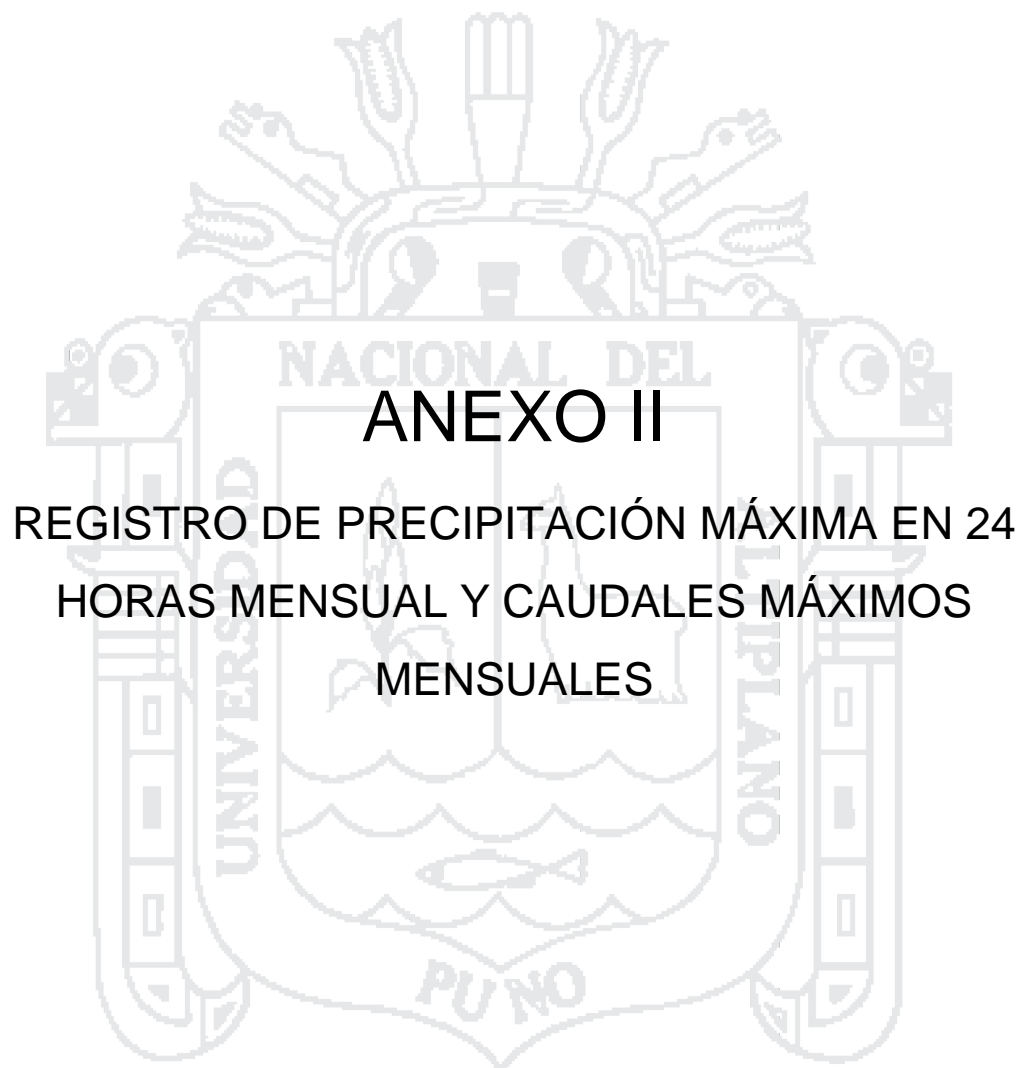


Figura N° A.38: Mapa de tirante hidráulico

Fuente: Elaboración propia, “Programa HEC GeoRAS”





SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 114058 LATITUD 14°21'51,1" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 70°01'33,3" PROVINCIA CARABAYA
 CRUCERO ALTITUD 4183 DISTRITO CRUCERO

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN MM.

AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	33.0	24.3	22.1	27.5	8.6	13.6	0.0	24.4	24.7	22.2	51.1	28.6
1986	32.9	51.0	32.6	24.9	6.0	0.0	4.5	21.7	10.1	13.7	20.7	30.9
1987	32.7	20.6	29.7	9.6	6.4	4.1	15.7	0.0	14.5	9.9	39.1	20.4
1988	19.0	37.4	22.0	13.5	6.5	0.0	0.0	0.0	8.2	30.0	11.8	35.8
1989	31.1	19.6	45.2	7.1	13.1	8.3	0.0	10.7	14.7	16.4	9.7	24.9
1990	32.5	27.9	19.9	14.0	0.0	15.1	0.0	2.4	15.6	28.9	45.0	13.0
1991	32.5	28.5	27.2	19.0	21.0	13.0	0.0	0.5	21.5	6.7	19.6	38.7
1992	27.7	25.8	30.4	2.1	0.8	19.3	4.8	48.9	2.1	18.8	70.7	28.6
1993	24.0	21.4	17.1	10.2	4.9	5.6	0.0	1.4	8.2	8.4	17.3	23.9
1994	52.3	48.6	19.6	16.1	19.2	2.5	0.0	2.8	41.0	28.3	11.2	26.0
1995	20.3	20.0	37.5	9.8	8.7	2.0	0.0	10.6	11.0	22.7	25.9	19.6
1996	29.2	30.1	26.1	11.0	17.2	0.0	0.0	7.1	3.8	16.0	22.4	12.6
1997	29.5	35.0	27.4	13.7	12.2	0.0	0.0	5.6	9.3	14.3	26.4	13.5
1998	8.5	29.3	30.5	26.4	0.4	4.4	0.0	0.7	1.7	18.3	34.8	15.4
1999	42.4	18.7	71.3	12.2	12.6	0.4	0.5	0.0	18.2	19.4	26.8	17.7
2000	17.5	8.9	13.4	1.1	4.1	3.1	3.6	3.7	3.8	18.5	17.0	17.4
2001	23.2	10.6	31.7	15.6	5.6	0.0	12.0	5.9	8.1	22.2	13.9	19.9
2002	11.4	25.8	12.1	4.0	10.2	0.7	7.6	2.6	7.0	18.5	22.2	37.8
2003	37.2	13.4	20.2	39.4	4.3	14.3	0.0	5.6	4.2	17.3	13.2	11.7
2004	11.8	21.7	8.4	12.1	5.2	4.7	1.7	1.0	5.4	9.6	19.4	16.2
2005	13.3	13.2	13.9	6.7	3.4	0.0	2.4	4.0	3.2	10.5	8.1	17.6
2006	22.4	13.7	20.4	8.7	0.9	4.9	0.0	6.5	6.8	7.8	17.5	21.0
2007	17.9	5.7	14.4	3.2	4.9	0.5	1.3	0.0	8.7	22.0	11.2	10.6
2008	23.7	11.6	13.0	4.7	9.2	0.0	0.0	2.6	1.9	10.8	11.0	15.9
2009	26.4	12.5	17.6	4.8	3.8	0.0	1.8	0.0	15.6	6.8	14.6	8.2
2010	19.0	25.0	32.1	3.0	5.2	0.0	0.9	1.3	2.8	12.5	11.6	15.9
2011	19.2	8.0	22.4	7.5	2.8	1.8	0.0	2.6	12.5	25.4	8.1	12.4
2012	18.2	10.6	8.1	4.8	0.0	8.2	0.5	0.6	16.5	8.7	15.7	14.5
2013	21.8	33.0	8.5	7.1	10.9	11.6	0.0	16.5	9.7	23.3	22.6	12.9
2014	10.3	12.3	20.7	4.9	2.6	0.2	4.4	0.0	9.9	14.3	6.2	11.9

RCC.

INFORMACION PROCESADA PARA: RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Setiembre de 2015



Ing. Sixto Flores Sancho
 DIRECTOR REGIONAL
 SENAMHI - PUNO



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 114040 LATITUD 14°41'24,4" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 70°01'24.7" PROVINCIA AZANGARO
 CENTRO POBLADO PROGRESO ALTITUD 2980 DISTRITO ASILLO

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN MM.

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	22.0	22.0	16.0	11.8	5.3	0.6	0.0	0.0	11.5	5.2	20.6	21.7
1986	26.2	22.0	28.5	17.0	8.6	0.0	3.7	4.0	11.1	13.9	10.5	14.8
1987	14.1	14.3	20.5	14.0	1.0	1.0	12.2	0.0	6.0	30.2	24.5	44.6
1988	21.5	20.0	15.0	19.0	6.6	0.0	0.0	0.0	9.0	7.7	7.0	12.8
1989	22.5	19.9	38.1	16.4	3.5	2.2	0.0	7.5	11.5	13.0	12.0	13.0
1990	14.0	25.0	18.0	10.0	0.0	7.4	0.0	5.4	12.0	10.9	12.0	10.0
1991	22.4	23.4	20.6	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	13.9	7.6	24.8
1992	19.9	20.0	17.0	9.8	0.0	3.2	0.0	20.3	9.9	10.4	19.7	14.1
1993	28.2	19.4	21.4	12.5	5.2	3.7	10.2	8.8	5.9	17.2	22.7	15.5
1994	16.5	23.2	30.2	17.8	4.8	0.5	0.0	32.0	7.4	24.4	18.4	22.8
1995	21.2	22.2	34.2	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	10.4	27.8	24.4
1996	30.0	10.0	16.6	8.8	10.8	0.0	1.4	0.0	6.2	11.6	11.0	23.6
1997	37.4	34.2	23.4	18.8	11.4	0.0	0.0	8.2	6.8	13.8	18.0	20.4
1998	17.6	10.4	14.6	5.7	0.0	4.0	0.0	1.2	2.2	15.8	28.0	8.0
1999	26.2	15.8	23.6	15.4	0.5	0.0	0.0	0.0	4.0	15.0	14.8	11.9
2000	14.4	19.2	16.2	5.4	1.4	1.2	1.6	2.4	8.2	16.4	8.6	22.4
2001	18.6	26.4	25.2	16.2	14.2	0.0	5.5	0.0	6.4	11.0	30.5	15.2
2002	24.2	14.6	17.6	41.2	8.8	1.8	12.6	4.4	10.8	26.4	21.4	32.2
2003	22.2	16.2	23.4	25.4	3.6	7.6	0.5	2.8	8.0	9.8	5.6	29.8
2004	23.4	25.6	13.2	15.2	5.4	0.0	4.8	19.6	9.2	5.4	16.8	26.2
2005	11.4	42.6	11.0	19.4	0.5	0.0	1.2	1.8	3.8	10.2	13.6	15.2
2006	23.6	8.8	15.2	10.7	0.0	1.6	0.0	3.4	16.4	22.4	11.6	25.0
2007	28.4	16.7	18.4	16.0	7.8	0.6	0.5	0.0	11.8	7.4	17.4	7.4
2008	20.8	17.8	9.4	4.6	6.2	0.0	0.0	0.0	6.4	10.8	17.4	27.8
2009	22.8	29.4	15.4	5.6	5.2	0.0	3.2	0.8	2.8	12.2	20.8	15.6
2010	26.6	37.6	13.2	21.6	3.4	0.0	0.0	2.2	0.0	11.8	8.6	17.6
2011	12.6	22.8	42.8	16.8	1.6	0.0	2.8	9.8	12.8	15.8	10.4	21.6
2012	32.6	24.4	18.6	5.6	7.4	0.0	0.0	0.0	14.8	14.4	29.0	17.2
2013	16.6	22.8	21.4	38.6	5.6	2.4	0.5	3.8	8.2	20.6	8.4	14.2
2014	37.2	31.2	23.6	3.8	1.2	0.0	0.0	3.8	24.2	18.2	8.2	14.8

RCC.

INFORMACION PROCESADA PARA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno 16 de Setiembre de 2015



Ing. Sixto Flores Sanchez
 DIRECTOR REGIONAL
 SENAMHI - PUNO



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 115046 LATITUD 15°02'44,2" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 70°21'59,9" PROVINCIA LAMPA
 PUCARA ALTITUD 3900 m.s.n.m DISTRITO PUCARA

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN mm.

ANOS	ENERO	FEB	MAR	ABRL	MAY	JUN	JUL	AGOT	SET	OCT	NOV	DIC
1985	25.5	22.3	11.2	28.7	8.2	4.2	0.0	1.7	22.5	8.3	27.7	23.2
1986	21.2	27.6	21.1	11.5	8.0	0.0	1.4	4.1	9.7	5.0	14.5	23.9
1987	33.8	17.6	10.1	13.1	2.1	5.5	14.7	6.2	3.1	11.9	22.3	18.1
1988	20.2	25.4	36.0	29.4	7.9	0.0	0.0	0.0	3.6	14.7	6.1	24.3
1989	16.3	15.8	33.1	12.2	4.9	1.1	1.3	5.9	4.4	21.9	10.3	13.6
1990	20.3	33.4	19.0	7.5	6.9	24.4	0.0	4.4	13.4	22.2	16.0	14.7
1991	33.1	21.1	31.1	12.0	18.0	27.1	5.6	4.5	3.9	19.8	8.5	13.0
1992	26.5	15.8	16.1	8.1	0.6	6.7	0.0	23.0	2.6	10.4	12.0	29.4
1993	38.2	7.2	35.5	13.5	3.8	0.5	0.0	10.5	14.5	12.7	23.0	33.6
1994	31.0	35.9	18.6	12.8	0.0	0.0	0.0	4.4	10.3	6.3	17.2	18.3
1995	19.5	18.4	15.9	4.0	1.8	0.0	0.2	0.5	6.2	8.5	22.7	26.0
1996	15.7	11.4	46.6	20.1	13.3	0.0	0.5	3.5	9.5	8.8	1.5	12.6
1997	15.6	15.2	30.4	6.5	1.5	0.0	0.0	9.8	8.6	15.0	28.0	32.4
1998	10.6	37.0	25.0	28.6	0.0	4.5	0.0	1.0	1.5	26.8	14.6	21.0
1999	17.0	19.4	22.6	22.0	7.0	0.0	1.0	6.8	5.0	16.8	8.4	12.6
2000	28.6	18.2	19.0	9.2	3.0	2.1	0.1	17.4	0.2	18.4	14.8	21.0
2001	27.2	16.2	68.0	17.8	10.4	1.8	4.4	5.2	1.4	9.5	13.2	24.4
2002	40.2	34.4	28.6	14.2	7.4	2.7	6.4	8.8	15.8	28.6	14.9	32.8
2003	20.0	15.6	30.0	14.2	4.2	6.8	0.0	7.2	16.0	18.4	13.4	40.5
2004	76.4	49.6	27.0	20.4	3.2	3.2	5.6	13.4	11.8	4.4	21.0	44.0
2005	10.0	19.6	55.6	12.3	0.0	0.0	0.0	14.6	5.0	25.8	19.2	27.4
2006	47.8	21.0	35.4	11.6	0.0	0.2	0.0	0.6	2.2	16.6	22.8	27.0
2007	13.6	14.5	25.7	16.8	5.3	0.0	2.5	0.0	8.0	7.0	17.2	18.0
2008	20.3	23.0	14.4	1.0	1.9	0.0	0.0	0.9	18.6	20.2	21.0	22.2
2009	18.8	16.0	45.0	9.7	0.0	0.0	0.0	0.1	5.8	9.0	17.1	24.0
2010	20.6	17.8	14.0	18.2	2.2	0.0	0.0	0.2	0.8	14.6	8.4	24.0
2011	17.4	17.6	20.4	10.2	9.8	0.2	4.2	0.0	7.8	15.4	9.0	18.6
2012	23.2	36.5	16.0	10.8	0.0	0.0	0.0	4.6	3.4	8.4	9.6	49.2
2013	18.1	27.0	35.0	8.4	24.0	6.4	0.4	8.8	4.8	12.2	11.5	23.8
2014	25.0	31.6	18.2	13.8	1.0	0.0	6.4	9.2	13.4	24.2	14.2	20.0

RCC.

INFORMACION PROCESADA PARA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Setiembre de 2014





SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 114041 LATITUD 14°54'51,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 70°11'26,7" PROVINCIA AZANGARO
 AZANGARO ALTITUD 3863 DISTRITO AZANGARO

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN MM.

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1994	19.0	37.8	20.3	14.0	0.5	0.0	0.0	6.3	6.5	12.3	17.2	19.1
1995	18.9	23.0	16.6	1.7	0.1	0.0	0.0	0.6	2.5	9.8	52.9	16.9
1996	21.1	9.4	29.2	6.4	6.1	0.3	2.0	1.5	7.8	1.1	21.2	21.1
1997	20.4	23.5	27.8	14.0	5.8	0.0	0.0	7.3	14.1	7.8	26.1	25.7
1998	15.4	25.8	23.4	15.5	0.0	6.1	0.0	0.0	7.2	17.2	20.6	7.6
1999	30.3	11.2	28.8	11.2	2.0	0.7	0.0	0.5	7.2	17.7	11.4	12.5
2000	15.6	14.1	8.0	8.0	1.7	3.9	0.5	15.0	0.4	12.4	8.0	7.9
2001	25.6	19.9	32.6	8.2	10.5	0.0	3.8	5.5	7.6	10.4	15.6	58.8
2002	27.5	13.4	61.8	13.7	4.1	1.7	4.3	3.6	6.2	34.1	21.1	37.4
2003	15.0	21.9	23.1	24.5	2.9	5.7	0.6	2.2	5.3	9.0	15.1	61.9
2004	22.4	21.2	15.4	5.8	10.0	Tz	2.2	13.1	14.4	3.8	19.7	13.3
2005	9.2	29.6	17.9	15.6	0.3	0.0	0.0	4.8	10.0	14.5	8.5	13.0
2006	22.2	16.9	11.2	5.1	0.2	1.3	0.0	2.3	8.1	25.2	14.3	13.6
2007	29.0	14.6	20.6	13.8	5.4	0.2	0.3	0.8	11.8	4.8	18.2	21.8
2008	10.0	29.0	7.9	0.9	3.1	0.0	0.0	0.0	12.8	12.1	28.5	29.7
2009	20.0	13.6	33.9	29.6	4.2	0.0	0.3	0.0	3.8	8.5	19.5	24.8
2010	32.4	17.4	28.1	21.7	3.1	0.0	0.3	2.3	0.0	15.0	21.1	12.5
2011	17.2	28.0	9.1	13.0	0.3	0.0	1.9	3.2	27.1	7.5	9.6	10.3
2012	15.7	19.6	20.1	8.8	14.6	0.0	0.0	1.3	3.6	19.9	8.5	15.6
2013	13.9	34.3	57.6	7.5	24.7	0.6	0.3	6.3	0.6	14.7	10.4	25.0
2014	17.6	16.3	31.0	9.4	2.7	0.0	0.6	25.6	15.7	23.0	8.9	17.8

RCC.

INFORMACION PROCESADA PARA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Setiembre de 2015

NOTA : La letra Tz. Nos indica que la precipitacion no alcanzo a un mm.

Ing. Sixto Flores Sancho
 DIRECTOR REGIONAL
 SENAMHI - PUNO



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 114042 LATITUD 14°46'01" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°57'06,5" PROVINCIA AZANGARO
 MUÑANI ALTITUD 3948 m.s.n.m DISTRITO MUÑANI

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN MM.

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	11.8	23.2	16.0	22.4	3.7	4.3	0.0	0.0	17.2	20.3	20.3	23.6
1986	15.5	27.6	20.1	13.6	6.7	0.0	2.3	0.0	9.6	0.0	27.3	15.2
1987	24.2	24.3	11.2	24.1	0.0	6.2	11.3	3.4	1.2	10.8	21.4	10.1
1988	27.7	22.3	12.3	18.9	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	2.8	21.0
1989	21.0	26.6	18.1	24.1	0.0	7.4	0.0	4.8	6.8	12.4	16.6	13.6
1990	31.0	13.6	13.2	3.2	0.0	13.7	0.0	0.0	5.6	12.1	29.8	13.6
1991	20.2	28.3	24.2	18.2	6.2	15.2	0.0	0.0	3.8	6.8	18.7	20.6
1992	31.0	22.7	13.7	13.8	0.0	4.3	0.0	12.4	8.2	10.8	1.4	22.0
1993	20.8	17.6	16.4	7.7	3.8	0.0	6.8	8.0	11.3	16.1	13.0	14.0
1994	15.1	20.2	11.0	22.0	19.6	3.1	0.0	0.0	4.7	6.3	12.4	24.5
1995	22.3	26.0	16.9	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	16.7	22.0
1996	24.2	13.2	19.9	14.9	10.2	0.0	0.0	3.5	6.3	8.6	15.1	12.3
1997	22.5	32.0	38.2	15.3	3.2	0.0	0.0	22.3	12.5	14.9	16.0	9.1
1998	13.1	17.2	21.8	13.4	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	9.8	16.0	20.6
1999	14.7	10.9	21.8	14.0	15.9	0.0	0.0	0.0	9.2	9.2	12.6	30.2
2000	16.0	12.9	15.8	4.3	0.0	7.8	0.0	3.6	6.4	18.8	11.3	20.7
2001	13.8	15.0	32.7	7.4	15.9	3.2	8.2	4.3	4.5	19.5	21.3	19.5
2002	11.1	12.4	11.7	12.9	5.7	2.3	9.6	3.1	6.9	18.9	12.1	20.4
2003	29.6	28.4	26.4	11.2	1.8	9.1	0.0	4.2	14.3	23.8	15.4	23.0
2004	31.9	32.2	27.1	14.1	18.2	1.8	0.8	14.2	6.2	16.0	24.7	19.4
2005	14.8	30.1	18.4	13.2	2.3	0.0	1.2	1.0	2.3	15.4	24.2	14.8
2006	29.2	14.2	20.8	27.7	0.0	0.0	0.0	3.4	18.4	23.6	10.8	23.2
2007	17.2	4.8	22.2	11.6	8.6	0.0	0.0	0.0	10.4	4.0	12.4	16.5
2008	21.5	9.5	8.0	7.0	1.9	0.0	0.0	0.0	8.2	33.4	7.9	30.6
2009	20.0	10.9	17.7	10.8	0.0	0.0	4.4	0.0	6.2	9.5	14.6	13.7
2010	15.2	20.0	22.2	11.4	6.2	0.0	0.0	3.7	0.0	20.8	6.2	15.5
2011	35.8	16.5	14.6	6.0	2.0	0.0	7.2	6.4	14.7	13.1	13.8	20.6
2012	37.9	12.8	18.6	23.2	0.0	1.8	0.2	0.0	5.0	10.3	14.0	22.6
2013	32.0	14.3	11.5	11.5	2.4	2.4	1.0	4.9	4.2	20.8	27.1	10.5
2014	32.3	17.0	15.4	11.0	3.2	0.0	5.5	4.6	17.5	7.5	13.8	17.4

RCC.

INFORMACION PROCESADA PARA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Setiembre de 2014



Ing. Sixto Flores Sanchez
 DIRECTOR REGIONAL
 SENAMHI - PUNO



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 114050 LATITUD 14°40'42,4" DEPARTAMENTO PUNO
 ANANEA LONGITUD 69°32'03,3" PROVINCIA SAN ANTONIO DE PUTINA
 ALTITUD 4660 DISTRITO ANANEA

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN mm.

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	18.0	16.8	10.3	11.4	3.2	19.1	6.3	5.9	7.4	7.8	10.2	14.3
1986	16.5	19.3	14.2	9.2	4.6	0.0	5.1	6.2	8.3	5.8	6.5	13.7
1987	12.3	7.6	13.9	8.9	3.4	3.2	13.3	2.5	4.0	8.5	10.9	14.0
1988	11.6	8.3	10.0	8.3	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	5.2	9.2
1989	16.0	13.7	15.0	5.0	5.2	0.0	0.0	5.0	5.5	6.5	8.2	11.4
1990	14.7	10.2	4.8	11.2	3.8	15.2	3.2	5.5	3.5	8.8	11.2	13.0
1991	17.3	6.5	7.5	11.7	8.3	8.8	0.0	0.0	6.5	6.6	8.5	7.0
1992	11.0	9.8	8.0	6.0	0.0	4.8	0.0	13.5	4.0	6.4	10.0	7.0
1993	10.8	7.2	9.7	5.8	4.2	1.5	3.5	6.5	3.5	7.4	10.6	12.1
1994	18.5	14.5	18.6	8.8	0.0	3.4	0.0	0.0	3.5	5.3	6.5	9.3
1995	7.5	15.3	14.2	5.7	4.2	0.0	2.1	0.0	3.4	4.8	18.2	12.9
1996	22.4	17.1	12.7	8.7	4.0	0.0	0.5	19.5	5.5	9.2	14.5	6.7
1997	16.2	15.0	15.9	5.5	2.6	0.0	1.4	7.0	5.4	5.8	12.4	12.8
1998	17.5	17.9	13.7	4.7	0.5	4.2	0.0	0.5	7.0	36.0	18.0	6.0
1999	16.1	17.9	14.0	8.0	5.3	0.9	1.5	1.0	10.5	19.2	7.3	7.6
2000	14.3	22.5	12.3	6.1	4.9	7.7	4.1	3.5	7.7	16.7	10.6	25.2
2001	18.1	14.9	16.6	23.6	10.4	0.5	6.2	9.0	3.9	12.5	19.2	5.4
2002	13.8	21.3	21.2	6.5	6.8	0.5	9.8	5.4	8.8	13.4	23.8	14.5
2003	36.9	11.5	28.6	13.9	1.5	8.9	0.0	10.8	2.8	17.0	10.1	11.0
2004	31.0	24.5	14.7	7.5	10.2	11.8	3.6	5.9	12.4	16.3	9.3	12.5
2005	12.2	19.3	10.1	5.0	1.1	0.2	0.0	7.7	2.9	11.7	8.5	21.4
2006	26.8	10.1	12.0	11.6	2.4	3.0	0.0	8.0	18.9	31.5	13.8	26.0
2007	21.5	33.1	16.8	8.9	6.6	0.0	2.7	0.0	10.2	10.2	20.9	14.2
2008	15.5	6.1	18.8	10.3	9.9	1.7	1.8	5.4	2.9	11.4	12.1	22.4
2009	23.0	11.4	9.5	10.2	6.3	0.0	0.0	0.0	5.1	7.6	17.7	11.2
2010	14.3	13.3	33.4	9.8	7.6	0.0	5.6 Tz		1.2	9.8	8.6	20.1
2011	11.3	22.2	31.8	6.0	0.0	7.5	0.8	3.0	8.5	16.1	13.6	21.6
2012	13.6	15.4	21.2	22.1	2.0	5.2	5.6	0.2	11.0	12.4	10.7	16.7
2013	11.5	12.5	13.0	13.2	13.5	13.0	11.5	14.5	13.4	14.6	14.5	13.5
2014	14.1	18.9	24.9	12.5	9.6	2.4	15.3	4.2	10.1	11.6	13.7	12.3

RCC.

INFORMACION PROCESADA PARA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Setiembre de 2015

NOTA : La letra Tz. Nos indica que la precipitacion no alcanzo a un mm.



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 115035 LATITUD 15°08'10,5" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 70°07'05,6" PROVINCIA AZANGARO
 ARAPA ALTITUD 3830 m.s.n.m. DISTRITO ARAPA

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN MM.

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	25.3	32.9	24.2	16.8	0.0	36.8	0.0	4.7	8.7	8.6	24.1	38.9
1986	19.8	28.0	23.0	12.2	0.0	0.0	1.4	25.7	10.5	27.4	21.2	25.5
1987	18.9	23.2	17.0	7.9	1.1	2.7	13.0	20.3	3.7	11.5	18.4	12.2
1988	18.0	10.1	29.0	48.5	33.9	0.0	0.8	0.0	3.1	16.5	2.9	28.1
1989	27.8	11.6	20.0	18.5	2.8	0.0	4.1	2.8	22.0	7.5	6.0	11.0
1990	24.0	34.4	9.6	6.1	2.9	33.2	0.0	2.7	11.0	30.1	6.8	26.5
1991	18.8	19.8	13.4	14.9	4.8	28.6	1.8	2.3	13.0	14.7	17.6	18.7
1992	17.8	9.0	11.7	5.6	0.0	11.0	0.6	53.6	7.6	19.6	13.1	14.0
1993	22.5	29.0	37.2	27.9	4.8	3.4	0.0	8.9	11.0	53.3	10.9	46.7
1994	24.0	22.0	17.5	21.2	6.0	0.4	0.0	3.0	4.3	11.5	14.8	21.0
1995	19.6	22.6	25.4	1.8	2.4	0.0	0.0	0.0	9.0	11.8	24.2	24.5
1996	21.7	6.2	14.0	3.5	11.0	0.0	0.0	2.8	17.2	11.8	11.0	24.3
1997	17.0	15.1	26.0	13.8	2.4	0.0	0.0	7.5	14.2	12.9	20.8	13.8
1998	7.4	28.0	49.6	29.2	0.0	2.3	0.0	1.4	0.9	12.2	16.5	16.8
1999	11.2	18.5	13.8	21.7	3.5	3.6	0.0	0.0	12.8	17.0	18.7	13.8
2000	24.6	27.7	10.2	1.8	11.8	8.8	1.6	10.2	5.2	22.6	6.0	12.2
2001	32.0	31.0	18.0	33.6	10.2	3.2	5.0	3.2	4.0	24.0	12.2	26.2
2002	23.4	35.6	17.9	18.8	22.4	6.5	6.0	8.0	9.2	30.6	12.0	24.2
2003	22.0	31.0	40.0	11.0	6.8	11.4	0.0	2.5	13.0	5.0	33.2	17.8
2004	25.0	27.8	40.8	9.8	5.0	3.0	3.2	10.4	11.0	4.6	20.2	15.2
2005	19.0	22.6	30.0	7.2	1.0	0.0	0.0	2.6	10.4	16.0	15.0	26.8
2006	22.0	8.2	13.0	6.6	0.0	2.6	0.0	1.4	9.2	14.6	21.0	22.4
2007	12.4	13.0	17.0	25.4	5.4	1.8	1.0	1.2	16.5	7.4	31.2	16.4
2008	22.4	35.4	13.0	0.0	8.0	0.4	0.0	0.0	3.0	19.4	18.0	39.2
2009	12.1	35.1	34.0	12.0	0.0	0.0	3.6	0.0	6.2	12.2	19.5	28.5
2010	22.2	38.6	15.7	10.2	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	11.1	28.2
2011	17.7	18.8	12.0	3.2	6.1	0.6	3.7	0.9	27.9	18.2	18.0	41.0
2012	18.3	28.1	18.0	12.5	0.0	0.0	0.0	9.7	0.4	14.3	13.2	45.2
2013	38.5	27.8	23.3	12.5	16.8	5.4	1.8	5.7	4.0	15.4	15.0	30.3
2014	13.8	129.4	13.4	4.9	1.0	0.0	4.7	9.1	19.1	11.9	23.2	43.1

RCC.

INFORMACION PROCESADA PARA: RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de ~~enero~~ ~~febrero~~ de 2015

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 114093 LATITUD 14°54'52.6" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°52'03.9" PROVINCIA SAN ANTONIO DE PUTINA
 PUTINA ALTITUD 3878 DISTRITO PUTINA

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN mm..

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABRIL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	18.0	24.3	16.0	24.1	5.8	2.8	0.0	2.1	11.0	16.3	36.3	23.9
1986	20.6	21.1	19.1	30.2	4.9	0.0	1.7	4.1	11.0	6.1	19.1	25.7
1987	18.1	10.5	19.7	20.3	2.0	2.0	13.4	4.5	2.6	12.0	33.2	8.4
1988	25.8	19.6	24.3	18.0	5.4	0.0	0.0	5.1	3.4	13.4	5.7	24.3
1989	16.4	17.3	21.2	13.6	0.0	4.2	0.0	6.5	13.5	8.2	8.0	18.9
1990	21.9	21.4	18.5	5.3	3.2	21.0	0.0	0.8	7.2	26.7	16.9	16.9
1991	20.2	16.6	28.9	9.7	5.7	19.6	9.8	0.8	4.0	9.4	14.6	33.0
1992	24.1	24.8	12.4	12.8	0.0	1.2	4.0	23.5	9.8	10.1	19.8	26.0
1993	33.7	16.9	17.4	36.4	9.1	0.0	1.2	6.0	11.5	12.4	22.7	19.3
1994	20.6	25.3	25.5	28.0	14.7	5.2	0.0	17.5	11.1	6.5	22.1	14.9
1995	7.9	22.5	20.5	7.7	0.5	0.0	3.4	0.0	2.2	7.9	32.0	12.8
1996	23.7	12.0	46.1	6.7	11.7	0.0	0.9	2.8	12.6	8.1	20.5	18.3
1997	28.3	14.6	46.5	40.3	2.5	0.0	1.1	11.4	9.2	8.1	42.4	14.5
1998	44.5	21.5	18.5	12.2	0.0	8.7	0.0	1.6	0.5	11.0	12.6	7.5
1999	17.7	10.0	31.6	4.8	11.1	0.0	0.7	0.0	10.5	11.3	11.8	26.7
2000	37.7	21.0	11.0	8.3	1.1	15.3	0.0	5.8	7.2	19.8	9.6	15.9
2001	31.1	19.5	36.5	15.5	17.2	3.0	1.5	3.4	7.6	15.3	18.7	41.5
2002	16.2	25.2	17.8	12.7	5.8	0.6	7.7	3.4	10.0	29.0	16.4	24.3
2003	26.8	34.0	18.9	25.7	1.0	7.2	2.0	4.1	8.1	14.7	10.7	43.5
2004	20.6	37.9	15.5	17.5	5.2	0.0	1.2	14.3	6.3	3.9	19.6	14.0
2005	14.1	26.2	14.2	10.3	2.3	0.0	1.0	3.8	9.0	8.2	10.1	16.4
2006	29.8	8.3	6.4	16.9	2.2	5.8	0.0	1.1	14.3	12.7	17.5	18.7
2007	20.5	10.0	20.4	9.6	16.2	2.1	0.0	0.0	7.0	13.8	14.6	10.5
2008	16.2	28.5	21.2	0.8	5.1	0.0	0.0	0.0	11.4	12.1	30.8	29.0
2009	22.5	14.6	15.5	2.9	5.0	0.0	1.8	0.0	6.2	12.8	24.9	20.7
2010	33.4	19.2	29.2	20.0	7.0	0.0	0.6	2.3	0.0	13.9	5.7	21.3
2011	10.6	20.6	9.4	30.5	0.4	0.0	2.3	6.1	9.9	10.9	15.0	19.6
2012	18.2	18.1	29.9	17.9	14.4	0.0	0.0	4.7	4.2	8.8	8.2	14.9
2013	24.5	21.9	17.1	5.8	32.0	1.7	1.8	4.7	1.0	18.3	16.1	16.7
2014	29.5	24.0	34.2	11.1	3.2	0.0	1.3	7.6	13.1	2.7	6.4	15.4

RCC

INFORMACION PROCESADA PARA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Setiembre de 2015

Sixto Flores Sancho
DIRECTOR REGIONAL
SENAMHI - PUNO



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 115119 LATITUD 15°01'31,5" DEPARTAMENTO PUNO
 COJATA LONGITUD 69°21'49,3" PROVINCIA HUANCANE
 ALTITUD 4380 m.s.n.m. DISTRITO COJATA

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN mm.

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	38.9	20.4	28.0	20.0	6.0	7.0	0.0	0.0	15.1	16.8	27.0	27.9
1986	20.2	14.7	22.0	15.3	10.2	0.0	3.5	15.9	12.5	8.3	18.6	31.0
1987	24.8	13.5	15.0	35.1	13.3	26.0	10.4	3.6	4.6	13.5	19.7	0.0
1988	33.2	38.6	17.6	20.0	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	26.3	0.0	19.8
1989	24.8	15.0	15.6	14.7	3.2	5.3	1.8	9.8	1.2	4.8	10.4	15.3
1990	15.8	15.7	25.0	8.5	3.7	21.2	0.0	4.9	6.0	11.5	15.6	24.9
1991	26.7	14.0	18.3	16.4	6.2	14.0	0.0	0.0	5.0	12.8	13.0	23.8
1992	24.9	18.4	21.2	4.4	0.0	9.3	0.0	29.7	13.4	7.1	28.3	55.5
1993	20.7	17.1	12.0	4.4	0.0	9.3	3.7	15.7	8.9	19.2	13.5	15.9
1994	19.9	21.5	34.0	18.7	10.6	5.9	0.0	0.0	18.2	16.8	21.0	22.5
1995	27.5	14.8	13.7	9.3	5.8	0.0	4.6	0.0	7.7	10.0	14.0	16.4
1996	20.2	12.6	19.2	15.1	12.2	0.0	5.3	9.8	12.9	17.0	13.7	17.4
1997	15.3	26.0	45.4	14.5	4.1	0.0	5.9	7.2	8.5	25.1	14.9	9.4
1998	15.0	20.0	17.4	22.1	0.0	7.2	0.0	3.6	2.3	15.8	20.4	13.7
1999	21.6	25.4	32.5	11.7	7.8	4.9	3.4	0.0	11.4	9.8	14.7	27.2
2000	20.8	16.7	15.5	7.9	5.8	8.7	5.4	11.9	10.6	21.6	7.8	19.5
2001	24.2	12.4	17.6	8.9	27.2	6.8	7.2	9.5	8.3	22.1	17.0	28.1
2002	10.0	34.4	10.7	15.0	18.2	0.4	5.9	5.6	13.8	11.8	22.8	12.1
2003	61.1	25.7	21.5	10.0	4.4	6.8	0.0	14.4	5.2	9.9	12.6	18.5
2004	30.6	10.1	14.7	12.6	4.4	3.4	2.2	6.2	9.0	5.7	12.2	8.1
2005	19.2	13.5	7.3	8.2	0.8	0.0	1.6	1.8	6.4	19.1	10.6	7.6
2006	40.9	12.3	15.0	10.2	2.3	0.0	0.0	3.2	11.0	13.4	9.8	9.8
2007	29.6	13.9	21.0	11.1	9.3	0.0	0.0	2.9	9.8	5.5	16.0	24.5
2008	15.8	14.2	19.6	8.4	3.1	8.5	0.0	2.5	6.1	16.1	12.2	22.6
2009	25.0	9.7	9.8	4.2	1.3	0.0	3.6	0.0	5.8	12.9	20.3	22.2
2010	17.6	17.9	20.8	7.7	5.8	0.2	2.0	1.0	0.4	7.9	1.3	35.6
2011	13.9	17.5	13.6	10.1	6.2	0.5	4.4	4.8	10.0	32.4	8.4	22.7
2012	11.0	12.1	18.3	24.0	1.2	0.7	10.2	2.4	22.9	13.8	16.3	17.7
2013	19.6	22.0	8.8	4.2	7.8	2.5	2.0	4.8	10.2	16.0	13.8	10.6
2014	15.9	19.4	29.4	23.0	2.0	1.2	10.6	3.2	14.7	14.5	10.2	16.8

RCC.

INFORMACION PROCESADA PARA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Setiembre



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 115047 LATITUD 15°18'42,0" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°58'20,9" PROVINCIA HUANCANE
 TARACO ALTITUD 3849 DISTRITO TARACO

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN MM.

AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	47.0	17.0	24.7	37.6	8.0	13.4	0.0	4.7	24.0	19.0	49.5	44.0
1986	31.5	53.0	40.5	31.4	0.0	0.0	0.0	18.4	12.2	10.6	21.7	22.5
1987	40.0	30.0	15.0	17.0	2.7	0.8	13.4	3.0	6.0	9.6	22.9	17.6
1988	14.0	17.5	31.5	30.0	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	19.5	3.0	20.5
1989	19.4	21.5	17.7	36.0	0.4	12.0	0.0	6.0	5.2	8.2	11.0	13.0
1990	28.0	48.1	18.2	8.7	3.0	28.0	0.0	6.8	4.5	29.0	13.8	34.6
1991	26.8	25.4	17.3	12.0	15.0	24.0	0.0	0.0	9.1	8.5	10.6	21.8
1992	29.2	20.9	6.5	9.3	0.0	0.0	6.0	43.0	2.1	16.2	18.0	22.0
1993	19.5	15.8	17.2	14.1	11.5	4.6	0.0	4.3	10.8	8.4	15.0	20.4
1994	25.0	33.2	16.4	12.4	6.8	0.0	0.0	0.0	2.4	4.2	5.4	34.2
1995	45.2	66.4	28.4	9.0	3.2	0.0	0.0	0.0	12.6	18.4	12.8	32.8
1996	22.4	14.0	14.0	10.0	3.8	0.0	0.0	7.6	14.8	20.0	10.4	16.8
1997	31.8	52.2	30.2	6.4	0.0	0.0	0.0	6.6	14.0	9.0	15.8	19.0
1998	40.2	21.2	21.4	55.8	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	22.4	15.7	14.4
1999	23.6	13.8	16.0	12.4	5.8	0.0	0.0	0.0	11.6	11.8	15.6	15.2
2000	20.8	16.8	20.2	2.4	8.0	15.8	0.0	4.4	3.2	26.0	1.8	14.4
2001	22.4	14.6	28.0	7.4	5.2	2.8	0.0	2.2	4.2	12.8	14.8	20.2
2002	20.2	20.2	20.4	10.4	4.4	0.0	8.8	0.0	15.8	18.4	11.8	9.8
2003	24.6	24.4	15.2	4.4	4.4	4.8	0.0	2.0	10.0	7.6	12.2	13.2
2004	19.4	22.0	43.0	11.4	5.6	2.9	2.4	12.0	8.4	6.4	18.2	12.0
2005	20.2	15.0	64.0	13.2	0.0	0.0	0.0	1.0	9.2	13.4	22.2	18.0
2006	32.4	19.4	20.4	7.0	0.8	2.0	0.0	1.4	12.2	28.4	9.4	48.8
2007	23.4	10.2	19.4	16.6	3.4	1.2	0.4	1.8	10.0	10.4	46.8	14.0
2008	28.6	14.8	15.4	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	3.8	10.2	16.2	24.2
2009	22.6	50.2	18.8	4.0	0.0	0.0	3.0	0.0	10.0	10.2	16.2	12.2
2010	13.4	21.4	16.4	19.2	13.0	0.0	0.0	0.0	2.4	9.6	7.4	19.6
2011	12.2	23.6	15.2	1.2	6.4	1.2	5.4	4.4	8.4	12.4	10.8	23.2
2012	18.0	21.8	28.4	10.4	0.0	0.0	0.0	1.8	5.0	13.4	19.4	18.8
2013	22.6	23.8	23.4	10.6	6.0	1.8	11.8	7.8	2.2	15.2	8.8	32.6
2014	36.8	32.4	13.2	6.2	1.6	0.0	15.4	17.4	22.4	8.8	10.6	32.4

RCC.

INFORMACION PROCESADA PARA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO



de Setiembre de 2015

Ing. Sixto Flores Sancho
 DIRECTOR REGIONAL
 SENAMHI - PUNO



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. 115037 LATITUD 15°12'05,4" DEPARTAMENTO PUNO
 HUANCANE LONGITUD 69°45'12,8" PROVINCIA HUANCANE
 HUANCANE ALTITUD 3890 m.s.n.m DISTRITO HUANCANE

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN MM.

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	22.8	9.8	26.4	42.2	6.2	10.4	0.0	2.2	29.6	15.6	39.0	31.8
1986	35.8	39.4	35.2	14.4	4.8	0.0	5.6	16.2	13.8	8.4	20.2	19.8
1987	58.0	7.2	25.2	7.9	7.9	8.8	8.8	9.8	5.4	21.2	32.3	15.2
1988	52.4	18.2	43.2	30.2	19.2	0.0	0.0	0.0	6.3	15.8	4.0	19.6
1989	32.0	31.2	15.2	15.8	1.8	2.0	1.0	7.4	9.0	6.0	13.6	35.0
1990	21.6	23.6	15.2	6.9	9.6	23.2	0.0	16.2	16.1	13.6	21.2	23.8
1991	23.9	58.0	44.2	6.6	12.8	24.6	1.0	0.6	12.6	5.4	20.4	38.0
1992	15.3	14.0	29.8	3.8	0.0	9.6	8.8	48.5	10.6	24.6	14.3	27.9
1993	25.5	17.8	21.5	19.1	7.2	2.1	0.0	4.6	3.6	21.5	32.0	31.2
1994	20.0	24.0	68.7	15.2	14.0	1.8	0.0	0.0	6.6	10.2	15.9	41.1
1995	16.2	22.9	16.8	9.7	1.2	0.0	0.8	1.2	8.3	11.0	35.0	15.6
1996	50.2	10.5	19.3	9.2	1.3	0.0	7.6	2.7	4.7	7.4	19.2	51.6
1997	35.6	34.0	30.2	24.3	7.4	0.0	0.0	11.0	13.1	8.6	28.1	15.0
1998	28.5	17.2	24.0	14.8	0.0	2.9	0.0	0.5	2.3	14.1	54.5	21.1
1999	26.1	11.6	45.0	43.7	9.2	0.5	1.3	0.9	10.8	15.9	25.3	13.4
2000	13.0	14.6	19.6	5.5	7.8	3.0	0.5	9.4	10.5	17.8	13.7	28.4
2001	24.8	24.9	29.7	5.9	10.5	3.5	2.8	5.9	2.3	28.2	12.0	25.7
2002	15.0	30.9	22.6	32.0	5.9	4.8	10.0	2.0	8.3	29.6	20.0	25.3
2003	26.8	32.3	31.3	19.0	1.6	11.0	1.1	1.6	6.9	27.2	19.9	39.2
2004	33.1	32.2	23.5	11.4	2.5	2.3	5.4	19.0	7.8	13.6	32.7	35.9
2005	15.2	19.3	26.4	4.5	0.5	0.0	0.0	4.6	12.6	18.5	13.8	25.0
2006	31.6	14.9	19.4	20.2	0.5	1.0	0.0	2.6	8.3	26.5	11.0	22.0
2007	29.2	22.2	34.6	18.9	2.6	0.0	1.4	0.7	21.8	3.6	19.6	25.7
2008	23.0	36.6	15.9	3.3	7.3	0.0	0.0	0.0	2.6	16.6	13.5	43.9
2009	21.0	25.3	16.5	6.7	0.5	0.0	1.6	0.0	10.0	4.5	18.0	16.8
2010	20.6	13.1	9.5	10.5	13.5	0.0	0.0	0.0	0.3	12.6	0.4	19.7
2011	15.1	32.2	15.9	15.6	3.9	0.0	3.0	0.9	8.3	10.9	13.0	12.7
2012	20.8	22.4	27.4	10.7	0.2	0.0	0.3	1.6	9.8	6.9	19.8	23.8
2013	17.4	44.1	6.6	6.6	9.2	4.1	4.7	6.9	1.5	28.1	17.4	20.3
2014	27.4	26.2	24.4	5.0	8.3	0.8	7.6	3.6	22.9	12.4	4.3	24.4

RCC.

INFORMACION PROCESADA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Setiembre de 2015



Sixto Flores Sancho
 DIRECTOR REGIONAL
 SENAMHI - PUNO



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: CO. - 115038 LATITUD 15°23'17,8" DEPARTAMENTO PUNO
 HUARAYA MOHO LONGITUD 69°29'03,4" PROVINCIA MOHO
 ALTITUD 3890 m.s.n.m DISTRITO MOHO

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN mm.

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	41.8	23.3	33.5	38.6	8.5	10.7	0.2	1.0	25.2	22.0	48.4	51.6
1986	30.0	37.8	22.6	14.6	30.5	0.0	15.1	27.3	13.5	11.6	31.0	34.2
1987	27.9	21.1	38.0	15.0	7.0	4.6	17.7	12.3	4.8	14.6	22.1	34.5
1988	63.2	49.3	54.7	22.2	20.3	0.0	0.0	0.0	1.7	16.7	5.8	13.7
1989	21.7	31.4	18.0	21.2	21.0	5.2	3.0	12.8	6.6	14.6	10.8	10.8
1990	25.5	24.8	21.9	19.0	3.4	26.4	0.0	7.2	12.3	24.7	24.5	20.2
1991	29.2	45.2	32.3	10.2	13.0	24.5	0.0	6.8	10.4	6.4	25.4	37.6
1992	21.3	17.2	19.0	10.5	0.0	20.2	1.5	51.0	2.8	21.5	8.5	32.0
1993	45.3	11.7	12.2	19.7	10.9	15.6	1.4	4.2	8.5	14.7	19.7	20.2
1994	33.8	23.1	26.5	28.2	21.2	1.8	0.0	2.0	2.0	10.7	15.4	41.5
1995	17.8	33.4	20.7	4.3	10.0	0.0	0.0	1.4	11.8	12.7	28.4	28.1
1996	37.0	19.6	38.7	11.0	3.0	0.0	6.0	2.6	9.6	6.2	24.6	27.7
1997	46.0	24.0	24.3	23.4	7.2	0.0	0.2	15.2	15.6	13.4	31.2	24.6
1998	28.7	31.6	34.5	15.0	0.0	11.0	0.0	2.0	1.6	8.8	17.6	11.5
1999	13.6	12.6	50.5	17.5	4.0	0.5	0.4	0.8	12.4	15.6	15.0	10.5
2000	29.8	16.5	39.5	18.0	5.9	4.4	0.0	14.2	6.5	26.6	18.5	33.6
2001	62.0	30.4	27.0	20.4	13.8	5.1	18.3	4.3	3.4	25.5	15.6	45.3
2002	38.6	43.8	41.2	10.4	9.3	2.0	10.2	5.8	15.3	23.1	35.3	16.5
2003	39.4	40.1	36.4	18.5	10.2	10.6	7.2	7.8	17.7	17.4	7.2	74.3
2004	52.4	22.5	35.5	13.8	3.1	5.8	8.4	25.9	7.2	7.3	35.3	15.4
2005	24.7	27.8	6.2	34.9	0.5	0.0	0.0	9.0	17.2	22.8	33.2	35.8
2006	34.8	26.8	22.1	11.9	2.4	0.0	0.0	0.9	26.7	9.6	24.0	22.2
2007	26.4	28.5	S/D	25.6	3.6	0.0	2.2	0.0	16.9	21.1	24.4	23.0
2008	34.5	30.5	42.0	3.0	18.0	0.0	0.0	0.0	3.6	26.6	6.3	33.6
2009	21.3	20.2	21.4	6.6	2.2	0.0	4.6	0.0	3.6	37.6	38.6	23.2
2010	29.8	42.6	30.3	12.2	20.6	0.9	0.0	4.7	1.4	20.4	0.5	48.1
2011	10.6	29.5	22.0	5.0	6.2	0.0	4.1	2.0	17.4	17.0	16.7	29.5
2012	37.2	40.7	33.6	31.0	0.3	2.2	0.0	3.3	13.2	29.0	24.5	51.6
2013	23.6	38.9	26.3	11.0	15.7	12.0	3.2	4.9	0.0	23.2	13.0	31.2
2014	22.2	25.0	24.5	20.6	13.7	1.0	9.5	9.2	20.8	8.5	5.5	15.9

RCC.

INFORMACION PROCESADA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Setiembre de 2015



Sixto Flores Sancho
 DIRECTOR REGIONAL
 SENAMHI - PUNO



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI - PUNO

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

CO. 116033 HLG - 210201 LATITUD 15°12'59,3" DEPARTAMENTO PUNO
 HUANCANE LONGITUD 69°47'33,3" PROVINCIA HUANCANE
 HUANCANE ALTITUD 3860 m.s.n.m DISTRITO HUANCANE

PARAMETRO : DESCARGAS MAXIMAS EN M3

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	148.859	103.645	98.781	99.559	40.166	21.861	6.756	4.010	9.492	5.129	78.852	163.286
1986	113.905	118.016	149.627	81.116	34.703	7.898	5.529	3.150	5.530	4.288	8.428	80.812
1987	140.229	74.982	29.892	27.942	9.230	4.199	5.552	3.093	1.366	6.174	5.067	17.419
1988	111.312	74.898	79.547	136.290	27.345	8.356	4.168	3.226	2.432	4.534	4.278	3.250
1989	46.653	46.457	81.009	33.729	11.096	4.830	4.974	2.668	1.755	2.317	3.574	4.591
1990	40.250	24.524	17.018	13.704	3.562	7.261	2.908	2.952	1.943	5.625	22.310	26.169
1991	29.071	42.437	67.708	29.039	21.147	10.582	5.326	4.137	4.024	4.214	7.439	26.698
1992	62.356	54.035	48.853	11.120	4.967	4.168	2.620	10.962	1.839	2.102	5.531	12.963
1993	118.837	47.485	46.359	34.536	13.904	7.002	4.863	3.124	3.545	5.305	19.743	58.165
1994	74.059	111.303	106.973	119.496	28.760	8.399	7.041	4.253	3.077	4.704	9.701	48.940
1995	91.162	37.955	60.868	22.078	8.076	4.641	3.828	2.905	2.782	5.495	4.252	9.249
1996	83.258	66.776	33.302	23.852	7.134	4.185	2.614	2.018	2.578	2.036	4.085	32.321
1997	137.600	88.816	240.774	79.554	16.331	6.590	5.354	3.832	6.113	10.142	21.741	12.113
1998	17.037	55.315	63.608	55.011	8.723	3.690	3.062	2.428	2.411	3.336	7.669	24.135
1999	27.094	28.800	176.785	49.829	24.120	4.744	3.202	2.424	3.415	5.838	5.335	11.527
2000	45.668	75.900	123.733	24.033	6.521	5.319	3.511	2.862	2.960	7.201	5.358	18.159
2001	168.186	121.229	187.234	47.394	31.308	9.798	5.925	4.346	5.556	13.429	8.210	22.018
2002	34.510	137.474	150.011	64.231	21.462	5.803	6.174	4.713	6.472	24.501	30.663	89.055
2003	177.998	196.000	206.110	145.696	14.411	8.210	5.989	5.570	5.312	12.709	7.569	22.466
2004	246.009	156.757	36.433	20.298	22.982	5.180	4.806	4.562	6.780	2.986	12.639	10.741
2005	43.172	160.254	40.474	35.887	9.748	4.349	3.131	2.209	1.441	6.793	6.222	18.268
2006	139.146	44.514	46.783	41.680	13.104	6.809	4.100	2.853	6.180	9.741	18.305	33.372
2007	97.114	46.978	80.869	62.492	28.893	11.244	5.215	3.923	4.350	3.978	12.265	17.977
2008	84.426	57.175	57.099	12.081	1.645	2.353	2.397	1.610	1.603	3.580	2.668	53.447
2009	55.933	33.682	27.970	16.198	5.641	3.016	4.312	3.441	4.702	6.084	12.708	11.742
2010	136.310	72.031	60.093	35.828	4.567	2.569	1.665	1.205	1.644	1.669	1.531	19.117
2011	19.972	74.672	79.849	51.828	14.702	4.440	3.972	2.013	5.408	23.975	4.974	24.264
2012	38.326	151.857	107.990	84.459	16.377	5.025	2.804	2.944	2.806	2.508	2.325	18.264
2013	106.903	245.118	97.100	21.046	11.566	8.490	5.817	3.923	2.720	4.799	5.351	14.140
2014	38.988	122.389	23.705	9.416	7.153	3.199	2.474	2.337	2.541	2.959	2.004	8.011

BTA

INFORMACION PROCESADA : RONALD LEONEL PALOMINO TITO

Puno, 16 de Septiembre de 2015



Mg. Sixto Flores Sencho
 DIRECTOR REGIONAL
 SENAMHI - PUNO



ANEXO III
CONSTANTES DE REGRESIÓN

ENERO

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	y	x ₁	x ₂	x ₃
1994	19.0	16.5	31	20.6
1995	18.9	21.2	19.5	7.9
1996	21.1	30	15.7	23.7
1997	20.4	37.4	15.6	28.3
1998	15.4	17.6	10.6	44.5
1999	30.3	26.2	17	17.7
2000	15.6	14.4	28.6	37.7
2001	25.6	18.6	27.2	31.1
2002	27.5	24.2	40.2	16.2
2003	15.0	22.2	20	26.8
2004	22.4	23.4	76.4	20.6
2005	9.2	11.4	10	14.1
2006	22.2	23.6	47.8	29.8
2007	29.0	28.4	13.6	20.5
2008	10.0	20.8	20.3	16.2
2009	20.0	22.8	18.8	22.5
2010	32.4	26.6	20.6	33.4
2011	17.2	12.6	17.4	10.6
2012	15.7	32.6	23.2	18.2
2013	13.9	16.6	18.1	24.5
2014	17.6	37.2	25	29.5

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 16.5 & 31 & 20.6 \\ 1 & 21.2 & 19.5 & 7.9 \\ 1 & 30 & 15.7 & 23.7 \\ 1 & 37.4 & 15.6 & 28.3 \\ 1 & 17.6 & 10.6 & 44.5 \\ 1 & 26.2 & 17 & 17.7 \\ 1 & 14.4 & 28.6 & 37.7 \\ 1 & 18.6 & 27.2 & 31.1 \\ 1 & 24.2 & 40.2 & 16.2 \\ 1 & 22.2 & 20 & 26.8 \\ 1 & 23.4 & 76.4 & 20.6 \\ 1 & 11.4 & 10 & 14.1 \\ 1 & 23.6 & 47.8 & 29.8 \\ 1 & 28.4 & 13.6 & 20.5 \\ 1 & 20.8 & 20.3 & 16.2 \\ 1 & 22.8 & 18.8 & 22.5 \\ 1 & 26.6 & 20.6 & 33.4 \\ 1 & 12.6 & 17.4 & 10.6 \\ 1 & 32.6 & 23.2 & 18.2 \\ 1 & 16.6 & 18.1 & 24.5 \\ 1 & 37.2 & 25 & 29.5 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 19.0 \\ 18.9 \\ 21.1 \\ 20.4 \\ 15.4 \\ 30.3 \\ 15.6 \\ 25.6 \\ 27.5 \\ 15.0 \\ 22.4 \\ 9.2 \\ 22.2 \\ 29.0 \\ 10.0 \\ 20.0 \\ 32.4 \\ 17.2 \\ 15.7 \\ 13.9 \\ 17.6 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 9.8079 \\ \beta_1 &= 0.3136 \\ \beta_2 &= 0.0859 \\ \beta_3 &= 0.0328 \end{aligned}$$

FEBRERO

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	y	x ₁	x ₂	x ₃
1994	37.8	23.2	35.9	25.3
1995	23.0	22.2	18.4	22.5
1996	9.4	10	11.4	12
1997	23.5	34.2	15.2	14.6
1998	25.8	10.4	37	21.5
1999	11.2	15.8	19.4	10
2000	14.1	19.2	18.2	21
2001	19.9	26.4	16.2	19.5
2002	13.4	14.6	34.4	25.2
2003	21.9	16.2	15.6	34
2004	21.2	25.6	49.6	37.9
2005	29.6	42.6	19.6	26.2
2006	16.9	8.8	21	8.3
2007	14.6	16.7	14.5	10
2008	29.0	17.8	23	28.5
2009	13.6	29.4	16	14.6
2010	17.4	37.6	17.8	19.2
2011	28.0	22.8	17.6	20.6
2012	19.6	24.4	36.5	18.1
2013	34.3	22.8	27	21.9
2014	16.3	31.2	31.6	24

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 23.2 & 35.9 & 25.3 \\ 1 & 22.2 & 18.4 & 22.5 \\ 1 & 10 & 11.4 & 12 \\ 1 & 34.2 & 15.2 & 14.6 \\ 1 & 10.4 & 37 & 21.5 \\ 1 & 15.8 & 19.4 & 10 \\ 1 & 19.2 & 18.2 & 21 \\ 1 & 26.4 & 16.2 & 19.5 \\ 1 & 14.6 & 34.4 & 25.2 \\ 1 & 16.2 & 15.6 & 34 \\ 1 & 25.6 & 49.6 & 37.9 \\ 1 & 42.6 & 19.6 & 26.2 \\ 1 & 8.8 & 21 & 8.3 \\ 1 & 16.7 & 14.5 & 10 \\ 1 & 17.8 & 23 & 28.5 \\ 1 & 29.4 & 16 & 14.6 \\ 1 & 37.6 & 17.8 & 19.2 \\ 1 & 22.8 & 17.6 & 20.6 \\ 1 & 24.4 & 36.5 & 18.1 \\ 1 & 22.8 & 27 & 21.9 \\ 1 & 31.2 & 31.6 & 24 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 37.8 \\ 23.0 \\ 9.4 \\ 23.5 \\ 25.8 \\ 11.2 \\ 14.1 \\ 19.9 \\ 13.4 \\ 21.9 \\ 21.2 \\ 29.6 \\ 16.9 \\ 14.6 \\ 29.0 \\ 13.6 \\ 17.4 \\ 28.0 \\ 19.6 \\ 34.3 \\ 16.3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 8.1225 \\ \beta_1 &= 0.1519 \\ \beta_2 &= 0.0722 \\ \beta_3 &= 0.3735 \end{aligned}$$

MARZO

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	y	x ₁	x ₂	x ₃
1994	20.3	30.2	18.6	25.5
1995	16.6	34.2	15.9	20.5
1996	29.2	16.6	46.6	46.1
1997	27.8	23.4	30.4	46.5
1998	23.4	14.6	25	18.5
1999	28.8	23.6	22.6	31.6
2000	8.0	16.2	19	11
2001	32.6	25.2	68	36.5
2002	61.8	17.6	28.6	17.8
2003	23.1	23.4	30	18.9
2004	15.4	13.2	27	15.5
2005	17.9	11	55.6	14.2
2006	11.2	15.2	35.4	6.4
2007	20.6	18.4	25.7	20.4
2008	7.9	9.4	14.4	21.2
2009	33.9	15.4	45	15.5
2010	28.1	13.2	14	29.2
2011	9.1	42.8	20.4	9.4
2012	20.1	18.6	16	29.9
2013	57.6	21.4	35	17.1
2014	31.0	23.6	18.2	34.2

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 30.2 & 18.6 & 25.5 \\ 1 & 34.2 & 15.9 & 20.5 \\ 1 & 16.6 & 46.6 & 46.1 \\ 1 & 23.4 & 30.4 & 46.5 \\ 1 & 14.6 & 25 & 18.5 \\ 1 & 23.6 & 22.6 & 31.6 \\ 1 & 16.2 & 19 & 11 \\ 1 & 25.2 & 68 & 36.5 \\ 1 & 17.6 & 28.6 & 17.8 \\ 1 & 23.4 & 30 & 18.9 \\ 1 & 13.2 & 27 & 15.5 \\ 1 & 11 & 55.6 & 14.2 \\ 1 & 15.2 & 35.4 & 6.4 \\ 1 & 18.4 & 25.7 & 20.4 \\ 1 & 9.4 & 14.4 & 21.2 \\ 1 & 15.4 & 45 & 15.5 \\ 1 & 13.2 & 14 & 29.2 \\ 1 & 42.8 & 20.4 & 9.4 \\ 1 & 18.6 & 16 & 29.9 \\ 1 & 21.4 & 35 & 17.1 \\ 1 & 23.6 & 18.2 & 34.2 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 20.3 \\ 16.6 \\ 29.2 \\ 27.8 \\ 23.4 \\ 28.8 \\ 8.0 \\ 32.6 \\ 61.8 \\ 23.1 \\ 15.4 \\ 17.9 \\ 11.2 \\ 20.6 \\ 7.9 \\ 33.9 \\ 28.1 \\ 9.1 \\ 20.1 \\ 57.6 \\ 31.0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 12.6020 \\ \beta_1 &= -0.0327 \\ \beta_2 &= 0.2372 \\ \beta_3 &= 0.2649 \end{aligned}$$

ABRIL

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	y	x ₁	x ₂	x ₃
1994	14.0	17.8	12.8	28
1995	1.7	14.8	4	7.7
1996	6.4	8.8	20.1	6.7
1997	14.0	18.8	6.5	40.3
1998	15.5	5.7	28.6	12.2
1999	11.2	15.4	22	4.8
2000	8.0	5.4	9.2	8.3
2001	8.2	16.2	17.8	15.5
2002	13.7	41.2	14.2	12.7
2003	24.5	25.4	14.2	25.7
2004	5.8	15.2	20.4	17.5
2005	15.6	19.4	12.3	10.3
2006	5.1	10.7	11.6	16.9
2007	13.8	16	16.8	9.6
2008	0.9	4.6	1	0.8
2009	29.6	5.6	9.7	2.9
2010	21.7	21.6	18.2	20
2011	13.0	16.8	10.2	30.5
2012	8.8	5.6	10.8	17.9
2013	7.5	38.6	8.4	5.8
2014	9.4	3.8	13.8	11.1

X =

1	17.8	12.8	28
1	14.8	4	7.7
1	8.8	20.1	6.7
1	18.8	6.5	40.3
1	5.7	28.6	12.2
1	15.4	22	4.8
1	5.4	9.2	8.3
1	16.2	17.8	15.5
1	41.2	14.2	12.7
1	25.4	14.2	25.7
1	15.2	20.4	17.5
1	19.4	12.3	10.3
1	10.7	11.6	16.9
1	16	16.8	9.6
1	4.6	1	0.8
1	5.6	9.7	2.9
1	21.6	18.2	20
1	16.8	10.2	30.5
1	5.6	10.8	17.9
1	38.6	8.4	5.8
1	3.8	13.8	11.1

Y =

14.0
1.7
6.4
14.0
15.5
11.2
8.0
8.2
13.7
24.5
5.8
15.6
5.1
13.8
0.9
29.6
21.7
13.0
8.8
7.5
9.4

$\beta_0 = 4.4203$
 $\beta_1 = 0.0888$
 $\beta_2 = 0.2756$
 $\beta_3 = 0.1592$

MAYO

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	y	x ₁	x ₂	x ₃
1994	0.5	4.8	0	14.7
1995	0.1	0	1.8	0.5
1996	6.1	10.8	13.3	11.7
1997	5.8	11.4	1.5	2.5
1998	0.0	0	0	0
1999	2.0	0.5	7	11.1
2000	1.7	1.4	3	1.1
2001	10.5	14.2	10.4	17.2
2002	4.1	8.8	7.4	5.8
2003	2.9	3.6	4.2	1
2004	10.0	5.4	3.2	5.2
2005	0.3	0.5	0	2.3
2006	0.2	0	0	2.2
2007	5.4	7.8	5.3	16.2
2008	3.1	6.2	1.9	5.1
2009	4.2	5.2	0	5
2010	3.1	3.4	2.2	7
2011	0.3	1.6	9.8	0.4
2012	14.6	7.4	0	14.4
2013	24.7	5.6	24	32
2014	2.7	1.2	1	3.2

X =

1	4.8	0	14.7
1	0	1.8	0.5
1	10.8	13.3	11.7
1	11.4	1.5	2.5
1	0	0	0
1	0.5	7	11.1
1	1.4	3	1.1
1	14.2	10.4	17.2
1	8.8	7.4	5.8
1	3.6	4.2	1
1	5.4	3.2	5.2
1	0.5	0	2.3
1	0	0	2.2
1	7.8	5.3	16.2
1	6.2	1.9	5.1
1	5.2	0	5
1	3.4	2.2	7
1	1.6	9.8	0.4
1	7.4	0	14.4
1	5.6	24	32
1	1.2	1	3.2

Y =

0.5
0.1
6.1
5.8
0.0
2.0
1.7
10.5
4.1
2.9
10.0
0.3
0.2
5.4
3.1
4.2
3.1
0.3
14.6
24.7
2.7

$\beta_0 = -0.4546$
 $\beta_1 = 0.2135$
 $\beta_2 = 0.1946$
 $\beta_3 = 0.4530$

JUNIO

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	y	x ₁	x ₂	x ₃
1994	0.0	0.5	0	5.2
1995	0.0	0	0	0
1996	0.3	0	0	0
1997	0.0	0	0	0
1998	6.1	4	4.5	8.7
1999	0.7	0	0	0
2000	3.9	1.2	2.1	15.3
2001	0.0	0	1.8	3
2002	1.7	1.8	2.7	0.6
2003	5.7	7.6	6.8	7.2
2004	0.0	0	3.2	0
2005	0.0	0	0	0
2006	1.3	1.6	0.2	5.8
2007	0.2	0.6	0	2.1
2008	0.0	0	0	0
2009	0.0	0	0	0
2010	0.0	0	0	0
2011	0.0	0	0.2	0
2012	0.0	0	0	0
2013	0.6	2.4	6.4	1.7
2014	0.0	0	0	0

X =

1	0.5	0	5.2
1	0	0	0
1	0	0	0
1	0	0	0
1	4	4.5	8.7
1	0	0	0
1	1.2	2.1	15.3
1	0	1.8	3
1	1.8	2.7	0.6
1	7.6	6.8	7.2
1	0	3.2	0
1	0	0	0
1	1.6	0.2	5.8
1	0.6	0	2.1
1	0	0	0
1	0	0	0
1	0	0	0
1	0	0.2	0
1	0	0	0
1	2.4	6.4	1.7
1	0	0	0

Y =

0.0
0.0
0.3
0.0
6.1
0.7
3.9
0.0
1.7
5.7
0.0
0.0
1.3
0.2
0.0
0.0
0.0
0.0
0.6
0.0

$\beta_0 = -0.0775$
 $\beta_1 = 0.6772$
 $\beta_2 = -0.0410$
 $\beta_3 = 0.2002$

JULIO

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	Y	X ₁	X ₂	X ₃
1994	0.0	0	0	0
1995	0.0	0	0.2	3.4
1996	2.0	1.4	0.5	0.9
1997	0.0	0	0	1.1
1998	0.0	0	0	0
1999	0.0	0	1	0.7
2000	0.5	1.6	0.1	0
2001	3.8	5.5	4.4	1.5
2002	4.3	12.6	6.4	7.7
2003	0.6	0.5	0	2
2004	2.2	4.8	5.6	1.2
2005	0.0	1.2	0	1
2006	0.0	0	0	0
2007	0.3	0.5	2.5	0
2008	0.0	0	0	0
2009	0.3	3.2	0	1.8
2010	0.3	0	0	0.6
2011	1.9	2.8	4.2	2.3
2012	0.0	0	0	0
2013	0.3	0.5	0.4	1.8
2014	0.6	0	6.4	1.3

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0.2 & 3.4 \\ 1 & 1.4 & 0.5 & 0.9 \\ 1 & 0 & 0 & 1.1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0.7 \\ 1 & 1.6 & 0.1 & 0 \\ 1 & 5.5 & 4.4 & 1.5 \\ 1 & 12.6 & 6.4 & 7.7 \\ 1 & 0.5 & 0 & 2 \\ 1 & 4.8 & 5.6 & 1.2 \\ 1 & 1.2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0.5 & 2.5 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 3.2 & 0 & 1.8 \\ 1 & 0 & 0 & 0.6 \\ 1 & 2.8 & 4.2 & 2.3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0.5 & 0.4 & 1.8 \\ 1 & 0 & 6.4 & 1.3 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 0.0 \\ 0.0 \\ 2.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.5 \\ 3.8 \\ 4.3 \\ 0.6 \\ 2.2 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.3 \\ 0.0 \\ 0.3 \\ 0.3 \\ 1.9 \\ 0.0 \\ 0.3 \\ 0.6 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 0.1548 \\ \beta_1 &= 0.3512 \\ \beta_2 &= 0.1468 \\ \beta_3 &= -0.1082 \end{aligned}$$

AGOSTO

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	Y	X ₁	X ₂	X ₃
1994	6.3	32	4.4	17.5
1995	0.6	0	0.5	0
1996	1.5	0	3.5	2.8
1997	7.3	8.2	9.8	11.4
1998	0.0	1.2	1	1.6
1999	0.5	0	6.8	0
2000	15.0	2.4	17.4	5.8
2001	5.5	0	5.2	3.4
2002	3.6	4.4	8.8	3.4
2003	2.2	2.8	7.2	4.1
2004	13.1	19.6	13.4	14.3
2005	4.8	1.8	14.6	3.8
2006	2.3	3.4	0.6	1.1
2007	0.8	0	0	0
2008	0.0	0	0.9	0
2009	0.0	0.8	0.1	0
2010	2.3	2.2	0.2	2.3
2011	3.2	9.8	0	6.1
2012	1.3	0	4.6	4.7
2013	6.3	3.8	8.8	4.7
2014	25.6	3.8	9.2	7.6

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 32 & 4.4 & 17.5 \\ 1 & 0 & 0.5 & 0 \\ 1 & 0 & 3.5 & 2.8 \\ 1 & 8.2 & 9.8 & 11.4 \\ 1 & 1.2 & 1 & 1.6 \\ 1 & 0 & 6.8 & 0 \\ 1 & 2.4 & 17.4 & 5.8 \\ 1 & 0 & 5.2 & 3.4 \\ 1 & 4.4 & 8.8 & 3.4 \\ 1 & 2.8 & 7.2 & 4.1 \\ 1 & 19.6 & 13.4 & 14.3 \\ 1 & 1.8 & 14.6 & 3.8 \\ 1 & 3.4 & 0.6 & 1.1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0.9 & 0 \\ 1 & 0.8 & 0.1 & 0 \\ 1 & 2.2 & 0.2 & 2.3 \\ 1 & 9.8 & 0 & 6.1 \\ 1 & 0 & 4.6 & 4.7 \\ 1 & 3.8 & 8.8 & 4.7 \\ 1 & 3.8 & 9.2 & 7.6 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 6.3 \\ 0.6 \\ 1.5 \\ 7.3 \\ 0.0 \\ 0.5 \\ 15.0 \\ 5.5 \\ 3.6 \\ 2.2 \\ 13.1 \\ 4.8 \\ 2.3 \\ 0.8 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 2.3 \\ 3.2 \\ 1.3 \\ 6.3 \\ 25.6 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \beta_0 &= -0.5090 \\ \beta_1 &= -0.4925 \\ \beta_2 &= 0.3645 \\ \beta_3 &= 1.2434 \end{aligned}$$

SETIEMBRE

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	Y	X ₁	X ₂	X ₃
1994	6.5	7.4	10.3	11.1
1995	2.5	6.2	6.2	2.2
1996	7.8	6.2	9.5	12.6
1997	14.1	6.8	8.6	9.2
1998	7.2	2.2	1.5	0.5
1999	7.2	4	5	10.5
2000	0.4	8.2	0.2	7.2
2001	7.6	6.4	1.4	7.6
2002	6.2	10.8	15.8	10
2003	5.3	8	16	8.1
2004	14.4	9.2	11.8	6.3
2005	10.0	3.8	5	9
2006	8.1	16.4	2.2	14.3
2007	11.8	11.8	8	7
2008	12.8	6.4	18.6	11.4
2009	3.8	2.8	5.8	6.2
2010	0.0	0	0.8	0
2011	27.1	12.8	7.8	9.9
2012	3.6	14.8	3.4	4.2
2013	0.6	8.2	4.8	1
2014	15.7	24.2	13.4	13.1

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 7.4 & 10.3 & 11.1 \\ 1 & 6.2 & 6.2 & 2.2 \\ 1 & 6.2 & 9.5 & 12.6 \\ 1 & 6.8 & 8.6 & 9.2 \\ 1 & 2.2 & 1.5 & 0.5 \\ 1 & 4 & 5 & 10.5 \\ 1 & 8.2 & 0.2 & 7.2 \\ 1 & 6.4 & 1.4 & 7.6 \\ 1 & 10.8 & 15.8 & 10 \\ 1 & 8 & 16 & 8.1 \\ 1 & 9.2 & 11.8 & 6.3 \\ 1 & 3.8 & 5 & 9 \\ 1 & 16.4 & 2.2 & 14.3 \\ 1 & 11.8 & 8 & 7 \\ 1 & 6.4 & 18.6 & 11.4 \\ 1 & 2.8 & 5.8 & 6.2 \\ 1 & 0 & 0.8 & 0 \\ 1 & 12.8 & 7.8 & 9.9 \\ 1 & 14.8 & 3.4 & 4.2 \\ 1 & 8.2 & 4.8 & 1 \\ 1 & 24.2 & 13.4 & 13.1 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 6.5 \\ 2.5 \\ 7.8 \\ 14.1 \\ 7.2 \\ 7.2 \\ 0.4 \\ 7.6 \\ 6.2 \\ 5.3 \\ 14.4 \\ 10.0 \\ 8.1 \\ 11.8 \\ 12.8 \\ 3.8 \\ 0.0 \\ 27.1 \\ 3.6 \\ 0.6 \\ 15.7 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 0.9172 \\ \beta_1 &= 0.2437 \\ \beta_2 &= 0.2244 \\ \beta_3 &= 0.4670 \end{aligned}$$

OCTUBRE

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	Y	X ₁	X ₂	X ₃
1994	12.3	24.4	6.3	6.5
1995	9.8	10.4	8.5	7.9
1996	1.1	11.6	8.8	8.1
1997	7.8	13.8	15	8.1
1998	17.2	15.8	26.8	11
1999	17.7	15	16.8	11.3
2000	12.4	16.4	18.4	19.8
2001	10.4	11	9.5	15.3
2002	34.1	26.4	28.6	29
2003	9.0	9.8	18.4	14.7
2004	3.8	5.4	4.4	3.9
2005	14.5	10.2	25.8	8.2
2006	25.2	22.4	16.6	12.7
2007	4.8	7.4	7	13.8
2008	12.1	10.8	20.2	12.1
2009	8.5	12.2	9	12.8
2010	15.0	11.8	14.6	13.9
2011	7.5	15.8	15.4	10.9
2012	19.9	14.4	8.4	8.8
2013	14.7	20.6	12.2	18.3
2014	23.0	18.2	24.2	2.7

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 24.4 & 6.3 & 6.5 \\ 1 & 10.4 & 8.5 & 7.9 \\ 1 & 11.6 & 8.8 & 8.1 \\ 1 & 13.8 & 15 & 8.1 \\ 1 & 15.8 & 26.8 & 11 \\ 1 & 15 & 16.8 & 11.3 \\ 1 & 16.4 & 18.4 & 19.8 \\ 1 & 11 & 9.5 & 15.3 \\ 1 & 26.4 & 28.6 & 29 \\ 1 & 9.8 & 18.4 & 14.7 \\ 1 & 5.4 & 4.4 & 3.9 \\ 1 & 10.2 & 25.8 & 8.2 \\ 1 & 22.4 & 16.6 & 12.7 \\ 1 & 7.4 & 7 & 13.8 \\ 1 & 10.8 & 20.2 & 12.1 \\ 1 & 12.2 & 9 & 12.8 \\ 1 & 11.8 & 14.6 & 13.9 \\ 1 & 15.8 & 15.4 & 10.9 \\ 1 & 14.4 & 8.4 & 8.8 \\ 1 & 20.6 & 12.2 & 18.3 \\ 1 & 18.2 & 24.2 & 2.7 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 12.3 \\ 9.8 \\ 1.1 \\ 7.8 \\ 17.2 \\ 17.7 \\ 12.4 \\ 10.4 \\ 34.1 \\ 9.0 \\ 3.8 \\ 14.5 \\ 25.2 \\ 4.8 \\ 12.1 \\ 8.5 \\ 15.0 \\ 7.5 \\ 19.9 \\ 14.7 \\ 23.0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \beta_0 &= -5.6135 \\ \beta_1 &= 0.7727 \\ \beta_2 &= 0.4485 \\ \beta_3 &= 0.0910 \end{aligned}$$

NOVIEMBRE

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	Y	X ₁	X ₂	X ₃
1994	17.2	18.4	17.2	22.1
1995	52.9	27.8	22.7	32
1996	21.2	11	1.5	20.5
1997	26.1	18	28	42.4
1998	20.6	28	14.6	12.6
1999	11.4	14.8	8.4	11.8
2000	8.0	8.6	14.8	9.6
2001	15.6	30.5	13.2	18.7
2002	21.1	21.4	14.9	16.4
2003	15.1	5.6	13.4	10.7
2004	19.7	16.8	21	19.6
2005	8.5	13.6	19.2	10.1
2006	14.3	11.6	22.8	17.5
2007	18.2	17.4	17.2	14.6
2008	28.5	17.4	21	30.8
2009	19.5	20.8	17.1	24.9
2010	21.1	8.6	8.4	5.7
2011	9.6	10.4	9	15
2012	8.5	29	9.6	8.2
2013	10.4	8.4	11.5	16.1
2014	8.9	8.2	14.2	6.4

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 18.4 & 17.2 & 22.1 \\ 1 & 27.8 & 22.7 & 32 \\ 1 & 11 & 1.5 & 20.5 \\ 1 & 18 & 28 & 42.4 \\ 1 & 28 & 14.6 & 12.6 \\ 1 & 14.8 & 8.4 & 11.8 \\ 1 & 8.6 & 14.8 & 9.6 \\ 1 & 30.5 & 13.2 & 18.7 \\ 1 & 21.4 & 14.9 & 16.4 \\ 1 & 5.6 & 13.4 & 10.7 \\ 1 & 16.8 & 21 & 19.6 \\ 1 & 13.6 & 19.2 & 10.1 \\ 1 & 11.6 & 22.8 & 17.5 \\ 1 & 17.4 & 17.2 & 14.6 \\ 1 & 17.4 & 21 & 30.8 \\ 1 & 20.8 & 17.1 & 24.9 \\ 1 & 8.6 & 8.4 & 5.7 \\ 1 & 10.4 & 9 & 15 \\ 1 & 29 & 9.6 & 8.2 \\ 1 & 8.4 & 11.5 & 16.1 \\ 1 & 8.2 & 14.2 & 6.4 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 17.2 \\ 52.9 \\ 21.2 \\ 26.1 \\ 20.6 \\ 11.4 \\ 8.0 \\ 15.6 \\ 21.1 \\ 15.1 \\ 19.7 \\ 8.5 \\ 14.3 \\ 18.2 \\ 28.5 \\ 19.5 \\ 21.1 \\ 9.6 \\ 8.5 \\ 10.4 \\ 8.9 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 1.7739 \\ \beta_1 &= 0.2884 \\ \beta_2 &= -0.0081 \\ \beta_3 &= 0.6613 \end{aligned}$$

DICIEMBRE

AÑOS	AZANGARO	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA
	Y	X ₁	X ₂	X ₃
1994	19.1	22.8	18.3	14.9
1995	16.9	24.4	26	12.8
1996	21.1	23.6	12.6	18.3
1997	25.7	20.4	32.4	14.5
1998	7.6	8	21	7.5
1999	12.5	11.9	12.6	26.7
2000	7.9	22.4	21	15.9
2001	58.8	15.2	24.4	41.5
2002	37.4	32.2	32.8	24.3
2003	61.9	29.8	40.5	43.5
2004	13.3	26.2	44	14
2005	13.0	15.2	27.4	16.4
2006	13.6	25	27	18.7
2007	21.8	7.4	18	10.5
2008	29.7	27.8	22.2	29
2009	24.8	15.6	24	20.7
2010	12.5	17.6	24	21.3
2011	10.3	21.6	18.6	19.6
2012	15.6	17.2	49.2	14.9
2013	25.0	14.2	23.8	16.7
2014	17.8	14.8	20	15.4

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 22.8 & 18.3 & 14.9 \\ 1 & 24.4 & 26 & 12.8 \\ 1 & 23.6 & 12.6 & 18.3 \\ 1 & 20.4 & 32.4 & 14.5 \\ 1 & 8 & 21 & 7.5 \\ 1 & 11.9 & 12.6 & 26.7 \\ 1 & 22.4 & 21 & 15.9 \\ 1 & 15.2 & 24.4 & 41.5 \\ 1 & 32.2 & 32.8 & 24.3 \\ 1 & 29.8 & 40.5 & 43.5 \\ 1 & 26.2 & 44 & 14 \\ 1 & 15.2 & 27.4 & 16.4 \\ 1 & 25 & 27 & 18.7 \\ 1 & 7.4 & 18 & 10.5 \\ 1 & 27.8 & 22.2 & 29 \\ 1 & 15.6 & 24 & 20.7 \\ 1 & 17.6 & 24 & 21.3 \\ 1 & 21.6 & 18.6 & 19.6 \\ 1 & 17.2 & 49.2 & 14.9 \\ 1 & 14.2 & 23.8 & 16.7 \\ 1 & 14.8 & 20 & 15.4 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 19.1 \\ 16.9 \\ 21.1 \\ 25.7 \\ 7.6 \\ 12.5 \\ 7.9 \\ 58.8 \\ 37.4 \\ 61.9 \\ 13.3 \\ 13.0 \\ 13.6 \\ 21.8 \\ 29.7 \\ 24.8 \\ 12.5 \\ 10.3 \\ 15.6 \\ 25.0 \\ 17.8 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \beta_0 &= -9.5014 \\ \beta_1 &= -0.0944 \\ \beta_2 &= 0.2758 \\ \beta_3 &= 1.3329 \end{aligned}$$



ANEXO IV
COMPLETADO DE DATOS FALTANTES

ENERO								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	22.0	25.5	18.0	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328	19.5
1986	26.2	21.2	20.6	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328	20.5
1987	14.1	33.8	18.1	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328	17.7
1988	21.5	20.2	25.8	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328	19.1
1989	22.5	16.3	16.4	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328	18.8
1990	14.0	20.3	21.9	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328	16.7
1991	22.4	33.1	20.2	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328	20.3
1992	19.9	26.5	24.1	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328	19.1
1993	28.2	38.2	33.7	9.8079	0.3136	0.0859	0.0328	23.0

FEBRERO								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	22.0	22.3	24.3	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735	22.2
1986	22.0	27.6	21.1	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735	21.3
1987	14.3	17.6	10.5	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735	15.5
1988	20.0	25.4	19.6	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735	20.3
1989	19.9	15.8	17.3	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735	18.7
1990	25.0	33.4	21.4	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735	22.3
1991	23.4	21.1	16.6	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735	19.4
1992	20.0	15.8	24.8	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735	21.6
1993	19.4	7.2	16.9	8.1225	0.1519	0.0722	0.3735	17.9

MARZO								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	16.0	11.2	16.0	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649	19.0
1986	28.5	21.1	19.1	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649	21.7
1987	20.5	10.1	19.7	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649	19.5
1988	15.0	36.0	24.3	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649	27.1
1989	38.1	33.1	21.2	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649	24.8
1990	18.0	19.0	18.5	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649	21.4
1991	20.6	31.1	28.9	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649	27.0
1992	17.0	16.1	12.4	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649	19.1
1993	21.4	35.5	17.4	12.6020	-0.0327	0.2372	0.2649	24.9

ABRIL								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	11.8	28.7	24.1	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592	17.2
1986	17.0	11.5	30.2	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592	13.9
1987	14.0	13.1	20.3	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592	12.5
1988	19.0	29.4	18.0	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592	17.1
1989	16.4	12.2	13.6	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592	11.4
1990	10.0	7.5	5.3	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592	8.2
1991	19.4	12.0	9.7	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592	11.0
1992	9.8	8.1	12.8	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592	9.6
1993	12.5	13.5	36.4	4.4203	0.0888	0.2756	0.1592	15.0

MAYO								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	5.3	8.2	5.8	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530	4.9
1986	8.6	8.0	4.9	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530	5.2
1987	1.0	2.1	2.0	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530	1.1
1988	6.6	7.9	5.4	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530	4.9
1989	3.5	4.9	0.0	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530	1.2
1990	0.0	6.9	3.2	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530	2.3
1991	0.0	18.0	5.7	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530	5.6
1992	0.0	0.6	0.0	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530	0.0
1993	5.2	3.8	9.1	-0.4546	0.2135	0.1946	0.4530	5.5

JUNIO								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	0.6	4.2	2.8	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002	0.7
1986	0.0	0.0	0.0	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002	0.0
1987	1.0	5.5	2.0	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002	0.8
1988	0.0	0.0	0.0	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002	0.0
1989	2.2	1.1	4.2	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002	2.2
1990	7.4	24.4	21.0	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002	8.1
1991	0.0	27.1	19.6	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002	2.7
1992	3.2	6.7	1.2	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002	2.1
1993	3.7	0.5	0.0	-0.0775	0.6772	-0.0410	0.2002	2.4

JULIO								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	0.0	0.0	0.0	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082	0.2
1986	3.7	1.4	1.7	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082	1.5
1987	12.2	14.7	13.4	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082	5.1
1988	0.0	0.0	0.0	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082	0.2
1989	0.0	1.3	0.0	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082	0.3
1990	0.0	0.0	0.0	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082	0.2
1991	0.0	5.6	9.8	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082	0.0
1992	0.0	0.0	4.0	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082	0.0
1993	10.2	0.0	1.2	0.1548	0.3512	0.1468	-0.1082	3.6

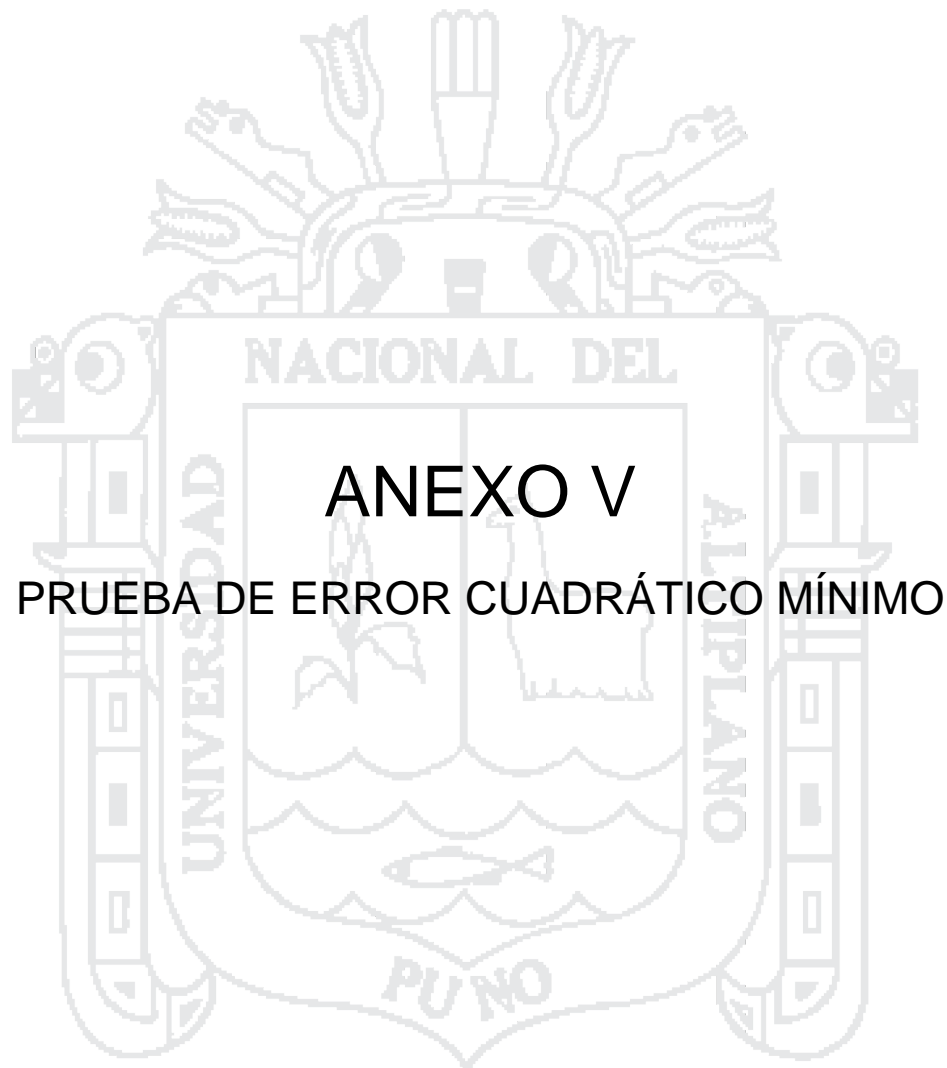
AGOSTO								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	0.0	1.7	2.1	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434	2.7
1986	4.0	4.1	4.1	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434	4.1
1987	0.0	6.2	4.5	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434	7.3
1988	0.0	0.0	5.1	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434	5.8
1989	7.5	5.9	6.5	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434	6.0
1990	5.4	4.4	0.8	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434	0.0
1991	0.0	4.5	0.8	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434	2.1
1992	20.3	23.0	23.5	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434	27.1
1993	8.8	10.5	6.0	-0.5090	-0.4925	0.3645	1.2434	6.4

SETIEMBRE								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	11.5	22.5	11.0	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670	13.9
1986	11.1	9.7	11.0	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670	10.9
1987	6.0	3.1	2.6	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670	4.3
1988	9.0	3.6	3.4	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670	5.5
1989	11.5	4.4	13.5	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670	11.0
1990	12.0	13.4	7.2	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670	10.2
1991	6.0	3.9	4.0	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670	5.1
1992	9.9	2.6	9.8	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670	8.5
1993	5.9	14.5	11.5	0.9172	0.2437	0.2244	0.4670	11.0

OCTUBRE								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	5.2	8.3	16.3	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910	3.6
1986	13.9	5.0	6.1	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910	7.9
1987	30.2	11.9	12.0	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910	24.1
1988	7.7	14.7	13.4	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910	8.1
1989	13.0	21.9	8.2	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910	15.0
1990	10.9	22.2	26.7	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910	15.2
1991	13.9	19.8	9.4	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910	14.9
1992	10.4	10.4	10.1	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910	8.0
1993	17.2	12.7	12.4	-5.6135	0.7727	0.4485	0.0910	14.5

NOVIEMBRE								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	20.6	27.7	36.3	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613	31.5
1986	10.5	14.5	19.1	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613	17.3
1987	24.5	22.3	33.2	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613	30.6
1988	7.0	6.1	5.7	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613	7.5
1989	12.0	10.3	8.0	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613	10.4
1990	12.0	16.0	16.9	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613	16.3
1991	7.6	8.5	14.6	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613	13.6
1992	19.7	12.0	19.8	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613	20.5
1993	22.7	23.0	22.7	1.7739	0.2884	-0.0081	0.6613	23.1

DICIEMBRE								
AÑOS	ESTACIONES CON DATOS COMPLETOS			PARÁMETROS DE REGRESIÓN				DATO FALTANTE (AZANGARO)
	CP PROGRESO	PUCARA	PUTINA	β_0	β_1	β_2	β_3	
1985	21.7	23.2	23.9	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329	26.7
1986	14.8	23.9	25.7	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329	29.9
1987	44.6	18.1	8.4	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329	2.5
1988	12.8	24.3	24.3	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329	28.4
1989	13.0	13.6	18.9	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329	18.2
1990	10.0	14.7	16.9	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329	16.1
1991	24.8	13.0	33.0	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329	35.7
1992	14.1	29.4	26.0	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329	31.9
1993	15.5	33.6	19.3	-9.5014	-0.0944	0.2758	1.3329	24.0



PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN CRUCERO

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PEARSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2
31.25	71.3	70.53	0.59	71.35	0.00	71.06	0.06	72.23	0.87	70.38	0.84	72.36	1.12
15.38	70.7	63.49	51.97	64.10	43.59	63.56	51.00	64.46	38.88	63.65	49.75	64.38	39.96
10.31	66.0	59.38	44.04	59.87	37.79	59.24	45.89	60.00	36.22	59.66	40.44	59.83	38.29
7.75	63.6	56.36	52.32	56.77	46.61	56.11	56.00	56.76	46.75	56.70	47.51	56.54	49.77
6.21	52.3	53.95	2.71	54.29	3.96	53.63	1.77	54.19	3.58	54.32	4.09	53.94	2.70
5.15	51.1	51.86	0.57	52.14	1.09	51.50	0.16	51.99	0.79	52.25	1.32	51.71	0.38
4.42	51.0	50.09	0.82	50.34	0.44	49.72	1.63	50.15	0.73	50.49	0.26	49.85	1.31
3.88	48.3	48.52	0.07	48.73	0.22	48.15	0.01	48.51	0.06	48.92	0.43	48.21	0.00
3.45	45.6	47.09	2.31	47.26	2.87	46.72	1.32	47.04	2.15	47.48	3.65	46.72	1.32
3.10	45.2	45.73	0.29	45.88	0.46	45.38	0.03	45.65	0.20	46.11	0.83	45.32	0.01
2.82	45.0	44.51	0.24	44.62	0.14	44.17	0.70	44.39	0.37	44.87	0.02	44.06	0.89
2.58	41.0	43.35	5.52	43.44	5.95	43.03	4.13	43.22	4.93	43.70	7.28	42.88	3.52
2.39	39.4	42.25	8.12	42.31	8.49	41.96	6.53	42.11	7.33	42.58	10.09	41.76	5.56
2.21	39.1	41.16	4.25	41.20	4.43	40.90	3.24	41.01	3.66	41.47	5.60	40.66	2.44
2.07	38.7	40.14	2.08	40.17	2.15	39.91	1.47	39.99	1.67	40.43	2.98	39.64	0.88
1.94	37.8	39.15	1.83	39.16	1.84	38.96	1.34	39.00	1.45	39.41	2.59	38.65	0.72
1.82	37.5	38.19	0.47	38.17	0.45	38.03	0.27	38.04	0.29	38.42	0.83	37.69	0.03
1.72	37.5	37.20	0.09	37.17	0.11	37.08	0.17	37.06	0.19	37.40	0.01	36.71	0.62
1.63	37.4	36.26	1.30	36.21	1.43	36.18	1.49	36.13	1.61	36.43	0.95	35.78	2.62
1.55	36.4	35.32	1.23	35.25	1.39	35.28	1.31	35.20	1.51	35.45	0.95	34.86	2.46
1.48	35.6	34.37	1.57	34.28	1.79	34.38	1.54	34.26	1.84	34.47	1.33	33.93	2.84
1.41	35.0	33.38	2.63	33.27	2.98	33.44	2.45	33.29	2.93	33.44	2.45	32.97	4.12
1.35	34.8	32.39	5.79	32.28	6.37	32.50	5.28	32.32	6.13	32.41	5.71	32.02	7.73
1.29	32.9	31.38	2.41	31.24	2.84	31.54	1.93	31.33	2.57	31.35	2.50	31.04	3.56
1.24	31.7	30.31	1.93	30.16	2.37	30.53	1.37	30.28	2.02	30.23	2.16	30.02	2.82
1.19	30.1	29.14	0.93	28.97	1.28	29.41	0.47	29.13	0.95	29.00	1.22	28.90	1.43
1.15	26.2	27.89	2.83	27.70	2.25	28.23	4.11	27.90	2.88	27.68	2.19	27.72	2.31
1.11	24.6	26.47	3.53	26.27	2.82	26.88	5.26	26.51	3.67	26.19	2.55	26.39	3.25
1.07	24.0	24.76	0.57	24.54	0.29	25.25	1.55	24.81	0.66	24.37	0.14	24.80	0.63
1.03	18.5	22.29	14.33	22.04	12.55	22.86	19.03	22.35	14.79	21.75	10.57	22.52	16.13
C		14.74		14.10		14.88		13.84		14.53		14.12	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN CENTRO POBLADO PROGRESO

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PERSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²
31.25	44.6	45.50	0.80	45.65	1.10	46.36	3.09	47.23	6.92	45.83	1.50	45.79	1.41
15.38	42.8	42.26	0.29	42.38	0.18	42.47	0.11	43.13	0.11	42.43	0.14	42.34	0.21
10.31	42.6	40.32	5.20	40.42	4.75	40.23	5.61	40.77	3.36	40.42	4.77	40.30	5.28
7.75	41.2	38.87	5.43	38.96	5.03	38.61	6.71	39.06	4.60	38.92	5.22	38.80	5.78
6.21	38.6	37.69	0.82	37.77	0.69	37.33	1.63	37.70	0.81	37.70	0.80	37.58	1.04
5.15	38.1	36.66	2.07	36.73	1.88	36.22	3.53	36.54	2.44	36.65	2.12	36.52	2.48
4.42	37.6	35.78	3.30	35.84	3.09	35.30	5.29	35.56	4.15	35.75	3.44	35.63	3.89
3.88	37.4	34.99	5.81	35.04	5.56	34.48	8.51	34.70	7.28	34.94	6.06	34.82	6.64
3.45	37.2	34.26	8.62	34.31	8.36	33.74	11.94	33.92	10.74	34.20	9.01	34.09	9.67
3.10	34.2	33.57	0.40	33.61	0.35	33.05	1.33	33.19	1.03	33.49	0.50	33.39	0.66
2.82	32.6	32.93	0.11	32.97	0.13	32.42	0.03	32.53	0.01	32.85	0.06	32.75	0.02
2.58	32.0	32.33	0.11	32.36	0.13	31.83	0.03	31.91	0.01	32.24	0.06	32.15	0.02
2.39	30.5	31.75	1.56	31.77	1.63	31.28	0.60	31.32	0.67	31.65	1.33	31.58	1.16
2.21	30.0	31.17	1.38	31.19	1.43	30.73	0.53	30.74	0.55	31.07	1.15	31.01	1.01
2.07	29.8	30.63	0.69	30.65	0.72	30.22	0.17	30.20	0.16	30.53	0.53	30.47	0.45
1.94	29.4	30.10	0.49	30.11	0.51	29.72	0.10	29.68	0.08	29.99	0.35	29.95	0.30
1.82	28.5	29.58	1.16	29.58	1.17	29.24	0.55	29.17	0.45	29.47	0.94	29.43	0.87
1.72	28.4	29.04	0.41	29.04	0.41	28.75	0.12	28.65	0.06	28.93	0.28	28.91	0.26
1.63	28.2	28.52	0.10	28.52	0.10	28.28	0.01	28.16	0.00	28.41	0.05	28.40	0.04
1.55	28.0	28.00	0.00	27.99	0.00	27.82	0.03	27.67	0.11	27.89	0.01	27.89	0.01
1.48	27.8	27.47	0.11	27.46	0.12	27.35	0.20	27.18	0.39	27.37	0.19	27.38	0.18
1.41	26.2	26.91	0.50	26.90	0.49	26.86	0.44	26.66	0.21	26.81	0.37	26.84	0.41
1.35	26.2	26.35	0.02	26.33	0.02	26.38	0.03	26.15	0.00	26.26	0.00	26.30	0.01
1.29	25.0	25.77	0.59	25.75	0.56	25.88	0.77	25.62	0.39	25.68	0.46	25.74	0.55
1.24	25.0	25.15	0.02	25.13	0.02	25.35	0.13	25.07	0.00	25.07	0.01	25.15	0.02
1.19	24.8	24.46	0.12	24.43	0.13	24.78	0.00	24.46	0.11	24.39	0.17	24.50	0.09
1.15	22.4	23.72	1.74	23.69	1.66	24.16	3.11	23.81	2.00	23.67	1.60	23.79	1.94
1.11	22.0	22.87	0.75	22.83	0.69	23.47	2.15	23.08	1.16	22.83	0.69	22.99	0.98
1.07	21.5	21.82	0.10	21.77	0.08	22.62	1.25	22.18	0.47	21.81	0.09	22.01	0.26
1.03	20.3	20.27	0.00	20.21	0.01	21.38	1.17	20.88	0.34	20.30	0.00	20.56	0.07
C		6.54		6.40		7.69		6.97		6.47		6.76	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN PUCARA

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PERSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2
31.25	76.4	65.17	126.14	62.60	190.38	65.39	121.22	61.33	227.05	64.18	149.28	62.13	203.60
15.38	68.0	58.11	97.86	56.30	136.82	58.11	97.78	55.00	169.12	55.73	150.52	55.54	155.16
10.31	55.6	54.02	2.51	52.63	8.84	53.93	2.80	51.35	18.06	51.16	19.73	51.77	14.65
7.75	49.2	51.03	3.34	49.93	0.53	50.89	2.85	48.71	0.24	47.97	1.52	49.04	0.03
6.21	47.8	48.65	0.72	47.77	0.00	48.48	0.47	46.61	1.41	45.51	5.24	46.88	0.85
5.15	46.6	46.60	0.00	45.91	0.48	46.42	0.03	44.82	3.18	43.45	9.90	45.02	2.49
4.42	45.0	44.87	0.02	44.33	0.45	44.69	0.09	43.31	2.84	41.77	10.44	43.47	2.35
3.88	40.5	43.34	8.05	42.93	5.90	43.16	7.10	41.98	2.20	40.30	0.04	42.09	2.52
3.45	40.2	41.95	3.05	41.65	2.11	41.78	2.51	40.78	0.34	39.00	1.44	40.84	0.41
3.10	38.2	40.63	5.90	40.44	5.03	40.48	5.19	39.64	2.08	37.79	0.17	39.67	2.15
2.82	37.0	39.44	5.96	39.35	5.51	39.31	5.31	38.62	2.63	36.72	0.08	38.61	2.59
2.58	36.0	38.32	5.40	38.32	5.36	38.20	4.86	37.66	2.77	35.72	0.08	37.62	2.61
2.39	35.9	37.26	1.86	37.33	2.06	37.16	1.59	36.76	0.73	34.80	1.22	36.68	0.60
2.21	35.0	36.22	1.49	36.37	1.86	36.14	1.29	35.86	0.74	33.90	1.22	35.75	0.56
2.07	33.8	35.24	2.09	35.46	2.75	35.18	1.91	35.03	1.51	33.07	0.53	34.89	1.18
1.94	33.4	34.30	0.81	34.58	1.39	34.25	0.73	34.22	0.68	32.28	1.26	34.05	0.43
1.82	33.1	33.37	0.08	33.72	0.38	33.35	0.06	33.44	0.11	31.52	2.51	33.24	0.02
1.72	33.1	32.44	0.44	32.84	0.07	32.44	0.44	32.64	0.21	30.76	5.50	32.42	0.47
1.63	32.4	31.54	0.74	32.00	0.16	31.56	0.71	31.88	0.27	30.04	5.59	31.63	0.60
1.55	31.6	30.65	0.91	31.16	0.19	30.69	0.83	31.12	0.23	29.33	5.15	30.84	0.57
1.48	29.4	29.75	0.12	30.32	0.84	29.81	0.17	30.36	0.92	28.63	0.59	30.06	0.43
1.41	28.7	28.82	0.01	29.44	0.54	28.90	0.04	29.56	0.74	27.91	0.62	29.24	0.29
1.35	28.6	27.89	0.50	28.56	0.00	27.99	0.37	28.77	0.03	27.22	1.92	28.43	0.03
1.29	27.6	26.94	0.44	27.66	0.00	27.06	0.29	27.96	0.13	26.51	1.20	27.60	0.00
1.24	26.0	25.94	0.00	26.71	0.50	26.08	0.01	27.11	1.23	25.77	0.05	26.73	0.53
1.19	25.7	24.85	0.73	25.66	0.00	25.00	0.49	26.17	0.22	24.99	0.51	25.78	0.01
1.15	24.0	23.69	0.10	24.56	0.31	23.85	0.02	25.17	1.36	24.17	0.03	24.77	0.59
1.11	23.0	22.38	0.39	23.30	0.09	22.54	0.21	24.03	1.06	23.26	0.07	23.63	0.39
1.07	22.6	20.80	3.23	21.78	0.68	20.96	2.70	22.65	0.00	22.21	0.16	22.25	0.12
1.03	20.4	18.55	3.43	19.59	0.66	18.64	3.08	20.63	0.06	20.75	0.12	20.29	0.01
C		16.62		19.34		16.28		21.03		19.41		19.91	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN AZANGARO

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS			GUMBEL			LOG PERSON TIPO III					
		Momentos		Verosimilitud	Momentos		Verosimilitud	Momentos		Verosimilitud			
		Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²		
31.25	61.9	60.88	1.05	58.25	13.35	60.89	1.01	56.32	31.13	60.86	1.09	57.95	15.57
15.38	61.8	53.91	62.32	52.07	94.66	53.88	62.76	50.36	130.83	52.28	90.69	51.44	107.30
10.31	58.8	49.89	79.39	48.48	106.42	49.84	80.23	46.93	140.79	47.68	123.57	47.74	122.33
7.75	57.6	46.97	113.00	45.86	137.78	46.92	114.15	44.45	172.94	44.50	171.59	45.07	156.98
6.21	52.9	44.65	68.05	43.77	83.34	44.60	68.92	42.48	108.56	42.07	117.39	42.97	98.70
5.15	37.8	42.66	23.58	41.96	17.35	42.61	23.12	40.79	8.94	40.03	4.99	41.16	11.31
4.42	35.7	40.98	27.92	40.45	22.53	40.94	27.50	39.38	13.53	38.38	7.17	39.66	15.67
3.88	33.9	39.50	31.35	39.09	26.98	39.47	31.02	38.13	17.85	36.94	9.25	38.33	19.62
3.45	32.4	38.16	33.14	37.87	29.90	38.14	32.92	36.99	21.11	35.67	10.69	37.13	22.37
3.10	31.9	36.89	24.88	36.71	23.09	36.88	24.80	35.93	16.21	34.49	6.72	36.00	16.81
2.82	31.5	35.75	18.02	35.66	17.28	35.75	18.06	34.97	12.01	33.45	3.81	34.98	12.14
2.58	31.0	34.67	13.49	34.67	13.46	34.69	13.60	34.06	9.39	32.49	2.22	34.03	9.21
2.39	30.6	33.66	9.34	33.73	9.81	33.68	9.51	33.21	6.82	31.60	0.99	33.14	6.43
2.21	30.3	32.66	5.56	32.81	6.28	32.69	5.73	32.37	4.29	30.73	0.18	32.25	3.82
2.07	29.9	31.73	3.33	31.94	4.17	31.77	3.51	31.59	2.85	29.94	0.00	31.43	2.35
1.94	29.7	30.82	1.26	31.10	1.97	30.88	1.39	30.83	1.28	29.18	0.27	30.64	0.88
1.82	29.6	29.94	0.12	30.29	0.47	30.01	0.17	30.09	0.24	28.45	1.32	29.87	0.07
1.72	29.2	29.05	0.02	29.46	0.07	29.13	0.01	29.34	0.02	27.72	2.18	29.09	0.01
1.63	29.0	28.20	0.64	28.66	0.12	28.28	0.51	28.63	0.14	27.04	3.84	28.34	0.43
1.55	28.4	27.36	1.09	27.87	0.29	27.44	0.92	27.91	0.24	26.37	4.12	27.60	0.63
1.48	28.0	26.51	2.22	27.07	0.87	26.60	1.96	27.19	0.65	25.71	5.25	26.86	1.29
1.41	27.8	25.63	4.72	26.24	2.44	25.72	4.33	26.45	1.83	25.03	7.66	26.10	2.90
1.35	25.8	24.76	1.09	25.41	0.15	24.85	0.91	25.71	0.01	24.37	2.04	25.34	0.21
1.29	25.2	23.86	1.80	24.57	0.40	23.94	1.58	24.94	0.07	23.71	2.23	24.56	0.41
1.24	24.9	22.92	3.90	23.68	1.50	23.00	3.61	24.14	0.58	23.02	3.53	23.75	1.33
1.19	24.8	21.90	8.41	22.70	4.41	21.96	8.07	23.25	2.39	22.29	6.32	22.86	3.78
1.15	22.4	20.82	2.50	21.66	0.54	20.85	2.40	22.31	0.01	21.53	0.76	21.92	0.23
1.11	22.3	19.60	7.29	20.49	3.27	19.59	7.33	21.24	1.12	20.69	2.60	20.86	2.07
1.07	20.1	18.14	3.84	19.08	1.04	18.06	4.16	19.94	0.02	19.71	0.15	19.59	0.26
1.03	15.6	16.06	0.21	17.06	2.13	15.83	0.05	18.05	6.01	18.38	7.71	17.79	4.79
C		23.53	25.02	23.54	26.68	24.50	25.30	24.50	25.30	24.50	25.30	24.50	25.30

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN MUÑANI

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS			GUMBEL			LOG PERSON TIPO III					
		Momentos		Verosimilitud	Momentos		Verosimilitud	Momentos		Verosimilitud			
		Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²		
31.25	38.2	38.69	0.24	38.95	0.56	39.52	1.74	40.82	6.85	38.71	0.26	38.91	0.51
15.38	37.9	36.33	2.46	36.53	1.88	36.55	1.81	37.54	0.13	36.43	2.16	36.38	2.31
10.31	35.8	34.90	0.80	35.07	0.54	34.85	0.91	35.66	0.02	35.04	0.58	34.87	0.87
7.75	33.4	33.83	0.18	33.97	0.32	33.61	0.04	34.29	0.80	33.98	0.34	33.74	0.12
6.21	32.7	32.95	0.06	33.07	0.14	32.63	0.00	33.21	0.26	33.11	0.17	32.83	0.02
5.15	32.3	32.18	0.01	32.29	0.00	31.79	0.26	32.28	0.00	32.35	0.00	32.03	0.07
4.42	32.2	31.52	0.46	31.61	0.35	31.09	1.24	31.50	0.48	31.69	0.26	31.35	0.72
3.88	32.0	30.93	1.15	31.00	1.00	30.46	2.36	30.82	1.40	31.09	0.82	30.74	1.59
3.45	31.0	30.38	0.39	30.44	0.31	29.90	1.21	30.19	0.65	30.54	0.21	30.18	0.67
3.10	31.0	29.85	1.32	29.90	1.20	29.37	2.65	29.61	1.94	30.01	0.98	29.64	1.84
2.82	30.2	29.37	0.69	29.41	0.62	28.89	1.71	29.08	1.25	29.52	0.46	29.15	1.09
2.58	30.1	28.91	1.42	28.94	1.34	28.44	2.74	28.58	2.30	29.06	1.08	28.69	1.99
2.39	29.6	28.47	1.28	28.49	1.23	28.02	2.50	28.12	2.20	28.61	0.98	28.25	1.83
2.21	29.2	28.03	1.38	28.04	1.34	27.60	2.55	27.65	2.39	28.16	1.08	27.80	1.95
2.07	28.3	27.61	0.48	27.62	0.47	27.21	1.18	27.22	1.16	27.74	0.32	27.39	0.83
1.94	27.7	27.20	0.25	27.20	0.25	26.84	0.75	26.81	0.80	27.32	0.15	26.98	0.52
1.82	27.6	26.80	0.65	26.79	0.66	26.47	1.28	26.40	1.44	26.90	0.49	26.58	1.05
1.72	26.6	26.38	0.05	26.36	0.06	26.10	0.25	25.99	0.37	26.47	0.02	26.17	0.19
1.63	26.0	25.98	0.00	25.95	0.00	25.74	0.07	25.59	0.16	26.06	0.00	25.77	0.05
1.55	24.5	25.57	1.15	25.54	1.08	25.38	0.78	25.20	0.49	25.64	1.30	25.37	0.75
1.48	24.3	25.16	0.73	25.12	0.67	25.03	0.53	24.81	0.26	25.21	0.83	24.96	0.44
1.41	24.2	24.72	0.27	24.67	0.22	24.65	0.21	24.40	0.04	24.76	0.31	24.53	0.11
1.35	23.6	24.28	0.46	24.23	0.39	24.29	0.47	23.99	0.15	24.30	0.49	24.11	0.26
1.29	22.2	23.82	2.63	23.76	2.43	23.90	2.91	23.57	1.88	23.82	2.64	23.66	2.13
1.24	22.2	23.33	1.29	23.26	1.13	23.51	1.70	23.13	0.86	23.31	1.24	23.19	0.98
1.19	21.8	22.79	0.98	22.71	0.83	23.07	1.60	22.64	0.71	22.74	0.89	22.66	0.74
1.15	20.8	22.20	1.96	22.11	1.72	22.60	3.23	22.13	1.76	22.12	1.75	22.10	1.68
1.11	20.7	21.52	0.67	21.42	0.52	22.07	1.87	21.54	0.70	21.40	0.50	21.44	0.55
1.07	20.4	20.67	0.07	20.56	0.03	21.42	1.04	20.82	0.18	20.51	0.01	20.64	0.06
1.03	20.0	19.41	0.35	19.28	0.51	20.48	0.23	19.78	0.05	19.17	0.69	19.45	0.30
C		4.88		4.67		6.31		5.63		4.58		5.12	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN ANANEA

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS			GUMBEL			LOG PERSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud	Momentos		Verosimilitud	Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2
31.25	37.7	41.85	17.09	43.75	36.48	42.29	20.96	44.94	52.27	42.21	20.26
15.38	37.0	37.95	0.82	39.33	5.22	38.02	0.96	40.05	9.07	39.05	4.04
10.31	36.9	35.66	1.54	36.75	0.02	35.57	1.78	37.24	0.12	37.07	0.03
7.75	36.0	33.97	4.13	34.85	1.32	33.78	4.91	35.20	0.64	35.54	0.21
6.21	35.4	32.61	7.57	33.34	4.11	32.37	8.95	33.59	3.16	34.27	1.20
5.15	33.4	31.44	3.86	32.03	1.88	31.16	5.00	32.20	1.44	33.14	0.07
4.42	33.1	30.44	7.07	30.93	4.73	30.15	8.70	31.04	4.24	32.16	0.88
3.88	31.8	29.55	5.06	29.94	3.46	29.25	6.49	30.01	3.19	31.27	0.28
3.45	31.5	28.74	7.62	29.05	6.02	28.44	9.35	29.09	5.83	30.44	1.12
3.10	31.0	27.97	9.21	28.20	7.88	27.68	11.06	28.21	7.81	29.64	1.86
2.82	31.0	27.27	13.91	27.43	12.75	26.99	16.09	27.42	12.81	28.90	4.40
2.58	26.6	26.61	0.00	26.71	0.00	26.34	0.09	26.68	0.00	28.20	2.41
2.39	25.2	25.98	0.61	26.02	0.67	25.73	0.28	25.98	0.61	27.51	5.35
2.21	24.9	25.36	0.21	25.34	0.19	25.13	0.05	25.29	0.15	26.83	3.72
2.07	24.0	24.77	0.67	24.70	0.56	24.57	0.37	24.65	0.48	26.18	4.94
1.94	23.8	24.21	0.16	24.09	0.08	24.03	0.05	24.03	0.05	25.54	3.03
1.82	23.6	23.65	0.00	23.48	0.01	23.50	0.01	23.42	0.03	24.91	1.71
1.72	23.0	23.08	0.01	22.87	0.02	22.96	0.00	22.81	0.04	24.26	1.58
1.63	22.4	22.54	0.02	22.28	0.01	22.45	0.00	22.22	0.03	23.62	1.49
1.55	22.4	21.99	0.17	21.69	0.50	21.93	0.22	21.63	0.59	22.98	0.34
1.48	22.1	21.44	0.43	21.10	0.99	21.42	0.46	21.04	1.11	22.33	0.05
1.41	21.4	20.87	0.29	20.49	0.83	20.88	0.27	20.43	0.94	21.64	0.06
1.35	19.9	20.29	0.13	19.87	0.00	20.35	0.18	19.82	0.01	20.95	1.04
1.29	19.2	19.70	0.25	19.24	0.00	19.80	0.37	19.19	0.00	20.23	1.05
1.24	18.3	19.08	0.68	18.58	0.11	19.23	0.95	18.54	0.08	19.46	1.45
1.19	18.2	18.39	0.04	17.85	0.12	18.60	0.16	17.81	0.15	18.60	0.16
1.15	16.2	17.65	2.11	17.07	0.76	17.92	2.97	17.04	0.70	17.68	2.18
1.11	14.6	16.82	4.92	16.19	2.54	17.16	6.53	16.16	2.44	16.62	4.06
1.07	13.6	15.80	5.04	15.13	2.48	16.22	7.11	15.09	2.36	15.31	3.08
1.03	11.9	14.33	6.00	13.60	2.96	14.87	8.93	13.54	2.76	13.40	2.31
C		9.98	9.83	11.10	10.64	8.62	11.20				

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN ARAPA

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PERSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2
31.25	53.6	54.90	1.69	55.43	3.33	55.68	4.32	56.65	9.32	55.49	3.56	55.74	4.59
15.38	53.3	50.25	9.32	50.64	7.07	50.40	8.39	51.13	4.70	50.65	7.01	50.62	7.18
10.31	49.6	47.49	4.44	47.81	3.20	47.37	4.98	47.95	2.71	47.80	3.24	47.65	3.82
7.75	48.5	45.45	9.29	45.72	7.75	45.17	11.10	45.65	8.12	45.69	7.88	45.47	9.18
6.21	45.2	43.81	1.94	44.03	1.37	43.43	3.15	43.83	1.89	44.00	1.45	43.73	2.15
5.15	43.1	42.37	0.53	42.56	0.29	41.93	1.37	42.26	0.71	42.52	0.33	42.23	0.76
4.42	41.0	41.16	0.02	41.32	0.10	40.68	0.10	40.95	0.00	41.27	0.07	40.97	0.00
3.88	40.8	40.07	0.54	40.20	0.36	39.57	1.51	39.79	1.02	40.15	0.42	39.84	0.92
3.45	40.0	39.07	0.87	39.18	0.67	38.57	2.05	38.74	1.59	39.13	0.75	38.82	1.40
3.10	39.2	38.12	1.17	38.21	0.98	37.62	2.49	37.75	2.10	38.16	1.08	37.84	1.84
2.82	38.9	37.25	2.71	37.33	2.48	36.77	4.52	36.86	4.16	37.28	2.64	36.97	3.73
2.58	38.6	36.44	4.68	36.49	4.45	35.98	6.89	36.03	6.63	36.44	4.67	36.14	6.05
2.39	38.5	35.66	8.09	35.69	7.88	35.22	10.76	35.23	10.67	35.64	8.16	35.35	9.89
2.21	35.6	34.88	0.52	34.90	0.49	34.48	1.26	34.46	1.31	34.85	0.56	34.58	1.04
2.07	35.1	34.15	0.89	34.16	0.88	33.78	1.73	33.73	1.88	34.11	0.98	33.85	1.56
1.94	34.4	33.44	0.91	33.44	0.93	33.11	1.66	33.03	1.88	33.39	1.02	33.15	1.57
1.82	33.6	32.75	0.73	32.73	0.76	32.46	1.31	32.34	1.58	32.68	0.85	32.45	1.31
1.72	31.2	32.03	0.70	32.00	0.64	31.79	0.35	31.65	0.20	31.96	0.57	31.75	0.31
1.63	30.0	31.35	1.82	31.30	1.70	31.16	1.35	30.98	0.97	31.26	1.58	31.08	1.16
1.55	28.6	30.66	4.25	30.60	4.01	30.53	3.72	30.32	2.96	30.56	3.84	30.41	3.26
1.48	28.0	29.97	3.87	29.90	3.59	29.89	3.58	29.66	2.75	29.86	3.45	29.73	2.99
1.41	27.8	29.24	2.06	29.15	1.83	29.23	2.05	28.96	1.36	29.12	1.74	29.02	1.49
1.35	27.7	28.51	0.66	28.41	0.51	28.58	0.77	28.28	0.33	28.38	0.47	28.32	0.38
1.29	26.0	27.75	3.08	27.65	2.71	27.90	3.60	27.57	2.46	27.62	2.62	27.59	2.54
1.24	25.4	26.96	2.43	26.84	2.07	27.19	3.19	26.82	2.03	26.81	2.00	26.83	2.04
1.19	24.3	26.08	3.15	25.94	2.70	26.40	4.43	26.01	2.91	25.92	2.64	25.99	2.85
1.15	24.0	25.13	1.28	24.98	0.97	25.57	2.47	25.13	1.29	24.97	0.95	25.09	1.20
1.11	23.2	24.05	0.72	23.89	0.48	24.63	2.03	24.14	0.89	23.89	0.47	24.08	0.77
1.07	22.4	22.73	0.11	22.56	0.02	23.47	1.15	22.94	0.29	22.56	0.03	22.84	0.19
1.03	21.7	20.81	0.80	20.61	1.19	21.80	0.01	21.18	0.27	20.63	1.14	21.05	0.42
C		8.56		8.09		9.81		8.89		8.13		8.75	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN PUTINA

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PERSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²
31.25	46.5	46.96	0.21	47.14	0.41	47.89	1.93	49.47	8.81	47.08	0.34	47.17	0.45
15.38	46.1	43.77	5.42	43.91	4.78	44.01	4.39	45.22	0.77	43.92	4.75	43.77	5.42
10.31	44.5	41.85	7.00	41.97	6.38	41.77	7.45	42.78	2.97	42.01	6.19	41.76	7.51
7.75	43.5	40.42	9.49	40.52	8.87	40.15	11.22	41.01	6.22	40.58	8.52	40.27	10.45
6.21	41.5	39.25	5.05	39.34	4.66	38.87	6.94	39.60	3.60	39.41	4.35	39.06	5.94
5.15	37.9	38.23	0.11	38.31	0.17	37.76	0.02	38.40	0.25	38.39	0.24	38.01	0.01
4.42	37.7	37.35	0.12	37.42	0.08	36.84	0.73	37.39	0.10	37.51	0.04	37.12	0.34
3.88	36.4	36.57	0.03	36.63	0.05	36.03	0.14	36.50	0.01	36.72	0.10	36.32	0.01
3.45	36.3	35.84	0.21	35.89	0.16	35.29	1.02	35.69	0.37	35.99	0.10	35.59	0.51
3.10	34.2	35.15	0.90	35.19	0.99	34.59	0.15	34.93	0.53	35.29	1.19	34.89	0.47
2.82	33.4	34.51	1.24	34.55	1.33	33.97	0.32	34.24	0.71	34.65	1.57	34.25	0.72
2.58	33.2	33.91	0.51	33.94	0.55	33.38	0.03	33.60	0.16	34.05	0.71	33.65	0.20
2.39	33.0	33.33	0.11	33.36	0.13	32.82	0.03	32.99	0.00	33.46	0.21	33.07	0.01
2.21	32.0	32.76	0.57	32.78	0.60	32.27	0.08	32.40	0.16	32.88	0.77	32.50	0.25
2.07	32.0	32.21	0.05	32.23	0.05	31.76	0.06	31.84	0.03	32.33	0.11	31.96	0.00
1.94	31.6	31.68	0.01	31.69	0.01	31.27	0.11	31.30	0.09	31.79	0.04	31.43	0.03
1.82	30.8	31.15	0.12	31.16	0.13	30.79	0.00	30.77	0.00	31.26	0.21	30.92	0.01
1.72	30.5	30.61	0.01	30.62	0.01	30.30	0.04	30.24	0.07	30.71	0.04	30.39	0.01
1.63	30.2	30.09	0.01	30.09	0.01	29.83	0.14	29.72	0.23	30.18	0.00	29.88	0.10
1.55	29.9	29.57	0.11	29.56	0.12	29.37	0.28	29.22	0.47	29.65	0.06	29.37	0.29
1.48	29.8	29.03	0.59	29.02	0.61	28.90	0.81	28.70	1.20	29.10	0.48	28.85	0.91
1.41	29.0	28.47	0.28	28.45	0.30	28.41	0.35	28.17	0.69	28.53	0.22	28.30	0.49
1.35	28.0	27.91	0.01	27.89	0.01	27.93	0.01	27.64	0.13	27.96	0.00	27.76	0.06
1.29	26.7	27.32	0.38	27.29	0.35	27.43	0.53	27.10	0.16	27.36	0.43	27.19	0.24
1.24	26.2	26.69	0.24	26.66	0.21	26.91	0.50	26.53	0.11	26.72	0.27	26.59	0.15
1.19	26.0	26.00	0.00	25.96	0.00	26.33	0.11	25.90	0.01	26.01	0.00	25.93	0.01
1.15	25.8	25.25	0.31	25.20	0.35	25.72	0.01	25.23	0.33	25.24	0.31	25.21	0.34
1.11	24.9	24.38	0.27	24.33	0.32	25.02	0.01	24.46	0.19	24.36	0.29	24.39	0.26
1.07	21.2	23.31	4.47	23.26	4.23	24.17	8.83	23.54	5.46	23.26	4.26	23.39	4.79
1.03	20.5	21.73	1.51	21.66	1.36	22.94	5.94	22.19	2.85	21.64	1.30	21.91	1.99
C		6.27		6.10		7.22		6.05		6.09		6.48	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN COJATA

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PERSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2
31.25	61.1	52.89	67.48	51.03	101.32	53.28	61.20	50.28	117.04	52.07	81.61	50.35	115.56
15.38	55.5	47.59	62.57	46.27	85.14	47.64	61.80	45.33	103.39	45.64	97.26	45.42	101.54
10.31	45.4	44.50	0.81	43.48	3.70	44.40	1.01	42.49	8.50	42.14	10.63	42.58	7.95
7.75	40.9	42.23	1.77	41.41	0.26	42.04	1.31	40.42	0.23	39.69	1.46	40.51	0.15
6.21	38.9	40.41	2.29	39.76	0.74	40.18	1.64	38.79	0.01	37.80	1.21	38.86	0.00
5.15	38.6	38.84	0.06	38.32	0.08	38.58	0.00	37.38	1.49	36.21	5.70	37.44	1.33
4.42	35.6	37.52	3.68	37.11	2.27	37.24	2.71	36.21	0.37	34.91	0.48	36.25	0.43
3.88	35.1	36.34	1.53	36.02	0.85	36.06	0.92	35.17	0.00	33.77	1.76	35.19	0.01
3.45	34.4	35.26	0.74	35.03	0.40	34.99	0.35	34.23	0.03	32.76	2.68	34.24	0.03
3.10	34.0	34.24	0.06	34.09	0.01	33.98	0.00	33.34	0.44	31.82	4.74	33.33	0.45
2.82	32.5	33.32	0.67	33.24	0.54	33.07	0.32	32.54	0.00	30.99	2.28	32.51	0.00
2.58	32.4	32.45	0.00	32.43	0.00	32.22	0.03	31.79	0.37	30.22	4.77	31.74	0.44
2.39	31.0	31.62	0.39	31.66	0.44	31.41	0.17	31.09	0.01	29.49	2.27	31.00	0.00
2.21	30.6	30.81	0.04	30.90	0.09	30.62	0.00	30.39	0.05	28.79	3.27	30.28	0.10
2.07	29.6	30.04	0.20	30.19	0.35	29.87	0.08	29.74	0.02	28.14	2.12	29.61	0.00
1.94	29.4	29.30	0.01	29.50	0.01	29.16	0.06	29.11	0.09	27.52	3.52	28.96	0.20
1.82	28.1	28.57	0.22	28.82	0.51	28.46	0.13	28.49	0.15	26.93	1.37	28.32	0.05
1.72	27.5	27.84	0.11	28.13	0.39	27.75	0.06	27.87	0.14	26.33	1.36	27.67	0.03
1.63	26.7	27.13	0.18	27.46	0.58	27.07	0.14	27.28	0.33	25.77	0.87	27.05	0.12
1.55	25.0	26.42	2.01	26.79	3.22	26.39	1.94	26.68	2.83	25.21	0.05	26.43	2.05
1.48	25.0	25.71	0.50	26.12	1.26	25.72	0.51	26.09	1.18	24.66	0.11	25.81	0.65
1.41	24.8	24.96	0.03	25.42	0.39	25.01	0.04	25.47	0.44	24.10	0.49	25.16	0.13
1.35	24.0	24.23	0.05	24.72	0.52	24.31	0.09	24.85	0.72	23.55	0.20	24.52	0.27
1.29	22.6	23.46	0.74	24.00	1.96	23.58	0.97	24.21	2.61	22.99	0.15	23.85	1.57
1.24	22.1	22.66	0.32	23.24	1.30	22.82	0.52	23.55	2.10	22.41	0.10	23.16	1.12
1.19	22.0	21.78	0.05	22.40	0.16	21.99	0.00	22.81	0.66	21.79	0.04	22.40	0.16
1.15	21.6	20.85	0.57	21.50	0.01	21.10	0.25	22.03	0.19	21.14	0.21	21.58	0.00
1.11	20.7	19.78	0.84	20.48	0.05	20.09	0.38	21.14	0.20	20.43	0.07	20.66	0.00
1.07	20.2	18.50	2.90	19.25	0.91	18.86	1.81	20.06	0.02	19.59	0.37	19.55	0.42
1.03	19.2	16.65	6.53	17.45	3.06	17.07	4.56	18.49	0.50	18.43	0.59	17.95	1.56
C		12.54		14.51		11.96		15.62		15.22		15.37	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN TARACO

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PERSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2
31.25	66.4	67.20	0.64	68.64	5.00	67.35	0.90	67.48	1.17	69.08	7.16	68.74	5.49
15.38	64.0	59.76	17.96	60.79	10.33	59.75	18.04	59.81	17.54	60.95	9.29	60.20	14.43
10.31	55.8	55.46	0.11	56.26	0.21	55.38	0.17	55.40	0.16	56.31	0.26	55.40	0.16
7.75	53.0	52.33	0.45	52.97	0.00	52.21	0.62	52.20	0.64	52.95	0.00	51.97	1.05
6.21	52.2	49.83	5.60	50.36	3.39	49.70	6.23	49.67	6.42	50.29	3.66	49.28	8.50
5.15	50.2	47.68	6.33	48.11	4.36	47.55	7.02	47.49	7.34	48.01	4.81	47.00	10.27
4.42	49.5	45.88	13.10	46.23	10.71	45.75	14.07	45.67	14.65	46.10	11.56	45.10	19.40
3.88	48.8	44.28	20.46	44.55	18.02	44.15	21.61	44.06	22.46	44.41	19.25	43.42	28.93
3.45	48.1	42.82	27.83	43.04	25.58	42.71	29.05	42.60	30.20	42.89	27.15	41.92	38.21
3.10	46.8	41.45	28.62	41.61	26.92	41.35	29.72	41.23	31.03	41.45	28.61	40.51	39.60
2.82	43.0	40.21	7.78	40.32	7.16	40.12	8.27	39.99	9.04	40.16	8.07	39.24	14.10
2.58	43.0	39.05	15.63	39.12	15.09	38.97	16.20	38.83	17.36	38.95	16.41	38.07	24.35
2.39	40.0	37.94	4.23	37.97	4.12	37.89	4.47	37.73	5.13	37.80	4.82	36.96	9.27
2.21	36.8	36.86	0.00	36.84	0.00	36.82	0.00	36.65	0.02	36.68	0.01	35.87	0.87
2.07	36.0	35.84	0.03	35.79	0.04	35.82	0.03	35.65	0.12	35.63	0.13	34.86	1.30
1.94	34.2	34.86	0.43	34.78	0.33	34.85	0.42	34.67	0.22	34.62	0.18	33.89	0.10
1.82	32.6	33.90	1.68	33.79	1.40	33.91	1.71	33.72	1.25	33.64	1.07	32.95	0.12
1.72	31.5	32.93	2.03	32.78	1.65	32.95	2.12	32.76	1.58	32.64	1.30	32.00	0.25
1.63	28.6	31.99	11.52	31.82	10.39	32.04	11.83	31.83	10.45	31.69	9.54	31.09	6.22
1.55	28.4	31.07	7.12	30.87	6.10	31.13	7.45	30.91	6.31	30.74	5.50	30.20	3.24
1.48	28.0	30.14	4.58	29.91	3.66	30.22	4.91	29.99	3.96	29.80	3.24	29.31	1.71
1.41	26.8	29.17	5.62	28.92	4.49	29.26	6.06	29.03	4.96	28.82	4.08	28.38	2.51
1.35	26.0	28.21	4.91	27.94	3.76	28.32	5.37	28.07	4.30	27.85	3.43	27.48	2.18
1.29	24.6	27.23	6.91	26.93	5.42	27.34	7.52	27.09	6.19	26.86	5.09	26.55	3.79
1.24	23.6	26.20	6.75	25.87	5.17	26.32	7.39	26.06	6.03	25.82	4.93	25.58	3.92
1.19	23.6	25.07	2.16	24.72	1.25	25.19	2.54	24.92	1.74	24.69	1.18	24.53	0.86
1.15	22.4	23.87	2.17	23.50	1.21	23.99	2.54	23.71	1.71	23.49	1.19	23.42	1.04
1.11	21.4	22.52	1.26	22.12	0.53	22.63	1.51	22.33	0.87	22.15	0.56	22.18	0.61
1.07	20.4	20.90	0.25	20.48	0.01	20.97	0.33	20.66	0.07	20.54	0.02	20.70	0.09
1.03	20.4	18.59	3.27	18.14	5.13	18.56	3.39	18.22	4.74	18.26	4.60	18.62	3.16
C		14.47		13.47		14.88		14.75		13.68		15.68	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN HUANCANE

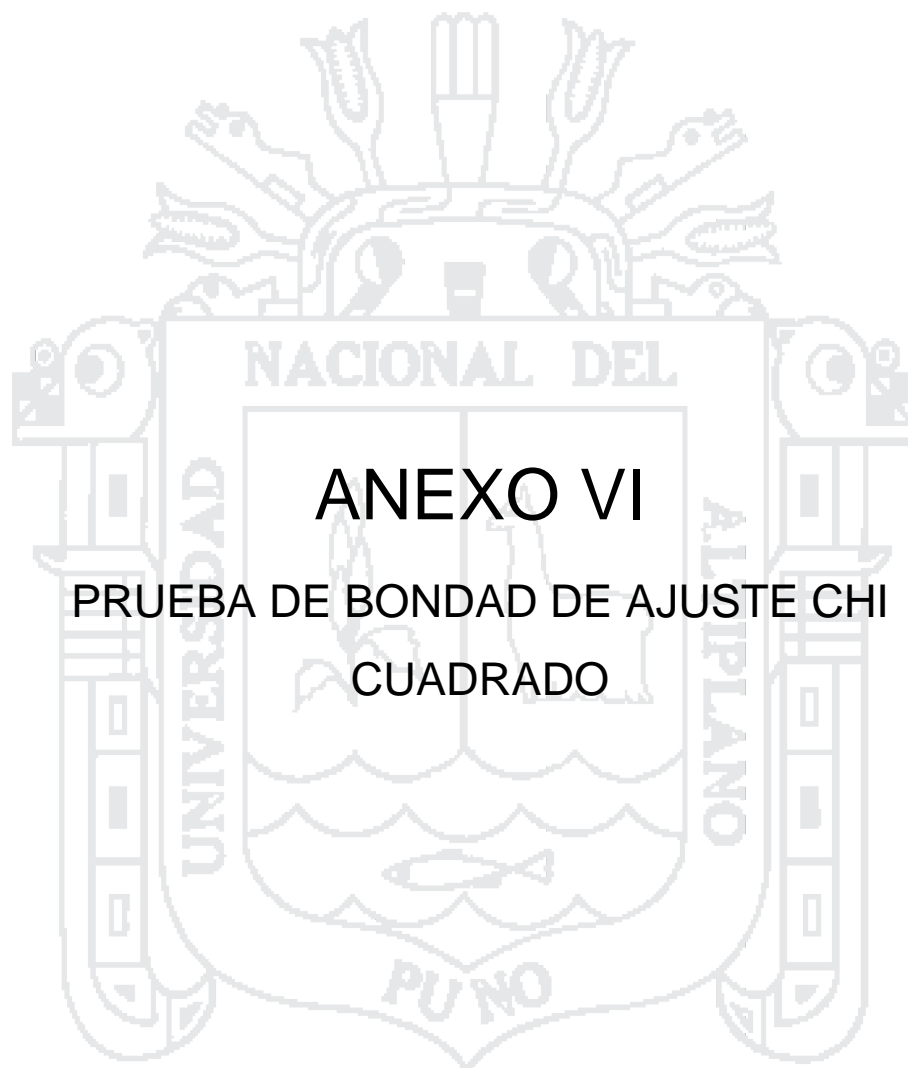
TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PERSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2
31.25	68.7	71.74	9.22	73.44	22.45	72.71	16.06	75.98	53.06	72.09	11.49	73.99	28.01
15.38	66.5	65.54	1.01	66.80	0.06	65.73	0.67	68.24	2.87	66.54	0.00	66.80	0.06
10.31	65.0	61.88	9.67	62.88	4.44	61.72	10.70	63.79	1.44	63.15	3.41	62.65	5.50
7.75	64.6	59.17	29.96	60.00	21.63	58.81	34.05	60.56	16.67	60.57	16.60	59.62	25.31
6.21	58.0	56.99	1.02	57.67	0.11	56.51	2.23	58.01	0.00	58.46	0.21	57.20	0.64
5.15	58.0	55.09	8.48	55.65	5.50	54.53	12.05	55.81	4.79	56.60	1.97	55.12	8.29
4.42	56.5	53.48	9.26	53.95	6.62	52.88	13.29	53.98	6.47	55.00	2.32	53.37	9.92
3.88	54.5	52.03	6.09	52.42	4.34	51.41	9.55	52.35	4.63	53.55	0.91	51.82	7.21
3.45	52.4	50.71	2.84	51.02	1.90	50.09	5.36	50.88	2.31	52.21	0.04	50.40	3.98
3.10	51.6	49.46	4.59	49.70	3.63	48.84	7.64	49.49	4.44	50.92	0.46	49.07	6.42
2.82	50.8	48.31	6.25	48.49	5.40	47.71	9.63	48.24	6.60	49.74	1.15	47.86	8.73
2.58	48.6	47.23	1.78	47.35	1.47	46.66	3.65	47.07	2.23	48.62	0.00	46.73	3.39
2.39	48.5	46.20	5.28	46.27	4.98	45.66	8.08	45.97	6.42	47.53	0.93	45.65	8.14
2.21	44.4	45.18	0.58	45.19	0.60	44.67	0.07	44.87	0.21	46.45	4.15	44.58	0.03
2.07	44.1	44.22	0.02	44.18	0.01	43.76	0.10	43.86	0.05	45.43	1.85	43.59	0.23
1.94	43.4	43.28	0.01	43.20	0.03	42.87	0.26	42.87	0.26	44.43	1.10	42.63	0.57
1.82	42.2	42.36	0.03	42.24	0.00	42.00	0.04	41.91	0.08	43.44	1.53	41.68	0.27
1.72	40.1	41.42	1.77	41.26	1.35	41.13	1.07	40.94	0.72	42.42	5.41	40.73	0.40
1.63	39.4	40.52	1.25	40.31	0.83	40.29	0.79	40.01	0.37	41.43	4.14	39.81	0.17
1.55	37.8	39.61	3.12	39.36	2.30	39.45	2.58	39.08	1.52	40.44	6.73	38.90	1.10
1.48	36.1	38.70	6.66	38.41	5.26	38.61	6.23	38.15	4.13	39.43	10.98	37.98	3.46
1.41	36.1	37.74	2.63	37.41	1.67	37.74	2.63	37.18	1.13	38.36	5.05	37.02	0.81
1.35	35.6	36.78	1.40	36.42	0.67	36.87	1.62	36.22	0.38	37.30	2.88	36.07	0.22
1.29	35.0	35.79	0.62	35.38	0.15	35.98	0.95	35.22	0.05	36.18	1.39	35.08	0.01
1.24	35.0	34.74	0.07	34.30	0.49	35.04	0.00	34.18	0.67	35.00	0.00	34.06	0.89
1.19	34.4	33.58	0.65	33.10	1.67	34.00	0.15	33.03	1.84	33.68	0.51	32.92	2.15
1.15	32.5	32.34	0.02	31.82	0.45	32.90	0.17	31.81	0.46	32.26	0.05	31.72	0.59
1.11	32.0	30.93	1.15	30.35	2.71	31.65	0.12	30.42	2.49	30.62	1.89	30.35	2.71
1.07	24.4	29.20	23.42	28.58	17.78	30.13	33.26	28.73	19.11	28.62	18.12	28.70	18.85
1.03	23.8	26.68	8.29	25.99	4.81	27.91	16.91	26.27	6.12	25.66	3.47	26.32	6.36
C		12.13		11.10		14.14		12.31		10.43		12.43	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN HUARAYA MOHO

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PERSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2	Xe	(Xe-Xi)^2
31.25	74.3	66.70	57.80	66.51	60.70	67.66	44.07	68.32	35.80	66.91	54.60	66.75	56.95
15.38	63.2	61.09	4.45	60.97	4.99	61.29	3.66	61.79	1.98	60.97	4.96	60.88	5.38
10.31	62.0	57.77	17.90	57.68	18.66	57.62	19.19	58.04	15.69	57.51	20.20	57.45	20.66
7.75	52.4	55.31	8.45	55.24	8.08	54.96	6.56	55.32	8.51	54.96	6.55	54.94	6.45
6.21	51.6	53.32	2.97	53.28	2.81	52.85	1.57	53.16	2.44	52.92	1.75	52.93	1.76
5.15	51.6	51.59	0.00	51.56	0.00	51.05	0.31	51.31	0.08	51.16	0.19	51.18	0.17
4.42	51.0	50.12	0.77	50.11	0.80	49.53	2.15	49.76	1.53	49.67	1.77	49.71	1.65
3.88	50.5	48.80	2.87	48.80	2.88	48.19	5.31	48.39	4.45	48.34	4.66	48.40	4.40
3.45	48.1	47.60	0.25	47.61	0.24	46.98	1.24	47.15	0.90	47.13	0.94	47.21	0.80
3.10	46.0	46.45	0.21	46.47	0.22	45.84	0.03	45.98	0.00	45.98	0.00	46.07	0.01
2.82	45.3	45.41	0.01	45.44	0.02	44.81	0.24	44.93	0.14	44.94	0.13	45.05	0.06
2.58	45.2	44.42	0.61	44.46	0.55	43.85	1.82	43.94	1.58	43.96	1.53	44.08	1.26
2.39	43.8	43.48	0.10	43.52	0.08	42.94	0.74	43.01	0.62	43.03	0.59	43.16	0.41
2.21	42.0	42.54	0.29	42.59	0.35	42.04	0.00	42.09	0.01	42.11	0.01	42.25	0.06
2.07	41.5	41.66	0.03	41.72	0.05	41.20	0.09	41.23	0.07	41.24	0.07	41.39	0.01
1.94	39.5	40.80	1.69	40.86	1.86	40.39	0.79	40.40	0.82	40.40	0.81	40.56	1.12
1.82	38.9	39.96	1.12	40.03	1.27	39.60	0.49	39.59	0.48	39.57	0.46	39.75	0.72
1.72	38.7	39.10	0.16	39.17	0.22	38.80	0.01	38.77	0.01	38.74	0.00	38.92	0.05
1.63	38.6	38.27	0.11	38.35	0.06	38.03	0.32	37.99	0.37	37.93	0.45	38.12	0.23
1.55	38.0	37.43	0.32	37.52	0.23	37.27	0.54	37.21	0.63	37.12	0.77	37.33	0.45
1.48	37.8	36.59	1.46	36.68	1.25	36.50	1.69	36.42	1.90	36.31	2.21	36.53	1.62
1.41	35.8	35.71	0.01	35.81	0.00	35.70	0.01	35.60	0.04	35.46	0.11	35.69	0.01
1.35	34.8	34.83	0.00	34.93	0.02	34.91	0.01	34.79	0.00	34.62	0.03	34.85	0.00
1.29	34.5	33.91	0.34	34.02	0.23	34.09	0.17	33.95	0.30	33.74	0.57	33.99	0.26
1.24	33.4	32.95	0.20	33.06	0.11	33.23	0.03	33.07	0.11	32.82	0.33	33.08	0.10
1.19	31.4	31.88	0.23	32.00	0.36	32.28	0.78	32.11	0.50	31.81	0.17	32.08	0.46
1.15	29.5	30.73	1.52	30.86	1.85	31.28	3.16	31.08	2.48	30.72	1.50	31.01	2.28
1.11	28.5	29.42	0.85	29.55	1.11	30.13	2.67	29.90	1.97	29.49	0.98	29.79	1.67
1.07	26.4	27.82	2.03	27.96	2.44	28.74	5.49	28.48	4.33	27.99	2.53	28.31	3.65
1.03	25.0	25.49	0.24	25.63	0.40	26.72	2.95	26.41	1.98	25.81	0.66	26.16	1.34
C		10.34		10.58		10.30		9.47		10.47		10.68	

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO
ESTACIÓN HIDROLÓGICA PUENTE HUANCANÉ

TR (Años)	Obs. Xi (mm)	LOG NORMAL DE II PARÁMETROS				GUMBEL				LOG PEARSON TIPO III			
		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud		Momentos		Verosimilitud	
		Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²	Xe	(Xe-Xi) ²
31.25	246.0	257.99	143.54	279.16	1098.78	255.96	99.08	262.46	270.71	265.19	367.91	285.66	1572.21
15.38	245.1	224.34	431.74	238.78	40.15	224.04	444.39	228.97	260.87	234.78	106.89	239.99	26.32
10.31	240.8	205.24	1262.77	216.17	605.24	205.67	1231.95	209.70	965.54	216.55	586.57	215.19	654.67
7.75	206.1	191.49	213.69	200.05	36.69	192.36	189.13	195.73	107.78	202.98	9.78	197.85	68.18
6.21	187.2	180.67	43.14	187.45	0.05	181.81	29.42	184.66	6.62	192.01	22.86	184.51	7.43
5.15	176.8	171.42	28.80	176.76	0.00	172.76	16.24	175.16	2.63	182.45	32.06	173.33	11.97
4.42	163.3	163.72	0.19	167.91	21.38	165.18	3.60	167.22	15.46	174.34	122.19	164.17	0.78
3.88	160.3	156.92	11.10	160.14	0.01	158.47	3.17	160.18	0.01	167.08	46.53	156.20	16.42
3.45	151.9	150.81	1.10	153.18	1.75	152.41	0.31	153.82	3.85	160.45	73.89	149.13	7.44
3.10	150.0	145.06	24.54	146.66	11.20	146.69	11.03	147.81	4.82	154.15	17.12	142.56	55.54
2.82	149.6	139.91	94.50	140.85	76.97	141.54	65.34	142.42	52.01	148.44	1.41	136.74	166.06
2.58	140.2	135.09	26.40	135.45	22.87	136.71	12.35	137.35	8.29	143.05	7.96	131.36	78.62
2.39	139.1	130.55	73.87	130.37	77.04	132.14	49.05	132.55	43.49	137.92	1.49	126.34	163.95
2.21	136.3	126.10	104.17	125.41	118.71	127.64	75.10	127.83	71.88	132.86	11.91	121.47	220.12
2.07	136.3	121.98	204.87	120.84	238.85	123.45	164.85	123.43	165.32	128.12	66.74	117.00	372.13
1.94	123.7	118.00	32.90	116.44	53.23	119.39	18.88	119.17	20.82	123.52	0.05	112.73	121.16
1.82	122.4	114.14	68.12	112.19	104.10	115.43	48.48	115.01	54.40	119.02	11.33	108.62	189.70
1.72	119.5	110.25	85.53	107.92	133.94	111.42	65.29	110.81	75.53	114.47	25.30	104.52	224.40
1.63	118.8	106.54	151.16	103.88	223.82	107.57	126.90	106.77	145.56	110.10	76.39	100.64	330.97
1.55	97.1	102.88	33.20	99.89	7.70	103.74	43.96	102.76	31.84	105.75	74.57	96.85	0.07
1.48	91.2	99.22	64.97	95.93	22.75	99.91	76.44	98.73	57.25	101.39	104.69	93.10	3.75
1.41	84.4	95.44	121.28	91.85	55.14	95.90	131.63	94.53	101.99	96.86	154.61	89.25	23.28
1.35	83.3	91.72	71.60	87.86	21.18	91.93	75.19	90.36	50.44	92.38	83.28	85.51	5.05
1.29	81.0	87.91	47.66	83.79	7.75	87.83	46.49	86.06	25.48	87.78	45.87	81.71	0.49
1.24	79.8	83.96	16.93	79.60	0.06	83.53	13.54	81.55	2.88	82.99	9.87	77.81	4.16
1.19	67.7	79.67	142.99	75.06	54.01	78.79	122.87	76.58	78.67	77.76	101.06	73.61	34.86
1.15	63.6	75.16	133.50	70.33	45.19	73.76	102.98	71.29	59.06	72.27	74.97	69.27	32.00
1.11	62.4	70.13	60.40	65.09	7.45	68.02	32.12	65.28	8.54	66.12	14.16	64.47	4.46
1.07	55.9	64.16	67.63	58.92	8.94	61.06	26.27	57.97	4.15	58.83	8.42	58.87	8.60
1.03	40.3	55.79	241.45	50.40	103.04	50.92	113.82	47.33	50.16	48.69	71.23	51.17	119.28
C		63.28		56.55		58.65		52.40		48.28		67.26	



**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN CRUCERO**

Función de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(li)	F(Si)	ei	(θi-ei) ² /ei	D	χ ²	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.005	0.005	3.846	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	3	0.000	0.087	2.619	0.055			
	3	26	39	13	0.087	0.479	11.744	0.134			
	4	39	52	9	0.479	0.808	9.885	0.079			
	5	52	65	2	0.808	0.944	4.068	1.051			
	6	65	78	3	0.944	0.985	1.235	2.521			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.007	0.007	3.578	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	3	0.000	0.092	2.739	0.025			
	3	26	39	13	0.092	0.479	11.623	0.163			
	4	39	52	9	0.479	0.804	9.738	0.056			
	5	52	65	2	0.804	0.940	4.105	1.079			
	6	65	78	3	0.940	0.984	1.294	2.248			
Gumbel - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.004	0.004	3.864	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	3	0.000	0.079	2.359	0.174			
	3	26	39	13	0.079	0.485	12.199	0.053			
	4	39	52	9	0.485	0.814	9.863	0.076			
	5	52	65	2	0.814	0.943	3.871	0.904			
	6	65	78	3	0.943	0.984	1.209	2.654			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.008	0.008	3.433	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	3	0.000	0.087	2.590	0.065			
	3	26	39	13	0.087	0.484	11.917	0.098			
	4	39	52	9	0.484	0.806	9.670	0.046			
	5	52	65	2	0.806	0.938	3.956	0.967			
	6	65	78	3	0.938	0.981	1.294	2.249			
Log Pearson Tipo III - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.013	0.013	3.861	5.991	SI SE AJUSTA
	2	13	26	3	0.000	0.093	2.787	0.016			
	3	26	39	13	0.093	0.471	11.326	0.247			
	4	39	52	9	0.471	0.802	9.925	0.086			
	5	52	65	2	0.802	0.943	4.252	1.193			
	6	65	78	3	0.943	0.986	1.281	2.305			
Log Pearson Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.001	0.001	3.387	5.991	SI SE AJUSTA
	2	13	26	3	0.000	0.088	2.652	0.046			
	3	26	39	13	0.088	0.495	12.210	0.051			
	4	39	52	9	0.495	0.811	9.452	0.022			
	5	52	65	2	0.811	0.938	3.838	0.880			
	6	65	78	3	0.938	0.981	1.263	2.387			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 α = 0.05 Nivel de Significancia

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN CENTRO POBLADO PROGRESO

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(li)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.995	7.815	SI SE AJUSTA
	2	8	16	0	0.000	0.002	0.050	0.050			
	3	16	24	4	0.002	0.141	4.170	0.007			
	4	24	32	14	0.141	0.595	13.629	0.010			
	5	32	40	8	0.595	0.897	9.049	0.122			
	6	40	48	4	0.897	0.982	2.563	0.806			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.950	7.815	SI SE AJUSTA
	2	8	16	0	0.000	0.002	0.053	0.053			
	3	16	24	4	0.002	0.142	4.205	0.010			
	4	24	32	14	0.142	0.593	13.547	0.015			
	5	32	40	8	0.593	0.895	9.032	0.118			
	6	40	48	4	0.895	0.981	2.600	0.754			
Gumbel - Momentos	1	0	8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.335	7.815	SI SE AJUSTA
	2	8	16	0	0.000	0.000	0.002	0.002			
	3	16	24	4	0.000	0.121	3.628	0.038			
	4	24	32	14	0.121	0.622	15.038	0.072			
	5	32	40	8	0.622	0.899	8.299	0.011			
	6	40	48	4	0.899	0.976	2.323	1.212			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.975	7.815	SI SE AJUSTA
	2	8	16	0	0.000	0.000	0.009	0.009			
	3	16	24	4	0.000	0.138	4.126	0.004			
	4	24	32	14	0.138	0.618	14.406	0.011			
	5	32	40	8	0.618	0.890	8.151	0.003			
	6	40	48	4	0.890	0.972	2.470	0.948			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.962	5.991	SI SE AJUSTA
	2	8	16	0	0.000	0.001	0.042	0.042			
	3	16	24	4	0.001	0.143	4.255	0.015			
	4	24	32	14	0.143	0.600	13.707	0.006			
	5	32	40	8	0.600	0.895	8.843	0.080			
	6	40	48	4	0.895	0.980	2.554	0.819			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.022	5.991	SI SE AJUSTA
	2	8	16	0	0.000	0.001	0.025	0.025			
	3	16	24	4	0.001	0.138	4.115	0.003			
	4	24	32	14	0.138	0.605	14.001	0.000			
	5	32	40	8	0.605	0.897	8.774	0.068			
	6	40	48	4	0.897	0.980	2.484	0.925			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia

**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN PUCARA**

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(i)	F(Si)	ei	($\theta_i - e_i$) ² /e _i	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.002	0.056	0.056	4.342	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	5	0.002	0.196	5.819	0.115			
	3	26	39	16	0.196	0.633	13.102	0.641			
	4	39	52	6	0.633	0.882	7.493	0.298			
	5	52	65	1	0.882	0.967	2.554	0.945			
	6	65	78	2	0.967	0.991	0.718	2.287			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.001	0.024	0.024	5.185	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	5	0.001	0.171	5.116	0.003			
	3	26	39	16	0.171	0.634	13.893	0.320			
	4	39	52	6	0.634	0.896	7.856	0.438			
	5	52	65	1	0.896	0.976	2.382	0.802			
	6	65	78	2	0.976	0.995	0.569	3.598			
Gumbel - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.002	0.071	0.071	4.112	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	5	0.002	0.191	5.674	0.080			
	3	26	39	16	0.191	0.636	13.345	0.528			
	4	39	52	6	0.636	0.884	7.421	0.272			
	5	52	65	1	0.884	0.967	2.491	0.893			
	6	65	78	2	0.967	0.991	0.721	2.267			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.008	0.008	5.634	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	5	0.000	0.155	4.655	0.026			
	3	26	39	16	0.155	0.657	15.050	0.060			
	4	39	52	6	0.657	0.910	7.576	0.328			
	5	52	65	1	0.910	0.979	2.077	0.558			
	6	65	78	2	0.979	0.995	0.490	4.654			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	4.218	5.991	SI SE AJUSTA
	2	13	26	5	0.000	0.204	6.112	0.202			
	3	26	39	16	0.204	0.710	15.188	0.043			
	4	39	52	6	0.710	0.910	5.998	0.000			
	5	52	65	1	0.910	0.970	1.803	0.357			
	6	65	78	2	0.970	0.989	0.568	3.615			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.005	0.005	5.112	5.991	SI SE AJUSTA
	2	13	26	5	0.000	0.169	5.051	0.001			
	3	26	39	16	0.169	0.657	14.656	0.123			
	4	39	52	6	0.657	0.905	7.446	0.281			
	5	52	65	1	0.905	0.977	2.137	0.605			
	6	65	78	2	0.977	0.994	0.528	4.097			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 α = 0.05 Nivel de Significancia

**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN AZANGARO**

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(li)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	11	0	0.000	0.002	0.055	0.055	18.956	7.815	NO SE AJUSTA
	2	11	22	2	0.002	0.164	4.868	1.690			
	3	22	33	20	0.164	0.559	11.861	5.585			
	4	33	44	3	0.559	0.829	8.080	3.194			
	5	44	55	1	0.829	0.942	3.389	1.684			
	6	55	66	4	0.942	0.981	1.179	6.748			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	11	0	0.000	0.001	0.022	0.022	19.820	7.815	NO SE AJUSTA
	2	11	22	2	0.001	0.139	4.148	1.112			
	3	22	33	20	0.139	0.555	12.480	4.532			
	4	33	44	3	0.555	0.843	8.634	3.677			
	5	44	55	1	0.843	0.953	3.319	1.620			
	6	55	66	4	0.953	0.987	1.010	8.857			
Gumbel - Momentos	1	0	11	0	0.000	0.003	0.103	0.103	18.977	7.815	NO SE AJUSTA
	2	11	22	2	0.003	0.162	4.765	1.604			
	3	22	33	20	0.162	0.558	11.883	5.545			
	4	33	44	3	0.558	0.830	8.139	3.245			
	5	44	55	1	0.830	0.942	3.368	1.665			
	6	55	66	4	0.942	0.981	1.173	6.815			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	11	0	0.000	0.000	0.009	0.009	20.953	7.815	NO SE AJUSTA
	2	11	22	2	0.000	0.119	3.564	0.686			
	3	22	33	20	0.119	0.573	13.612	2.997			
	4	33	44	3	0.573	0.864	8.742	3.772			
	5	44	55	1	0.864	0.963	2.948	1.287			
	6	55	66	4	0.963	0.990	0.826	12.202			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	11	0	0.000	0.000	0.000	0.000	17.298	5.991	NO SE AJUSTA
	2	11	22	2	0.000	0.149	4.460	1.357			
	3	22	33	20	0.149	0.630	14.448	2.133			
	4	33	44	3	0.630	0.865	7.042	2.320			
	5	44	55	1	0.865	0.948	2.501	0.901			
	6	55	66	4	0.948	0.979	0.905	10.587			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	11	0	0.000	0.000	0.004	0.004	19.397	5.991	NO SE AJUSTA
	2	11	22	2	0.000	0.132	3.947	0.960			
	3	22	33	20	0.132	0.576	13.330	3.338			
	4	33	44	3	0.576	0.856	8.386	3.459			
	5	44	55	1	0.856	0.956	3.010	1.342			
	6	55	66	4	0.956	0.987	0.921	10.294			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia

**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN MUÑANI**

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(i)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	7	0	0.000	0.000	0.000	0.000	2.192	7.815	SI SE AJUSTA
	2	7	14	0	0.000	0.000	0.005	0.005			
	3	14	21	4	0.000	0.076	2.290	1.277			
	4	21	28	11	0.076	0.546	14.085	0.676			
	5	28	35	12	0.546	0.906	10.786	0.137			
	6	35	42	3	0.906	0.989	2.506	0.097			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	7	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.909	7.815	SI SE AJUSTA
	2	7	14	0	0.000	0.000	0.006	0.006			
	3	14	21	4	0.000	0.080	2.404	1.059			
	4	21	28	11	0.080	0.545	13.939	0.620			
	5	28	35	12	0.545	0.901	10.688	0.161			
	6	35	42	3	0.901	0.988	2.595	0.063			
Gumbel - Momentos	1	0	7	0	0.000	0.000	0.000	0.000	6.718	7.815	SI SE AJUSTA
	2	7	14	0	0.000	0.000	0.000	0.000			
	3	14	21	4	0.000	0.048	1.451	4.475			
	4	21	28	11	0.048	0.579	15.932	1.527			
	5	28	35	12	0.579	0.906	9.807	0.490			
	6	35	42	3	0.906	0.982	2.282	0.226			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	7	0	0.000	0.000	0.000	0.000	3.367	7.815	SI SE AJUSTA
	2	7	14	0	0.000	0.000	0.000	0.000			
	3	14	21	4	0.000	0.072	2.165	1.554			
	4	21	28	11	0.072	0.573	15.021	1.076			
	5	28	35	12	0.573	0.889	9.473	0.674			
	6	35	42	3	0.889	0.975	2.599	0.062			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	7	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.675	5.991	SI SE AJUSTA
	2	7	14	0	0.000	0.000	0.011	0.011			
	3	14	21	4	0.000	0.081	2.434	1.008			
	4	21	28	11	0.081	0.536	13.635	0.509			
	5	28	35	12	0.536	0.902	10.982	0.094			
	6	35	42	3	0.902	0.990	2.628	0.053			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	7	0	0.000	0.000	0.000	0.000	2.440	5.991	SI SE AJUSTA
	2	7	14	0	0.000	0.000	0.002	0.002			
	3	14	21	4	0.000	0.078	2.347	1.164			
	4	21	28	11	0.078	0.563	14.534	0.859			
	5	28	35	12	0.563	0.906	10.304	0.279			
	6	35	42	3	0.906	0.987	2.427	0.135			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia

**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN ANANEA**

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(i)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	8	0	0.000	0.000	0.002	0.002	4.959	7.815	SI SE AJUSTA
	2	8	16	3	0.000	0.071	2.117	0.368			
	3	16	24	13	0.071	0.472	12.049	0.075			
	4	24	32	7	0.472	0.822	10.507	1.170			
	5	32	40	7	0.822	0.955	3.978	2.295			
	6	40	48	0	0.955	0.990	1.048	1.048			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	8	0	0.000	0.000	0.006	0.006	4.324	7.815	SI SE AJUSTA
	2	8	16	3	0.000	0.091	2.712	0.031			
	3	16	24	13	0.091	0.479	11.664	0.153			
	4	24	32	7	0.479	0.805	9.774	0.787			
	5	32	40	7	0.805	0.942	4.090	2.071			
	6	40	48	0	0.942	0.984	1.275	1.275			
Gumbel - Momentos	1	0	8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	5.961	7.815	SI SE AJUSTA
	2	8	16	3	0.000	0.058	1.753	0.888			
	3	16	24	13	0.058	0.482	12.720	0.006			
	4	24	32	7	0.482	0.829	10.408	1.116			
	5	32	40	7	0.829	0.953	3.712	2.912			
	6	40	48	0	0.953	0.988	1.039	1.039			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	8	0	0.000	0.000	0.012	0.012	4.432	7.815	SI SE AJUSTA
	2	8	16	3	0.000	0.092	2.738	0.025			
	3	16	24	13	0.092	0.483	11.727	0.138			
	4	24	32	7	0.483	0.801	9.546	0.679			
	5	32	40	7	0.801	0.934	4.012	2.225			
	6	40	48	0	0.934	0.980	1.352	1.352			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	8	0	0.000	0.001	0.036	0.036	4.539	5.991	SI SE AJUSTA
	2	8	16	3	0.001	0.081	2.391	0.155			
	3	16	24	13	0.081	0.406	9.754	1.080			
	4	24	32	7	0.406	0.768	10.871	1.378			
	5	32	40	7	0.768	0.947	5.356	0.504			
	6	40	48	0	0.947	0.993	1.385	1.385			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	8	0	0.000	0.000	0.001	0.001	4.570	5.991	SI SE AJUSTA
	2	8	16	3	0.000	0.089	2.675	0.040			
	3	16	24	13	0.089	0.495	12.171	0.056			
	4	24	32	7	0.495	0.807	9.356	0.593			
	5	32	40	7	0.807	0.935	3.851	2.574			
	6	40	48	0	0.935	0.979	1.306	1.306			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia

**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN ARAPA**

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(i)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	10	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.941	7.815	SI SE AJUSTA
	2	10	20	0	0.000	0.023	0.678	0.678			
	3	20	30	11	0.023	0.325	9.059	0.416			
	4	30	40	10	0.325	0.740	12.463	0.487			
	5	40	50	7	0.740	0.933	5.778	0.259			
	6	50	60	2	0.933	0.986	1.596	0.102			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	10	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.880	7.815	SI SE AJUSTA
	2	10	20	0	0.000	0.025	0.742	0.742			
	3	20	30	11	0.025	0.328	9.089	0.402			
	4	30	40	10	0.328	0.736	12.247	0.412			
	5	40	50	7	0.736	0.929	5.783	0.256			
	6	50	60	2	0.929	0.984	1.664	0.068			
Gumbel - Momentos	1	0	10	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.912	7.815	SI SE AJUSTA
	2	10	20	0	0.000	0.012	0.365	0.365			
	3	20	30	11	0.012	0.328	9.486	0.242			
	4	30	40	10	0.328	0.755	12.793	0.610			
	5	40	50	7	0.755	0.931	5.298	0.547			
	6	50	60	2	0.931	0.982	1.524	0.149			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	10	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.768	7.815	SI SE AJUSTA
	2	10	20	0	0.000	0.018	0.538	0.538			
	3	20	30	11	0.018	0.339	9.646	0.190			
	4	30	40	10	0.339	0.748	12.258	0.416			
	5	40	50	7	0.748	0.925	5.307	0.540			
	6	50	60	2	0.925	0.979	1.629	0.085			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	10	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.863	5.991	SI SE AJUSTA
	2	10	20	0	0.000	0.024	0.733	0.733			
	3	20	30	11	0.024	0.329	9.152	0.373			
	4	30	40	10	0.329	0.737	12.237	0.409			
	5	40	50	7	0.737	0.929	5.739	0.277			
	6	50	60	2	0.929	0.984	1.657	0.071			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	10	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.787	5.991	SI SE AJUSTA
	2	10	20	0	0.000	0.019	0.579	0.579			
	3	20	30	11	0.019	0.336	9.493	0.239			
	4	30	40	10	0.336	0.747	12.331	0.441			
	5	40	50	7	0.747	0.929	5.475	0.425			
	6	50	60	2	0.929	0.982	1.595	0.103			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia

**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN PUTINA**

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(i)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	9	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.644	7.815	SI SE AJUSTA
	2	9	18	0	0.000	0.003	0.087	0.087			
	3	18	27	7	0.003	0.209	6.195	0.104			
	4	27	36	14	0.209	0.717	15.233	0.100			
	5	36	45	7	0.717	0.950	6.991	0.000			
	6	45	54	2	0.950	0.994	1.318	0.352			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	9	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.574	7.815	SI SE AJUSTA
	2	9	18	0	0.000	0.003	0.094	0.094			
	3	18	27	7	0.003	0.211	6.234	0.094			
	4	27	36	14	0.211	0.715	15.116	0.082			
	5	36	45	7	0.715	0.949	7.012	0.000			
	6	45	54	2	0.949	0.994	1.358	0.303			
Gumbel - Momentos	1	0	9	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.958	7.815	SI SE AJUSTA
	2	9	18	0	0.000	0.000	0.005	0.005			
	3	18	27	7	0.000	0.200	5.983	0.173			
	4	27	36	14	0.200	0.741	16.239	0.309			
	5	36	45	7	0.741	0.946	6.145	0.119			
	6	45	54	2	0.946	0.990	1.318	0.352			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	9	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.320	7.815	SI SE AJUSTA
	2	9	18	0	0.000	0.001	0.026	0.026			
	3	18	27	7	0.001	0.220	6.585	0.026			
	4	27	36	14	0.220	0.723	15.067	0.076			
	5	36	45	7	0.723	0.933	6.299	0.078			
	6	45	54	2	0.933	0.985	1.576	0.114			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	9	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.600	5.991	SI SE AJUSTA
	2	9	18	0	0.000	0.003	0.102	0.102			
	3	18	27	7	0.003	0.208	6.131	0.123			
	4	27	36	14	0.208	0.710	15.078	0.077			
	5	36	45	7	0.710	0.949	7.148	0.003			
	6	45	54	2	0.949	0.994	1.366	0.295			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	9	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.627	5.991	SI SE AJUSTA
	2	9	18	0	0.000	0.002	0.056	0.056			
	3	18	27	7	0.002	0.216	6.411	0.054			
	4	27	36	14	0.216	0.728	15.385	0.125			
	5	36	45	7	0.728	0.949	6.632	0.020			
	6	45	54	2	0.949	0.993	1.304	0.372			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia

**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN COJATA**

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(i)	F(Si)	ei	(θi-ei) ² /ei	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	11	0	0.000	0.001	0.022	0.022	5.114	7.815	SI SE AJUSTA
	2	11	22	4	0.001	0.169	5.046	0.217			
	3	22	33	16	0.169	0.633	13.934	0.306			
	4	33	44	7	0.633	0.897	7.898	0.102			
	5	44	55	1	0.897	0.976	2.381	0.801			
	6	55	66	2	0.976	0.995	0.563	3.666			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	11	0	0.000	0.000	0.009	0.009	6.712	7.815	SI SE AJUSTA
	2	11	22	4	0.000	0.146	4.381	0.033			
	3	22	33	16	0.146	0.636	14.684	0.118			
	4	33	44	7	0.636	0.910	8.224	0.182			
	5	44	55	1	0.910	0.983	2.180	0.639			
	6	55	66	2	0.983	0.997	0.430	5.732			
Gumbel - Momentos	1	0	11	0	0.000	0.001	0.016	0.016	4.559	7.815	SI SE AJUSTA
	2	11	22	4	0.001	0.161	4.827	0.142			
	3	22	33	16	0.161	0.642	14.430	0.171			
	4	33	44	7	0.642	0.898	7.673	0.059			
	5	44	55	1	0.898	0.974	2.283	0.721			
	6	55	66	2	0.974	0.994	0.582	3.450			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	11	0	0.000	0.000	0.001	0.001	7.199	7.815	SI SE AJUSTA
	2	11	22	4	0.000	0.128	3.831	0.007			
	3	22	33	16	0.128	0.664	16.077	0.000			
	4	33	44	7	0.664	0.922	7.738	0.070			
	5	44	55	1	0.922	0.984	1.869	0.404			
	6	55	66	2	0.984	0.997	0.387	6.715			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	11	0	0.000	0.000	0.000	0.000	5.677	5.991	SI SE AJUSTA
	2	11	22	4	0.000	0.172	5.156	0.259			
	3	22	33	16	0.172	0.718	16.378	0.009			
	4	33	44	7	0.718	0.922	6.116	0.128			
	5	44	55	1	0.922	0.977	1.646	0.253			
	6	55	66	2	0.977	0.992	0.467	5.028			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	11	0	0.000	0.000	0.001	0.001	7.209	5.991	NO SE AJUSTA
	2	11	22	4	0.000	0.145	4.349	0.028			
	3	22	33	16	0.145	0.665	15.586	0.011			
	4	33	44	7	0.665	0.920	7.679	0.060			
	5	44	55	1	0.920	0.984	1.897	0.424			
	6	55	66	2	0.984	0.997	0.389	6.684			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 α = 0.05 Nivel de Significancia

**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN TARACO**

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(i)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	12	0	0.000	0.001	0.028	0.028	5.725	7.815	SI SE AJUSTA
	2	12	24	6	0.001	0.132	3.939	1.078			
	3	24	36	9	0.132	0.521	11.667	0.610			
	4	36	48	6	0.521	0.811	8.702	0.839			
	5	48	60	7	0.811	0.936	3.758	2.798			
	6	60	72	2	0.936	0.980	1.303	0.373			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	12	0	0.000	0.001	0.040	0.040	5.036	7.815	SI SE AJUSTA
	2	12	24	6	0.001	0.142	4.213	0.758			
	3	24	36	9	0.142	0.522	11.418	0.512			
	4	36	48	6	0.522	0.804	8.456	0.713			
	5	48	60	7	0.804	0.930	3.782	2.739			
	6	60	72	2	0.930	0.976	1.385	0.273			
Gumbel - Momentos	1	0	12	0	0.000	0.002	0.048	0.048	6.155	7.815	SI SE AJUSTA
	2	12	24	6	0.002	0.129	3.827	1.234			
	3	24	36	9	0.129	0.522	11.783	0.657			
	4	36	48	6	0.522	0.813	8.743	0.861			
	5	48	60	7	0.813	0.936	3.694	2.960			
	6	60	72	2	0.936	0.979	1.287	0.395			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	12	0	0.000	0.002	0.061	0.061	5.897	7.815	SI SE AJUSTA
	2	12	24	6	0.002	0.136	4.031	0.962			
	3	24	36	9	0.136	0.527	11.728	0.635			
	4	36	48	6	0.527	0.814	8.606	0.789			
	5	48	60	7	0.814	0.936	3.657	3.056			
	6	60	72	2	0.936	0.979	1.287	0.395			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	12	0	0.000	0.001	0.032	0.032	5.210	5.991	SI SE AJUSTA
	2	12	24	6	0.001	0.142	4.236	0.735			
	3	24	36	9	0.142	0.527	11.553	0.564			
	4	36	48	6	0.527	0.806	8.356	0.664			
	5	48	60	7	0.806	0.929	3.705	2.930			
	6	60	72	2	0.929	0.975	1.374	0.285			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	12	0	0.000	0.000	0.012	0.012	6.335	5.991	NO SE AJUSTA
	2	12	24	6	0.000	0.145	4.350	0.626			
	3	24	36	9	0.145	0.552	12.200	0.839			
	4	36	48	6	0.552	0.821	8.073	0.532			
	5	48	60	7	0.821	0.934	3.382	3.872			
	6	60	72	2	0.934	0.975	1.248	0.453			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia

**PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN HUANCANE**

Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(li)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	2.772	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	2	0.000	0.026	0.770	1.967			
	3	26	39	9	0.026	0.333	9.235	0.006			
	4	39	52	10	0.333	0.741	12.232	0.407			
	5	52	65	7	0.741	0.931	5.691	0.301			
	6	65	78	2	0.931	0.985	1.617	0.091			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.720	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	2	0.000	0.032	0.962	1.120			
	3	26	39	9	0.032	0.343	9.320	0.011			
	4	39	52	10	0.343	0.733	11.699	0.247			
	5	52	65	7	0.733	0.922	5.671	0.311			
	6	65	78	2	0.922	0.981	1.767	0.031			
Gumbel - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	6.625	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	2	0.000	0.015	0.450	5.341			
	3	26	39	9	0.015	0.338	9.681	0.048			
	4	39	52	10	0.338	0.755	12.529	0.510			
	5	52	65	7	0.755	0.930	5.241	0.590			
	6	65	78	2	0.930	0.981	1.542	0.136			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	2.203	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	2	0.000	0.029	0.878	1.435			
	3	26	39	9	0.029	0.352	9.689	0.049			
	4	39	52	10	0.352	0.735	11.473	0.189			
	5	52	65	7	0.735	0.913	5.348	0.511			
	6	65	78	2	0.913	0.973	1.816	0.019			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.002	0.002	1.271	5.991	SI SE AJUSTA
	2	13	26	2	0.000	0.035	1.047	0.867			
	3	26	39	9	0.035	0.310	8.237	0.071			
	4	39	52	10	0.310	0.705	11.858	0.291			
	5	52	65	7	0.705	0.922	6.509	0.037			
	6	65	78	2	0.922	0.986	1.926	0.003			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	2.426	5.991	SI SE AJUSTA
	2	13	26	2	0.000	0.029	0.860	1.510			
	3	26	39	9	0.029	0.359	9.899	0.082			
	4	39	52	10	0.359	0.746	11.620	0.226			
	5	52	65	7	0.746	0.923	5.298	0.547			
	6	65	78	2	0.923	0.979	1.679	0.061			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN HUARAYA MOHO

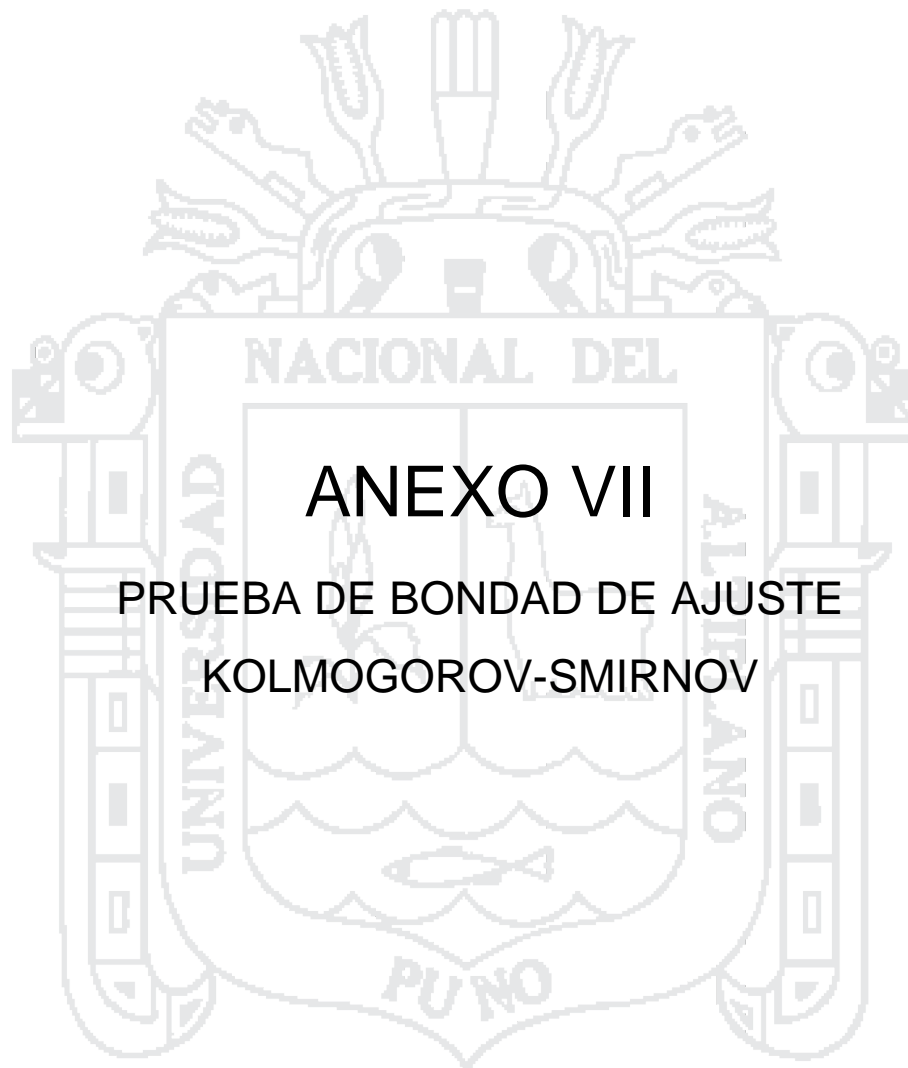
Funcion de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(i)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	DT	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	1	0.000	0.038	1.138	0.017			
	3	26	39	13	0.038	0.415	11.320	0.249			
	4	39	52	12	0.415	0.814	11.970	0.000			
	5	52	65	3	0.814	0.960	4.378	0.434			
	6	65	78	1	0.960	0.993	0.983	0.000			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.706	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	1	0.000	0.036	1.086	0.007			
	3	26	39	13	0.036	0.412	11.285	0.261			
	4	39	52	12	0.412	0.815	12.077	0.000			
	5	52	65	3	0.815	0.961	4.384	0.437			
	6	65	78	1	0.961	0.993	0.967	0.001			
Gumbel - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.423	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	1	0.000	0.024	0.716	0.113			
	3	26	39	13	0.024	0.427	12.105	0.066			
	4	39	52	12	0.427	0.824	11.902	0.001			
	5	52	65	3	0.824	0.957	3.985	0.243			
	6	65	78	1	0.957	0.990	0.993	0.000			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.402	7.815	SI SE AJUSTA
	2	13	26	1	0.000	0.027	0.818	0.040			
	3	26	39	13	0.027	0.428	12.027	0.079			
	4	39	52	12	0.428	0.819	11.723	0.007			
	5	52	65	3	0.819	0.954	4.053	0.274			
	6	65	78	1	0.954	0.989	1.048	0.002			
Log Person Tipo III - Momentos	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.421	5.991	SI SE AJUSTA
	2	13	26	1	0.000	0.034	1.027	0.001			
	3	26	39	13	0.034	0.429	11.855	0.111			
	4	39	52	12	0.429	0.822	11.789	0.004			
	5	52	65	3	0.822	0.960	4.120	0.304			
	6	65	78	1	0.960	0.992	0.963	0.001			
Log Person Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	13	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.461	5.991	SI SE AJUSTA
	2	13	26	1	0.000	0.030	0.905	0.010			
	3	26	39	13	0.030	0.422	11.763	0.130			
	4	39	52	12	0.422	0.822	11.995	0.000			
	5	52	65	3	0.822	0.960	4.148	0.318			
	6	65	78	1	0.960	0.992	0.952	0.002			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: CHI CUADRADO
ESTACIÓN HIDROLÓGICA PUENTE HUANCANÉ

Función de Distribución	Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Número Observado	F(li)	F(Si)	ei	$(\theta_i - e_i)^2 / e_i$	D	χ^2	Ajuste
Log Normal - Momentos	1	0	42	1	0.000	0.006	0.167	4.163	7.531	7.815	SI SE AJUSTA
	2	42	84	7	0.006	0.194	5.662	0.316			
	3	84	126	7	0.194	0.547	10.588	1.216			
	4	126	168	9	0.547	0.792	7.354	0.369			
	5	168	210	3	0.792	0.912	3.596	0.099			
	6	210	252	3	0.912	0.964	1.546	1.369			
Log Normal - Máxima Verosimilitud	1	0	42	1	0.000	0.012	0.370	1.074	3.767	7.815	SI SE AJUSTA
	2	42	84	7	0.012	0.228	6.458	0.045			
	3	84	126	7	0.228	0.552	9.732	0.767			
	4	126	168	9	0.552	0.774	6.671	0.813			
	5	168	210	3	0.774	0.892	3.523	0.078			
	6	210	252	3	0.892	0.949	1.702	0.990			
Gumbel - Momentos	1	0	42	1	0.000	0.015	0.442	0.703	3.765	7.815	SI SE AJUSTA
	2	42	84	7	0.015	0.197	5.480	0.422			
	3	84	126	7	0.197	0.536	10.145	0.975			
	4	126	168	9	0.536	0.786	7.524	0.289			
	5	168	210	3	0.786	0.912	3.758	0.153			
	6	210	252	3	0.912	0.965	1.601	1.223			
Gumbel - Máxima Verosimilitud	1	0	42	1	0.000	0.021	0.628	0.221	2.852	7.815	SI SE AJUSTA
	2	42	84	7	0.021	0.211	5.706	0.293			
	3	84	126	7	0.211	0.535	9.709	0.756			
	4	126	168	9	0.535	0.777	7.276	0.409			
	5	168	210	3	0.777	0.904	3.788	0.164			
	6	210	252	3	0.904	0.960	1.693	1.009			
Log Pearson Tipo III - Momentos	1	0	42	1	0.000	0.018	0.526	0.427	2.505	5.991	SI SE AJUSTA
	2	42	84	7	0.018	0.201	5.492	0.414			
	3	84	126	7	0.201	0.501	9.022	0.453			
	4	126	168	9	0.501	0.746	7.347	0.372			
	5	168	210	3	0.746	0.889	4.268	0.377			
	6	210	252	3	0.889	0.956	2.031	0.462			
Log Pearson Tipo III - Máxima Verosimilitud	1	0	42	1	0.000	0.010	0.287	1.771	5.208	5.991	SI SE AJUSTA
	2	42	84	7	0.010	0.245	7.070	0.001			
	3	84	126	7	0.245	0.579	10.005	0.903			
	4	126	168	9	0.579	0.788	6.277	1.181			
	5	168	210	3	0.788	0.894	3.193	0.012			
	6	210	252	3	0.894	0.946	1.556	1.341			

G.L. = 3 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 2 Parametros
 G.L. = 2 Grados de Libertad para Funciones de Distribución de 3 Parametros
 $\alpha = 0.05$ Nivel de Significancia



ANEXO VII

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE
KOLMOGOROV-SMIRNOV

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN CRUCERO

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|
1	71.3	0.9677	0.9704	0.0027	0.9678	0.0001	0.9687	0.0010	0.9651	0.0026	0.9710	0.0033	0.9648	0.0029
2	70.7	0.9355	0.9686	0.0331	0.9659	0.0304	0.9669	0.0314	0.9632	0.0277	0.9691	0.0336	0.9629	0.0274
3	66.0	0.9032	0.9494	0.0462	0.9460	0.0428	0.9484	0.0452	0.9435	0.0403	0.9491	0.0459	0.9438	0.0405
4	63.6	0.8710	0.9357	0.0647	0.9318	0.0608	0.9352	0.0643	0.9297	0.0587	0.9347	0.0637	0.9303	0.0594
5	52.3	0.8387	0.8134	0.0253	0.8086	0.0301	0.8190	0.0197	0.8110	0.0277	0.8069	0.0318	0.8152	0.0235
6	51.1	0.8065	0.7928	0.0137	0.7880	0.0185	0.7991	0.0073	0.7911	0.0154	0.7855	0.0209	0.7959	0.0106
7	51.0	0.7742	0.7910	0.0168	0.7862	0.0120	0.7974	0.0232	0.7894	0.0152	0.7836	0.0095	0.7942	0.0200
8	48.3	0.7419	0.7364	0.0055	0.7321	0.0098	0.7445	0.0025	0.7368	0.0052	0.7277	0.0142	0.7431	0.0012
9	45.6	0.7097	0.6729	0.0368	0.6694	0.0402	0.6820	0.0277	0.6752	0.0345	0.6633	0.0464	0.6832	0.0265
10	45.2	0.6774	0.6633	0.0141	0.6600	0.0174	0.6725	0.0049	0.6658	0.0116	0.6537	0.0238	0.6741	0.0033
11	45.0	0.6452	0.6581	0.0129	0.6549	0.0097	0.6673	0.0221	0.6607	0.0156	0.6484	0.0032	0.6691	0.0240
12	41.0	0.6129	0.5430	0.0699	0.5418	0.0711	0.5512	0.0617	0.5476	0.0653	0.5337	0.0792	0.5583	0.0546
13	39.4	0.5806	0.4920	0.0886	0.4918	0.0888	0.4989	0.0817	0.4969	0.0837	0.4837	0.0970	0.5084	0.0723
14	39.1	0.5484	0.4822	0.0662	0.4822	0.0662	0.4888	0.0596	0.4871	0.0612	0.4741	0.0743	0.4987	0.0497
15	38.7	0.5161	0.4691	0.0471	0.4693	0.0469	0.4752	0.0409	0.4740	0.0422	0.4612	0.0549	0.4857	0.0305
16	37.8	0.4839	0.4391	0.0448	0.4399	0.0440	0.4441	0.0398	0.4439	0.0399	0.4320	0.0519	0.4558	0.0280
17	37.5	0.4516	0.4291	0.0225	0.4301	0.0216	0.4337	0.0179	0.4339	0.0177	0.4223	0.0293	0.4458	0.0058
18	37.5	0.4194	0.4290	0.0096	0.4300	0.0106	0.4336	0.0143	0.4338	0.0144	0.4222	0.0028	0.4457	0.0264
19	37.4	0.3871	0.4256	0.0385	0.4267	0.0396	0.4301	0.0430	0.4304	0.0433	0.4189	0.0318	0.4424	0.0553
20	36.4	0.3548	0.3927	0.0378	0.3943	0.0395	0.3957	0.0409	0.3972	0.0423	0.3870	0.0322	0.4092	0.0543
21	35.6	0.3226	0.3653	0.0427	0.3674	0.0448	0.3671	0.0445	0.3695	0.0469	0.3605	0.0380	0.3814	0.0588
22	35.0	0.2903	0.3443	0.0540	0.3468	0.0565	0.3450	0.0547	0.3482	0.0579	0.3403	0.0500	0.3599	0.0696
23	34.8	0.2581	0.3375	0.0795	0.3401	0.0821	0.3379	0.0799	0.3413	0.0833	0.3338	0.0758	0.3530	0.0949
24	32.9	0.2258	0.2753	0.0495	0.2788	0.0530	0.2725	0.0467	0.2780	0.0522	0.2741	0.0483	0.2886	0.0628
25	31.7	0.1935	0.2360	0.0425	0.2400	0.0465	0.2313	0.0377	0.2379	0.0443	0.2365	0.0429	0.2474	0.0539
26	30.1	0.1613	0.1879	0.0266	0.1923	0.0310	0.1810	0.0197	0.1887	0.0274	0.1904	0.0291	0.1964	0.0351
27	26.2	0.1290	0.0915	0.0375	0.0957	0.0334	0.0828	0.0462	0.0907	0.0383	0.0973	0.0317	0.0928	0.0362
28	24.6	0.0968	0.0623	0.0345	0.0659	0.0309	0.0544	0.0424	0.0614	0.0354	0.0684	0.0284	0.0614	0.0354
29	24.0	0.0645	0.0533	0.0112	0.0566	0.0079	0.0458	0.0187	0.0524	0.0121	0.0593	0.0052	0.0518	0.0127
30	18.5	0.0323	0.0071	0.0251	0.0081	0.0242	0.0053	0.0270	0.0072	0.0250	0.0100	0.0223	0.0052	0.0271
Dmax			0.0886		0.0888		0.0817		0.0837		0.0970		0.0949	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN CENTRO POBLADO PROGRESO

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)
1	44.6	0.9677	0.9609	0.0069	0.9596	0.0081	0.9559	0.0119	0.9495	0.0182	0.9585	0.0093	0.9590	0.0088
2	42.8	0.9355	0.9421	0.0066	0.9405	0.0050	0.9388	0.0033	0.9313	0.0042	0.9397	0.0042	0.9407	0.0053
3	42.6	0.9032	0.9395	0.0363	0.9379	0.0347	0.9365	0.0333	0.9289	0.0257	0.9372	0.0340	0.9383	0.0351
4	41.2	0.8710	0.9189	0.0479	0.9171	0.0461	0.9184	0.0474	0.9098	0.0388	0.9168	0.0458	0.9185	0.0475
5	38.6	0.8387	0.8642	0.0255	0.8620	0.0233	0.8708	0.0321	0.8609	0.0222	0.8632	0.0245	0.8662	0.0275
6	38.1	0.8065	0.8507	0.0443	0.8485	0.0420	0.8591	0.0526	0.8491	0.0427	0.8501	0.0437	0.8534	0.0469
7	37.6	0.7742	0.8362	0.0620	0.8340	0.0598	0.8464	0.0722	0.8364	0.0622	0.8360	0.0618	0.8395	0.0653
8	37.4	0.7419	0.8301	0.0882	0.8278	0.0859	0.8410	0.0991	0.8310	0.0891	0.8300	0.0881	0.8337	0.0917
9	37.2	0.7097	0.8238	0.1141	0.8215	0.1119	0.8355	0.1258	0.8255	0.1158	0.8239	0.1142	0.8277	0.1180
10	34.2	0.6774	0.7071	0.0297	0.7050	0.0276	0.7301	0.0527	0.7217	0.0443	0.7101	0.0327	0.7150	0.0375
11	32.6	0.6452	0.6276	0.0176	0.6259	0.0193	0.6544	0.0092	0.6487	0.0035	0.6322	0.0130	0.6370	0.0082
12	32.0	0.6129	0.5950	0.0179	0.5935	0.0194	0.6223	0.0094	0.6180	0.0051	0.6001	0.0128	0.6047	0.0082
13	30.5	0.5806	0.5081	0.0725	0.5073	0.0734	0.5339	0.0468	0.5339	0.0466	0.5143	0.0663	0.5179	0.0628
14	30.0	0.5484	0.4780	0.0704	0.4773	0.0711	0.5021	0.0463	0.5038	0.0446	0.4844	0.0640	0.4874	0.0610
15	29.8	0.5161	0.4658	0.0504	0.4652	0.0509	0.4891	0.0270	0.4915	0.0246	0.4722	0.0439	0.4750	0.0411
16	29.4	0.4839	0.4412	0.0426	0.4409	0.0430	0.4627	0.0212	0.4666	0.0173	0.4478	0.0361	0.4501	0.0338
17	28.5	0.4516	0.3858	0.0658	0.3858	0.0658	0.4019	0.0498	0.4090	0.0426	0.3923	0.0593	0.3934	0.0583
18	28.4	0.4194	0.3797	0.0397	0.3797	0.0396	0.3950	0.0243	0.4026	0.0168	0.3861	0.0332	0.3870	0.0323
19	28.2	0.3871	0.3674	0.0197	0.3676	0.0195	0.3813	0.0058	0.3896	0.0025	0.3738	0.0133	0.3744	0.0127
20	28.0	0.3548	0.3552	0.0004	0.3554	0.0006	0.3676	0.0127	0.3766	0.0217	0.3615	0.0067	0.3618	0.0070
21	27.8	0.3226	0.3431	0.0205	0.3434	0.0208	0.3538	0.0313	0.3636	0.0410	0.3493	0.0267	0.3493	0.0267
22	26.2	0.2903	0.2496	0.0407	0.2505	0.0398	0.2465	0.0439	0.2611	0.0292	0.2547	0.0356	0.2521	0.0382
23	26.2	0.2581	0.2496	0.0084	0.2505	0.0075	0.2465	0.0116	0.2611	0.0030	0.2547	0.0034	0.2521	0.0060
24	25.0	0.2258	0.1866	0.0392	0.1878	0.0380	0.1734	0.0524	0.1900	0.0358	0.1904	0.0354	0.1861	0.0397
25	25.0	0.1935	0.1866	0.0069	0.1878	0.0057	0.1734	0.0201	0.1900	0.0035	0.1904	0.0032	0.1861	0.0074
26	24.8	0.1613	0.1769	0.0156	0.1781	0.0168	0.1622	0.0009	0.1790	0.0177	0.1804	0.0191	0.1760	0.0147
27	22.4	0.1290	0.0817	0.0473	0.0830	0.0461	0.0580	0.0710	0.0721	0.0570	0.0826	0.0465	0.0769	0.0522
28	22.0	0.0968	0.0700	0.0268	0.0711	0.0256	0.0465	0.0502	0.0594	0.0374	0.0705	0.0263	0.0649	0.0319
29	21.5	0.0645	0.0569	0.0076	0.0580	0.0065	0.0345	0.0300	0.0458	0.0188	0.0570	0.0075	0.0516	0.0129
30	20.3	0.0323	0.0326	0.0003	0.0334	0.0011	0.0148	0.0175	0.0221	0.0102	0.0321	0.0002	0.0277	0.0046
Dmax			0.1141		0.1119		0.1258		0.1158		0.1142		0.1180	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACION PUCARA

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)
1	76.4	0.9677	0.9899	0.0221	0.9936	0.0258	0.9892	0.0215	0.9942	0.0265	0.9876	0.0199	0.9931	0.0253
2	68.0	0.9355	0.9760	0.0405	0.9828	0.0473	0.9752	0.0398	0.9850	0.0495	0.9764	0.0409	0.9830	0.0475
3	55.6	0.9032	0.9168	0.0136	0.9298	0.0265	0.9173	0.0141	0.9392	0.0360	0.9343	0.0310	0.9354	0.0322
4	49.2	0.8710	0.8470	0.0240	0.8609	0.0101	0.8492	0.0218	0.8776	0.0067	0.8845	0.0135	0.8731	0.0021
5	47.8	0.8387	0.8260	0.0127	0.8394	0.0007	0.8287	0.0101	0.8579	0.0192	0.8691	0.0303	0.8534	0.0147
6	46.6	0.8065	0.8061	0.0004	0.8189	0.0124	0.8091	0.0026	0.8388	0.0323	0.8541	0.0476	0.8344	0.0279
7	45.0	0.7742	0.7765	0.0023	0.7881	0.0139	0.7800	0.0058	0.8096	0.0354	0.8314	0.0572	0.8056	0.0314
8	40.5	0.7419	0.6736	0.0683	0.6786	0.0633	0.6776	0.0644	0.7021	0.0398	0.7466	0.0046	0.7006	0.0413
9	40.2	0.7097	0.6657	0.0440	0.6701	0.0396	0.6696	0.0401	0.6935	0.0162	0.7396	0.0299	0.6923	0.0174
10	38.2	0.6774	0.6093	0.0681	0.6093	0.0681	0.6129	0.0645	0.6311	0.0463	0.6886	0.0112	0.6320	0.0454
11	37.0	0.6452	0.5728	0.0724	0.5698	0.0754	0.5759	0.0693	0.5898	0.0554	0.6537	0.0086	0.5922	0.0529
12	36.0	0.6129	0.5409	0.0720	0.5352	0.0777	0.5435	0.0694	0.5532	0.0598	0.6221	0.0092	0.5570	0.0559
13	35.9	0.5806	0.5376	0.0430	0.5317	0.0489	0.5402	0.0404	0.5494	0.0313	0.6189	0.0382	0.5534	0.0272
14	35.0	0.5484	0.5078	0.0406	0.4994	0.0489	0.5098	0.0385	0.5148	0.0336	0.5882	0.0398	0.5202	0.0282
15	33.8	0.5161	0.4668	0.0493	0.4552	0.0610	0.4680	0.0481	0.4668	0.0493	0.5443	0.0282	0.4741	0.0420
16	33.4	0.4839	0.4529	0.0310	0.4402	0.0437	0.4538	0.0301	0.4504	0.0334	0.5290	0.0451	0.4584	0.0255
17	33.1	0.4516	0.4424	0.0092	0.4288	0.0228	0.4430	0.0086	0.4380	0.0136	0.5172	0.0656	0.4465	0.0052
18	33.1	0.4194	0.4424	0.0230	0.4288	0.0095	0.4430	0.0236	0.4380	0.0187	0.5172	0.0979	0.4465	0.0271
19	32.4	0.3871	0.4176	0.0306	0.4023	0.0152	0.4177	0.0306	0.4089	0.0218	0.4890	0.1019	0.4184	0.0313
20	31.6	0.3548	0.3891	0.0343	0.3718	0.0169	0.3885	0.0336	0.3752	0.0204	0.4556	0.1007	0.3859	0.0310
21	29.4	0.3226	0.3105	0.0121	0.2887	0.0339	0.3080	0.0146	0.2833	0.0392	0.3582	0.0356	0.2964	0.0262
22	28.7	0.2903	0.2859	0.0044	0.2630	0.0273	0.2829	0.0074	0.2550	0.0353	0.3261	0.0358	0.2685	0.0218
23	28.6	0.2581	0.2824	0.0244	0.2594	0.0014	0.2793	0.0213	0.2510	0.0070	0.3215	0.0635	0.2646	0.0065
24	27.6	0.2258	0.2481	0.0223	0.2240	0.0018	0.2444	0.0186	0.2123	0.0135	0.2756	0.0498	0.2260	0.0002
25	26.0	0.1935	0.1958	0.0023	0.1713	0.0222	0.1915	0.0021	0.1554	0.0381	0.2037	0.0102	0.1685	0.0250
26	25.7	0.1613	0.1865	0.0252	0.1621	0.0008	0.1821	0.0208	0.1456	0.0157	0.1908	0.0295	0.1585	0.0028
27	24.0	0.1290	0.1373	0.0082	0.1143	0.0148	0.1330	0.0039	0.0962	0.0328	0.1227	0.0063	0.1070	0.0220
28	23.0	0.0968	0.1116	0.0148	0.0902	0.0066	0.1076	0.0108	0.0724	0.0243	0.0884	0.0084	0.0815	0.0153
29	22.6	0.0645	0.1021	0.0376	0.0814	0.0169	0.0983	0.0338	0.0640	0.0005	0.0762	0.0117	0.0724	0.0079
30	20.4	0.0323	0.0580	0.0258	0.0425	0.0103	0.0556	0.0234	0.0291	0.0031	0.0261	0.0061	0.0335	0.0012
Dmax			0.0724		0.0777		0.0694		0.0598		0.1019		0.0559	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN AZANGARO

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)
1	61.9	0.9677	0.9712	0.0034	0.9791	0.0114	0.9711	0.0034	0.9711	0.0034	0.9705	0.0028	0.9791	0.0114
2	61.8	0.9355	0.9709	0.0354	0.9789	0.0434	0.9708	0.0353	0.9835	0.0480	0.9703	0.0348	0.9789	0.0434
3	58.8	0.9032	0.9604	0.0572	0.9700	0.0668	0.9604	0.0572	0.9762	0.0730	0.9623	0.0590	0.9708	0.0676
4	57.6	0.8710	0.9553	0.0843	0.9655	0.0945	0.9553	0.0843	0.9726	0.1016	0.9584	0.0874	0.9667	0.0958
5	52.9	0.8387	0.9281	0.0894	0.9408	0.1021	0.9283	0.0896	0.9519	0.1132	0.9384	0.0997	0.9445	0.1058
6	37.8	0.8065	0.7010	0.1055	0.7081	0.0983	0.7014	0.1050	0.7331	0.0733	0.7616	0.0448	0.7283	0.0782
7	35.7	0.7742	0.6437	0.1305	0.6464	0.1278	0.6436	0.1306	0.6697	0.1045	0.7108	0.0634	0.6678	0.1064
8	33.9	0.7419	0.5888	0.1531	0.5869	0.1551	0.5880	0.1539	0.6070	0.1350	0.6591	0.0828	0.6083	0.1336
9	32.4	0.7097	0.5393	0.1704	0.5331	0.1766	0.5379	0.1718	0.5491	0.1605	0.6099	0.0998	0.5536	0.1561
10	31.9	0.6774	0.5221	0.1553	0.5144	0.1630	0.5205	0.1569	0.5289	0.1486	0.5921	0.0853	0.5343	0.1431
11	31.5	0.6452	0.5081	0.1371	0.4992	0.1460	0.5063	0.1388	0.5123	0.1329	0.5774	0.0677	0.5186	0.1265
12	31.0	0.6129	0.4904	0.1225	0.4799	0.1330	0.4883	0.1246	0.4912	0.1217	0.5585	0.0544	0.4986	0.1143
13	30.6	0.5806	0.4760	0.1047	0.4644	0.1163	0.4738	0.1069	0.4741	0.1065	0.5429	0.0378	0.4824	0.0983
14	30.3	0.5484	0.4651	0.0833	0.4526	0.0958	0.4628	0.0856	0.4611	0.0873	0.5309	0.0175	0.4700	0.0784
15	29.9	0.5161	0.4504	0.0657	0.4367	0.0794	0.4479	0.0682	0.4436	0.0725	0.5146	0.0016	0.4533	0.0628
16	29.7	0.4839	0.4430	0.0408	0.4288	0.0551	0.4405	0.0434	0.4348	0.0491	0.5062	0.0224	0.4449	0.0389
17	29.6	0.4516	0.4393	0.0123	0.4248	0.0268	0.4367	0.0149	0.4304	0.0212	0.5020	0.0504	0.4407	0.0109
18	29.2	0.4194	0.4245	0.0051	0.4088	0.0106	0.4217	0.0024	0.4127	0.0067	0.4850	0.0656	0.4237	0.0044
19	29.0	0.3871	0.4170	0.0299	0.4007	0.0136	0.4142	0.0271	0.4037	0.0167	0.4763	0.0892	0.4152	0.0281
20	28.4	0.3548	0.3945	0.0396	0.3766	0.0217	0.3914	0.0366	0.3769	0.0221	0.4498	0.0950	0.3894	0.0346
21	28.0	0.3226	0.3794	0.0568	0.3604	0.0378	0.3762	0.0536	0.3590	0.0364	0.4317	0.1091	0.3721	0.0496
22	27.8	0.2903	0.3718	0.0815	0.3524	0.0620	0.3686	0.0783	0.3500	0.0597	0.4225	0.1322	0.3635	0.0732
23	25.8	0.2581	0.2964	0.0384	0.2729	0.0148	0.2930	0.0350	0.2620	0.0040	0.3274	0.0694	0.2774	0.0194
24	25.2	0.2258	0.2742	0.0484	0.2498	0.0240	0.2709	0.0451	0.2367	0.0109	0.2982	0.0724	0.2523	0.0265
25	24.9	0.1935	0.2632	0.0697	0.2385	0.0449	0.2600	0.0664	0.2244	0.0308	0.2836	0.0900	0.2399	0.0463
26	24.8	0.1613	0.2596	0.0983	0.2347	0.0734	0.2563	0.0951	0.2203	0.0590	0.2787	0.1174	0.2358	0.0745
27	22.4	0.1290	0.1768	0.0478	0.1514	0.0224	0.1747	0.0456	0.1318	0.0028	0.1660	0.0369	0.1451	0.0160
28	22.3	0.0968	0.1736	0.0768	0.1483	0.0515	0.1715	0.0748	0.1286	0.0318	0.1616	0.0648	0.1417	0.0449
29	20.1	0.0645	0.1096	0.0451	0.0874	0.0228	0.1093	0.0448	0.0684	0.0039	0.0770	0.0125	0.0769	0.0124
30	15.6	0.0323	0.0266	0.0057	0.0169	0.0153	0.0294	0.0028	0.0097	0.0226	0.0025	0.0298	0.0101	0.0222
Dmax			0.1704		0.1766		0.1718		0.1605		0.1322		0.1561	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN MUÑANI

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|
1	38.2	0.9677	0.9627	0.0050	0.9599	0.0078	0.9561	0.0117	0.9436	0.0242	0.9623	0.0054	0.9608	0.0070
2	37.9	0.9355	0.9592	0.0237	0.9562	0.0207	0.9528	0.0173	0.9398	0.0043	0.9585	0.0231	0.9573	0.0218
3	35.8	0.9032	0.9244	0.0211	0.9204	0.0172	0.9224	0.0191	0.9059	0.0026	0.9219	0.0186	0.9240	0.0208
4	33.4	0.8710	0.8560	0.0150	0.8513	0.0197	0.8646	0.0063	0.8451	0.0259	0.8501	0.0208	0.8597	0.0113
5	32.7	0.8387	0.8286	0.0101	0.8239	0.0148	0.8414	0.0027	0.8215	0.0172	0.8217	0.0170	0.8340	0.0048
6	32.3	0.8065	0.8113	0.0048	0.8067	0.0002	0.8266	0.0202	0.8067	0.0003	0.8037	0.0027	0.8176	0.0112
7	32.2	0.7742	0.8068	0.0326	0.8021	0.0280	0.8227	0.0485	0.8028	0.0286	0.7990	0.0249	0.8134	0.0392
8	32.0	0.7419	0.7974	0.0555	0.7929	0.0510	0.8147	0.0728	0.7949	0.0530	0.7894	0.0475	0.8046	0.0627
9	31.0	0.7097	0.7460	0.0364	0.7419	0.0322	0.7697	0.0600	0.7509	0.0412	0.7367	0.0270	0.7559	0.0463
10	31.0	0.6774	0.7460	0.0686	0.7419	0.0645	0.7697	0.0923	0.7509	0.0735	0.7367	0.0593	0.7559	0.0785
11	30.2	0.6452	0.6990	0.0539	0.6955	0.0503	0.7273	0.0821	0.7103	0.0651	0.6889	0.0438	0.7112	0.0660
12	30.1	0.6129	0.6928	0.0799	0.6893	0.0764	0.7216	0.1087	0.7049	0.0919	0.6826	0.0697	0.7052	0.0923
13	29.6	0.5806	0.6605	0.0799	0.6575	0.0769	0.6916	0.1109	0.6765	0.0959	0.6501	0.0694	0.6742	0.0936
14	29.2	0.5484	0.6334	0.0850	0.6308	0.0824	0.6658	0.1174	0.6525	0.1041	0.6229	0.0745	0.6480	0.0996
15	28.3	0.5161	0.5686	0.0525	0.5671	0.0510	0.6023	0.0862	0.5938	0.0777	0.5583	0.0422	0.5849	0.0688
16	27.7	0.4839	0.5230	0.0391	0.5224	0.0385	0.5559	0.0720	0.5514	0.0675	0.5133	0.0295	0.5401	0.0562
17	27.6	0.4516	0.5153	0.0637	0.5148	0.0632	0.5478	0.0962	0.5440	0.0924	0.5057	0.0541	0.5325	0.0808
18	26.6	0.4194	0.4365	0.0171	0.4375	0.0181	0.4636	0.0442	0.4678	0.0484	0.4287	0.0093	0.4539	0.0345
19	26.0	0.3871	0.3888	0.0017	0.3907	0.0036	0.4105	0.0234	0.4199	0.0328	0.3824	0.0047	0.4057	0.0186
20	24.5	0.3548	0.2738	0.0811	0.2774	0.0774	0.2765	0.0783	0.2982	0.0567	0.2716	0.0832	0.2874	0.0675
21	24.3	0.3226	0.2593	0.0633	0.2631	0.0595	0.2592	0.0634	0.2823	0.0403	0.2578	0.0648	0.2723	0.0503
22	24.2	0.2903	0.2522	0.0381	0.2561	0.0343	0.2507	0.0396	0.2744	0.0160	0.2510	0.0394	0.2649	0.0255
23	23.6	0.2581	0.2112	0.0469	0.2154	0.0427	0.2014	0.0567	0.2283	0.0298	0.2116	0.0464	0.2218	0.0363
24	22.2	0.2258	0.1291	0.0967	0.1335	0.0923	0.1046	0.1212	0.1334	0.0924	0.1327	0.0931	0.1346	0.0912
25	22.2	0.1935	0.1291	0.0645	0.1335	0.0600	0.1046	0.0889	0.1334	0.0602	0.1327	0.0608	0.1346	0.0589
26	21.8	0.1613	0.1096	0.0516	0.1140	0.0473	0.0829	0.0784	0.1106	0.0506	0.1139	0.0474	0.1138	0.0475
27	20.8	0.1290	0.0694	0.0597	0.0731	0.0559	0.0416	0.0875	0.0641	0.0650	0.0745	0.0546	0.0707	0.0583
28	20.7	0.0968	0.0660	0.0308	0.0696	0.0271	0.0384	0.0584	0.0602	0.0365	0.0711	0.0257	0.0671	0.0297
29	20.4	0.0645	0.0565	0.0080	0.0599	0.0046	0.0300	0.0346	0.0497	0.0148	0.0617	0.0029	0.0570	0.0075
30	20.0	0.0323	0.0454	0.0131	0.0485	0.0162	0.0209	0.0114	0.0376	0.0053	0.0505	0.0182	0.0452	0.0129
D _{max}			0.0967		0.0923		0.1212		0.1041		0.0931		0.0996	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN ANANEA

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)
1	37.7	0.9677	0.9322	0.0355	0.9164	0.0513	0.9316	0.0361	0.9237	0.0385	0.9145	0.0532	0.9109	0.0568
2	37.0	0.9355	0.9237	0.0118	0.9073	0.0282	0.9237	0.0118	0.9002	0.0353	0.9025	0.0329	0.9023	0.0332
3	36.9	0.9032	0.9218	0.0186	0.9053	0.0020	0.9219	0.0187	0.8982	0.0050	0.8998	0.0034	0.9003	0.0029
4	36.0	0.8710	0.9086	0.0376	0.8914	0.0204	0.9096	0.0386	0.8845	0.0136	0.8814	0.0104	0.8872	0.0163
5	35.4	0.8387	0.8980	0.0593	0.8805	0.0418	0.8998	0.0611	0.8739	0.0352	0.8669	0.0282	0.8770	0.0383
6	33.4	0.8065	0.8583	0.0519	0.8404	0.0340	0.8629	0.0565	0.8349	0.0284	0.8140	0.0075	0.8396	0.0331
7	33.1	0.7742	0.8512	0.0770	0.8334	0.0592	0.8563	0.0821	0.8280	0.0538	0.8047	0.0306	0.8330	0.0588
8	31.8	0.7419	0.8168	0.0748	0.7997	0.0578	0.8240	0.0821	0.7954	0.0535	0.7614	0.0194	0.8016	0.0597
9	31.5	0.7097	0.8079	0.0983	0.7912	0.0815	0.8157	0.1061	0.7872	0.0775	0.7505	0.0409	0.7937	0.0840
10	31.0	0.6774	0.7926	0.1152	0.7764	0.0990	0.8012	0.1238	0.7729	0.0955	0.7320	0.0546	0.7799	0.1025
11	31.0	0.6452	0.7925	0.1473	0.7763	0.1311	0.8011	0.1560	0.7728	0.1276	0.7319	0.0867	0.7798	0.1346
12	26.6	0.6129	0.6146	0.0017	0.6101	0.0028	0.6280	0.0151	0.6112	0.0017	0.5388	0.0741	0.6225	0.0096
13	25.2	0.5806	0.5394	0.0412	0.5410	0.0396	0.5519	0.0287	0.5435	0.0372	0.4668	0.1139	0.5556	0.0250
14	24.9	0.5484	0.5230	0.0254	0.5259	0.0224	0.5350	0.0134	0.5286	0.0198	0.4516	0.0968	0.5408	0.0076
15	24.0	0.5161	0.4698	0.0463	0.4772	0.0389	0.4800	0.0362	0.4804	0.0358	0.4039	0.1122	0.4927	0.0234
16	23.8	0.4839	0.4607	0.0231	0.4689	0.0150	0.4704	0.0134	0.4721	0.0118	0.3959	0.0879	0.4844	0.0005
17	23.6	0.4516	0.4492	0.0024	0.4582	0.0066	0.4583	0.0067	0.4615	0.0099	0.3859	0.0657	0.4738	0.0222
18	23.0	0.4194	0.4142	0.0052	0.4260	0.0067	0.4215	0.0021	0.4294	0.0101	0.3559	0.0635	0.4415	0.0221
19	22.4	0.3871	0.3790	0.0081	0.3934	0.0063	0.3842	0.0029	0.3969	0.0098	0.3264	0.0607	0.4085	0.0214
20	22.4	0.3548	0.3790	0.0242	0.3934	0.0386	0.3842	0.0293	0.3969	0.0421	0.3264	0.0285	0.4085	0.0537
21	22.1	0.3226	0.3614	0.0388	0.3771	0.0545	0.3654	0.0428	0.3805	0.0580	0.3118	0.0108	0.3919	0.0693
22	21.4	0.2903	0.3206	0.0303	0.3390	0.0487	0.3218	0.0314	0.3423	0.0520	0.2787	0.0117	0.3528	0.0625
23	19.9	0.2581	0.2384	0.0197	0.2610	0.0029	0.2333	0.0248	0.2637	0.0056	0.2135	0.0446	0.2715	0.0134
24	19.2	0.2258	0.2002	0.0256	0.2239	0.0019	0.1924	0.0334	0.2263	0.0005	0.1838	0.0420	0.2323	0.0065
25	18.3	0.1935	0.1549	0.0386	0.1790	0.0145	0.1443	0.0492	0.1809	0.0127	0.1486	0.0450	0.1843	0.0092
26	18.2	0.1613	0.1525	0.0088	0.1765	0.0152	0.1417	0.0195	0.1784	0.0171	0.1467	0.0146	0.1817	0.0204
27	16.2	0.1290	0.0766	0.0524	0.0972	0.0318	0.0643	0.0648	0.0983	0.0307	0.0859	0.0431	0.0963	0.0328
28	14.6	0.0968	0.0369	0.0599	0.0518	0.0449	0.0272	0.0695	0.0528	0.0440	0.0509	0.0459	0.0480	0.0488
29	13.6	0.0645	0.0205	0.0440	0.0313	0.0332	0.0136	0.0510	0.0323	0.0323	0.0341	0.0304	0.0269	0.0376
30	11.9	0.0323	0.0062	0.0261	0.0113	0.0210	0.0033	0.0290	0.0122	0.0200	0.0160	0.0163	0.0080	0.0243
Dmax			0.1473		0.1311		0.1560		0.1276		0.1139		0.1346	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN ARAPA

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|
1	53.6	0.9677	0.9609	0.0069	0.9579	0.0098	0.9576	0.0101	0.9576	0.0152	0.9576	0.0101	0.9569	0.0109
2	53.3	0.9355	0.9590	0.0235	0.9560	0.0205	0.9559	0.0204	0.9507	0.0152	0.9557	0.0202	0.9550	0.0195
3	49.6	0.9032	0.9285	0.0253	0.9246	0.0213	0.9277	0.0245	0.9211	0.0179	0.9245	0.0213	0.9253	0.0221
4	48.5	0.8710	0.9160	0.0451	0.9119	0.0409	0.9164	0.0454	0.9094	0.0384	0.9119	0.0410	0.9134	0.0425
5	45.2	0.8387	0.8665	0.0278	0.8618	0.0231	0.8715	0.0328	0.8637	0.0250	0.8623	0.0236	0.8664	0.0277
6	43.1	0.8065	0.8234	0.0169	0.8187	0.0122	0.8323	0.0258	0.8244	0.0179	0.8195	0.0131	0.8257	0.0193
7	41.0	0.7742	0.7696	0.0046	0.7653	0.0089	0.7826	0.0084	0.7753	0.0011	0.7665	0.0077	0.7749	0.0007
8	40.8	0.7419	0.7639	0.0220	0.7596	0.0177	0.7773	0.0353	0.7701	0.0281	0.7609	0.0189	0.7695	0.0276
9	40.0	0.7097	0.7400	0.0303	0.7360	0.0263	0.7548	0.0451	0.7481	0.0384	0.7374	0.0277	0.7468	0.0371
10	39.2	0.6774	0.7144	0.0369	0.7107	0.0332	0.7305	0.0531	0.7244	0.0470	0.7122	0.0348	0.7223	0.0449
11	38.9	0.6452	0.7043	0.0592	0.7007	0.0556	0.7209	0.0758	0.7151	0.0699	0.7024	0.0572	0.7127	0.0676
12	38.6	0.6129	0.6940	0.0811	0.6906	0.0777	0.7110	0.0981	0.7055	0.0926	0.6923	0.0794	0.7029	0.0900
13	38.5	0.5806	0.6905	0.1099	0.6872	0.1065	0.7077	0.1270	0.7022	0.1216	0.6889	0.1082	0.6995	0.1189
14	35.6	0.5484	0.5786	0.0302	0.5772	0.0288	0.5973	0.0489	0.5960	0.0476	0.5792	0.0309	0.5912	0.0428
15	35.1	0.5161	0.5574	0.0413	0.5563	0.0402	0.5758	0.0597	0.5754	0.0593	0.5584	0.0423	0.5703	0.0542
16	34.4	0.4839	0.5269	0.0430	0.5264	0.0425	0.5445	0.0607	0.5456	0.0617	0.5286	0.0447	0.5403	0.0564
17	33.6	0.4516	0.4911	0.0395	0.4913	0.0397	0.5073	0.0557	0.5101	0.0585	0.4934	0.0418	0.5047	0.0531
18	31.2	0.4194	0.3801	0.0393	0.3823	0.0370	0.3890	0.0303	0.3974	0.0219	0.3843	0.0350	0.3927	0.0266
19	30.0	0.3871	0.3245	0.0626	0.3277	0.0594	0.3284	0.0587	0.3395	0.0476	0.3295	0.0576	0.3357	0.0513
20	28.6	0.3548	0.2619	0.0929	0.2659	0.0889	0.2592	0.0956	0.2729	0.0819	0.2674	0.0875	0.2707	0.0842
21	28.0	0.3226	0.2362	0.0863	0.2405	0.0820	0.2308	0.0918	0.2453	0.0773	0.2418	0.0808	0.2438	0.0788
22	27.8	0.2903	0.2279	0.0624	0.2323	0.0580	0.2215	0.0688	0.2363	0.0540	0.2335	0.0568	0.2350	0.0553
23	27.7	0.2581	0.2238	0.0343	0.2282	0.0299	0.2169	0.0411	0.2318	0.0262	0.2294	0.0287	0.2306	0.0274
24	26.0	0.2258	0.1583	0.0675	0.1630	0.0628	0.1450	0.0808	0.1608	0.0650	0.1637	0.0621	0.1614	0.0644
25	25.4	0.1935	0.1377	0.0558	0.1424	0.0511	0.1228	0.0707	0.1384	0.0551	0.1429	0.0506	0.1396	0.0540
26	24.3	0.1613	0.1039	0.0574	0.1084	0.0529	0.0872	0.0741	0.1018	0.0595	0.1086	0.0527	0.1036	0.0576
27	24.0	0.1290	0.0956	0.0334	0.1000	0.0291	0.0787	0.0504	0.0928	0.0362	0.1001	0.0289	0.0948	0.0342
28	23.2	0.0968	0.0754	0.0213	0.0795	0.0173	0.0585	0.0383	0.0713	0.0255	0.0795	0.0173	0.0735	0.0232
29	22.4	0.0645	0.0582	0.0064	0.0618	0.0027	0.0420	0.0225	0.0532	0.0113	0.0616	0.0029	0.0554	0.0091
30	21.7	0.0323	0.0454	0.0131	0.0486	0.0163	0.0305	0.0017	0.0401	0.0079	0.0483	0.0161	0.0422	0.0099
Dmax			0.1099		0.1065		0.1270		0.1216		0.1082		0.1189	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN PUTINA

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|
1	46.5	0.9677	0.9645	0.0033	0.9630	0.0047	0.9587	0.0090	0.9474	0.0203	0.9634	0.0043	0.9631	0.0046
2	46.1	0.9355	0.9611	0.0256	0.9596	0.0241	0.9556	0.0201	0.9438	0.0083	0.9599	0.0244	0.9599	0.0244
3	44.5	0.9032	0.9445	0.0413	0.9426	0.0394	0.9406	0.0373	0.9268	0.0236	0.9427	0.0395	0.9440	0.0407
4	43.5	0.8710	0.9311	0.0602	0.9291	0.0581	0.9288	0.0578	0.9138	0.0428	0.9289	0.0579	0.9313	0.0603
5	41.5	0.8387	0.8958	0.0571	0.8934	0.0547	0.8982	0.0595	0.8808	0.0421	0.8924	0.0537	0.8980	0.0593
6	37.9	0.8065	0.7944	0.0121	0.7917	0.0147	0.8104	0.0039	0.7907	0.0157	0.7886	0.0178	0.8022	0.0043
7	37.7	0.7742	0.7871	0.0129	0.7844	0.0102	0.8039	0.0297	0.7843	0.0101	0.7812	0.0070	0.7952	0.0210
8	36.4	0.7419	0.7349	0.0071	0.7324	0.0095	0.7571	0.0151	0.7383	0.0036	0.7283	0.0137	0.7454	0.0035
9	36.3	0.7097	0.7305	0.0209	0.7281	0.0184	0.7531	0.0434	0.7345	0.0248	0.7239	0.0142	0.7412	0.0315
10	34.2	0.6774	0.6285	0.0489	0.6267	0.0508	0.6572	0.0202	0.6428	0.0346	0.6213	0.0561	0.6424	0.0350
11	33.4	0.6452	0.5848	0.0604	0.5833	0.0619	0.6142	0.0310	0.6025	0.0426	0.5776	0.0676	0.5994	0.0457
12	33.2	0.6129	0.5735	0.0394	0.5721	0.0408	0.6029	0.0100	0.5920	0.0209	0.5663	0.0466	0.5883	0.0246
13	33.0	0.5806	0.5621	0.0186	0.5607	0.0199	0.5914	0.0108	0.5813	0.0007	0.5550	0.0257	0.5770	0.0037
14	32.0	0.5484	0.5033	0.0451	0.5025	0.0459	0.5309	0.0175	0.5254	0.0230	0.4966	0.0518	0.5184	0.0300
15	32.0	0.5161	0.5033	0.0128	0.5025	0.0136	0.5309	0.0148	0.5254	0.0093	0.4966	0.0195	0.5184	0.0023
16	31.6	0.4839	0.4792	0.0047	0.4786	0.0053	0.5055	0.0216	0.5020	0.0182	0.4727	0.0112	0.4942	0.0103
17	30.8	0.4516	0.4304	0.0212	0.4302	0.0214	0.4528	0.0012	0.4538	0.0022	0.4245	0.0271	0.4448	0.0069
18	30.5	0.4194	0.4120	0.0074	0.4120	0.0074	0.4326	0.0132	0.4354	0.0160	0.4063	0.0130	0.4260	0.0067
19	30.2	0.3871	0.3936	0.0065	0.3937	0.0066	0.4122	0.0251	0.4167	0.0296	0.3882	0.0011	0.4072	0.0201
20	29.9	0.3548	0.3753	0.0204	0.3756	0.0207	0.3917	0.0368	0.3980	0.0431	0.3702	0.0154	0.3884	0.0336
21	29.8	0.3226	0.3692	0.0466	0.3695	0.0469	0.3848	0.0622	0.3917	0.0691	0.3642	0.0416	0.3821	0.0596
22	29.0	0.2903	0.3210	0.0307	0.3218	0.0314	0.3299	0.0396	0.3415	0.0511	0.3169	0.0266	0.3324	0.0421
23	28.0	0.2581	0.2632	0.0051	0.2644	0.0063	0.2627	0.0046	0.2795	0.0214	0.2603	0.0023	0.2721	0.0140
24	26.7	0.2258	0.1943	0.0315	0.1959	0.0299	0.1819	0.0439	0.2035	0.0223	0.1930	0.0328	0.1996	0.0262
25	26.2	0.1935	0.1703	0.0233	0.1719	0.0216	0.1539	0.0396	0.1766	0.0170	0.1696	0.0240	0.1742	0.0193
26	26.0	0.1613	0.1611	0.0002	0.1628	0.0015	0.1433	0.0179	0.1663	0.0050	0.1606	0.0007	0.1645	0.0032
27	25.8	0.1290	0.1522	0.0232	0.1539	0.0249	0.1331	0.0041	0.1562	0.0272	0.1519	0.0229	0.1550	0.0260
28	24.9	0.0968	0.1155	0.0188	0.1172	0.0204	0.0920	0.0048	0.1147	0.0179	0.1160	0.0192	0.1161	0.0194
29	21.2	0.0645	0.0244	0.0402	0.0253	0.0393	0.0085	0.0560	0.0170	0.0475	0.0257	0.0388	0.0215	0.0431
30	20.5	0.0323	0.0165	0.0158	0.0172	0.0151	0.0044	0.0279	0.0101	0.0221	0.0177	0.0146	0.0139	0.0184
D _{max}			0.0604		0.0619		0.0622		0.0691		0.0676		0.0603	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN COJATA

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)
1	61.1	0.9677	0.9897	0.0219	0.9933	0.0256	0.9882	0.0204	0.9934	0.0256	0.9874	0.0196	0.9933	0.0255
2	55.5	0.9355	0.9776	0.0421	0.9839	0.0484	0.9759	0.0404	0.9850	0.0495	0.9777	0.0422	0.9849	0.0494
3	45.4	0.9032	0.9136	0.0104	0.9262	0.0230	0.9142	0.0110	0.9356	0.0324	0.9332	0.0300	0.9348	0.0316
4	40.9	0.8710	0.8482	0.0228	0.8617	0.0092	0.8521	0.0188	0.8792	0.0082	0.8880	0.0170	0.8777	0.0067
5	38.9	0.8387	0.8073	0.0314	0.8199	0.0188	0.8130	0.0257	0.8415	0.0028	0.8585	0.0198	0.8398	0.0011
6	38.6	0.8065	0.8004	0.0060	0.8128	0.0064	0.8064	0.0000	0.8350	0.0285	0.8534	0.0470	0.8333	0.0268
7	35.6	0.7742	0.7204	0.0538	0.7287	0.0454	0.7286	0.0456	0.7557	0.0185	0.7916	0.0174	0.7547	0.0195
8	35.1	0.7419	0.7049	0.0370	0.7123	0.0296	0.7134	0.0285	0.7398	0.0021	0.7790	0.0370	0.7390	0.0030
9	34.4	0.7097	0.6823	0.0274	0.6882	0.0215	0.6911	0.0186	0.7161	0.0064	0.7601	0.0505	0.7157	0.0060
10	34.0	0.6774	0.6688	0.0086	0.6738	0.0037	0.6777	0.0003	0.7018	0.0244	0.7487	0.0713	0.7017	0.0243
11	32.5	0.6452	0.6149	0.0303	0.6158	0.0293	0.6238	0.0213	0.6432	0.0019	0.7011	0.0559	0.6447	0.0004
12	32.4	0.6129	0.6111	0.0018	0.6118	0.0011	0.6200	0.0071	0.6391	0.0262	0.6976	0.0847	0.6407	0.0278
13	31.0	0.5806	0.5559	0.0248	0.5523	0.0284	0.5642	0.0165	0.5771	0.0096	0.6455	0.0648	0.5808	0.0002
14	30.6	0.5484	0.5394	0.0090	0.5345	0.0139	0.5474	0.0010	0.5582	0.0098	0.6292	0.0808	0.5627	0.0143
15	29.6	0.5161	0.4970	0.0191	0.4888	0.0273	0.5039	0.0123	0.5091	0.0070	0.5859	0.0697	0.5156	0.0006
16	29.4	0.4839	0.4883	0.0045	0.4795	0.0044	0.4949	0.0111	0.4990	0.0151	0.5768	0.0929	0.5059	0.0220
17	28.1	0.4516	0.4309	0.0207	0.4178	0.0338	0.4354	0.0162	0.4312	0.0204	0.5138	0.0622	0.4410	0.0106
18	27.5	0.4194	0.4039	0.0155	0.3889	0.0304	0.4073	0.0121	0.3991	0.0203	0.4827	0.0634	0.4103	0.0091
19	26.7	0.3871	0.3677	0.0194	0.3505	0.0366	0.3695	0.0176	0.3560	0.0311	0.4395	0.0524	0.3690	0.0181
20	25.0	0.3548	0.2916	0.0632	0.2706	0.0843	0.2896	0.0652	0.2657	0.0891	0.3426	0.0122	0.2819	0.0729
21	25.0	0.3226	0.2916	0.0310	0.2706	0.0520	0.2896	0.0330	0.2657	0.0569	0.3426	0.0200	0.2819	0.0407
22	24.8	0.2903	0.2828	0.0075	0.2615	0.0288	0.2804	0.0099	0.2554	0.0349	0.3309	0.0406	0.2719	0.0184
23	24.0	0.2581	0.2484	0.0097	0.2260	0.0320	0.2443	0.0138	0.2155	0.0426	0.2842	0.0261	0.2329	0.0252
24	22.6	0.2258	0.1916	0.0342	0.1687	0.0571	0.1849	0.0409	0.1519	0.0739	0.2043	0.0215	0.1696	0.0562
25	22.1	0.1935	0.1726	0.0209	0.1499	0.0436	0.1653	0.0283	0.1316	0.0619	0.1772	0.0164	0.1490	0.0446
26	22.0	0.1613	0.1689	0.0076	0.1463	0.0150	0.1615	0.0002	0.1277	0.0336	0.1719	0.0106	0.1450	0.0163
27	21.6	0.1290	0.1545	0.0255	0.1323	0.0033	0.1466	0.0176	0.1128	0.0162	0.1513	0.0222	0.1296	0.0006
28	20.7	0.0968	0.1243	0.0276	0.1034	0.0066	0.1158	0.0190	0.0829	0.0139	0.1086	0.0119	0.0982	0.0014
29	20.2	0.0645	0.1090	0.0445	0.0890	0.0245	0.1004	0.0358	0.0686	0.0041	0.0876	0.0231	0.0827	0.0182
30	19.2	0.0323	0.0816	0.0493	0.0640	0.0317	0.0732	0.0409	0.0449	0.0127	0.0524	0.0201	0.0564	0.0242
D _{max}			0.0632		0.0843		0.0652		0.0891		0.0929		0.0729	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN TARACO

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)
1	66.4	0.9677	0.9654	0.0023	0.9608	0.0069	0.9650	0.0027	0.9646	0.0031	0.9596	0.0082	0.9612	0.0066
2	64.0	0.9355	0.9565	0.0210	0.9513	0.0158	0.9562	0.0207	0.9558	0.0203	0.9501	0.0147	0.9526	0.0171
3	55.8	0.9032	0.9060	0.0027	0.8990	0.0042	0.9066	0.0034	0.9064	0.0032	0.8987	0.0045	0.9061	0.0029
4	53.0	0.8710	0.8786	0.0076	0.8713	0.0003	0.8797	0.0088	0.8798	0.0088	0.8716	0.0006	0.8815	0.0105
5	52.2	0.8387	0.8695	0.0308	0.8622	0.0235	0.8708	0.0321	0.8710	0.0323	0.8627	0.0240	0.8734	0.0347
6	50.2	0.8065	0.8441	0.0377	0.8368	0.0304	0.8458	0.0394	0.8463	0.0398	0.8378	0.0314	0.8507	0.0442
7	49.5	0.7742	0.8342	0.0600	0.8270	0.0528	0.8361	0.0619	0.8367	0.0625	0.8282	0.0540	0.8418	0.0676
8	48.8	0.7419	0.8238	0.0819	0.8167	0.0748	0.8258	0.0839	0.8265	0.0846	0.8181	0.0762	0.8325	0.0905
9	48.1	0.7097	0.8128	0.1031	0.8058	0.0961	0.8149	0.1053	0.8158	0.1061	0.8075	0.0978	0.8226	0.1130
10	46.8	0.6774	0.7908	0.1134	0.7842	0.1068	0.7932	0.1158	0.7943	0.1169	0.7862	0.1088	0.8029	0.1255
11	43.0	0.6452	0.7140	0.0689	0.7091	0.0639	0.7167	0.0715	0.7190	0.0738	0.7124	0.0673	0.7333	0.0882
12	43.0	0.6129	0.7140	0.1011	0.7091	0.0962	0.7167	0.1038	0.7190	0.1061	0.7124	0.0995	0.7333	0.1204
13	40.0	0.5806	0.6393	0.0587	0.6366	0.0559	0.6417	0.0610	0.6452	0.0645	0.6409	0.0602	0.6644	0.0838
14	36.8	0.5484	0.5463	0.0021	0.5467	0.0017	0.5475	0.0009	0.5525	0.0041	0.5516	0.0032	0.5764	0.0280
15	36.0	0.5161	0.5211	0.0050	0.5224	0.0062	0.5219	0.0058	0.5273	0.0112	0.5274	0.0112	0.5521	0.0359
16	34.2	0.4839	0.4622	0.0217	0.4655	0.0184	0.4619	0.0219	0.4683	0.0156	0.4704	0.0134	0.4944	0.0105
17	32.6	0.4516	0.4079	0.0438	0.4129	0.0387	0.4066	0.0450	0.4136	0.0380	0.4177	0.0340	0.4400	0.0116
18	31.5	0.4194	0.3699	0.0494	0.3762	0.0432	0.3680	0.0513	0.3754	0.0439	0.3806	0.0387	0.4014	0.0179
19	28.6	0.3871	0.2708	0.1163	0.2795	0.1076	0.2675	0.1196	0.2755	0.1116	0.2827	0.1044	0.2977	0.0894
20	28.4	0.3548	0.2641	0.0907	0.2730	0.0819	0.2607	0.0941	0.2688	0.0860	0.2761	0.0788	0.2905	0.0643
21	28.0	0.3226	0.2509	0.0716	0.2600	0.0626	0.2474	0.0751	0.2555	0.0670	0.2629	0.0597	0.2764	0.0462
22	26.8	0.2903	0.2125	0.0778	0.2221	0.0683	0.2088	0.0815	0.2169	0.0734	0.2242	0.0661	0.2346	0.0557
23	26.0	0.2581	0.1880	0.0700	0.1978	0.0603	0.1844	0.0737	0.1923	0.0658	0.1995	0.0586	0.2077	0.0503
24	24.6	0.2258	0.1481	0.0777	0.1578	0.0680	0.1448	0.0810	0.1522	0.0736	0.1586	0.0672	0.1632	0.0626
25	23.6	0.1935	0.1221	0.0714	0.1315	0.0620	0.1193	0.0743	0.1263	0.0672	0.1318	0.0618	0.1340	0.0596
26	23.6	0.1613	0.1221	0.0392	0.1315	0.0298	0.1193	0.0420	0.1263	0.0350	0.1318	0.0295	0.1340	0.0273
27	22.4	0.1290	0.0943	0.0347	0.1030	0.0260	0.0921	0.0369	0.0985	0.0306	0.1027	0.0263	0.1023	0.0267
28	21.4	0.0968	0.0740	0.0228	0.0820	0.0147	0.0725	0.0243	0.0782	0.0185	0.0813	0.0155	0.0792	0.0176
29	20.4	0.0645	0.0565	0.0080	0.0637	0.0009	0.0557	0.0088	0.0608	0.0038	0.0626	0.0019	0.0593	0.0052
30	20.4	0.0323	0.0565	0.0243	0.0637	0.0314	0.0557	0.0235	0.0608	0.0285	0.0626	0.0303	0.0593	0.0270
Dmax			0.1163		0.1076		0.1196		0.1169		0.1088		0.1255	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN HUANCANE

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)
1	68.7	0.9677	0.9545	0.0132	0.9468	0.0210	0.9518	0.0159	0.9376	0.0301	0.9503	0.0175	0.9460	0.0217
2	66.5	0.9355	0.9419	0.0064	0.9333	0.0022	0.9401	0.0046	0.9242	0.0113	0.9350	0.0004	0.9334	0.0021
3	65.0	0.9032	0.9309	0.0277	0.9217	0.0185	0.9300	0.0268	0.9129	0.0096	0.9217	0.0185	0.9225	0.0193
4	64.6	0.8710	0.9282	0.0572	0.9189	0.0479	0.9275	0.0565	0.9101	0.0392	0.9185	0.0475	0.9199	0.0489
5	58.0	0.8387	0.8545	0.0158	0.8439	0.0052	0.8605	0.0217	0.8389	0.0002	0.8312	0.0075	0.8503	0.0116
6	58.0	0.8065	0.8545	0.0481	0.8439	0.0374	0.8605	0.0540	0.8389	0.0325	0.8312	0.0248	0.8503	0.0438
7	56.5	0.7742	0.8313	0.0571	0.8208	0.0466	0.8392	0.0650	0.8173	0.0431	0.8045	0.0303	0.8288	0.0546
8	54.5	0.7419	0.7948	0.0528	0.7848	0.0429	0.8055	0.0635	0.7836	0.0416	0.7634	0.0214	0.7951	0.0532
9	52.4	0.7097	0.7504	0.0408	0.7416	0.0319	0.7640	0.0543	0.7431	0.0334	0.7147	0.0051	0.7544	0.0447
10	51.6	0.6774	0.7318	0.0544	0.7236	0.0461	0.7464	0.0689	0.7261	0.0486	0.6947	0.0173	0.7373	0.0599
11	50.8	0.6452	0.7125	0.0674	0.7050	0.0598	0.7280	0.0828	0.7085	0.0633	0.6742	0.0290	0.7196	0.0744
12	48.6	0.6129	0.6522	0.0393	0.6471	0.0342	0.6696	0.0567	0.6535	0.0406	0.6116	0.0013	0.6640	0.0511
13	48.5	0.5806	0.6503	0.0697	0.6452	0.0646	0.6677	0.0870	0.6517	0.0711	0.6096	0.0290	0.6622	0.0816
14	44.4	0.5484	0.5227	0.0257	0.5235	0.0249	0.5391	0.0092	0.5337	0.0147	0.4836	0.0648	0.5427	0.0057
15	44.1	0.5161	0.5110	0.0051	0.5124	0.0038	0.5271	0.0109	0.5228	0.0067	0.4725	0.0437	0.5316	0.0155
16	43.4	0.4839	0.4874	0.0035	0.4899	0.0060	0.5025	0.0186	0.5006	0.0167	0.4501	0.0338	0.5091	0.0252
17	42.2	0.4516	0.4463	0.0053	0.4508	0.0009	0.4593	0.0077	0.4616	0.0100	0.4118	0.0398	0.4696	0.0180
18	40.1	0.4194	0.3720	0.0474	0.3797	0.0397	0.3796	0.0398	0.3900	0.0294	0.3440	0.0754	0.3969	0.0224
19	39.4	0.3871	0.3475	0.0396	0.3562	0.0309	0.3530	0.0341	0.3660	0.0211	0.3220	0.0651	0.3726	0.0145
20	37.8	0.3548	0.2937	0.0612	0.3043	0.0505	0.2940	0.0608	0.3126	0.0422	0.2743	0.0805	0.3185	0.0364
21	36.1	0.3226	0.2364	0.0861	0.2486	0.0740	0.2310	0.0916	0.2548	0.0678	0.2243	0.0983	0.2597	0.0629
22	36.1	0.2903	0.2364	0.0539	0.2486	0.0417	0.2310	0.0593	0.2548	0.0355	0.2243	0.0661	0.2597	0.0307
23	35.6	0.2581	0.2201	0.0380	0.2326	0.0255	0.2130	0.0451	0.2380	0.0200	0.2101	0.0480	0.2426	0.0154
24	35.0	0.2258	0.2017	0.0241	0.2145	0.0113	0.1928	0.0330	0.2190	0.0068	0.1941	0.0317	0.2233	0.0025
25	35.0	0.1935	0.2017	0.0082	0.2145	0.0209	0.1928	0.0008	0.2190	0.0255	0.1941	0.0005	0.2233	0.0297
26	34.4	0.1613	0.1836	0.0224	0.1966	0.0353	0.1730	0.0117	0.2003	0.0390	0.1784	0.0171	0.2042	0.0429
27	32.5	0.1290	0.1325	0.0035	0.1453	0.0163	0.1179	0.0112	0.1463	0.0173	0.1339	0.0049	0.1490	0.0200
28	32.0	0.0968	0.1208	0.0240	0.1334	0.0366	0.1055	0.0087	0.1337	0.0370	0.1236	0.0268	0.1362	0.0394
29	24.4	0.0645	0.0142	0.0504	0.0186	0.0459	0.0069	0.0577	0.0163	0.0482	0.0222	0.0423	0.0154	0.0491
30	23.8	0.0323	0.0113	0.0210	0.0151	0.0171	0.0051	0.0272	0.0130	0.0192	0.0187	0.0135	0.0121	0.0201
D _{max}			0.0861		0.0740		0.0916		0.0711		0.0983		0.0816	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN HUARAYA MOHO

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)	F(Xm)	Fo(Xm) - F(Xm)
1	74.3	0.9677	0.9883	0.0206	0.9888	0.0210	0.9848	0.0171	0.9834	0.0157	0.9871	0.0193	0.9874	0.0197
2	63.2	0.9355	0.9500	0.0145	0.9509	0.0154	0.9474	0.0119	0.9442	0.0087	0.9500	0.0145	0.9507	0.0152
3	62.0	0.9032	0.9419	0.0387	0.9429	0.0397	0.9399	0.0367	0.9364	0.0332	0.9424	0.0392	0.9431	0.0399
4	52.4	0.8710	0.8220	0.0489	0.8227	0.0482	0.8312	0.0398	0.8261	0.0449	0.8298	0.0412	0.8296	0.0414
5	51.6	0.8387	0.8062	0.0325	0.8068	0.0319	0.8167	0.0220	0.8115	0.0272	0.8147	0.0240	0.8143	0.0244
6	51.6	0.8065	0.8062	0.0003	0.8068	0.0003	0.8167	0.0102	0.8115	0.0051	0.8147	0.0083	0.8143	0.0079
7	51.0	0.7742	0.7936	0.0194	0.7941	0.0199	0.8051	0.0309	0.7999	0.0257	0.8028	0.0286	0.8022	0.0280
8	50.5	0.7419	0.7826	0.0407	0.7830	0.0411	0.7949	0.0530	0.7898	0.0478	0.7923	0.0504	0.7916	0.0497
9	48.1	0.7097	0.7236	0.0139	0.7235	0.0138	0.7396	0.0299	0.7347	0.0251	0.7358	0.0262	0.7342	0.0245
10	46.0	0.6774	0.6633	0.0141	0.6627	0.0147	0.6817	0.0043	0.6775	0.0001	0.6775	0.0001	0.6748	0.0027
11	45.3	0.6452	0.6415	0.0036	0.6407	0.0045	0.6604	0.0152	0.6565	0.0113	0.6562	0.0110	0.6531	0.0079
12	45.2	0.6129	0.6384	0.0254	0.6375	0.0245	0.6573	0.0444	0.6534	0.0405	0.6531	0.0402	0.6499	0.0370
13	43.8	0.5806	0.5921	0.0114	0.5907	0.0101	0.6113	0.0306	0.6082	0.0275	0.6075	0.0269	0.6035	0.0228
14	42.0	0.5484	0.5284	0.0200	0.5265	0.0219	0.5465	0.0018	0.5447	0.0037	0.5441	0.0043	0.5389	0.0095
15	41.5	0.5161	0.5101	0.0061	0.5079	0.0082	0.5275	0.0114	0.5261	0.0100	0.5257	0.0095	0.5201	0.0040
16	39.5	0.4839	0.4345	0.0494	0.4317	0.0522	0.4479	0.0359	0.4483	0.0356	0.4491	0.0348	0.4422	0.0417
17	38.9	0.4516	0.4114	0.0402	0.4085	0.0431	0.4232	0.0284	0.4241	0.0275	0.4255	0.0262	0.4182	0.0334
18	38.7	0.4194	0.4037	0.0156	0.4007	0.0186	0.4149	0.0044	0.4160	0.0033	0.4175	0.0018	0.4102	0.0091
19	38.6	0.3871	0.3999	0.0128	0.3968	0.0097	0.4108	0.0237	0.4120	0.0249	0.4136	0.0265	0.4062	0.0191
20	38.0	0.3548	0.3767	0.0219	0.3736	0.0187	0.3857	0.0309	0.3875	0.0327	0.3898	0.0349	0.3821	0.0272
21	37.8	0.3226	0.3690	0.0465	0.3658	0.0433	0.3773	0.0548	0.3793	0.0567	0.3818	0.0593	0.3740	0.0514
22	35.8	0.2903	0.2933	0.0030	0.2898	0.0006	0.2941	0.0038	0.2979	0.0076	0.3030	0.0127	0.2944	0.0041
23	34.8	0.2581	0.2570	0.0011	0.2533	0.0048	0.2537	0.0043	0.2584	0.0003	0.2648	0.0067	0.2560	0.0021
24	34.5	0.2258	0.2463	0.0205	0.2427	0.0168	0.2419	0.0161	0.2468	0.0210	0.2536	0.0278	0.2448	0.0190
25	33.4	0.1935	0.2087	0.0152	0.2051	0.0115	0.2002	0.0067	0.2057	0.0121	0.2139	0.0203	0.2050	0.0115
26	31.4	0.1613	0.1472	0.0141	0.1438	0.0175	0.1327	0.0286	0.1387	0.0226	0.1486	0.0127	0.1403	0.0210
27	29.5	0.1290	0.0987	0.0303	0.0958	0.0333	0.0815	0.0476	0.0871	0.0419	0.0972	0.0318	0.0901	0.0389
28	28.5	0.0968	0.0775	0.0192	0.0749	0.0218	0.0602	0.0366	0.0654	0.0314	0.0750	0.0218	0.0687	0.0281
29	26.4	0.0645	0.0430	0.0215	0.0412	0.0234	0.0282	0.0363	0.0319	0.0326	0.0394	0.0251	0.0349	0.0296
30	25.0	0.0323	0.0270	0.0052	0.0256	0.0066	0.0152	0.0170	0.0178	0.0144	0.0235	0.0088	0.0203	0.0120
Dmax			0.0494		0.0522		0.0548		0.0567		0.0593		0.0514	

Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------

PRUEBA DE BONDAJE DE AJUSTE: KOLMOGOROV-SMIRNOV
ESTACIÓN HIDROLÓGICA PUENTE HUANCANÉ

m	Xm	Fo(Xm)	Log Normal - Momentos		Log Normal - Maxima Verosimilitud		Gumbel - Momentos		Gumbel - Maxima Verosimilitud		Log Pearson Tipo III - Momentos		Log Pearson Tipo III - Verosimilitud	
			F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|	F(Xm)	|Fo(Xm) - F(Xm)|
1	246.0	0.9677	0.9588	0.0089	0.9428	0.0250	0.9600	0.0077	0.9546	0.0131	0.9497	0.0181	0.9409	0.0268
2	245.1	0.9355	0.9580	0.0226	0.9419	0.0064	0.9592	0.0238	0.9537	0.0183	0.9486	0.0132	0.9401	0.0046
3	240.8	0.9032	0.9540	0.0508	0.9372	0.0340	0.9551	0.0519	0.9493	0.0461	0.9433	0.0400	0.9358	0.0326
4	206.1	0.8710	0.9047	0.0338	0.8841	0.0131	0.9039	0.0329	0.8956	0.0246	0.8791	0.0081	0.8874	0.0165
5	187.2	0.8387	0.8592	0.0205	0.8384	0.0003	0.8563	0.0176	0.8470	0.0083	0.8231	0.0156	0.8461	0.0074
6	176.8	0.8065	0.8258	0.0194	0.8061	0.0004	0.8214	0.0149	0.8120	0.0056	0.7841	0.0224	0.8169	0.0104
7	163.3	0.7742	0.7721	0.0021	0.7554	0.0188	0.7653	0.0089	0.7566	0.0176	0.7240	0.0502	0.7707	0.0035
8	160.3	0.7419	0.7581	0.0162	0.7425	0.0006	0.7508	0.0089	0.7424	0.0004	0.7090	0.0329	0.7588	0.0169
9	151.9	0.7097	0.7157	0.0060	0.7035	0.0061	0.7069	0.0028	0.6995	0.0102	0.6644	0.0453	0.7228	0.0131
10	150.0	0.6774	0.7056	0.0282	0.6943	0.0169	0.6965	0.0191	0.6894	0.0120	0.6540	0.0234	0.7142	0.0368
11	149.6	0.6452	0.7035	0.0583	0.6924	0.0472	0.6943	0.0491	0.6872	0.0421	0.6518	0.0067	0.7124	0.0672
12	140.2	0.6129	0.6471	0.0342	0.6414	0.0285	0.6365	0.0236	0.6314	0.0185	0.5956	0.0173	0.6645	0.0516
13	139.1	0.5806	0.6401	0.0594	0.6351	0.0545	0.6293	0.0487	0.6246	0.0439	0.5888	0.0081	0.6586	0.0779
14	136.3	0.5484	0.6213	0.0729	0.6183	0.0699	0.6102	0.0618	0.6062	0.0578	0.5706	0.0222	0.6425	0.0941
15	136.3	0.5161	0.6212	0.1050	0.6181	0.1020	0.6101	0.0940	0.6061	0.0899	0.5705	0.0544	0.6424	0.1263
16	123.7	0.4839	0.5298	0.0459	0.5364	0.0525	0.5182	0.0343	0.5182	0.0344	0.4855	0.0016	0.5636	0.0797
17	122.4	0.4516	0.5193	0.0676	0.5270	0.0754	0.5077	0.0561	0.5083	0.0566	0.4760	0.0244	0.5544	0.1027
18	119.5	0.4194	0.4962	0.0768	0.5064	0.0870	0.4849	0.0655	0.4865	0.0671	0.4554	0.0360	0.5341	0.1147
19	118.8	0.3871	0.4908	0.1037	0.5016	0.1145	0.4796	0.0925	0.4815	0.0944	0.4507	0.0636	0.5293	0.1422
20	97.1	0.3548	0.3046	0.0503	0.3326	0.0223	0.2999	0.0549	0.3103	0.0446	0.2918	0.0630	0.3573	0.0024
21	91.2	0.3226	0.2533	0.0693	0.2844	0.0381	0.2519	0.0707	0.2641	0.0585	0.2494	0.0732	0.3064	0.0162
22	84.4	0.2903	0.1977	0.0927	0.2309	0.0594	0.2005	0.0898	0.2142	0.0761	0.2034	0.0869	0.2488	0.0415
23	83.3	0.2581	0.1884	0.0696	0.2218	0.0362	0.1920	0.0660	0.2059	0.0521	0.1957	0.0623	0.2390	0.0191
24	81.0	0.2258	0.1711	0.0547	0.2046	0.0212	0.1761	0.0497	0.1903	0.0355	0.1812	0.0446	0.2202	0.0056
25	79.8	0.1935	0.1624	0.0312	0.1959	0.0023	0.1681	0.0254	0.1824	0.0111	0.1739	0.0196	0.2106	0.0171
26	67.7	0.1613	0.0832	0.0781	0.1125	0.0488	0.0954	0.0659	0.1093	0.0520	0.1049	0.0564	0.1182	0.0431
27	63.6	0.1290	0.0624	0.0666	0.0887	0.0403	0.0758	0.0532	0.0890	0.0400	0.0852	0.0438	0.0917	0.0374
28	62.4	0.0968	0.0567	0.0401	0.0820	0.0147	0.0704	0.0264	0.0833	0.0135	0.0796	0.0171	0.0842	0.0126
29	55.9	0.0645	0.0325	0.0321	0.0519	0.0126	0.0464	0.0181	0.0575	0.0071	0.0542	0.0104	0.0509	0.0137
30	40.3	0.0323	0.0041	0.0281	0.0097	0.0226	0.0124	0.0198	0.0181	0.0142	0.0146	0.0176	0.0071	0.0251
Dmax			0.1050		0.1145		0.0940		0.0944		0.0869		0.1422	

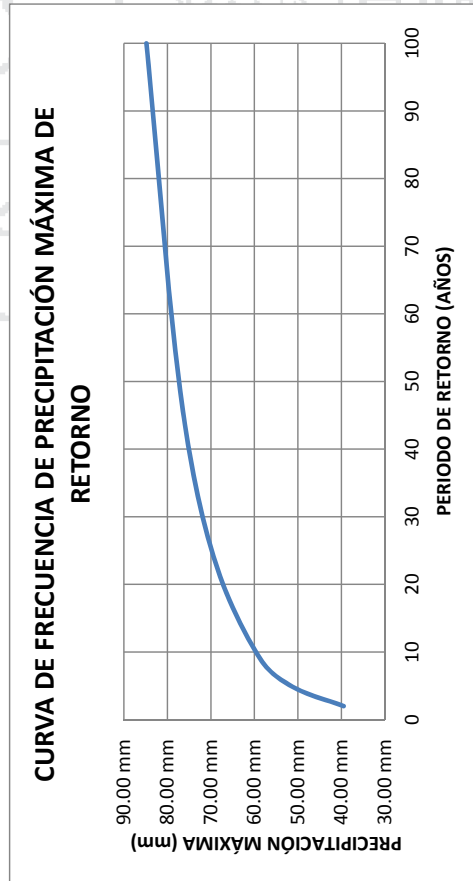
Valor Crítico = 0.24

SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA	SI SE AJUSTA
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------



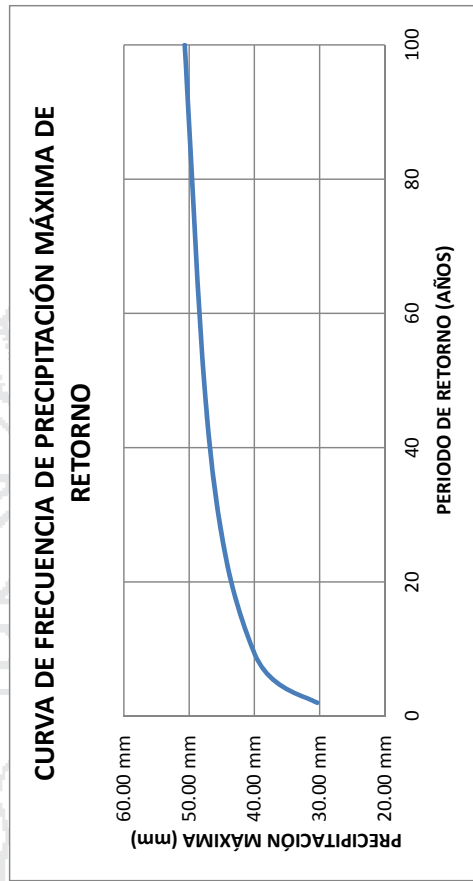
ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN CRUCERO

DISTRIBUCIÓN GUMBEL	
TR (Años)	Método de Máxima Verosimilitud Xt (PP. Máx)
2	39.49 mm
5	51.62 mm
10	59.65 mm
25	69.80 mm
50	77.33 mm
100	84.80 mm



ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN CENTRO POBLADO PROGRESO

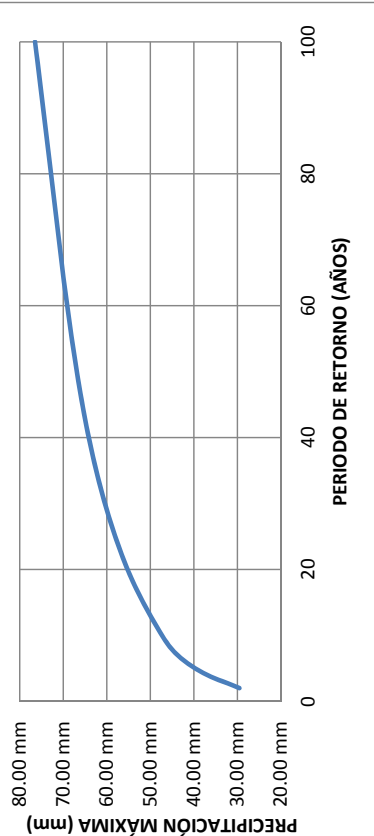
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE II PARAMETROS			
TR (Años)	Probab.	Z	Método de Max. Verosimilitud Xt (PP. Máx)
2	0.500	0.000	30.38 mm
5	0.200	0.842	36.55 mm
10	0.100	1.282	40.27 mm
25	0.040	1.751	44.64 mm
50	0.020	2.054	47.72 mm
100	0.010	2.326	50.67 mm



ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN AZANGARO

DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III				
TR (Años)	Probab.	y_t	Método de Momentos X_t (pp. Máx)	
2	0.500	8.669	29.55 mm	
5	0.200	11.380	39.70 mm	
10	0.100	12.995	47.34 mm	
25	0.040	14.873	58.09 mm	
50	0.020	16.173	66.93 mm	
100	0.010	17.403	76.52 mm	

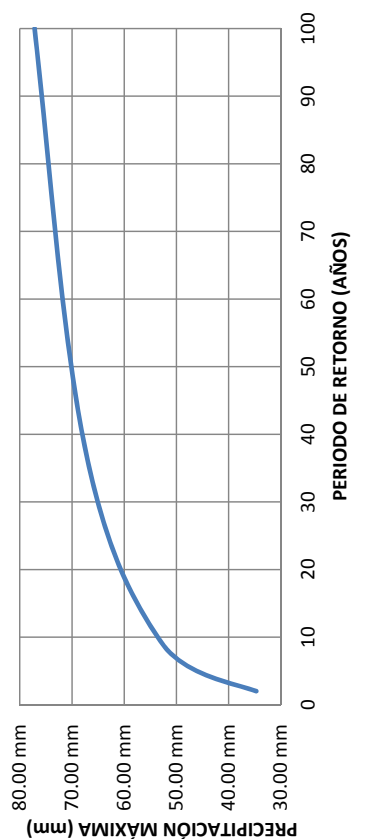
CURVA DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE RETORNO



ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN PUCARA

DISTRIBUCIÓN GUMBEL		Método de Momentos X_t (pp. Máx)
TR (Años)	Probab.	
2	0.500	34.71 mm
5	0.200	46.08 mm
10	0.100	53.60 mm
25	0.040	63.11 mm
50	0.020	70.16 mm
100	0.010	77.17 mm

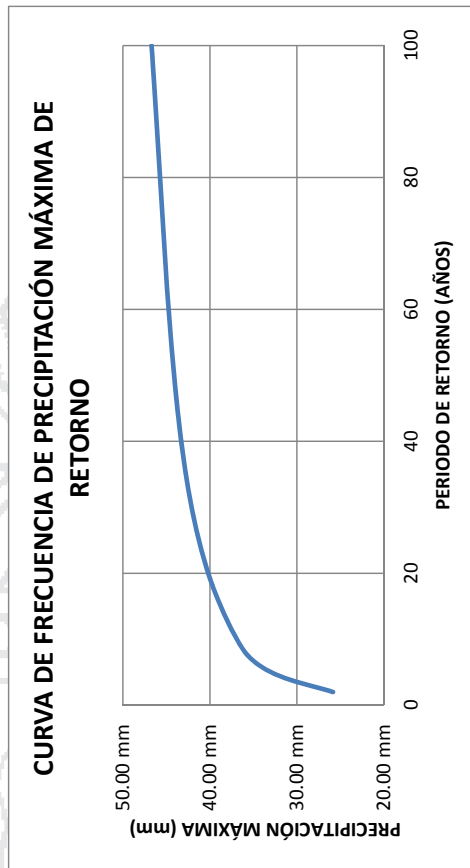
CURVA DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE RETORNO



ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN ANAÑEA

DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III

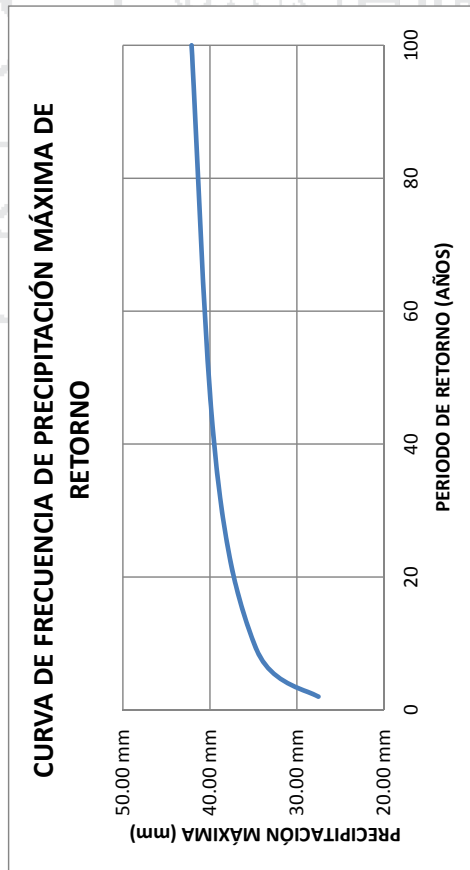
TR (Años)	Probab.	yt	Método de Momentos Xt (pp. Máx)
2	0.500	17.668	25.86 mm
5	0.200	14.367	32.95 mm
10	0.100	12.822	36.91 mm
25	0.040	11.303	41.26 mm
50	0.020	10.391	44.12 mm
100	0.010	9.616	46.70 mm



ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN MUÑANI

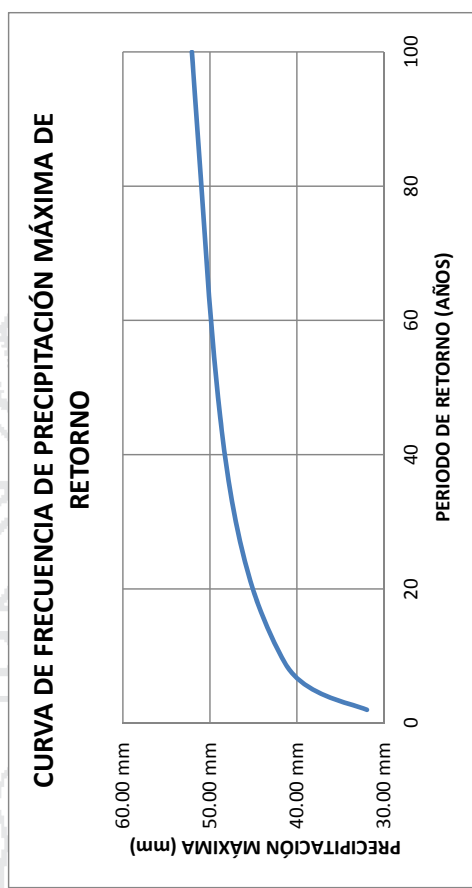
DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III

TR (Años)	Probab.	yt	Método de Momentos Xt (pp. Máx)
2	0.500	432.667	27.53 mm
5	0.200	415.397	32.22 mm
10	0.100	406.556	34.93 mm
25	0.040	397.268	38.01 mm
50	0.020	391.344	40.12 mm
100	0.010	386.067	42.10 mm



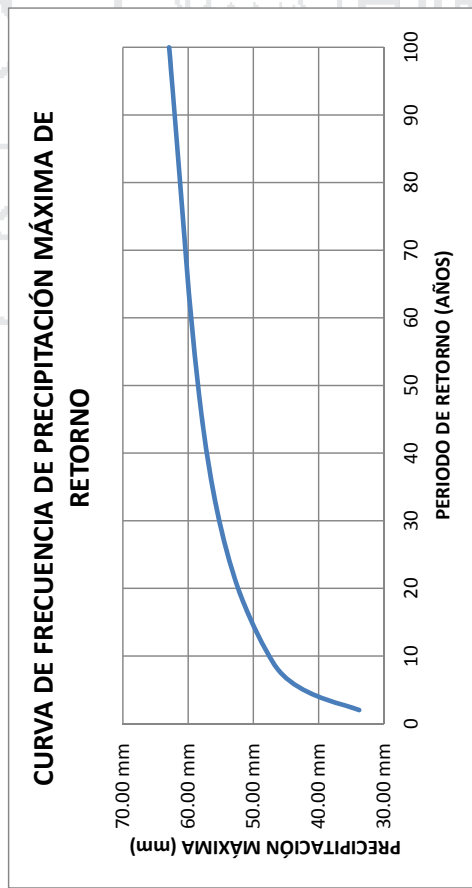
ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN PUTINA

DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE II PARAMETROS			
TR (Años)	Probab.	Z	Método de Max. Verosimilitud Xt (PP. Máx)
2	0.500	0.000	31.96 mm
5	0.200	0.842	38.13 mm
10	0.100	1.282	41.82 mm
25	0.040	1.751	46.15 mm
50	0.020	2.054	49.18 mm
100	0.010	2.326	52.08 mm



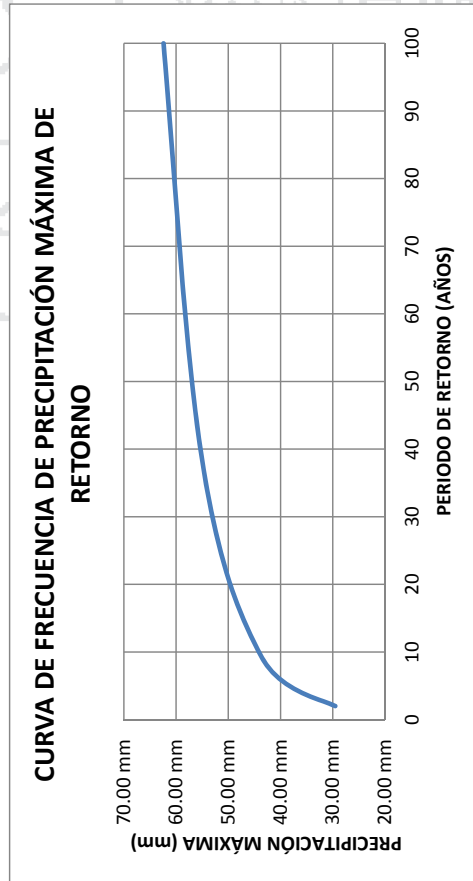
ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN ARAPA

DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE II PARAMETROS			
TR (Años)	Probab.	Z	Método de Max. Verosimilitud Xt (PP. Máx)
2	0.500	0.000	33.80 mm
5	0.200	0.842	42.32 mm
10	0.100	1.282	47.59 mm
25	0.040	1.751	53.94 mm
50	0.020	2.054	58.49 mm
100	0.010	2.326	62.91 mm



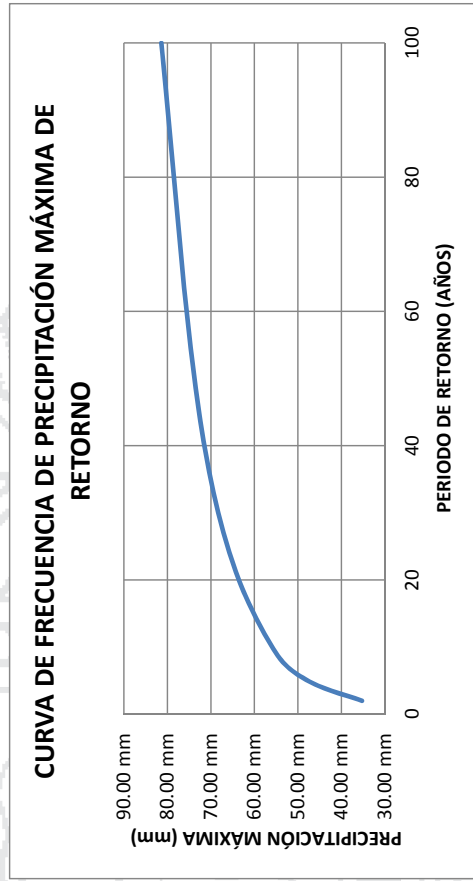
ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN COJATA

DISTRIBUCIÓN GUMBEL	
TR (Años)	Método de Momentos Xt (PP. Máx)
2	29.51 mm
5	38.32 mm
10	44.15 mm
25	51.51 mm
50	56.98 mm
100	62.40 mm



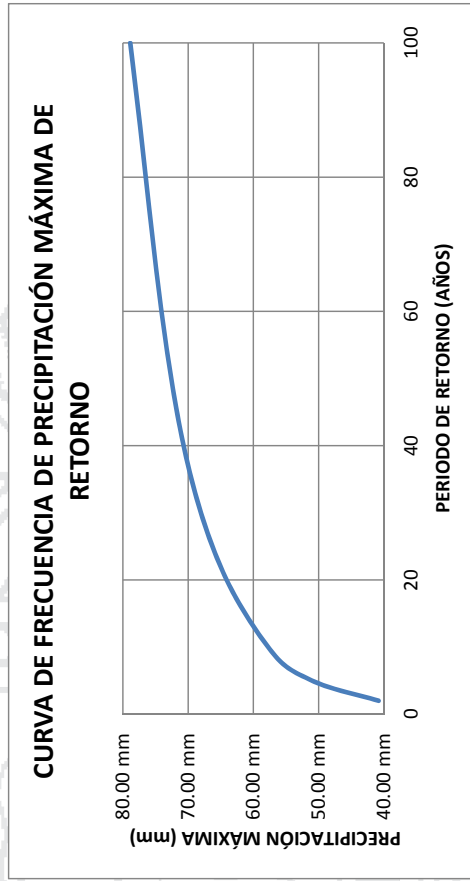
ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN TARACO

DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE II PARAMETROS		
TR (Años)	Probab.	Método de Max. Verosimilitud Xt (PP. Máx)
2	0.500	35.28 mm
5	0.200	47.74 mm
10	0.100	55.91 mm
25	0.040	66.18 mm
50	0.020	73.79 mm
100	0.010	81.38 mm



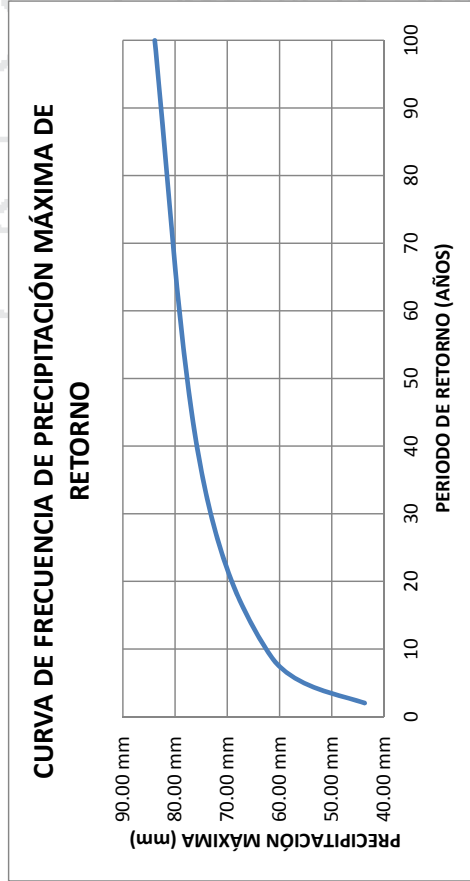
**ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN HUARAYA MOHO**

DISTRIBUCIÓN GUMBEL		
TR (Años)	Probab.	Método de Max. Verosimilitud Xt (PP. Máx)
2	0.500	40.82 mm
5	0.200	51.00 mm
10	0.100	57.75 mm
25	0.040	66.27 mm
50	0.020	72.60 mm
100	0.010	78.87 mm



**ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN HUANCANÉ**

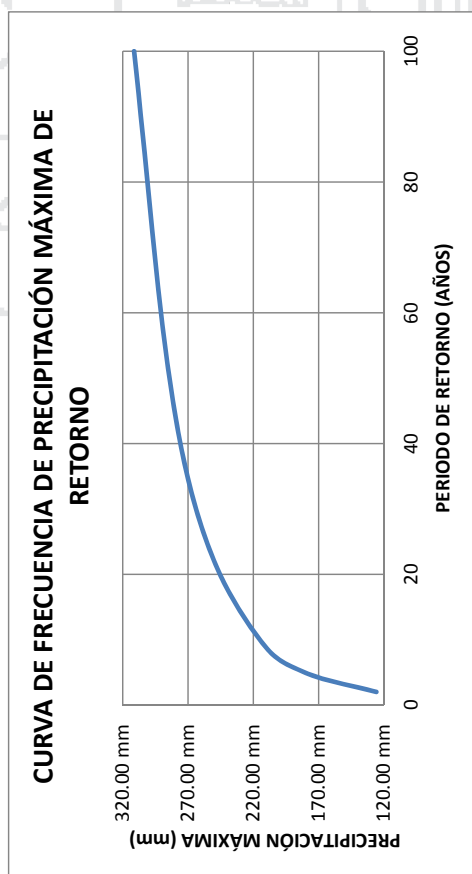
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE II PARAMETROS			
TR (Años)	Probab.	Z	Método de Max. Verosimilitud Xt (PP. Máx)
2	0.500	0.000	43.69 mm
5	0.200	0.842	55.32 mm
10	0.100	1.282	62.58 mm
25	0.040	1.751	71.38 mm
50	0.020	2.054	77.71 mm
100	0.010	2.326	83.88 mm



ANÁLISIS DE FRECUENCIA
ESTACIÓN HIDROLÓGICA PUENTE HUANCANÉ

DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III		
TR (Años)	Probab.	y _t
2	0.500	26.167
5	0.200	22.099
10	0.100	20.154
25	0.040	18.212
50	0.020	17.028
100	0.010	16.009

Método de Momentos	
X _t (pp. Máx)	
125.80 mm	
180.85 mm	
215.13 mm	
255.83 mm	
284.33 mm	
311.38 mm	



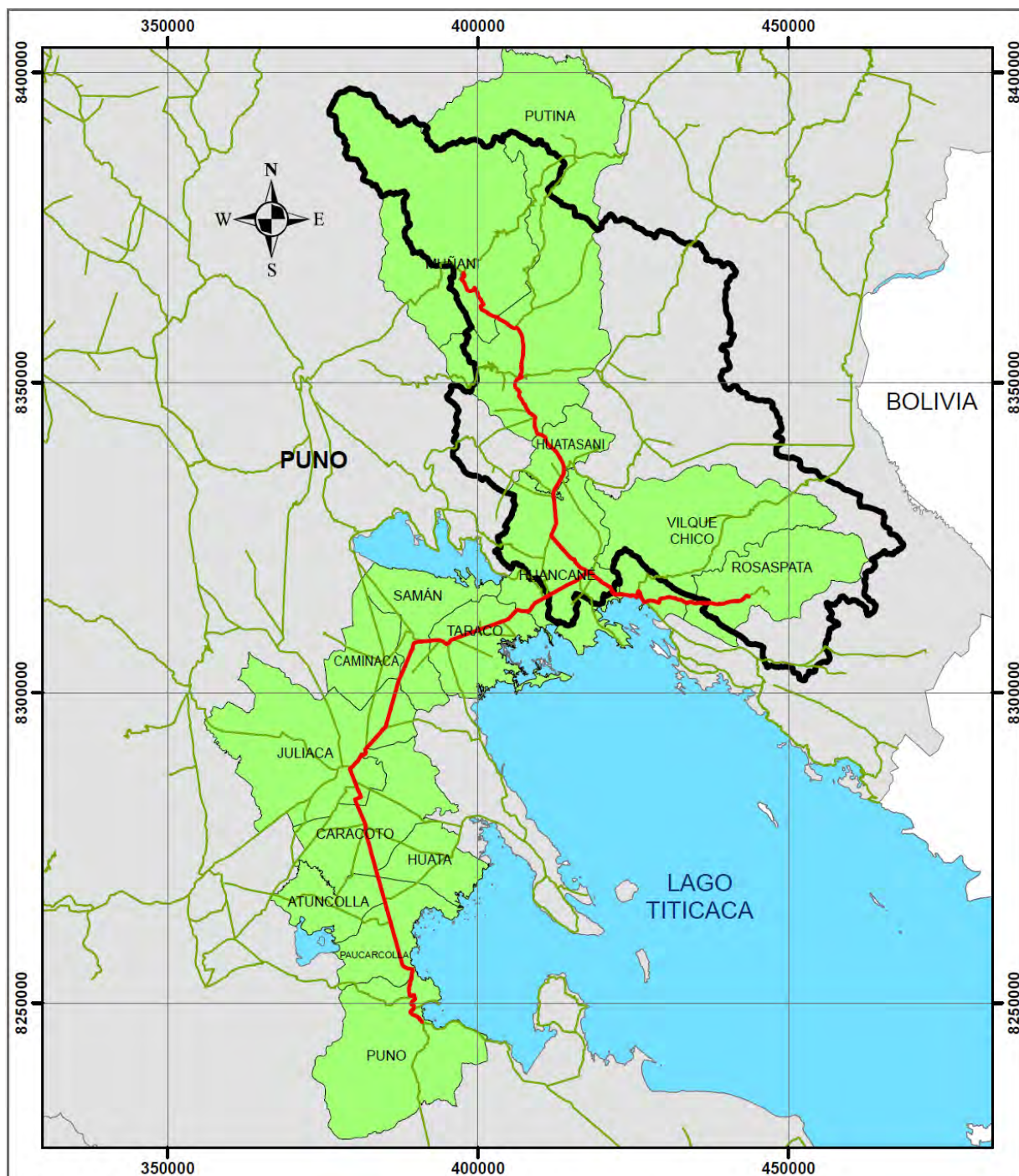


ANEXO IX
MAPAS PARA REALIZAR LA MODELACIÓN
HIDROLÓGICA



ESC. 1:10,000,000

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	
	MAPA DE UBICACIÓN	
	ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO	
		333

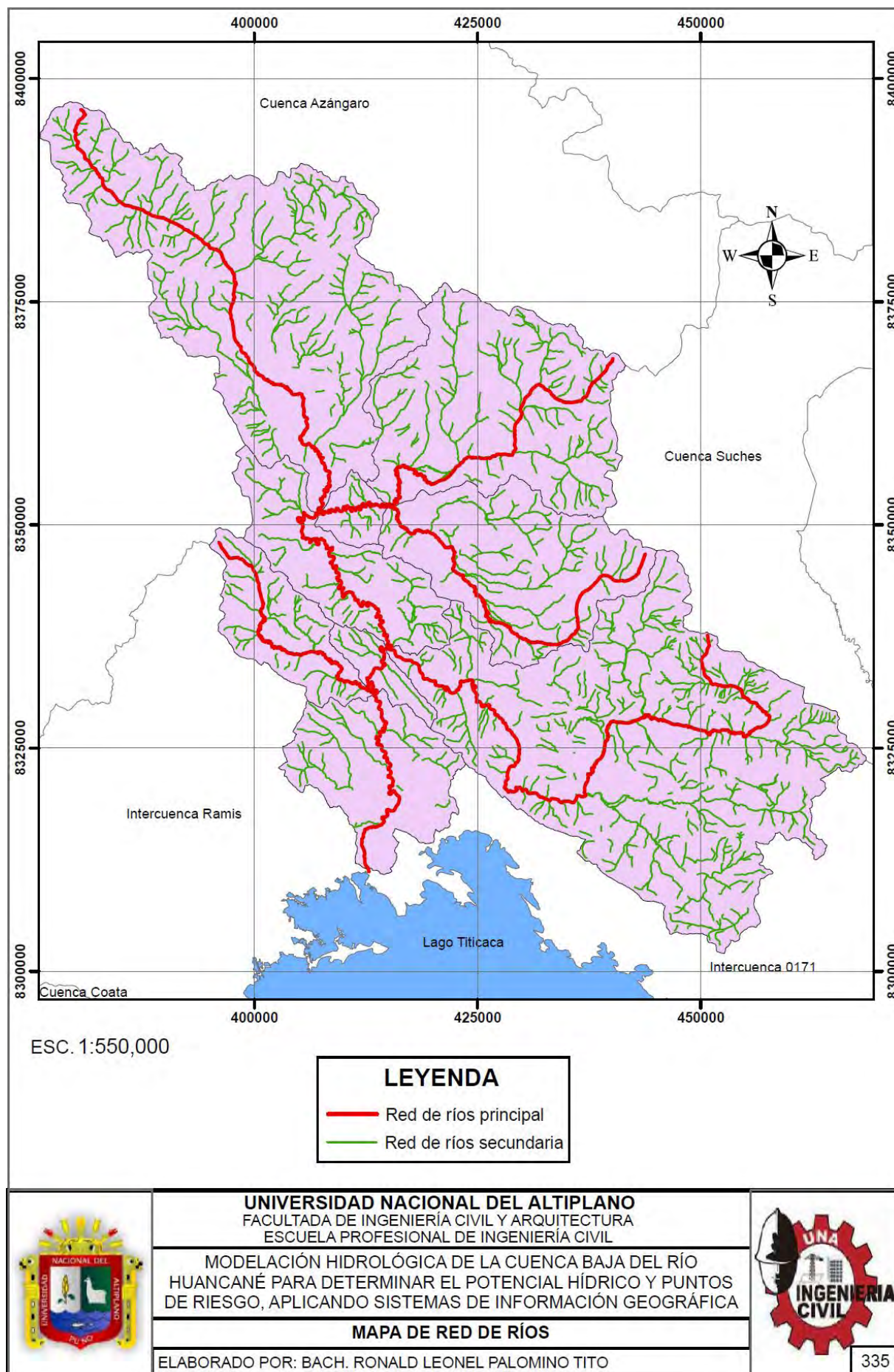


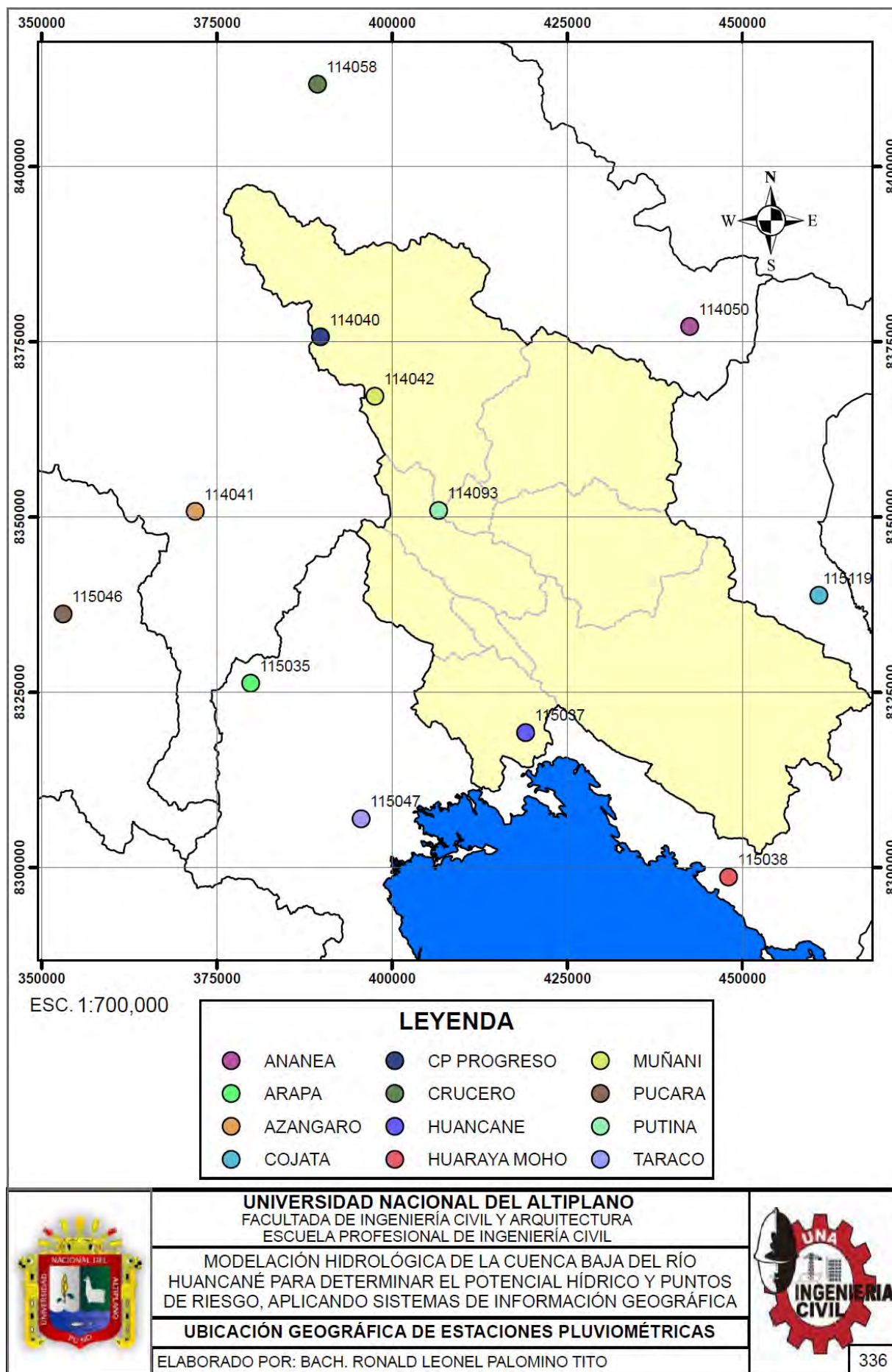
ESC. 1:900,000

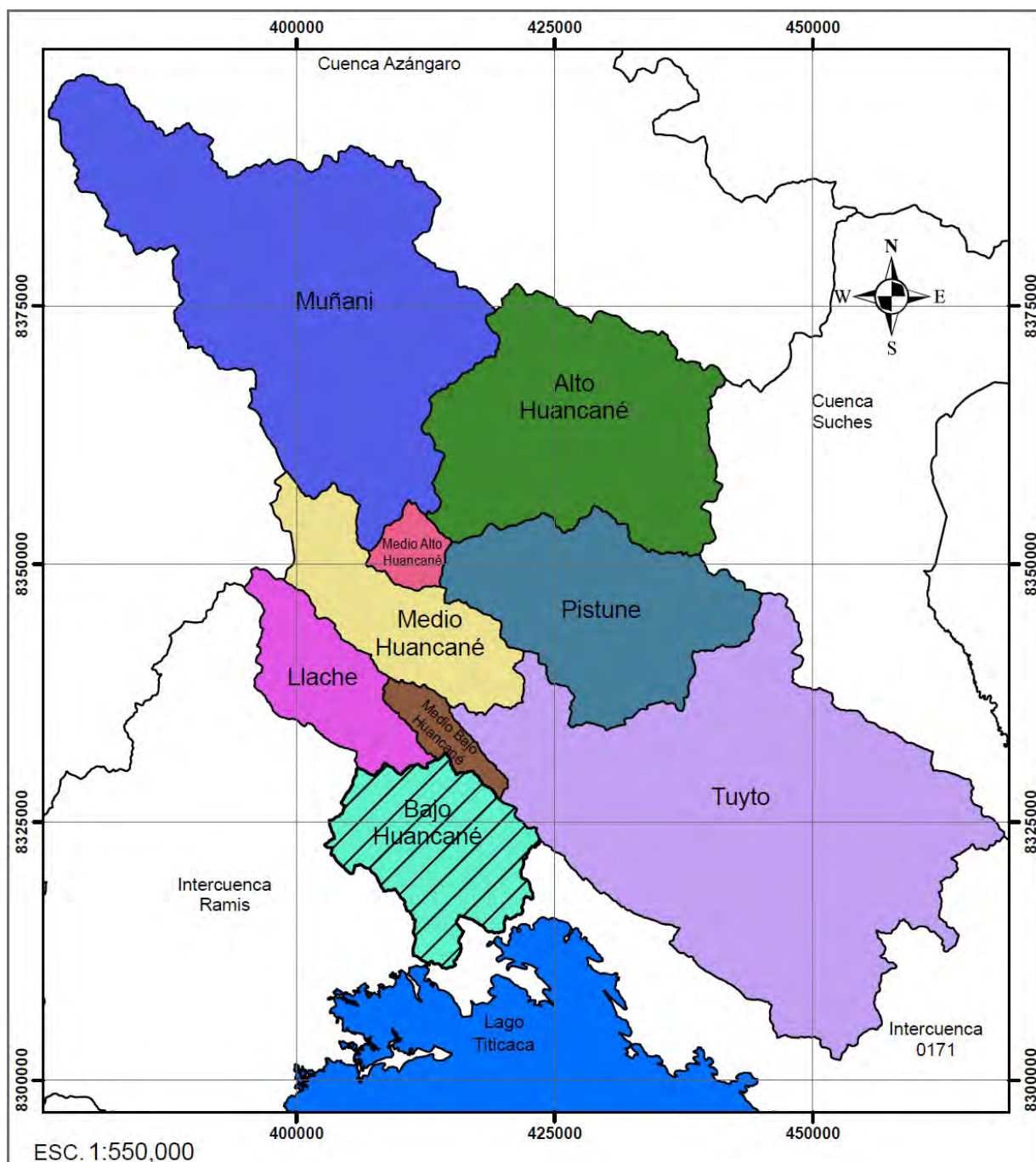
LEYENDA

- Distritos
- Red Vial
- Red Vial de Acceso

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE ACCESIBILIDAD</p>	
<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>		<p>334</p>



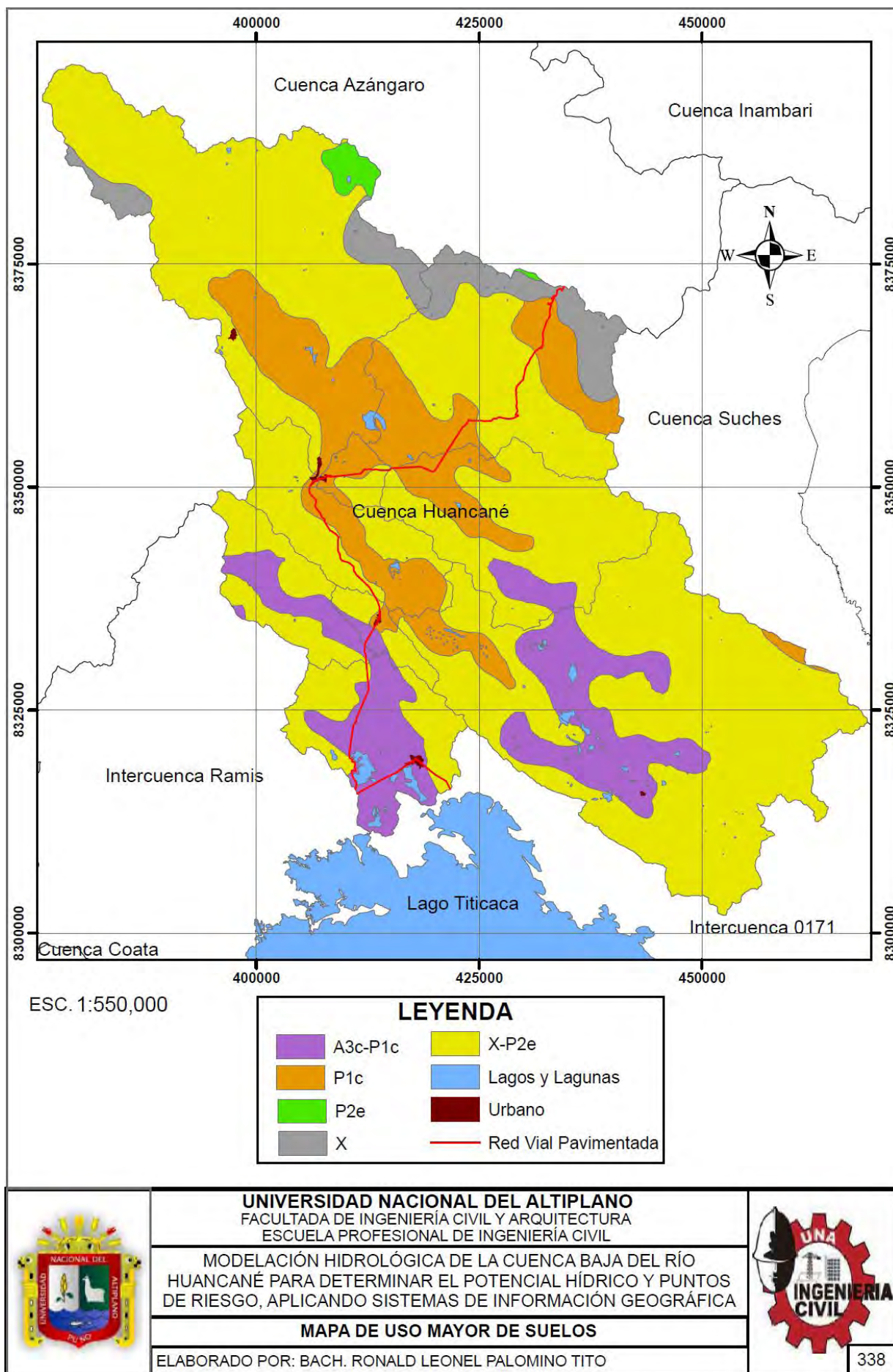


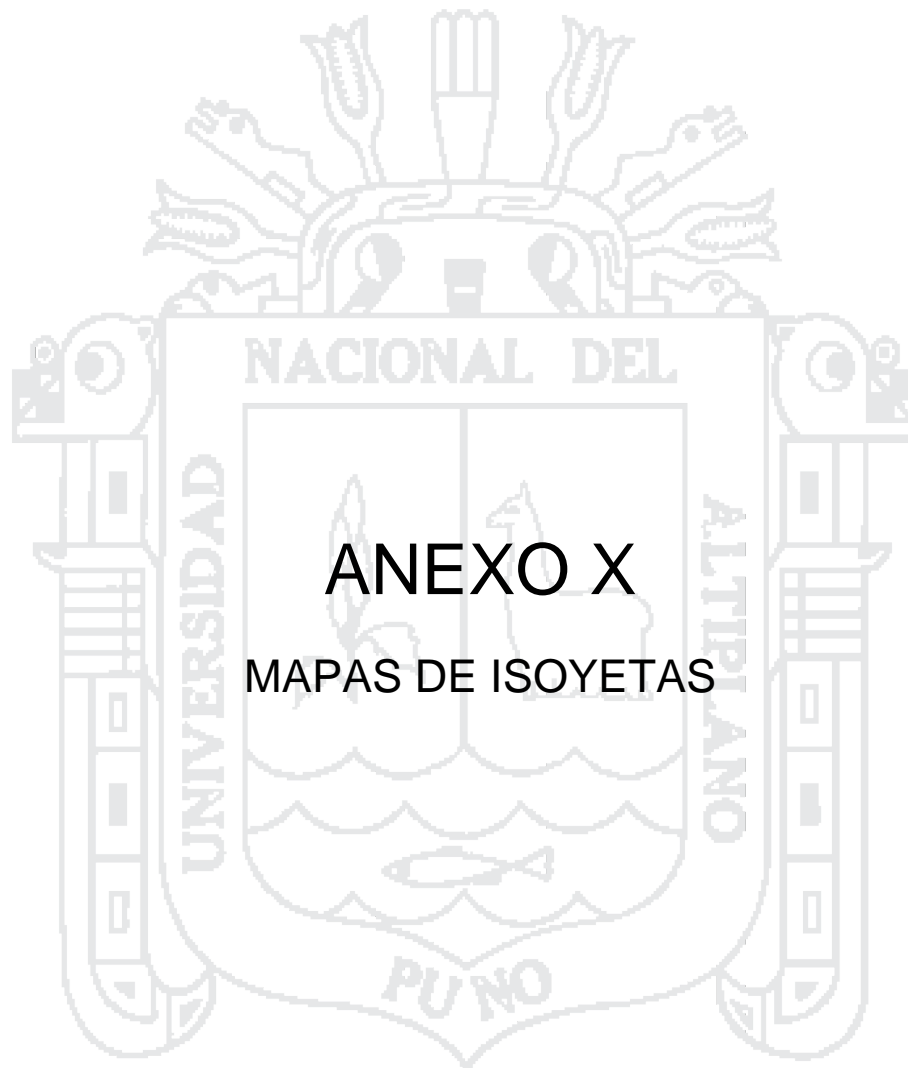


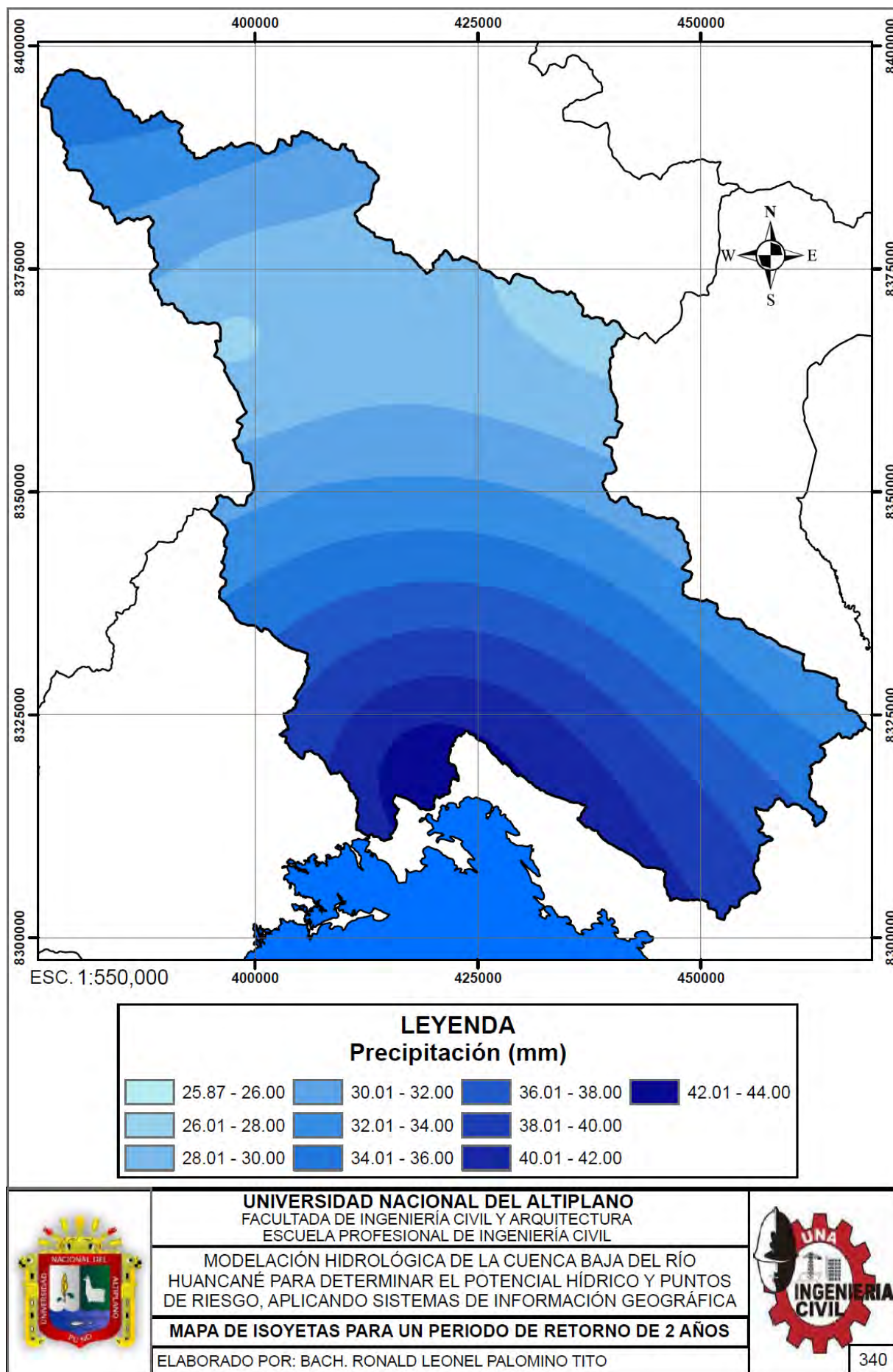
LEYENDA

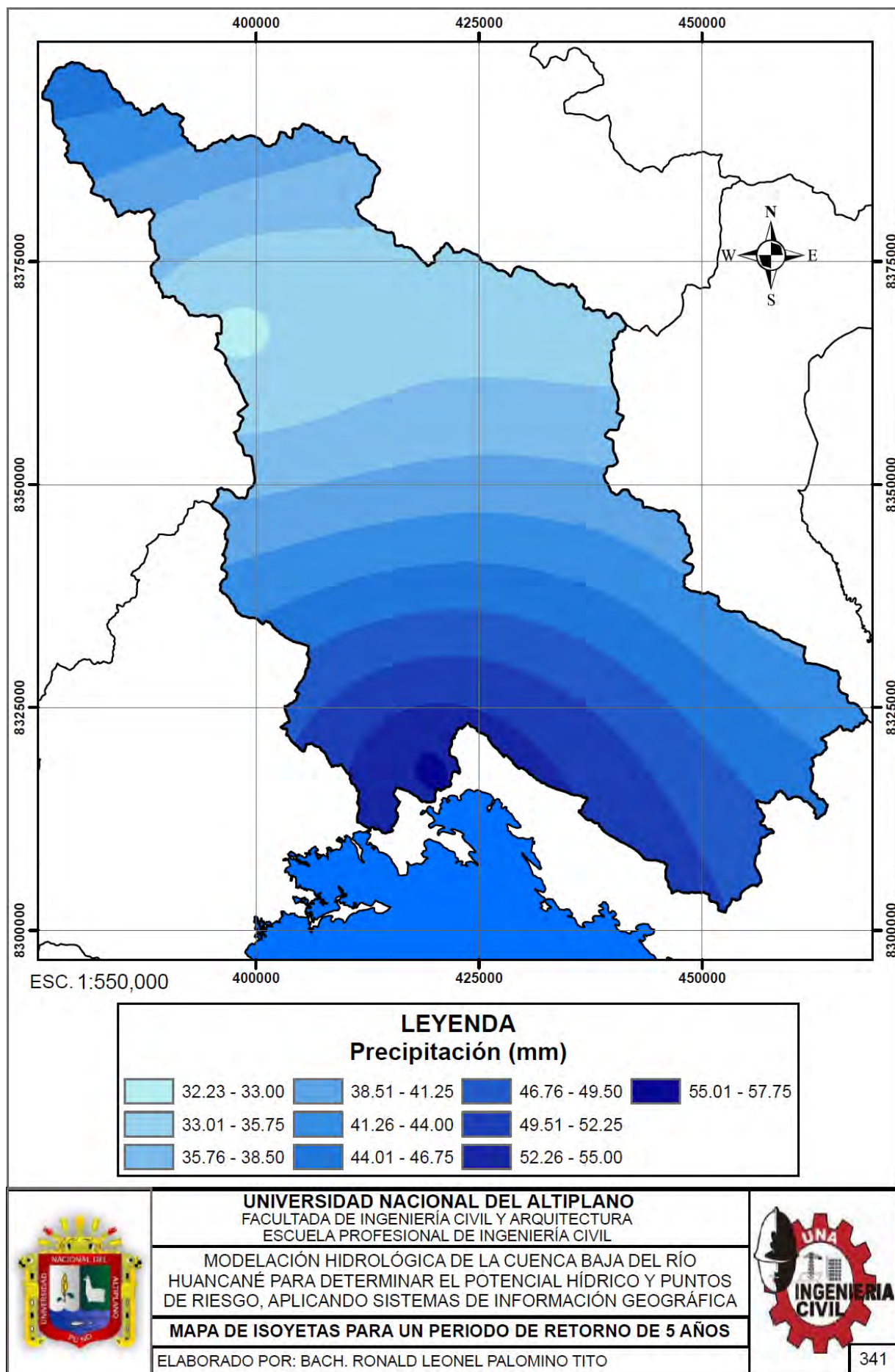
	01781		01784		01787
	01782		01785		01788
	01783		01786		01789

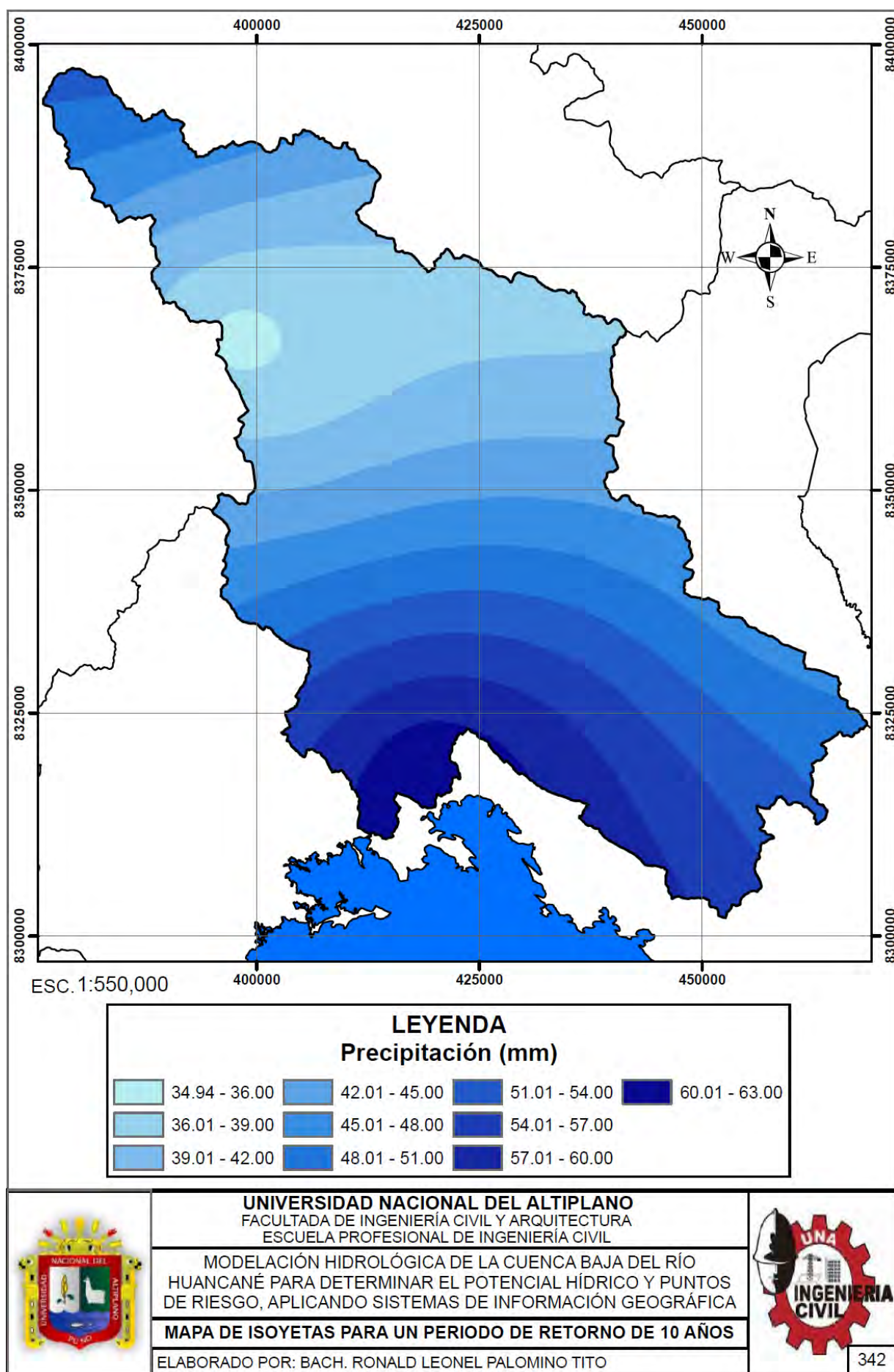
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	
	MAPA DE SUBCUENCAS (CODIFICACIÓN PFAFSTETTER)	
	ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO	
		337

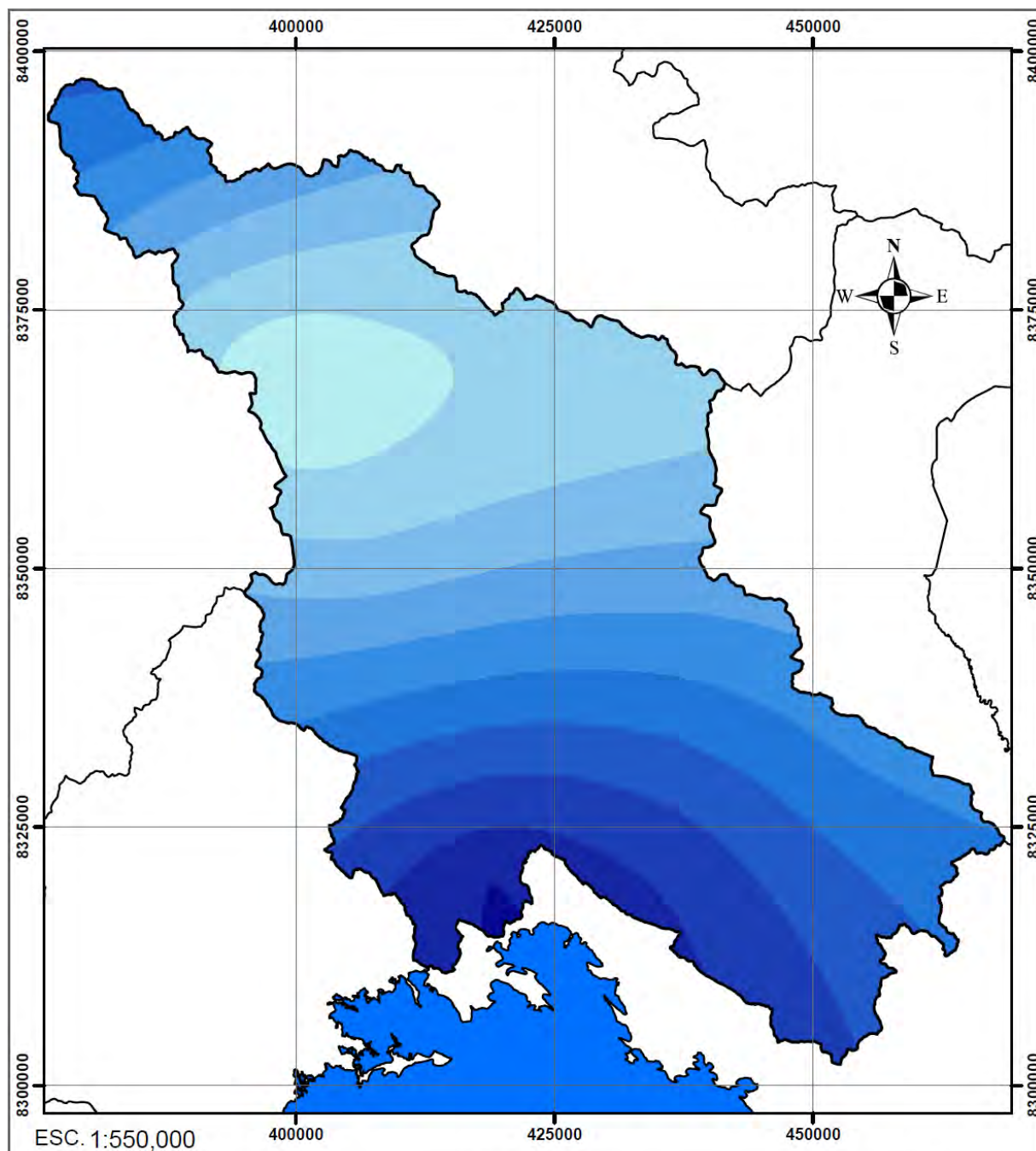












LEYENDA
Precipitación (mm)

38.03 - 41.25	48.76 - 52.50	60.01 - 63.75	71.26 - 75.00
41.26 - 45.00	52.51 - 56.25	63.76 - 67.50	
45.01 - 48.75	56.26 - 60.00	67.51 - 71.25	



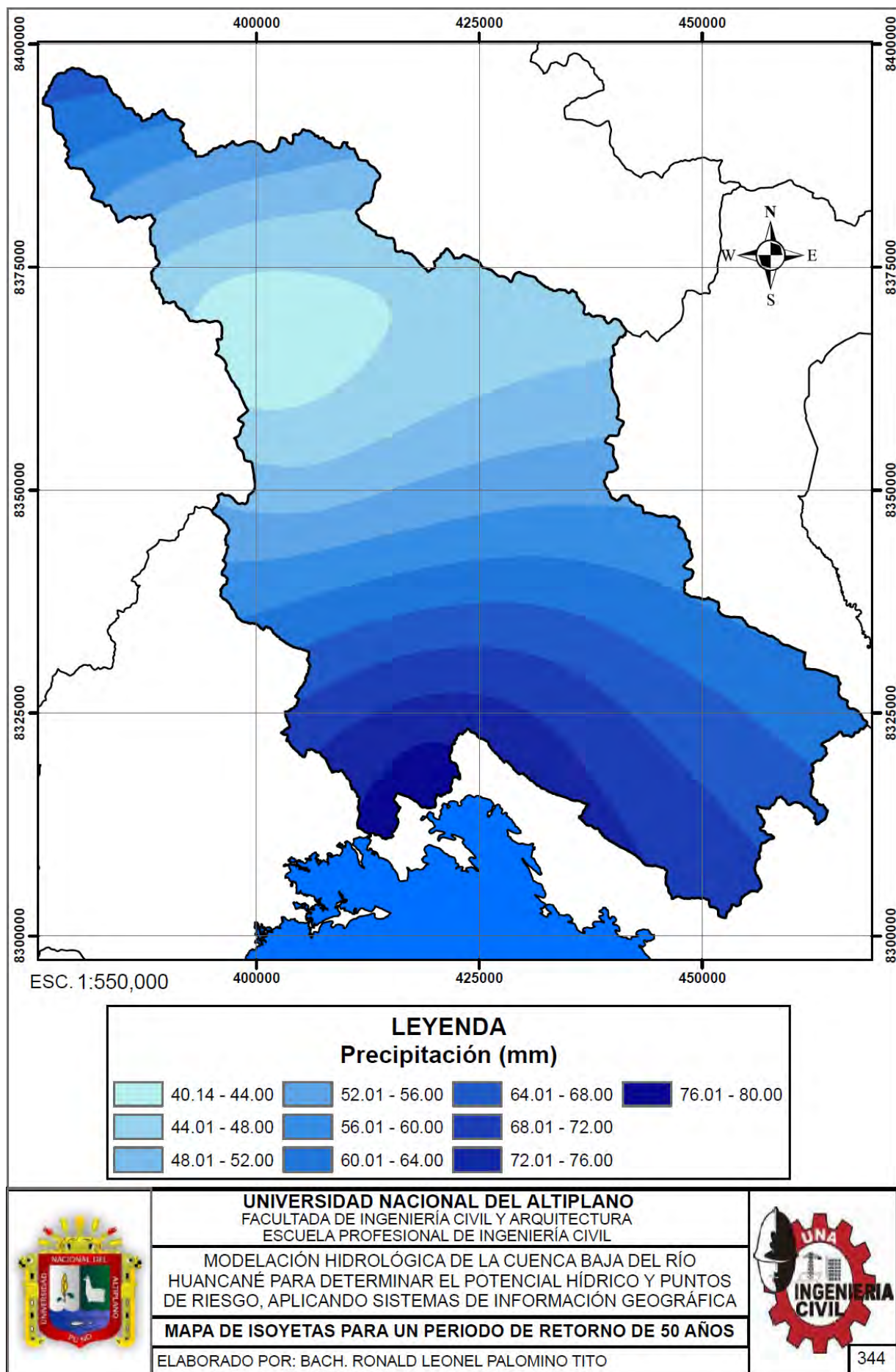
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

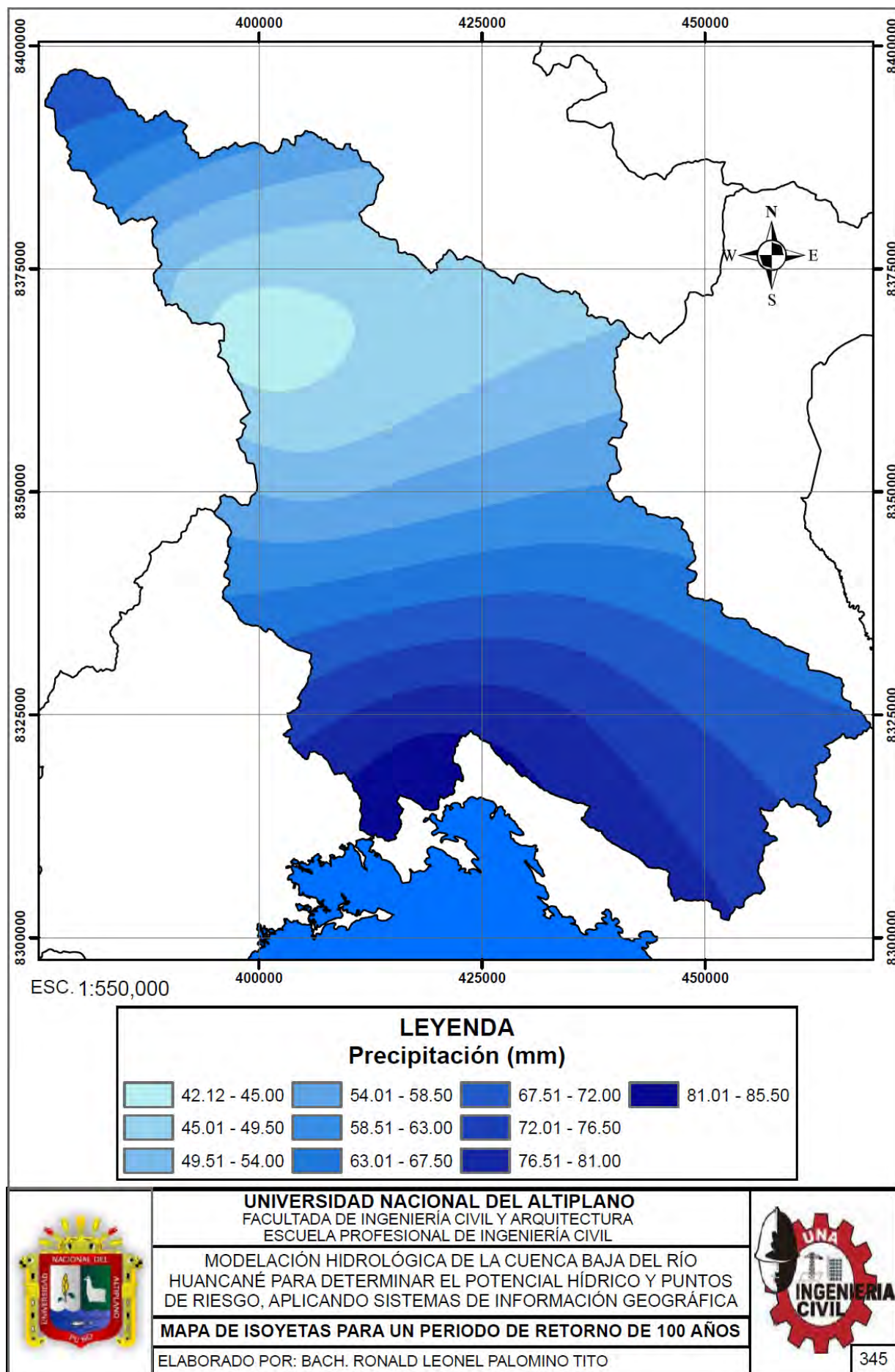
MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO
 HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS
 DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

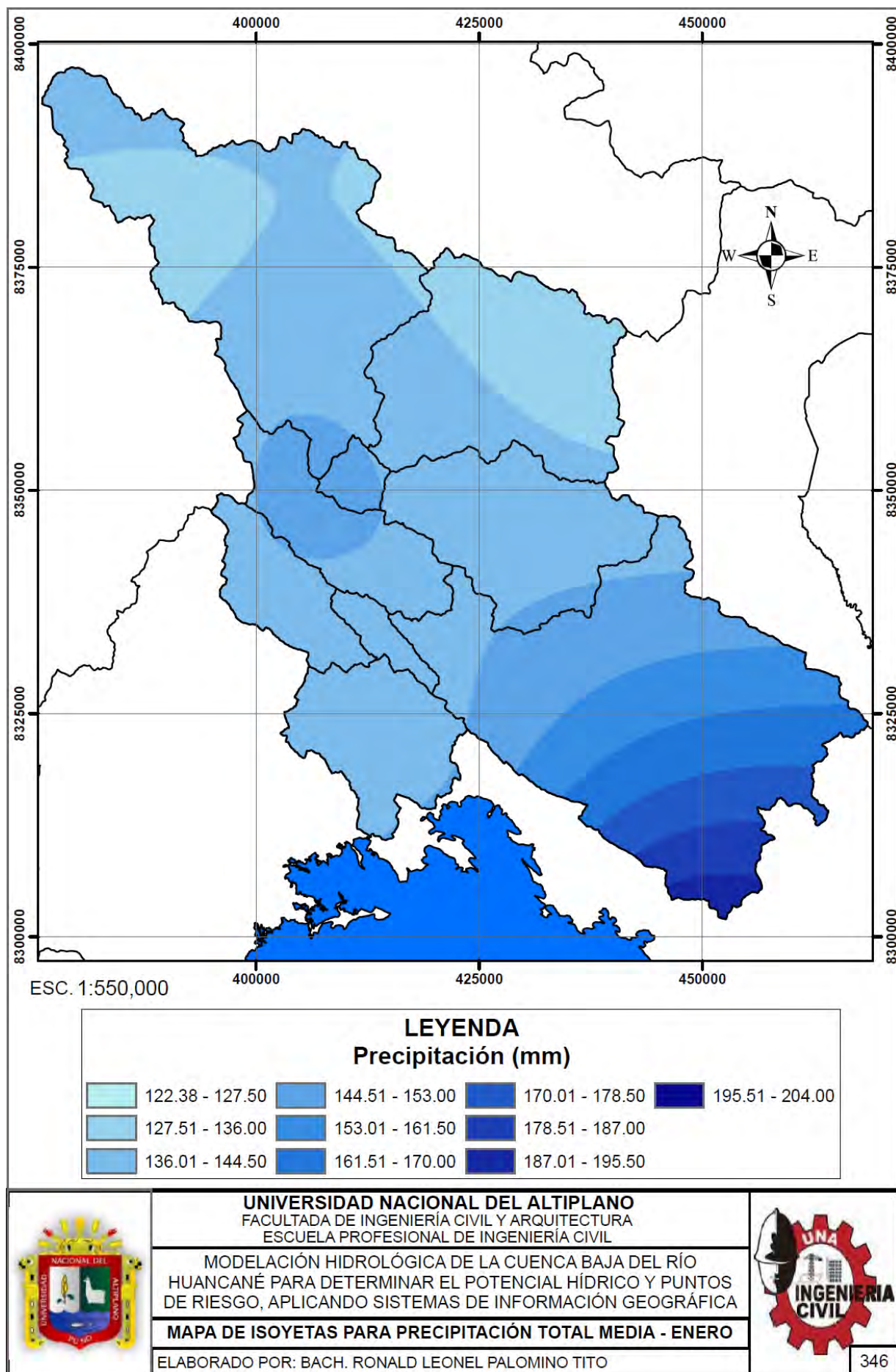
MAPA DE ISOYETAS PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

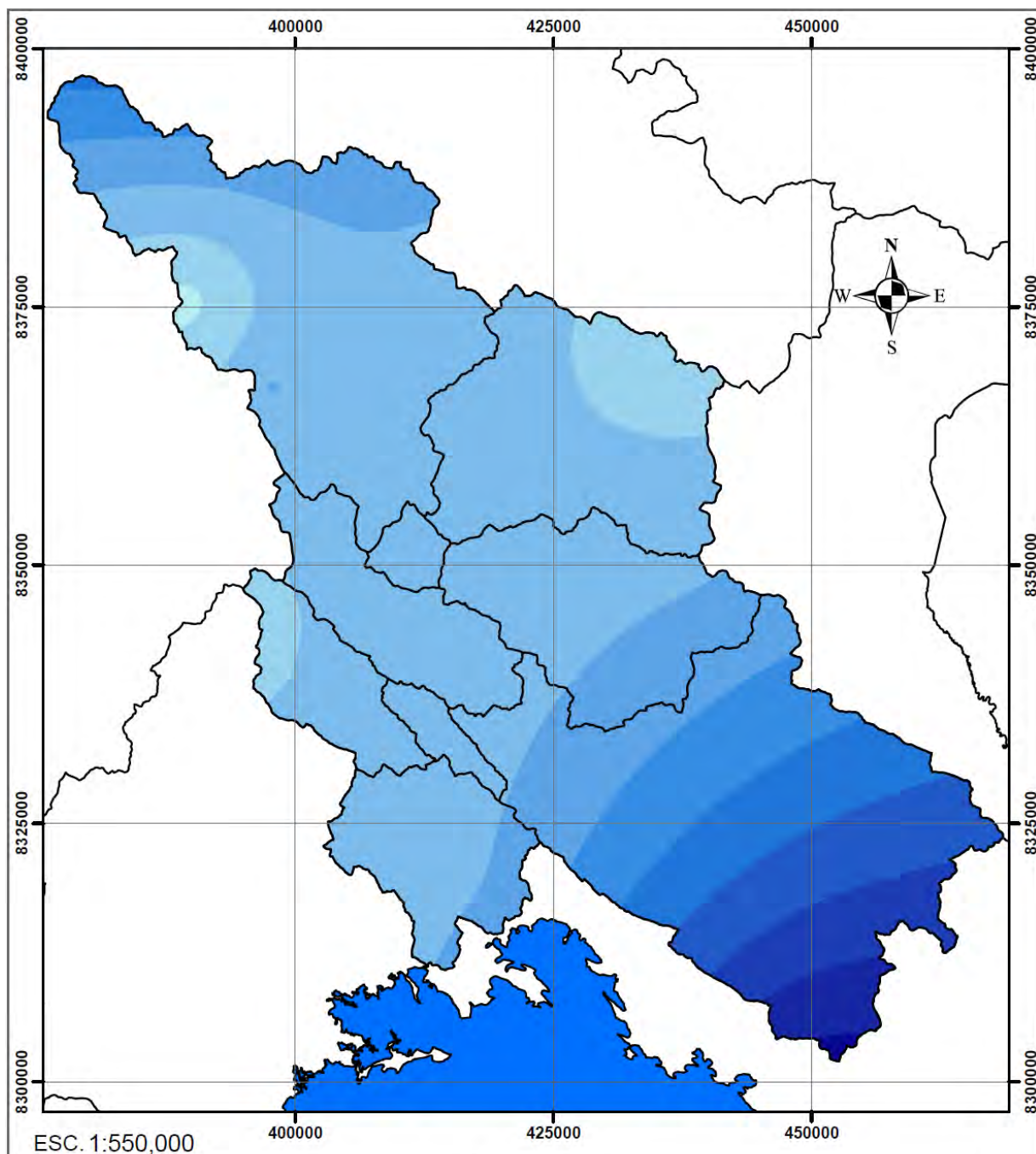
ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO









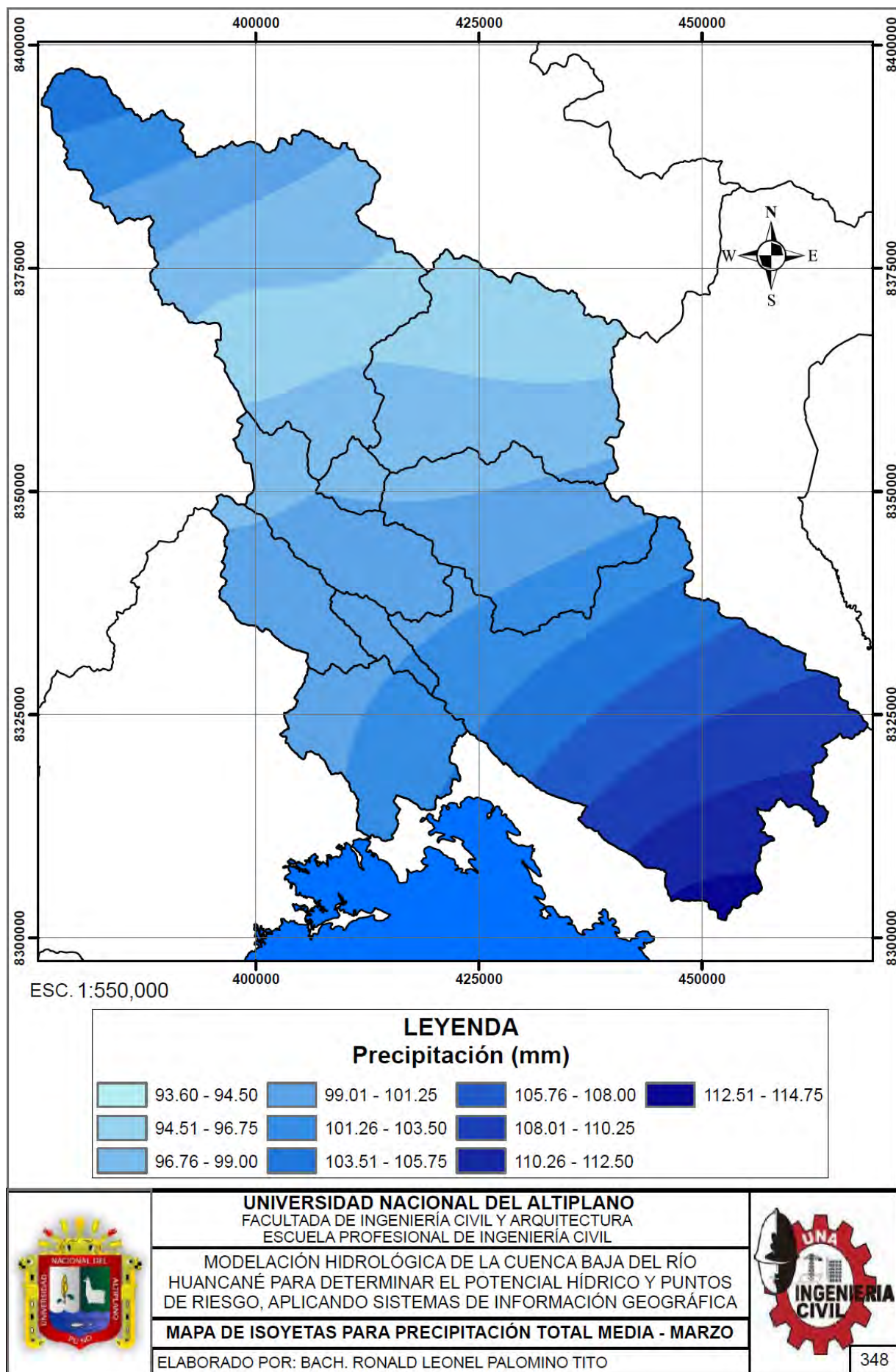


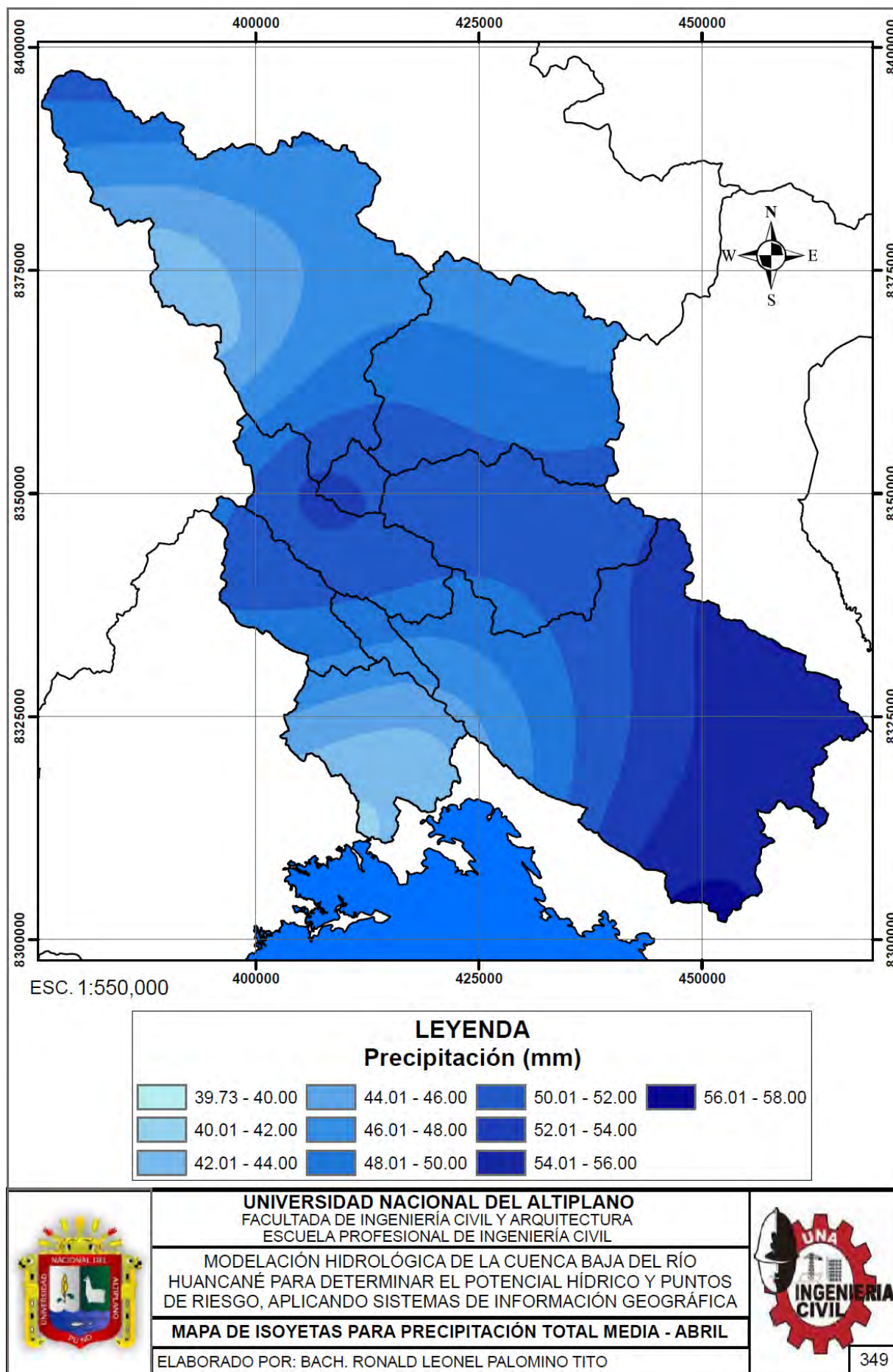
ESC. 1:550,000

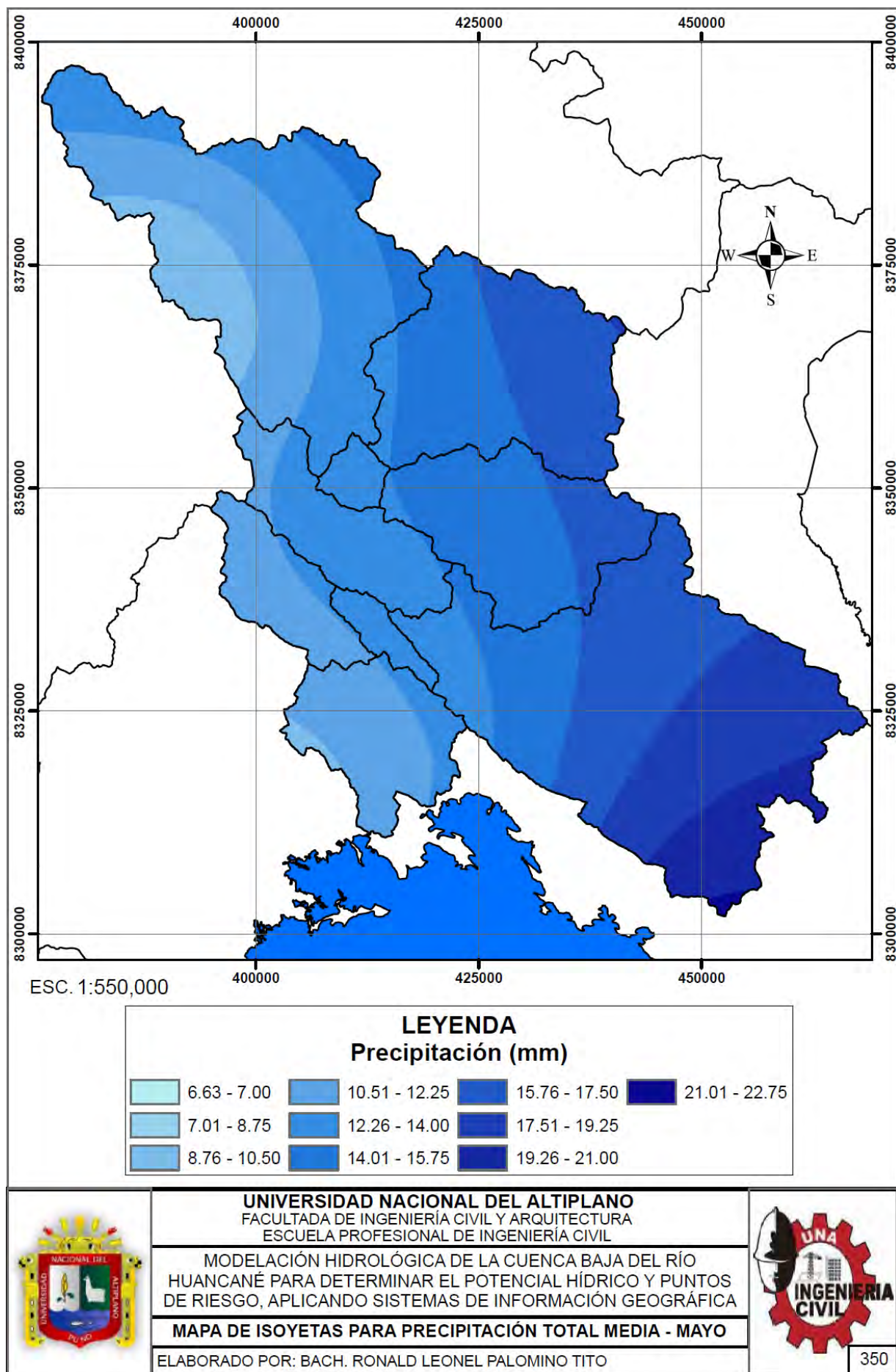
LEYENDA
Precipitación (mm)

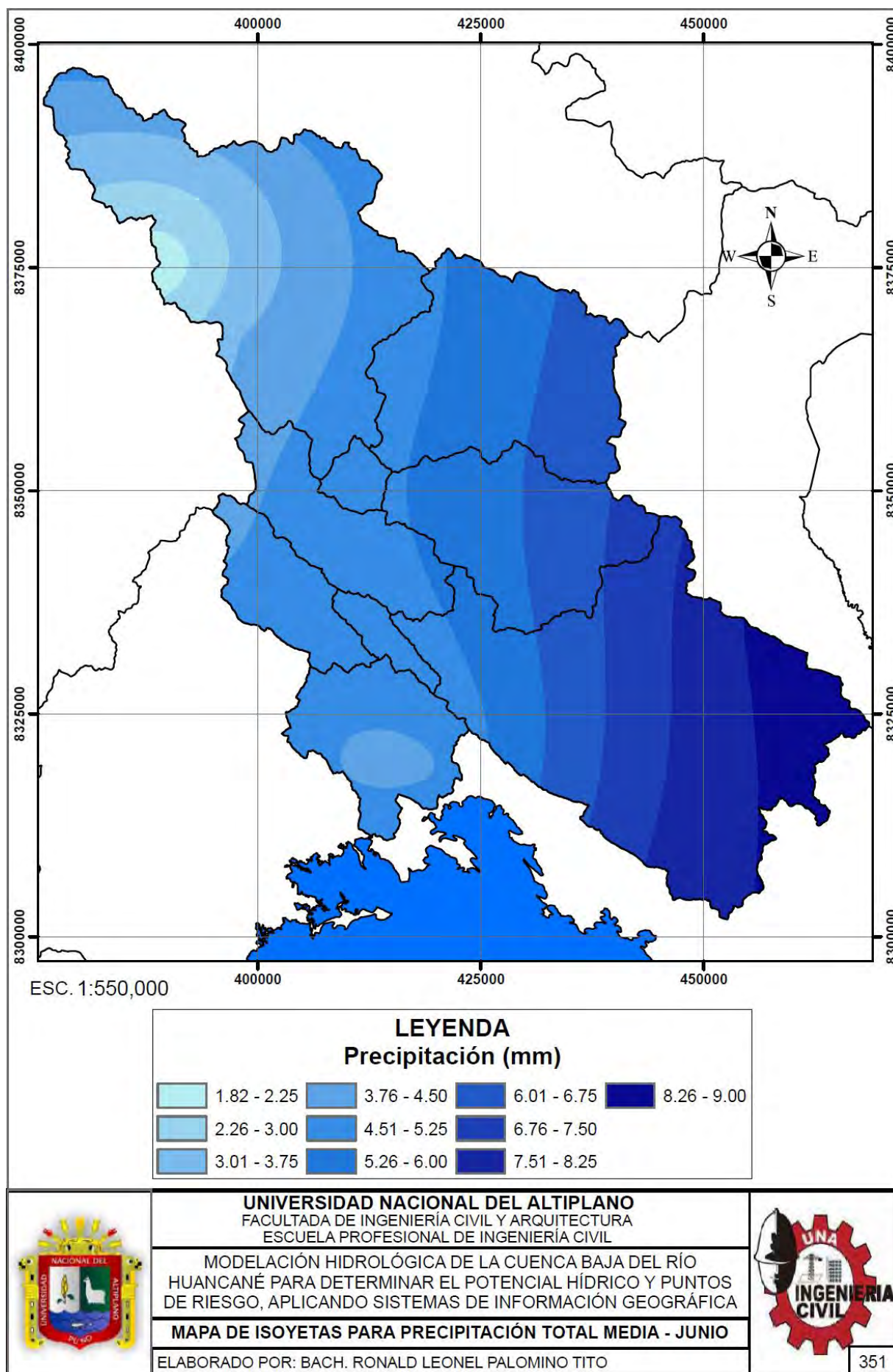
	95.82 - 99.75		109.26 - 114.00		123.51 - 128.25		137.76 - 142.50
	99.76 - 104.50		114.01 - 118.75		128.26 - 133.00		
	104.51 - 109.25		118.76 - 123.50		133.01 - 137.75		

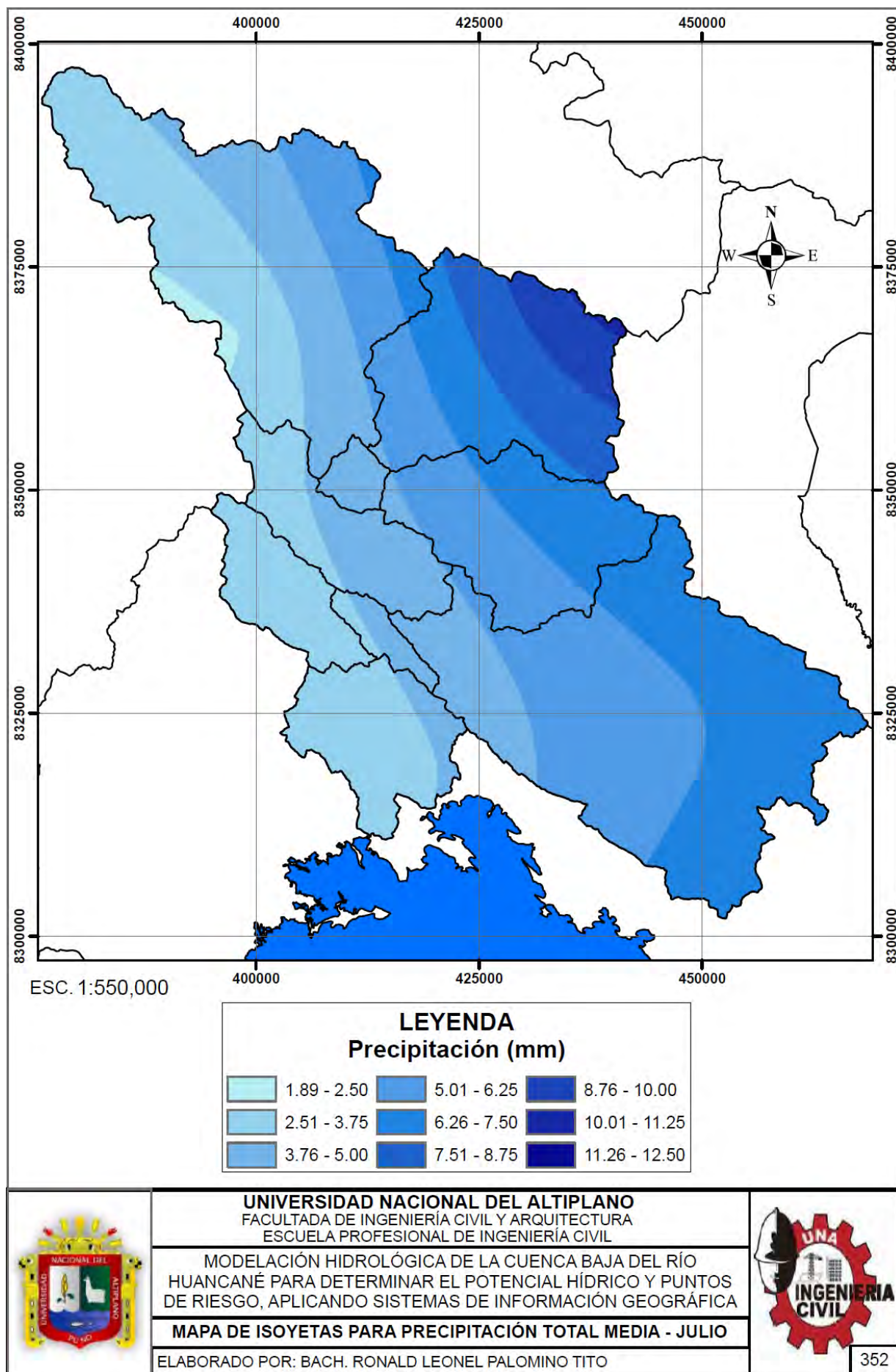
	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE ISOYETAS PARA PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA - FEBRERO ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>347</p>

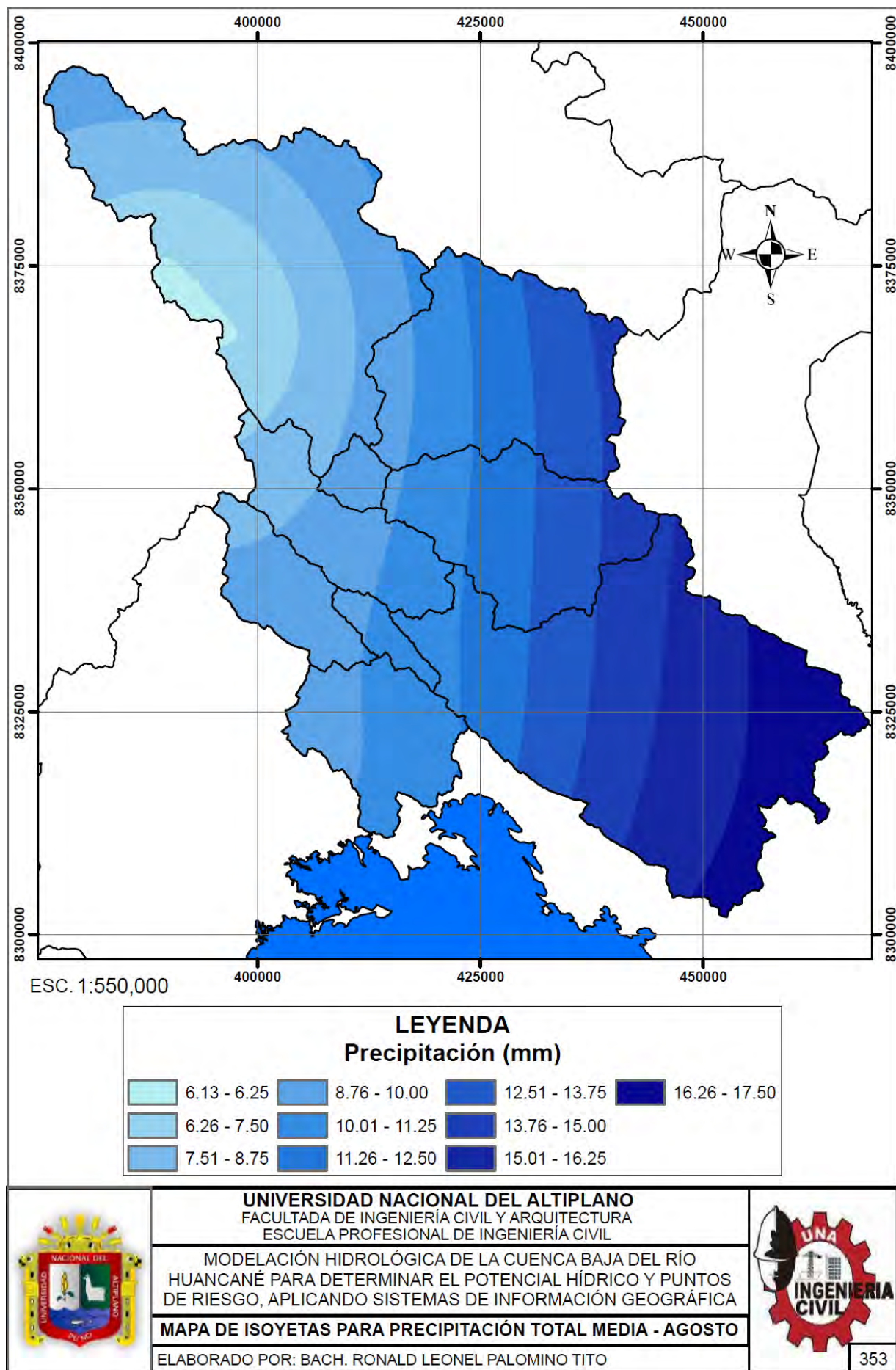


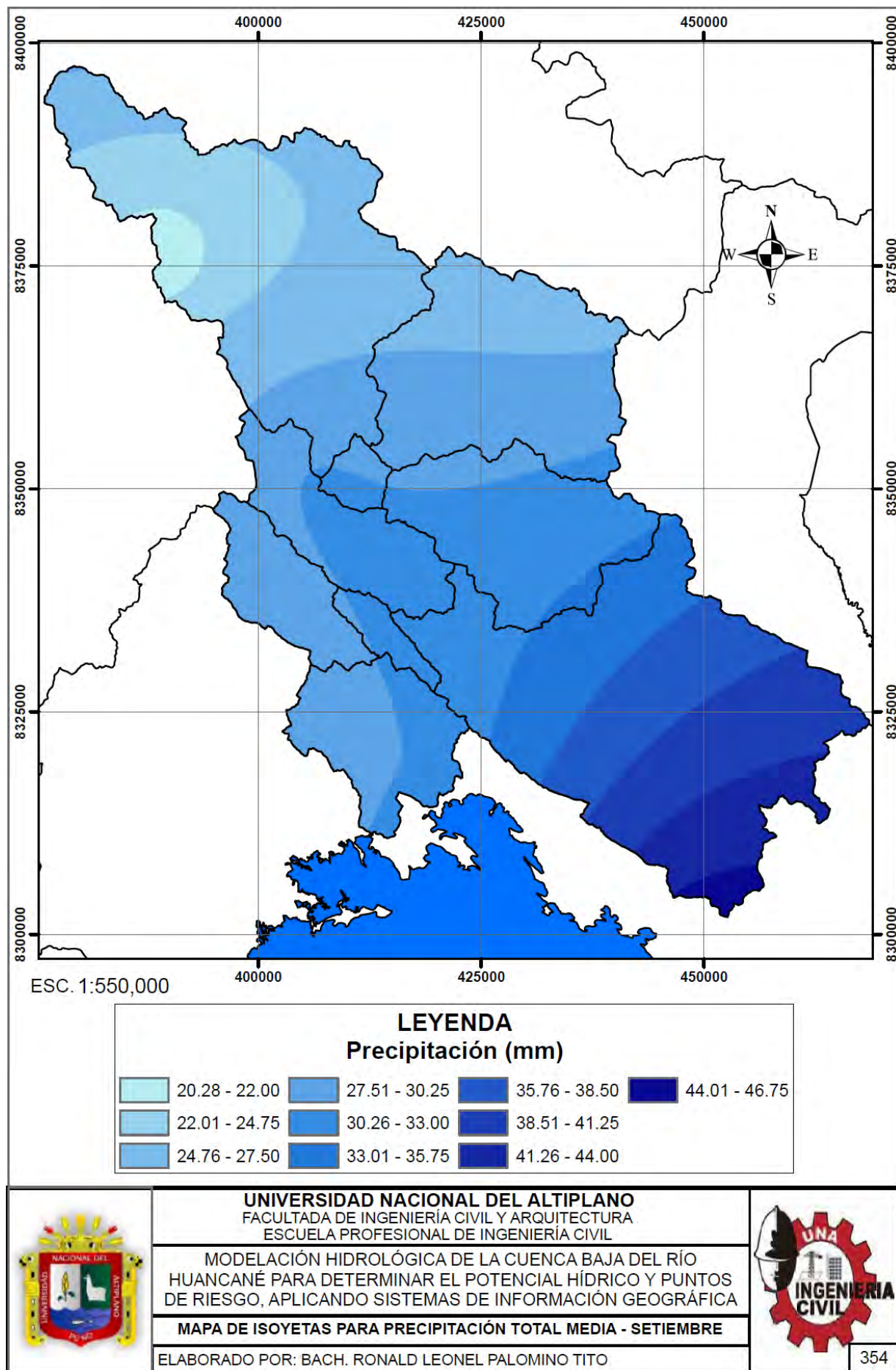


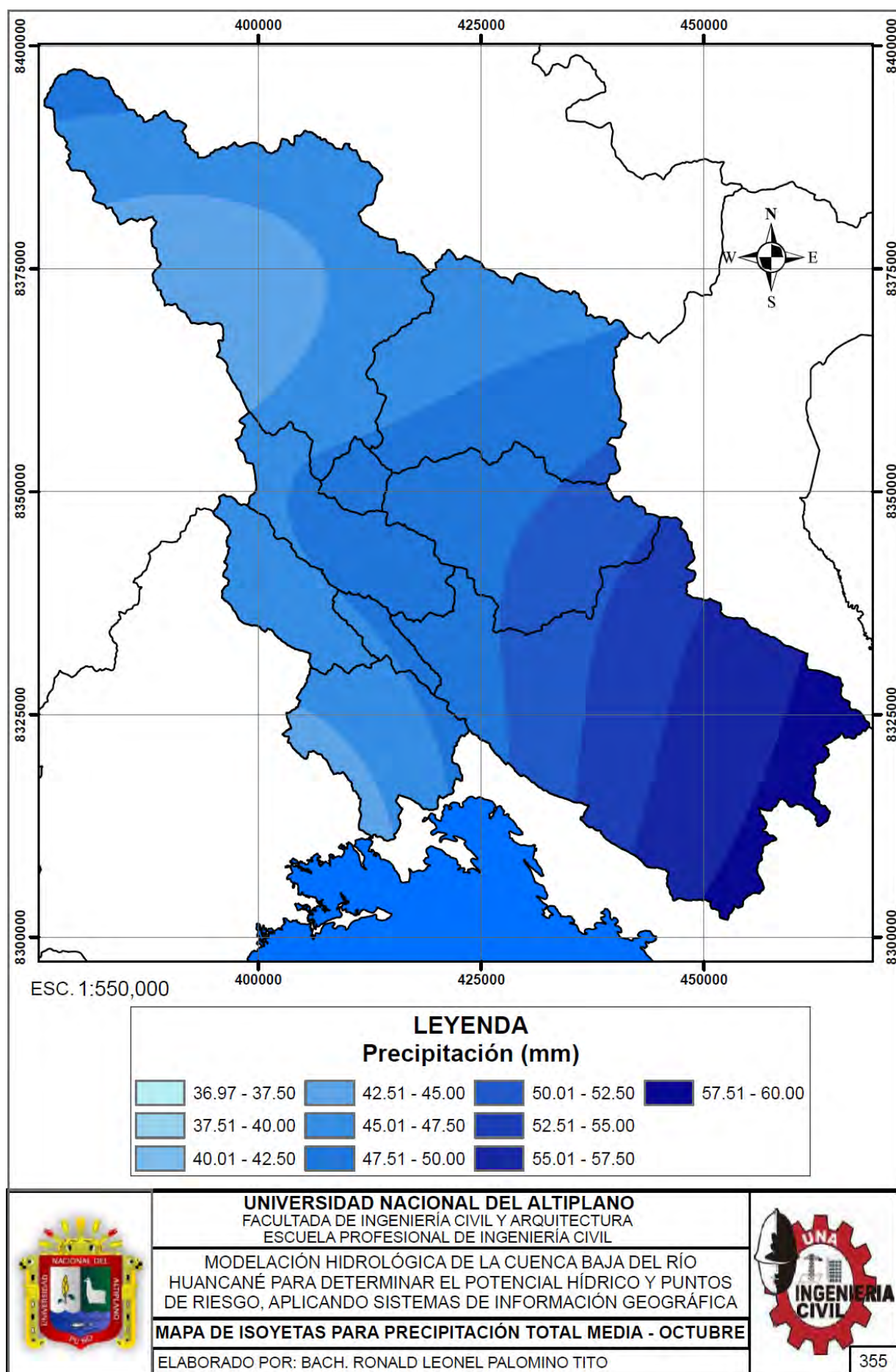


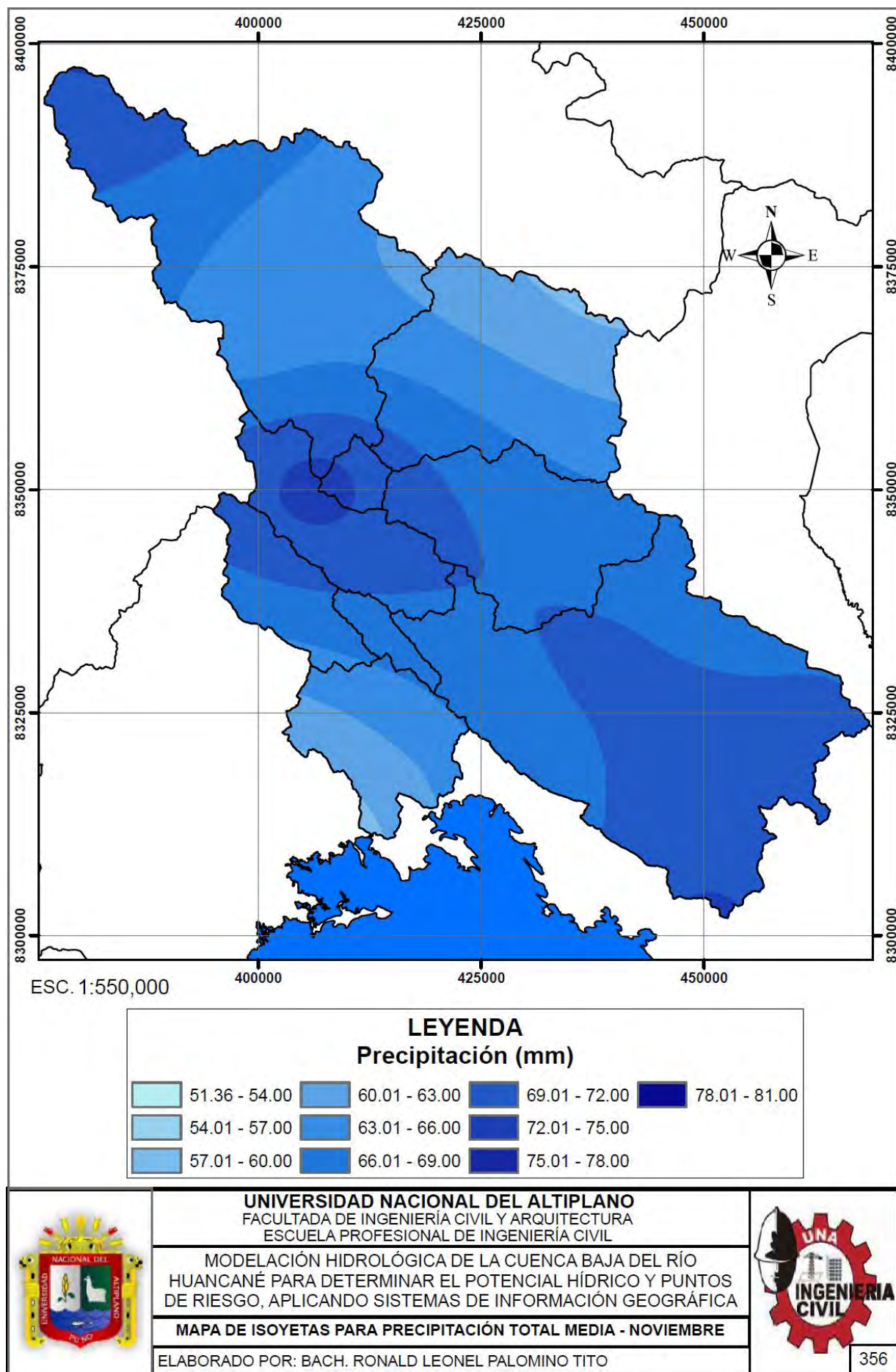


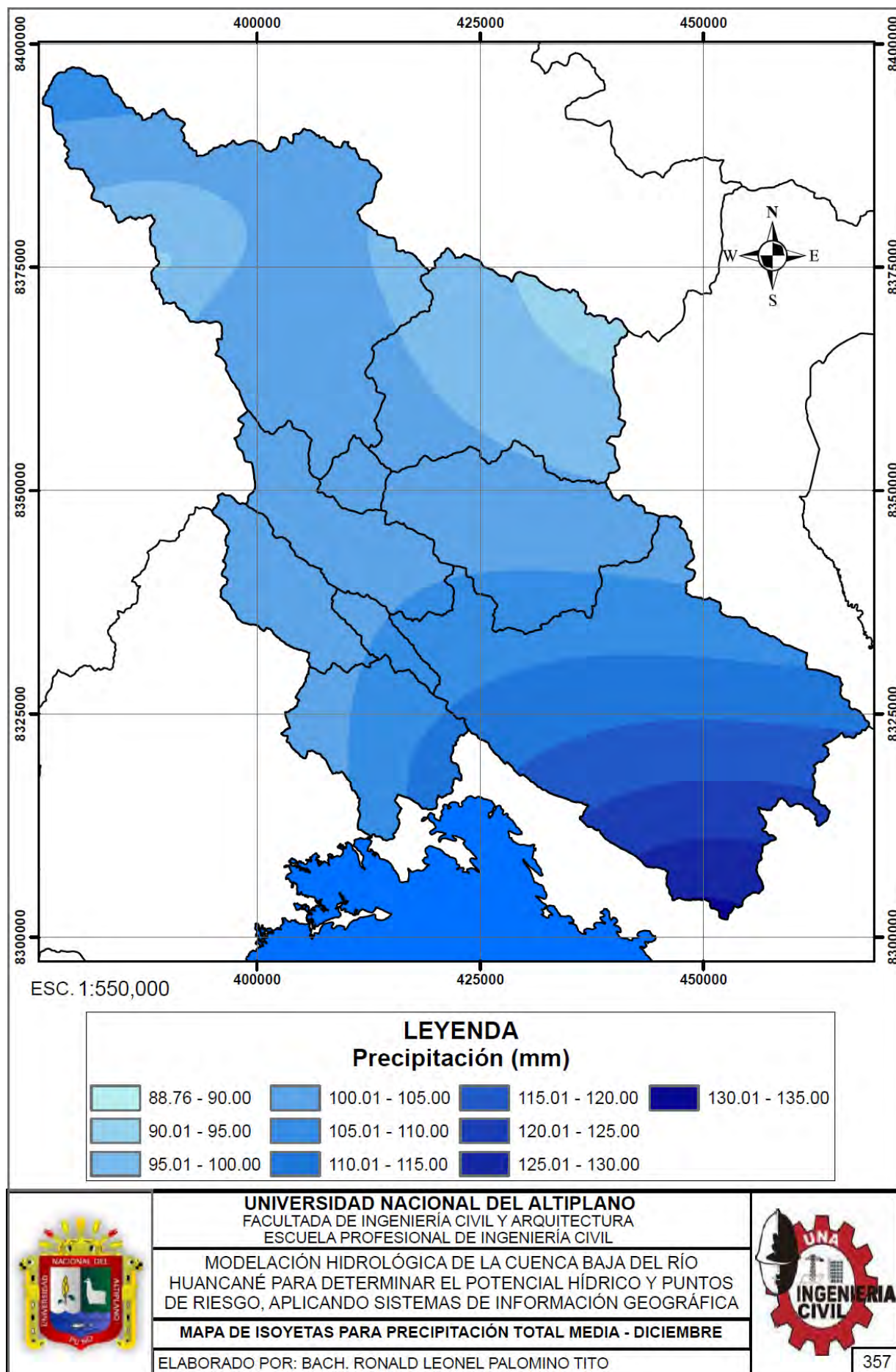










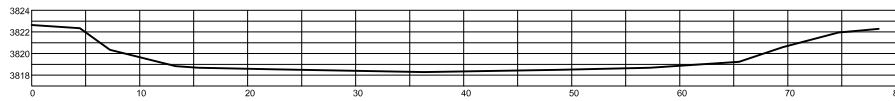




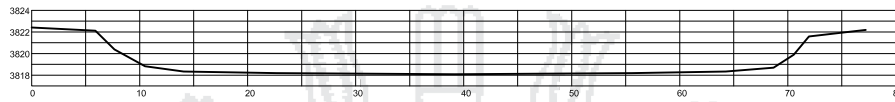
ANEXO XI

SECCIONES REPRESENTATIVAS

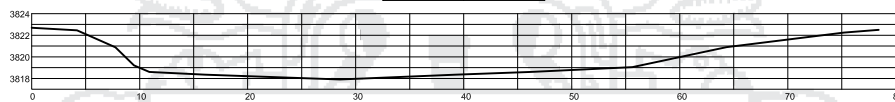
SECCIÓN 01
ESTE NORTE
414136 8330031



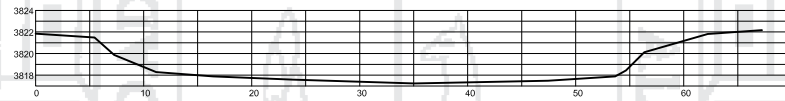
SECCIÓN 02
ESTE NORTE
414328 8328918



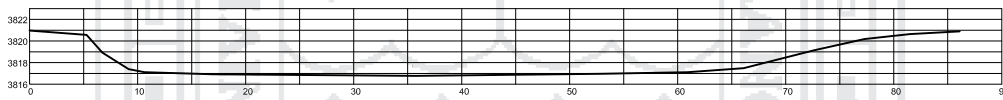
SECCIÓN 03
ESTE NORTE
414795 8327935



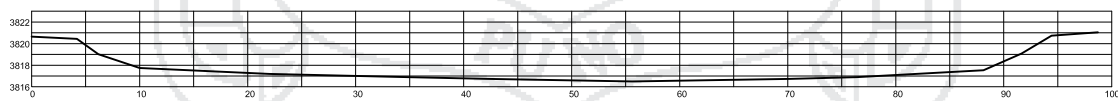
SECCIÓN 04
ESTE NORTE
413975 8325329



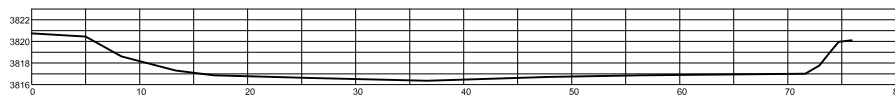
SECCIÓN 05
ESTE NORTE
415171 8323324



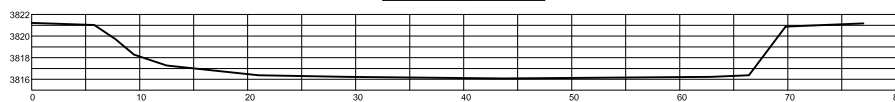
SECCIÓN 06
ESTE NORTE
414944 8321883



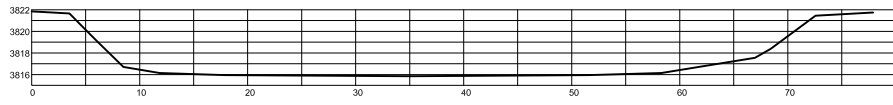
SECCIÓN 07
ESTE NORTE
415573 8321353



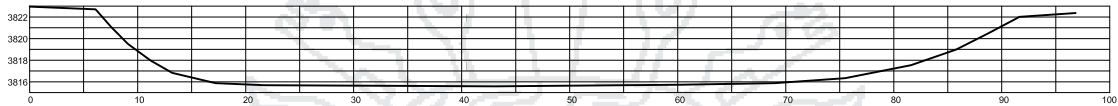
SECCIÓN 08
ESTE NORTE
415040 8319973



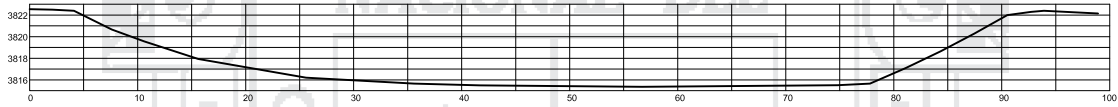
SECCIÓN 09	
ESTE	NORTE
416065	8319709



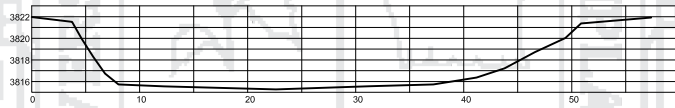
SECCIÓN 10	
ESTE	NORTE
415754	8318075



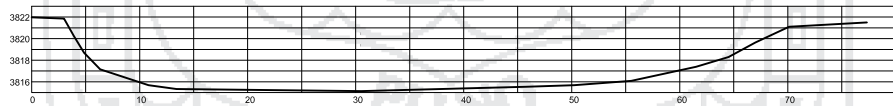
SECCIÓN 11	
ESTE	NORTE
414884	8317585



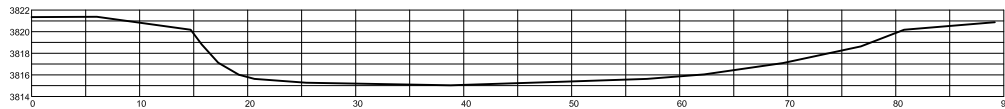
SECCIÓN 12	
ESTE	NORTE
414605	8317272



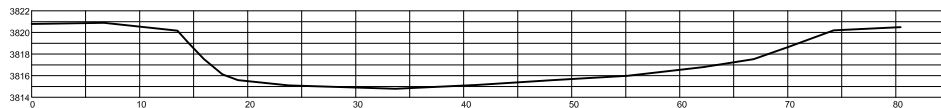
SECCIÓN 13	
ESTE	NORTE
414555	8316796



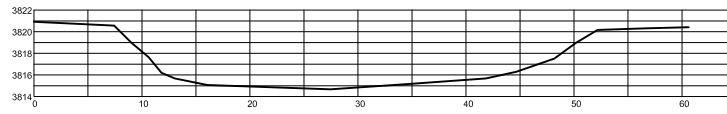
SECCIÓN 14	
ESTE	NORTE
414035	8316312



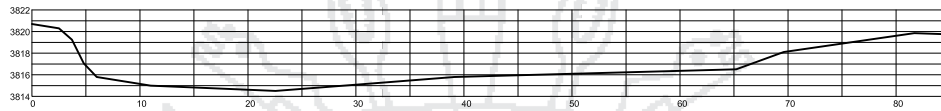
SECCIÓN 15	
ESTE	NORTE
412576	8315953



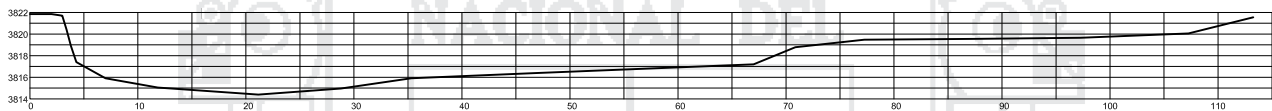
SECCIÓN 16	
ESTE	NORTE
412184	8315358



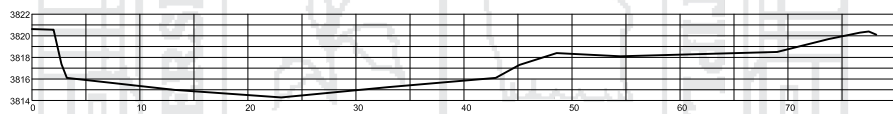
SECCIÓN 17	
ESTE	NORTE
411979	8314280



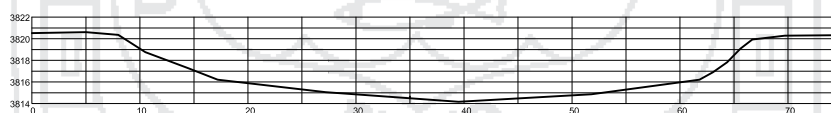
SECCIÓN 18	
ESTE	NORTE
412154	8313656



SECCIÓN 19	
ESTE	NORTE
412245	8312962



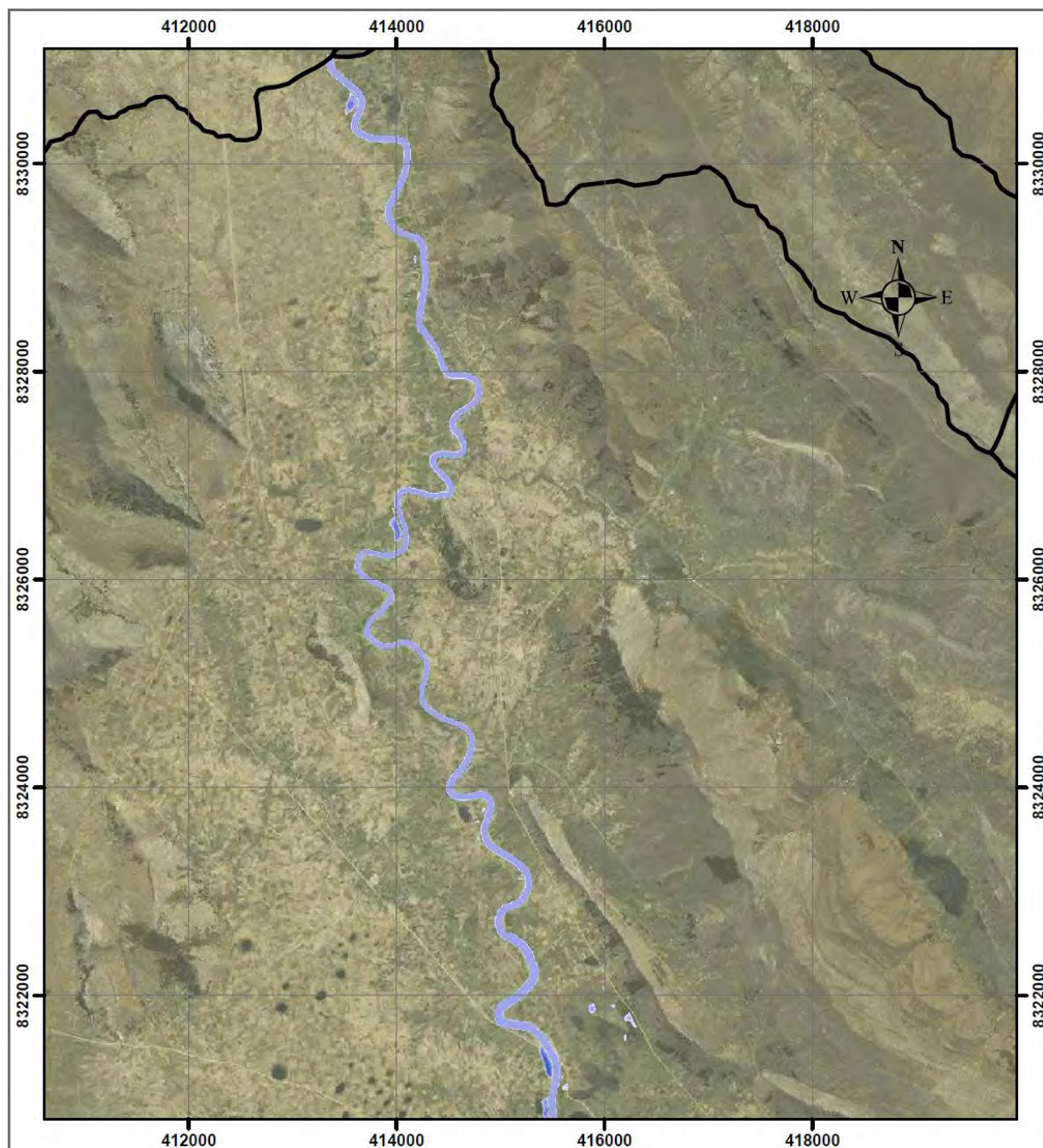
SECCIÓN 20	
ESTE	NORTE
412341	8312085





ANEXO XII

MAPAS TIRANTE HIDRÁULICO

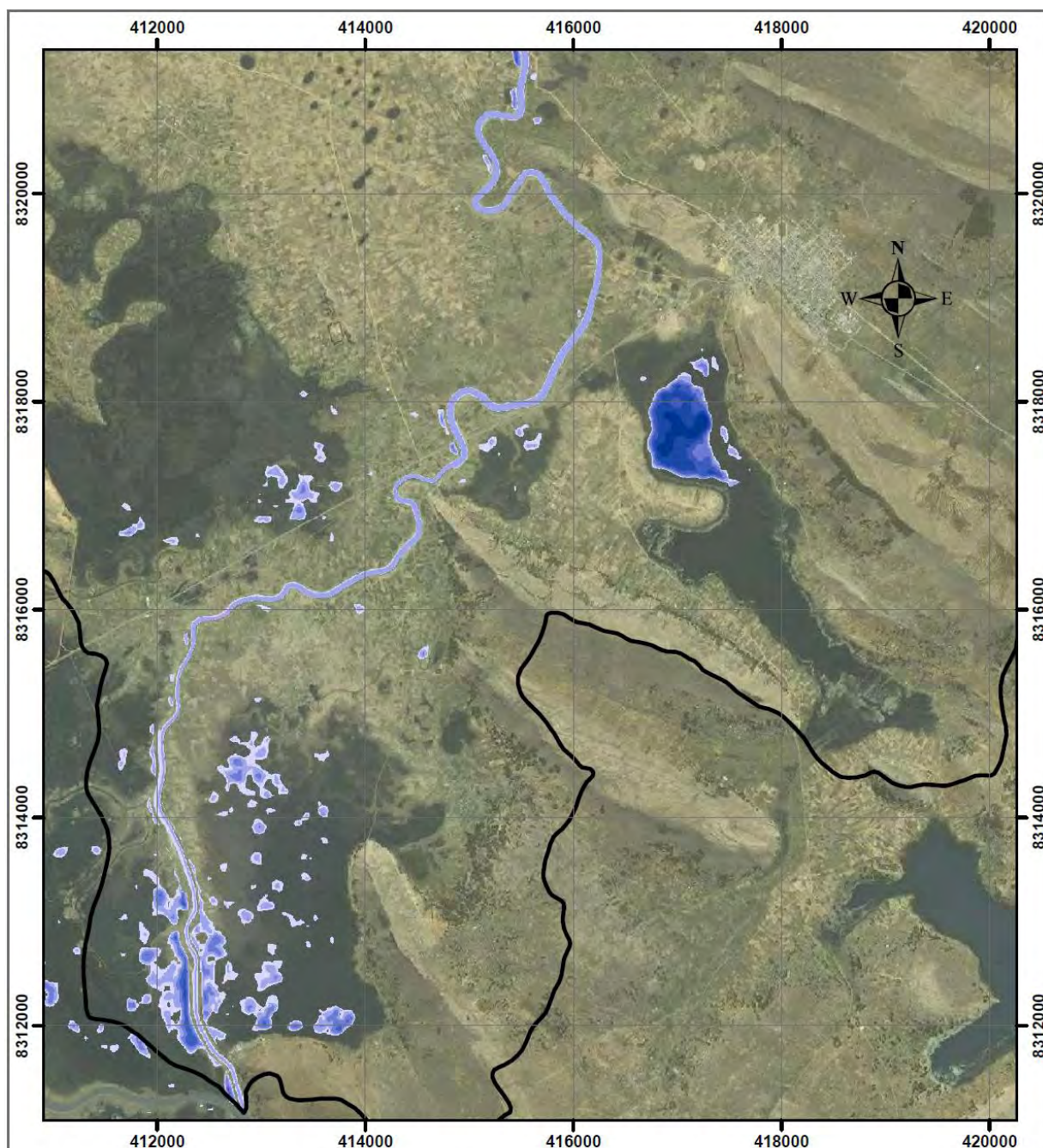


ESC. 1:55,000

LEYENDA
Tirante Hidraulico (m)

0.00 - 1.72	8.33 - 13.34
1.73 - 4.36	13.35 - 19.82
4.37 - 8.32	19.83 - 33.69

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 2 AÑOS (PARTE 1-2) ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>363</p>



ESC. 1:55,000

LEYENDA
Tirante Hidraulico (m)

0.00 - 1.72	8.33 - 13.34
1.73 - 4.36	13.35 - 19.82
4.37 - 8.32	19.83 - 33.69



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

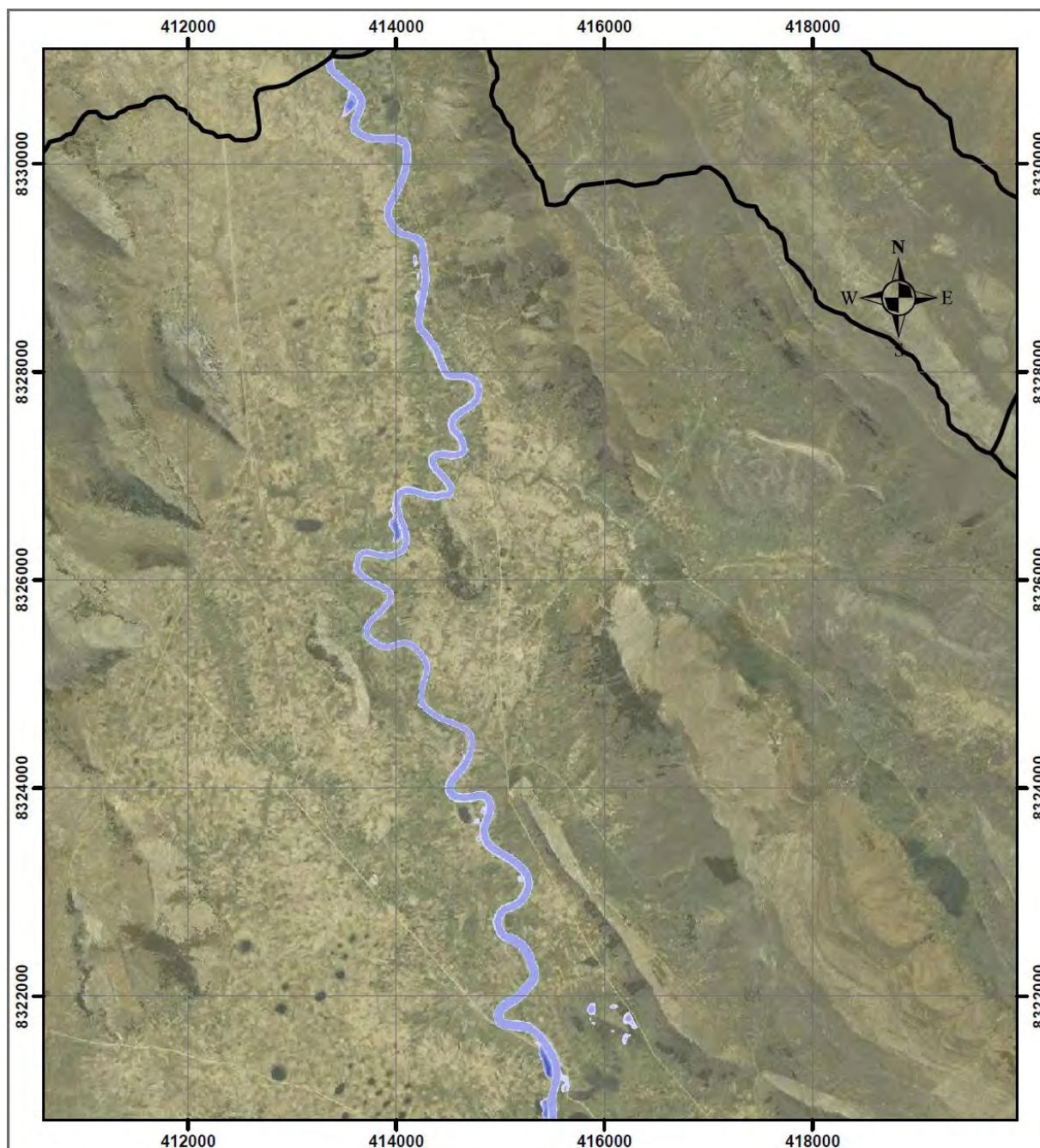
MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO
HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS
DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 2 AÑOS (PARTE 2-2)

ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO



364



ESC. 1:55,000

LEYENDA
Tirante Hidraulico (m)

0.00 - 2.33	9.61 - 14.68
2.34 - 5.49	14.69 - 21.12
5.50 - 9.60	21.13 - 34.98



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

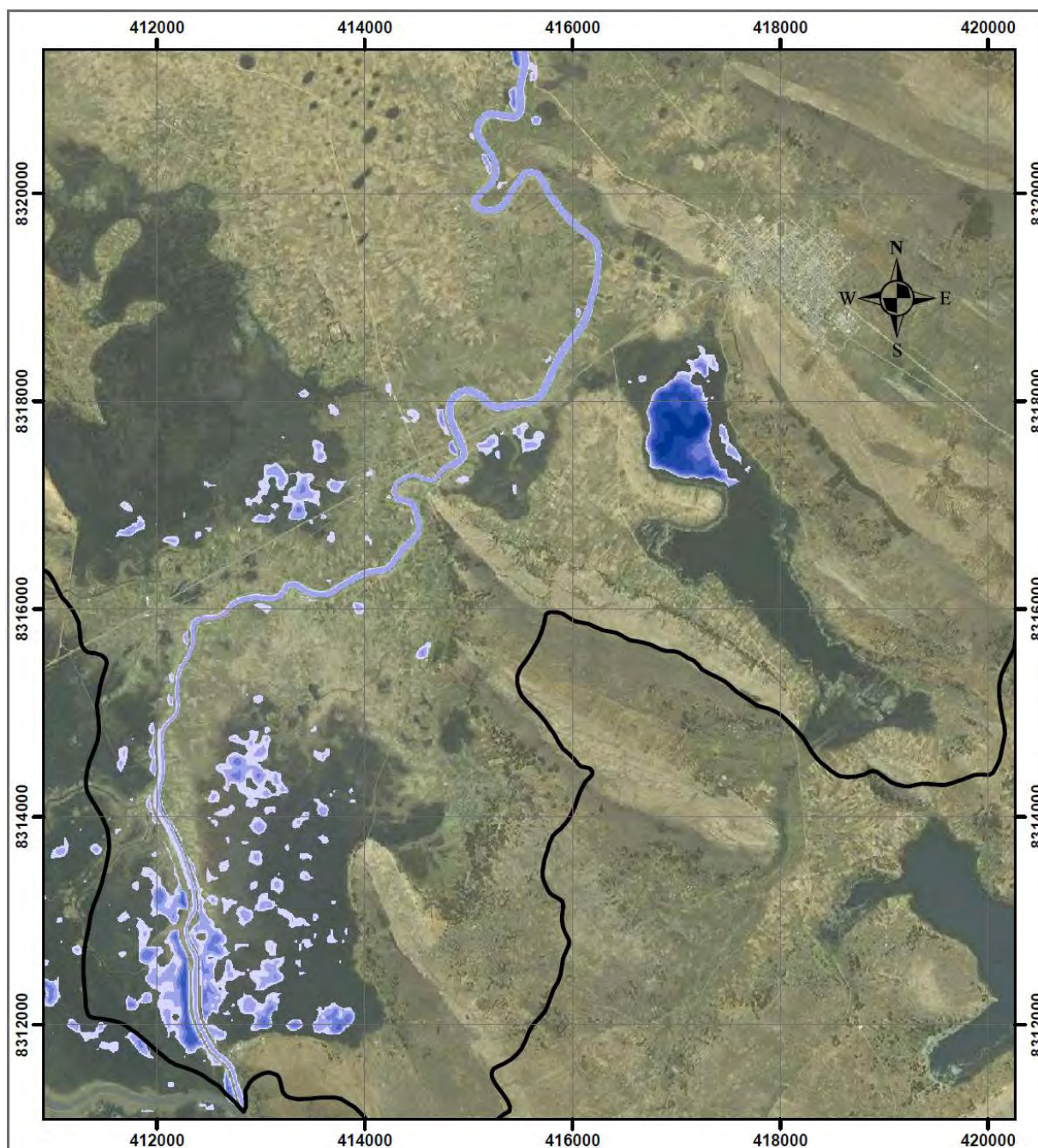
MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO
HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS
DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 5 AÑOS (PARTE 1-2)

ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO



365



ESC. 1:55,000

LEYENDA
Tirante Hidraulico (m)

0.00 - 2.33	9.61 - 14.68
2.34 - 5.49	14.69 - 21.12
5.50 - 9.60	21.13 - 34.98



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

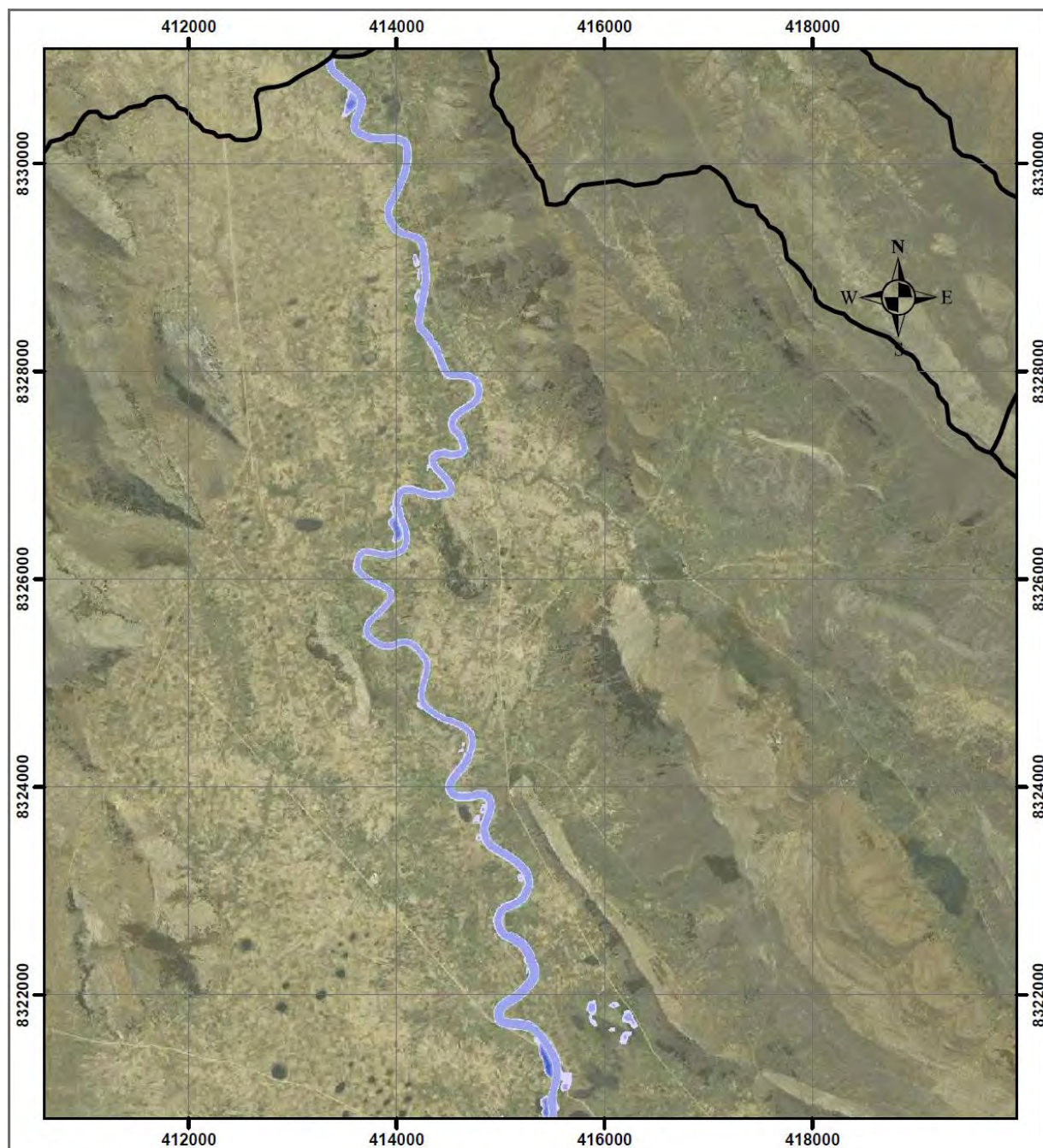
MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO
HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS
DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 5 AÑOS (PARTE 2-2)

ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO



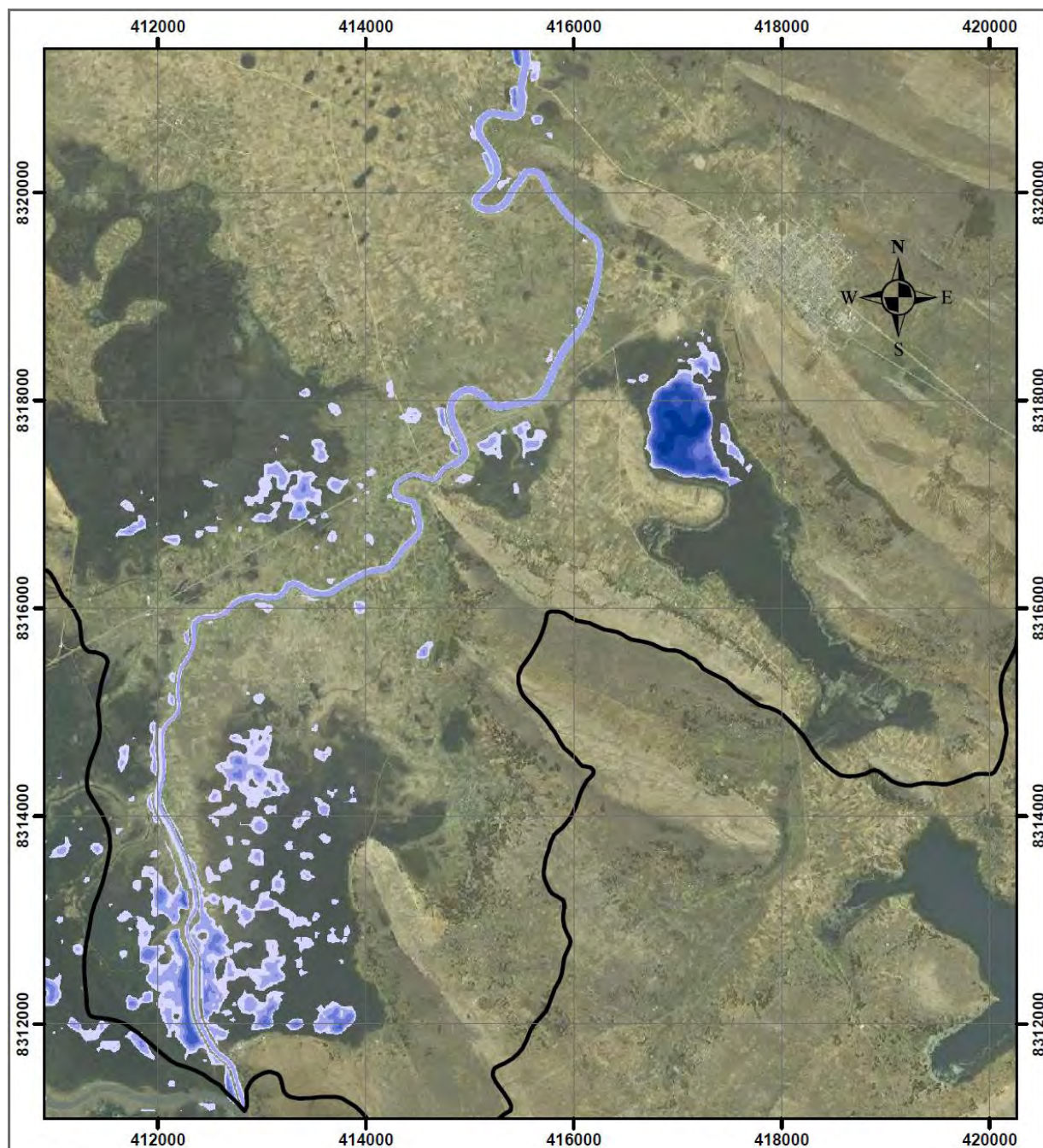
366



ESC. 1:55,000

LEYENDA	
Tirante Hidraulico (m)	
0.00 - 2.66	10.09 - 15.25
2.67 - 6.02	15.26 - 21.83
6.03 - 10.08	21.84 - 35.68

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 10 AÑOS (PARTE 1-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>367</p>

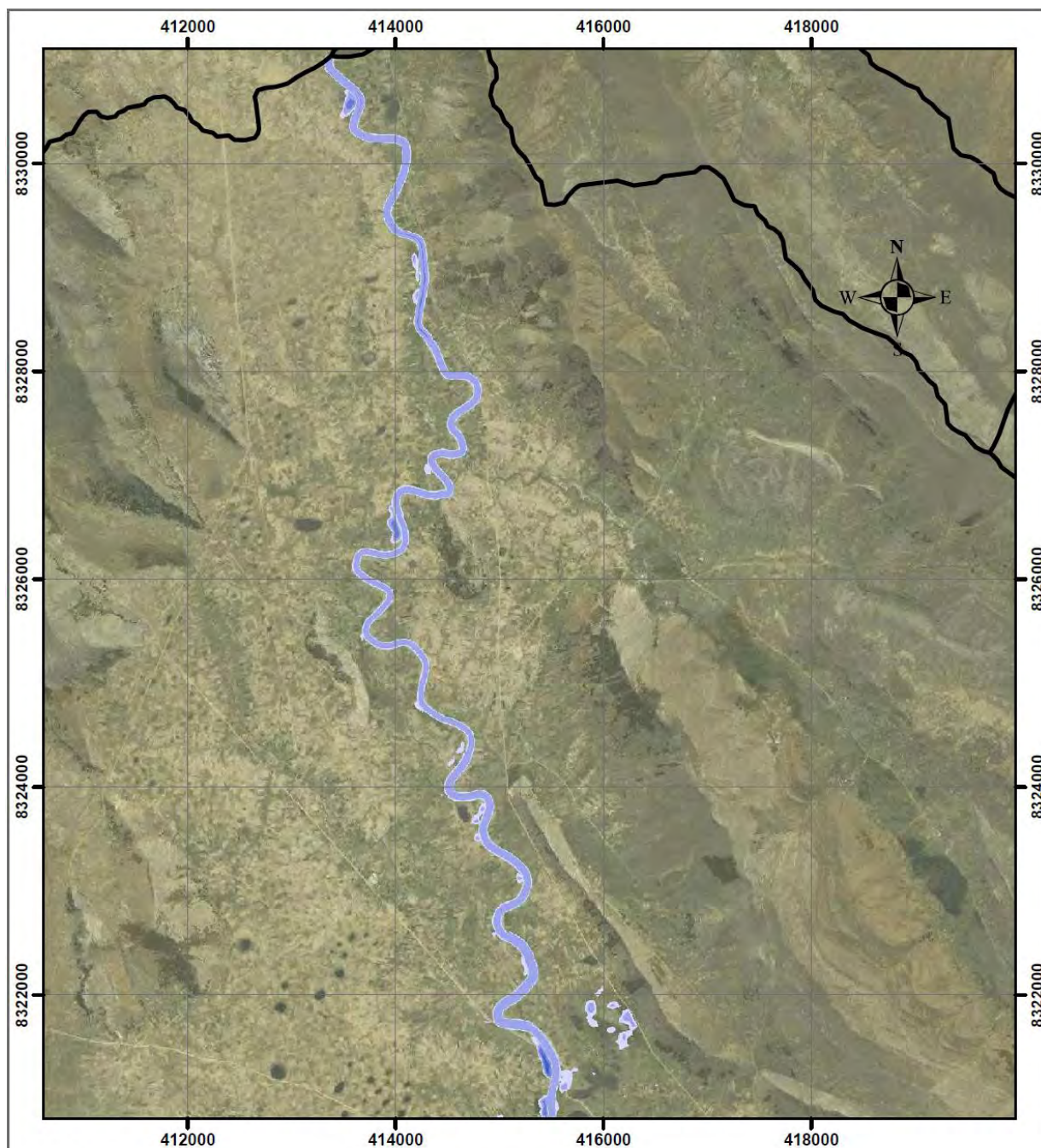


ESC. 1:55,000

LEYENDA
Tirante Hidraulico (m)

0.00 - 2.66	10.09 - 15.25
2.67 - 6.02	15.26 - 21.83
6.03 - 10.08	21.84 - 35.68

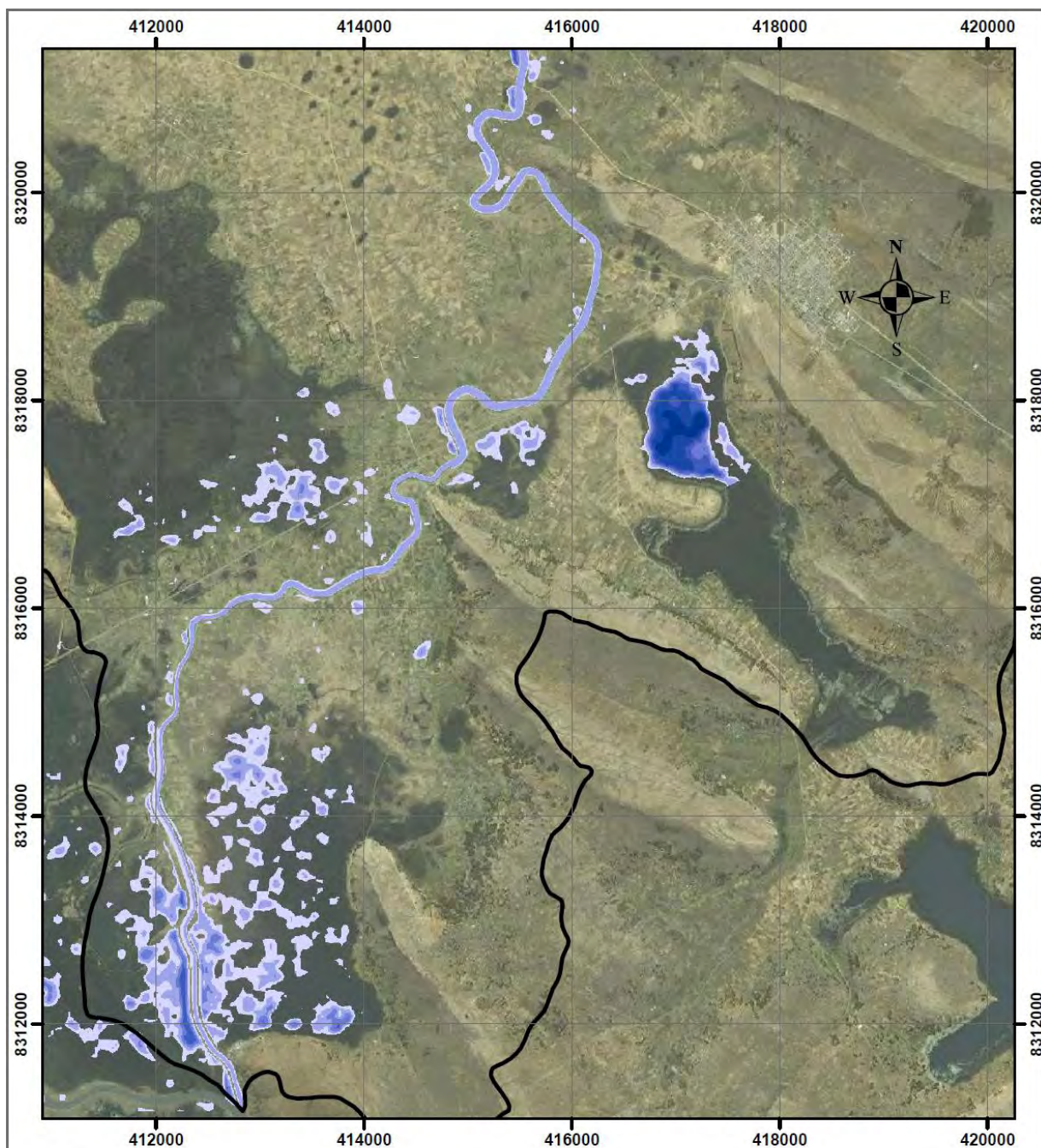
	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 10 AÑOS (PARTE 2-2) ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>368</p>



ESC. 1:55,000

LEYENDA	
Tirante Hidraulico (m)	
0.00 - 3.00	10.87 - 16.01
3.01 - 6.57	16.02 - 22.58
6.58 - 10.86	22.59 - 36.30

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	
	MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 25 AÑOS (PARTE 1-2)	
	ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO	
369		

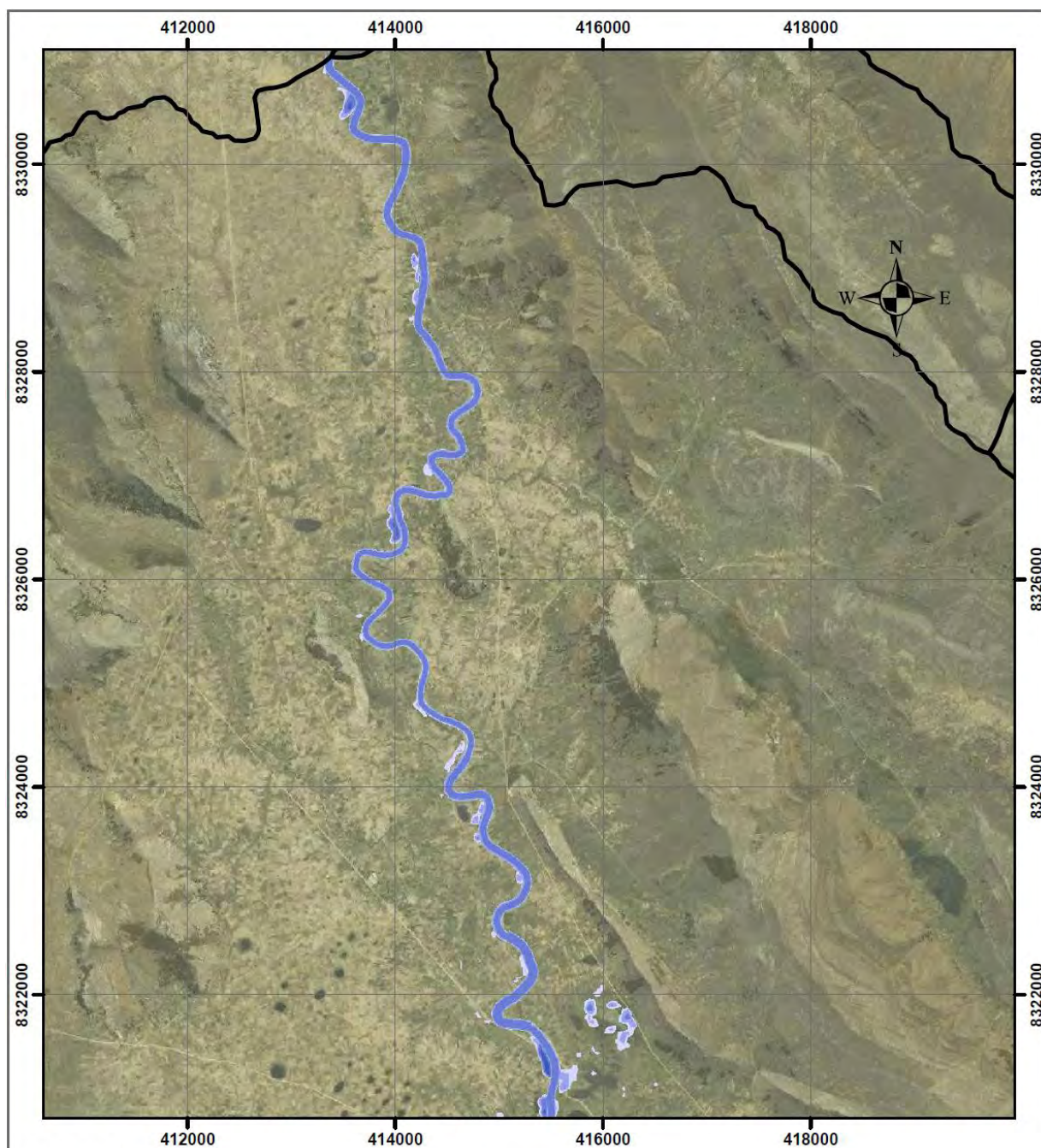


ESC. 1:55,000

LEYENDA
Tirante Hidraulico (m)

0.00 - 3.00	10.87 - 16.01
3.01 - 6.57	16.02 - 22.58
6.58 - 10.86	22.59 - 36.30

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 25 AÑOS (PARTE 2-2) ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>370</p>



ESC. 1:55,000

LEYENDA	
Tirante Hidraulico (m)	
0.00 - 2.03	9.00 - 15.08
2.04 - 4.79	15.09 - 22.48
4.80 - 8.99	22.49 - 36.98



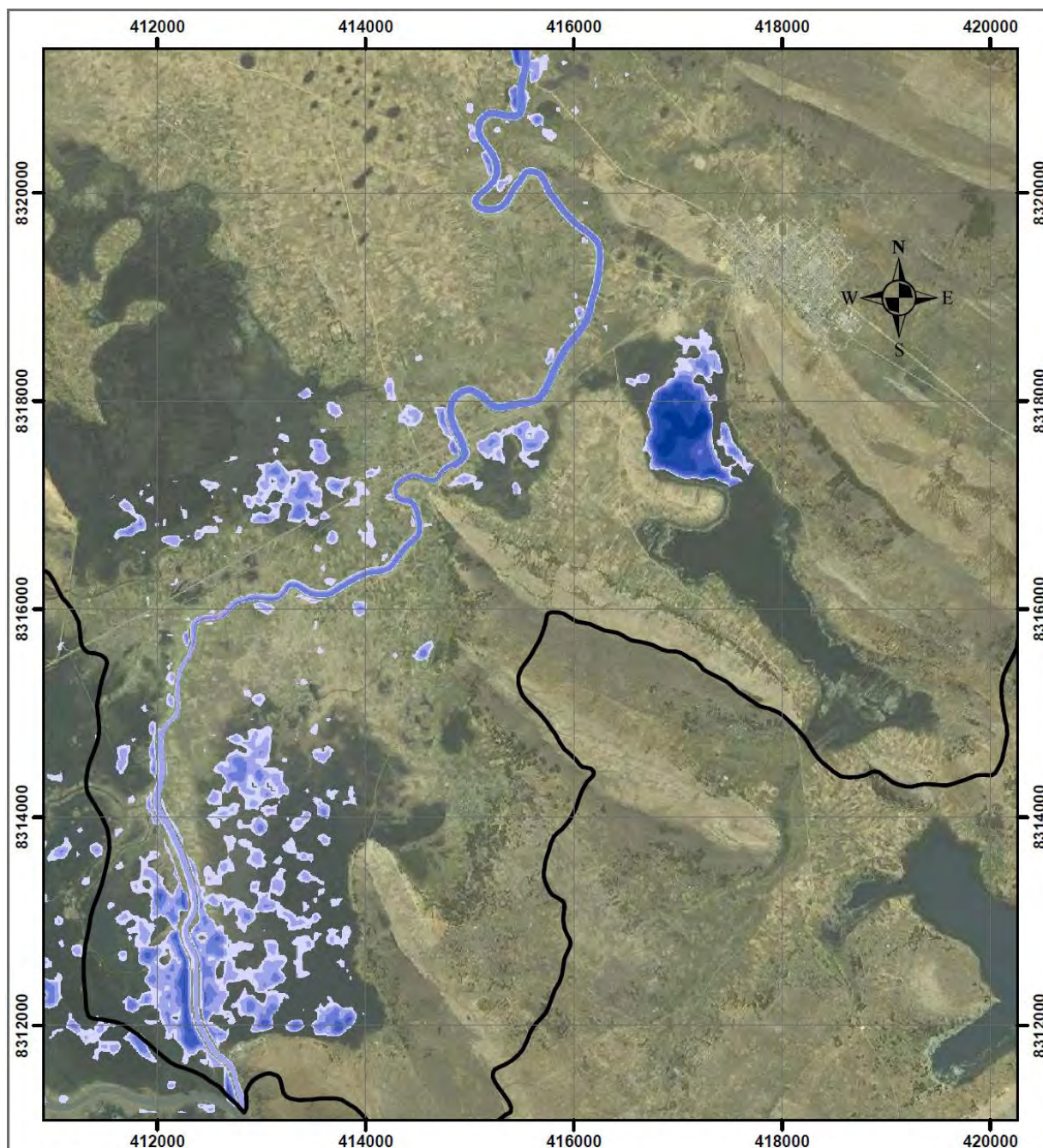
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO
 HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS
 DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 50 AÑOS (PARTE 1-2)

ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO

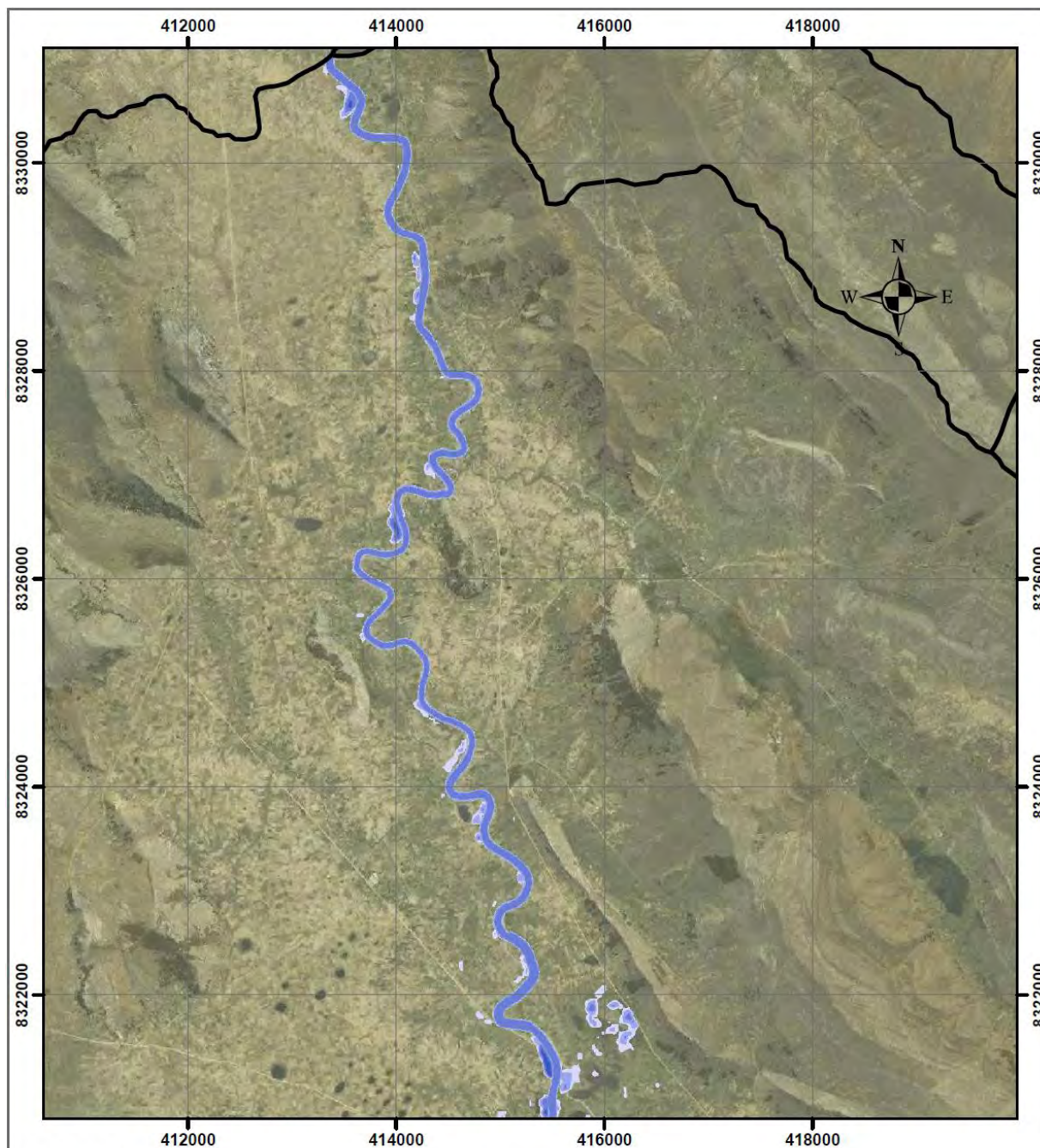




ESC. 1:55,000

LEYENDA	
Tirante Hidraulico (m)	
0.00 - 2.03	9.00 - 15.08
2.04 - 4.79	15.09 - 22.48
4.80 - 8.99	22.49 - 36.98

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 50 AÑOS (PARTE 2-2)</p>	
<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>		<p>372</p>

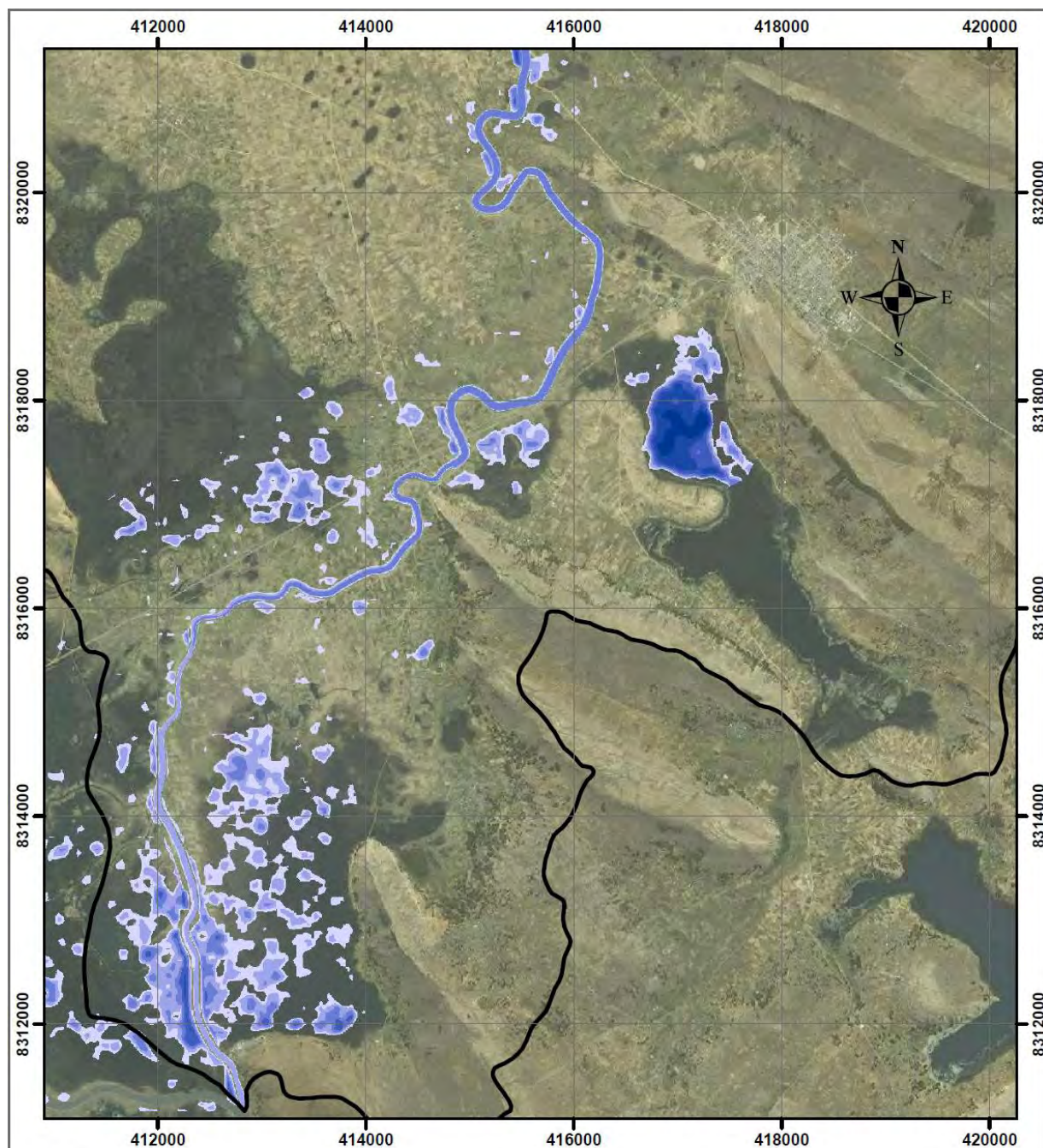


ESC. 1:55,000

LEYENDA
Tirante Hidraulico (m)

0.00 - 2.06	9.27 - 15.43
2.07 - 4.99	15.44 - 22.92
5.00 - 9.26	22.93 - 37.46

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>		
<p>MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 100 AÑOS (PARTE 1-2)</p>		
<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>		
		<p>373</p>



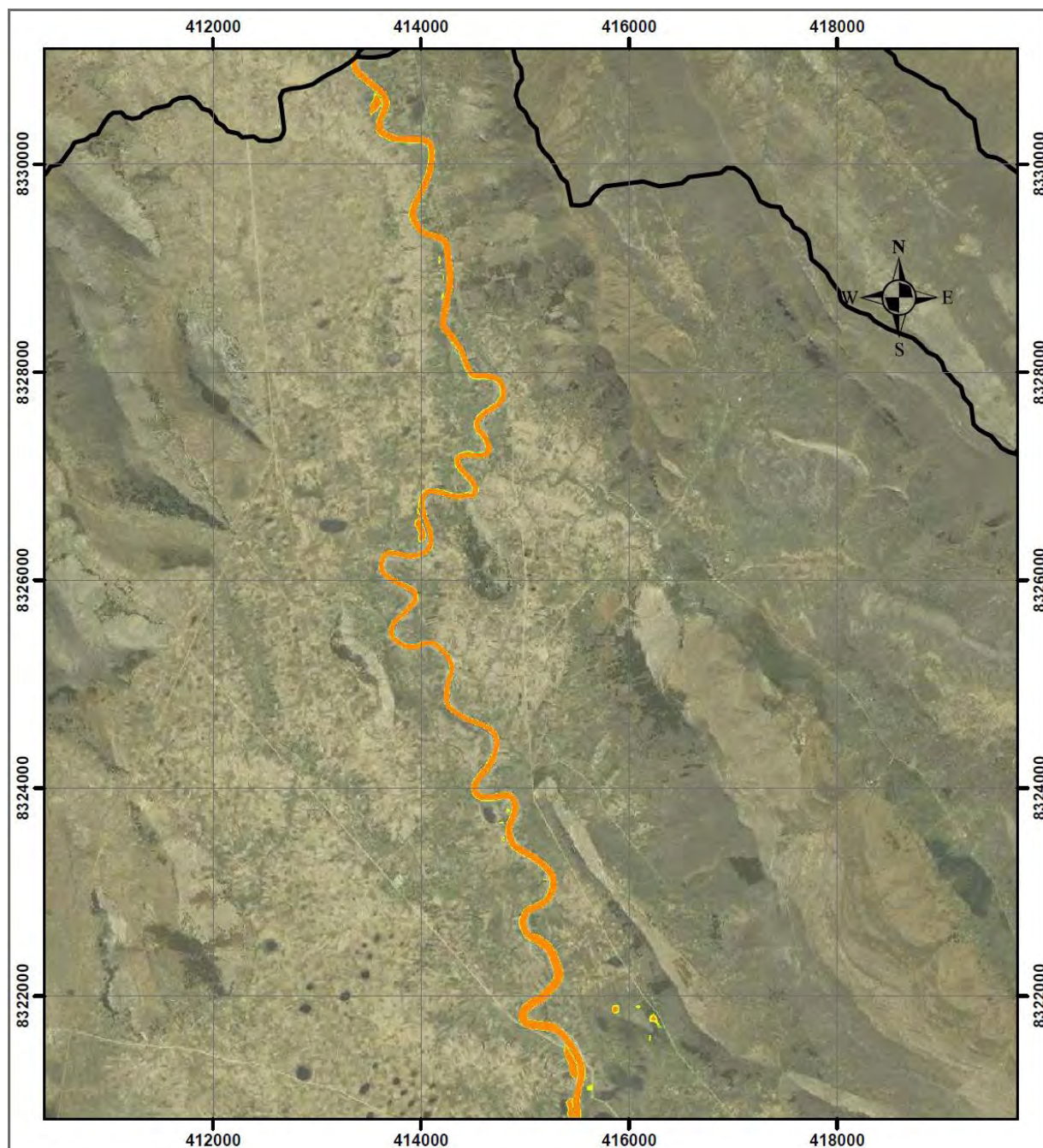
ESC. 1:55,000

LEYENDA
Tirante Hidraulico (m)

0.00 - 2.06	9.27 - 15.43
2.07 - 4.99	15.44 - 22.92
5.00 - 9.26	22.93 - 37.46

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA UN T = 100 AÑOS (PARTE 2-2)</p>	
<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>		<p>374</p>

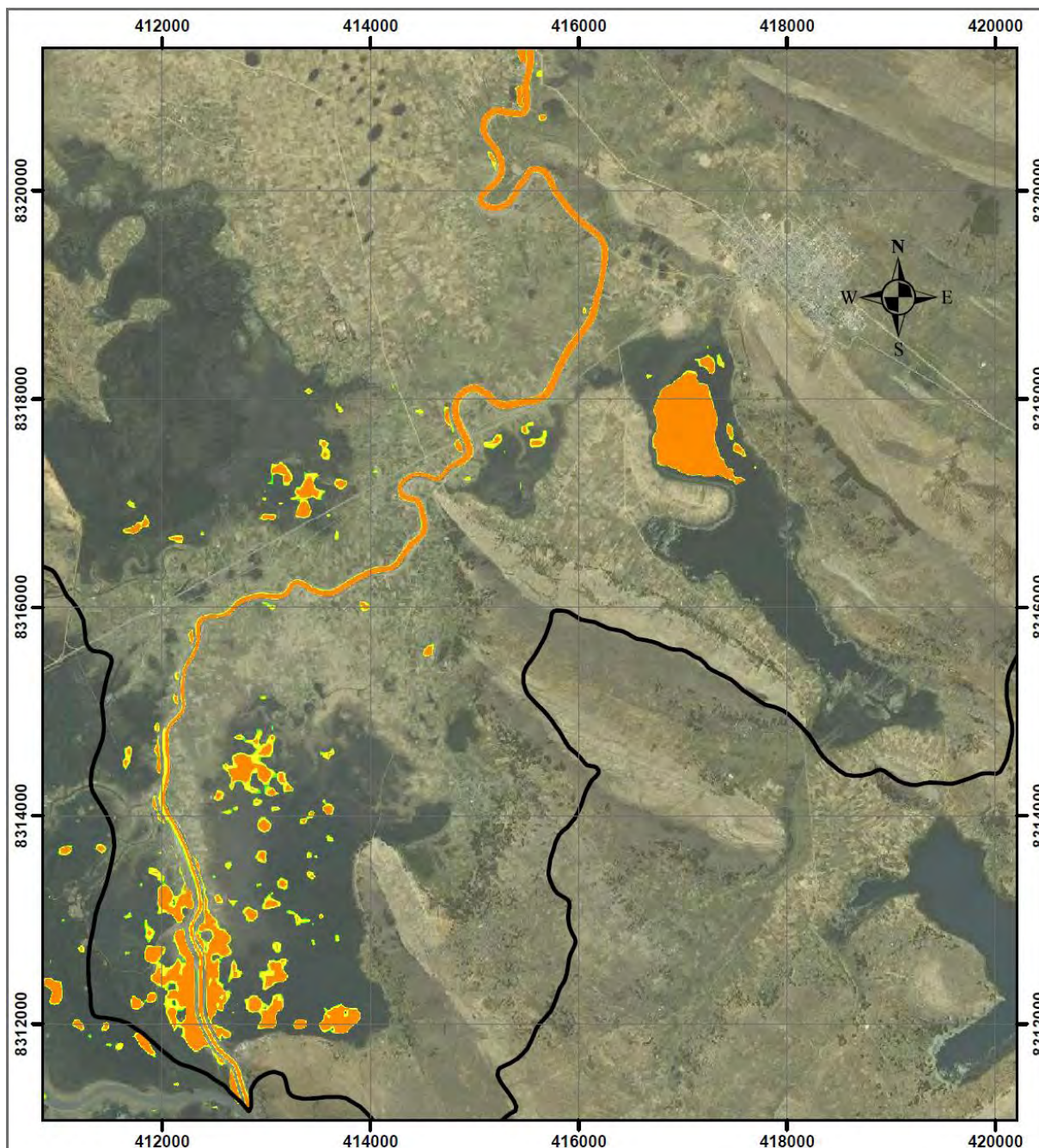




ESC. 1:55,000

LEYENDA	
	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	
	MAPA DE RIESGO PARA UN T = 2 AÑOS (PARTE 1-2)	
	ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO	
		376

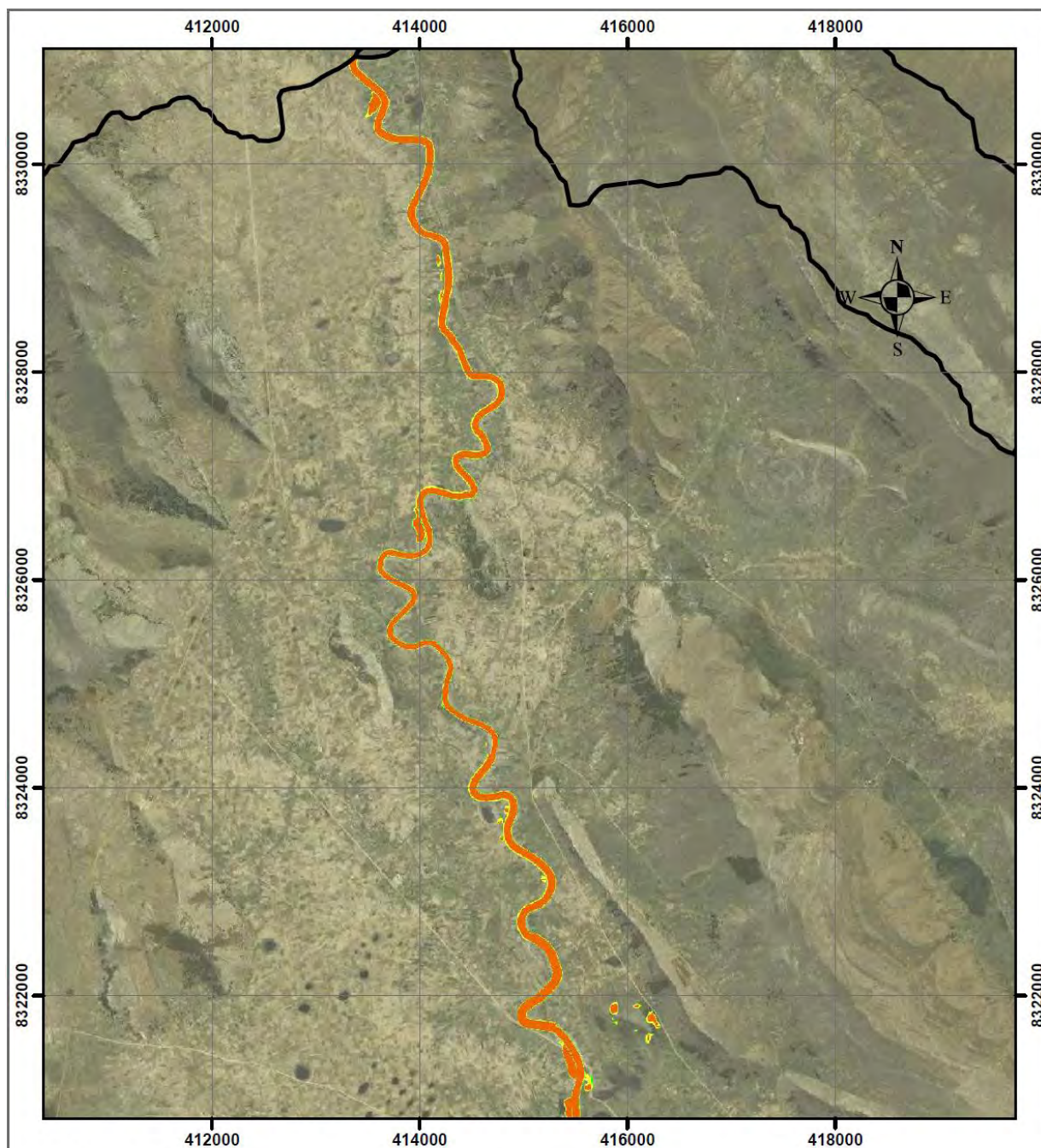


ESC. 1:55,000

LEYENDA

	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE RIESGO PARA UN T = 2 AÑOS (PARTE 2-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	

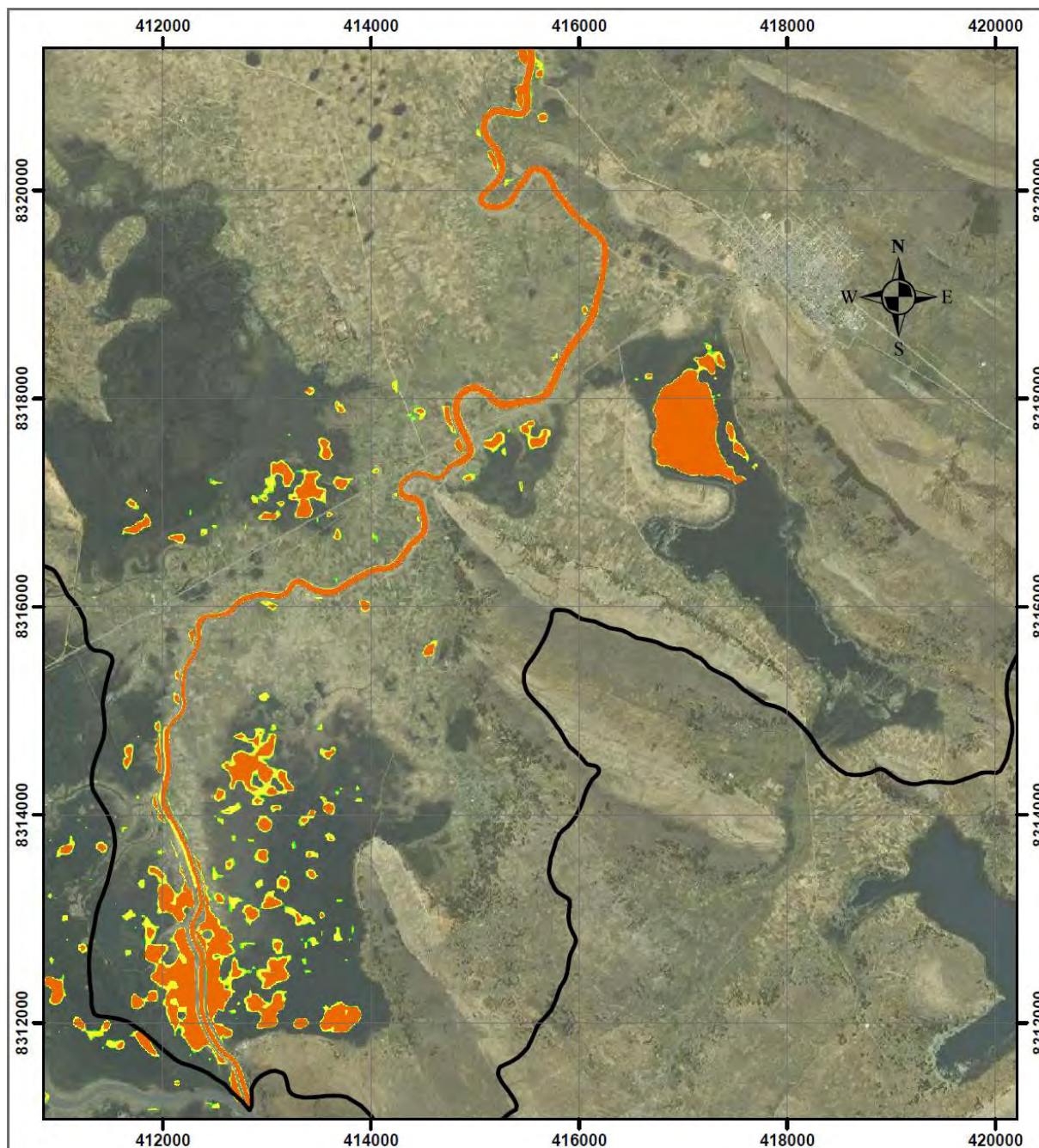


ESC. 1:55,000

LEYENDA

	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE RIESGO PARA UN T = 5 AÑOS (PARTE 1-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>378</p>

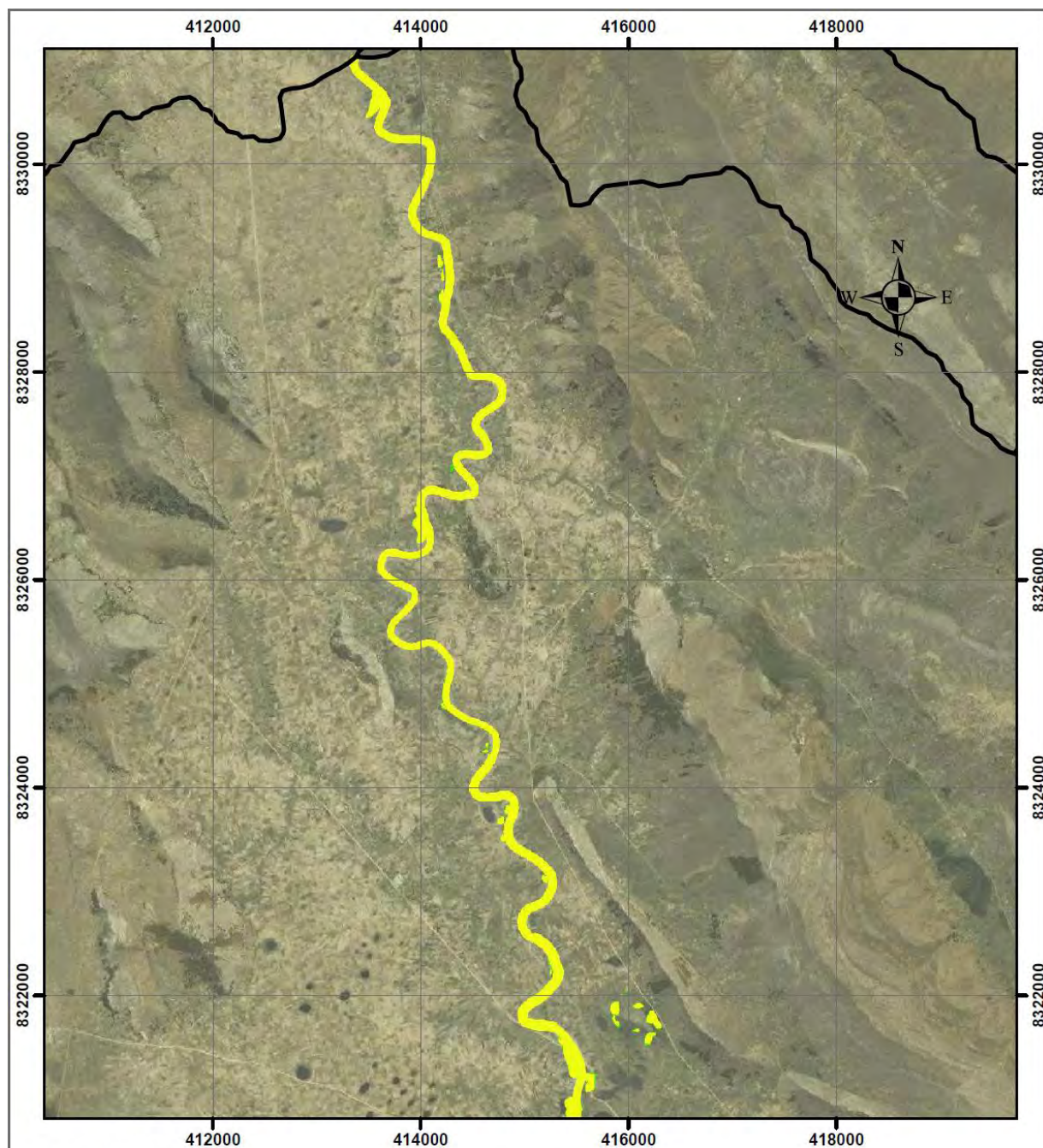


ESC. 1:55,000

LEYENDA

	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE RIESGO PARA UN T = 5 AÑOS (PARTE 2-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	

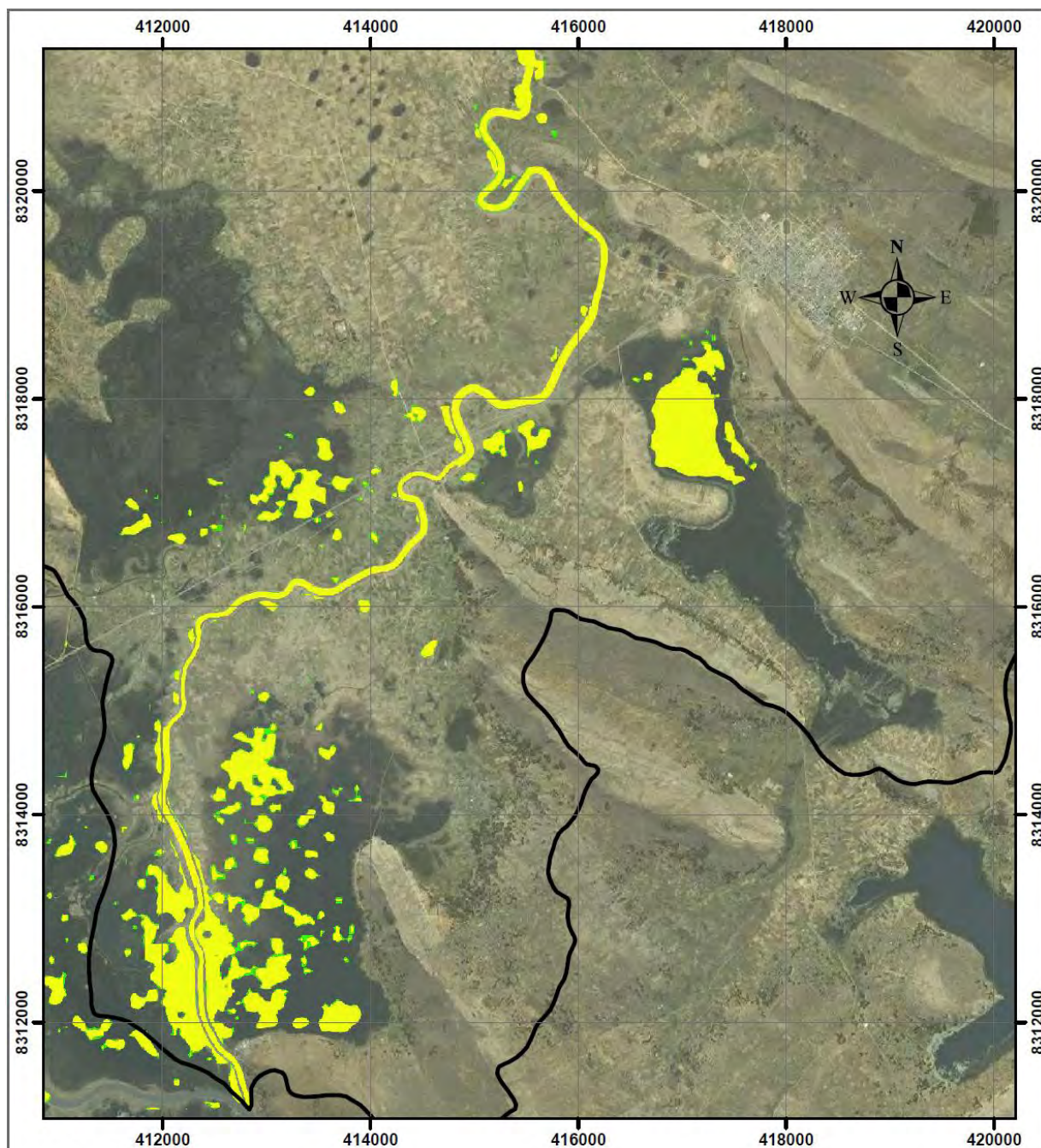


ESC. 1:55,000

LEYENDA

	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE RIESGO PARA UN T = 10 AÑOS (PARTE 1-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>380</p>

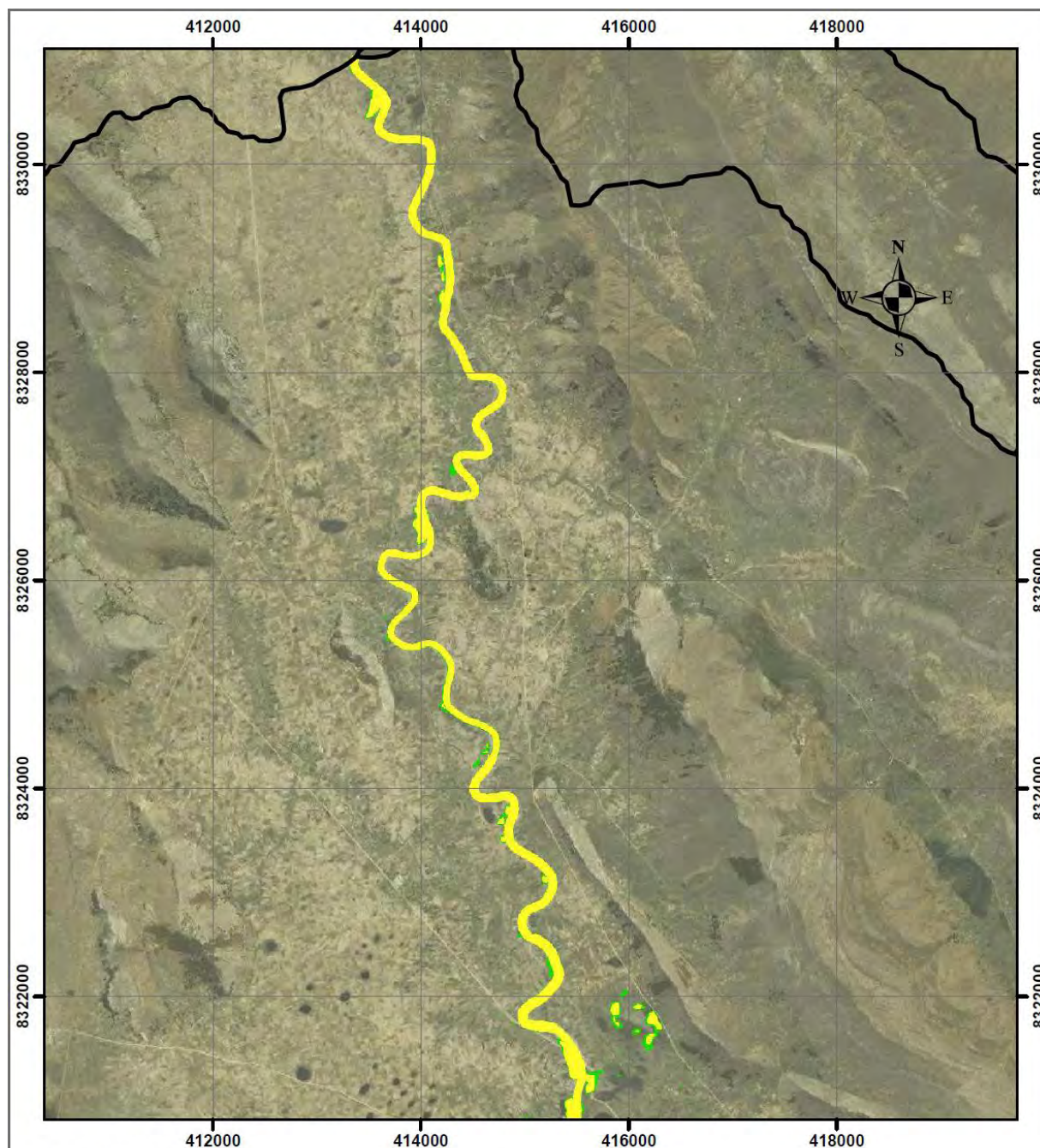


ESC. 1:55,000

LEYENDA

	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

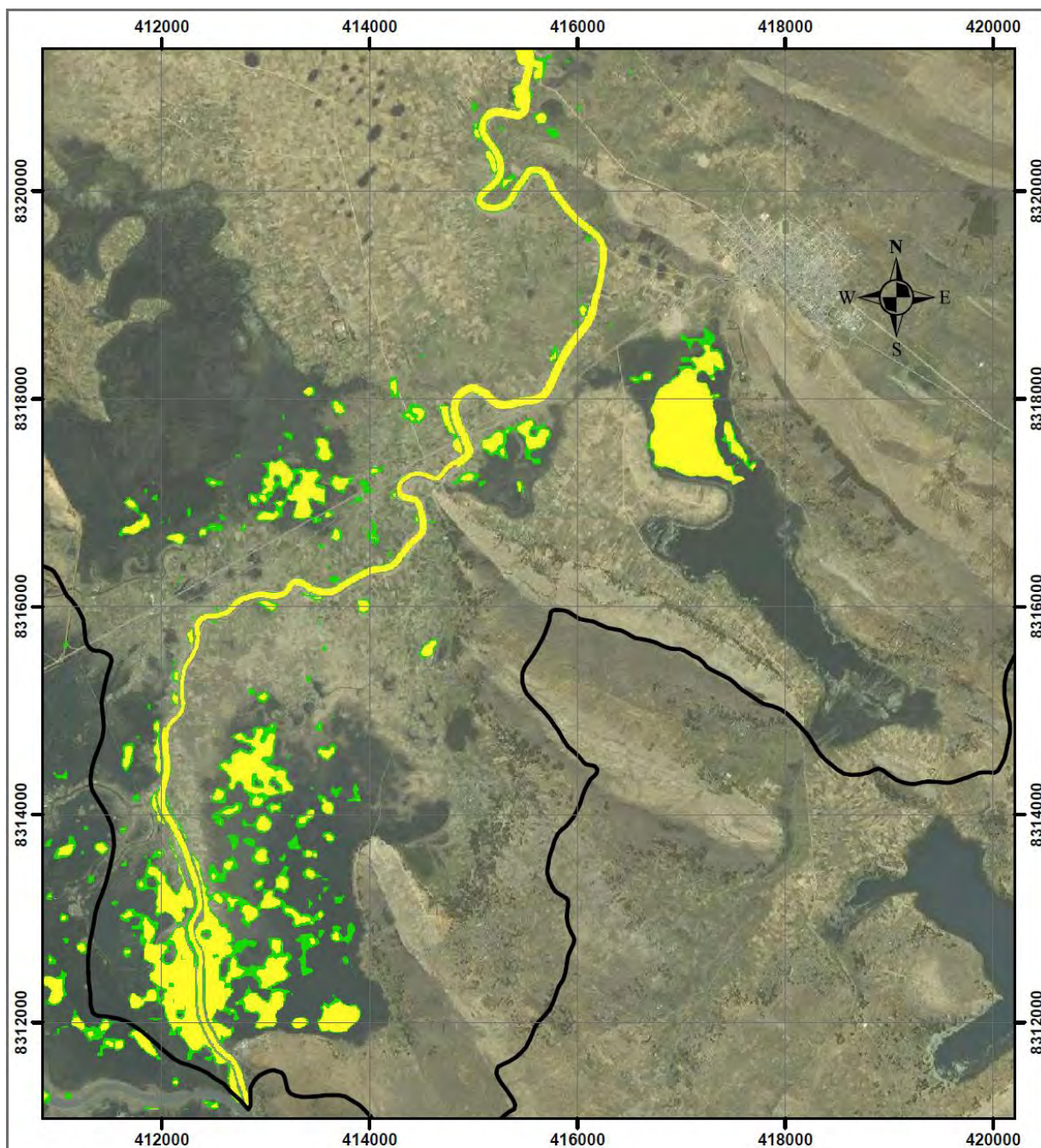
	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE RIESGO PARA UN T = 10 AÑOS (PARTE 2-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>381</p>



ESC. 1:55,000

LEYENDA	
	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

	<p align="center">UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p align="center">MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p align="center">MAPA DE RIESGO PARA UN T = 25 AÑOS (PARTE 1-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		382

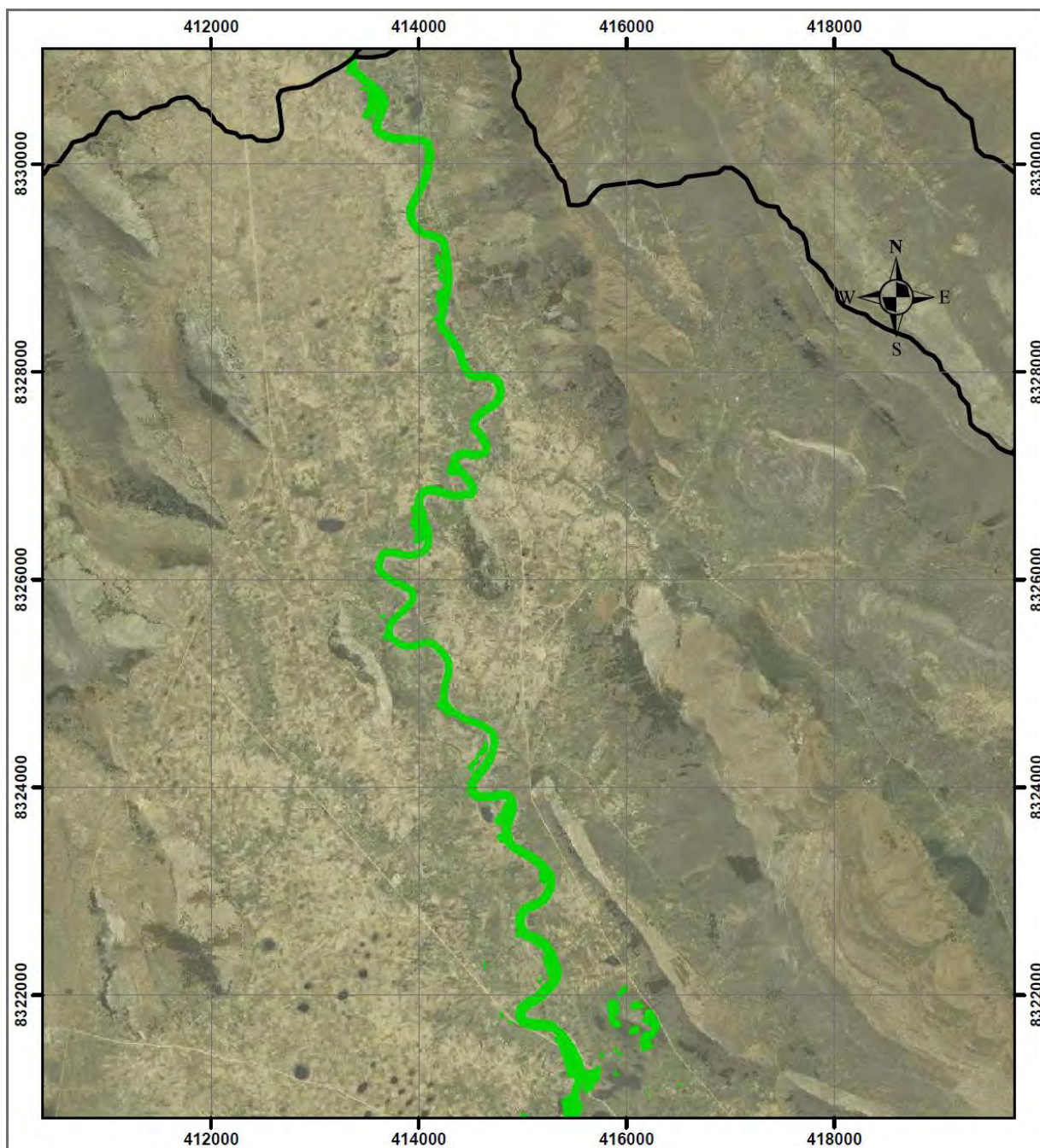


ESC. 1:55,000

LEYENDA

	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

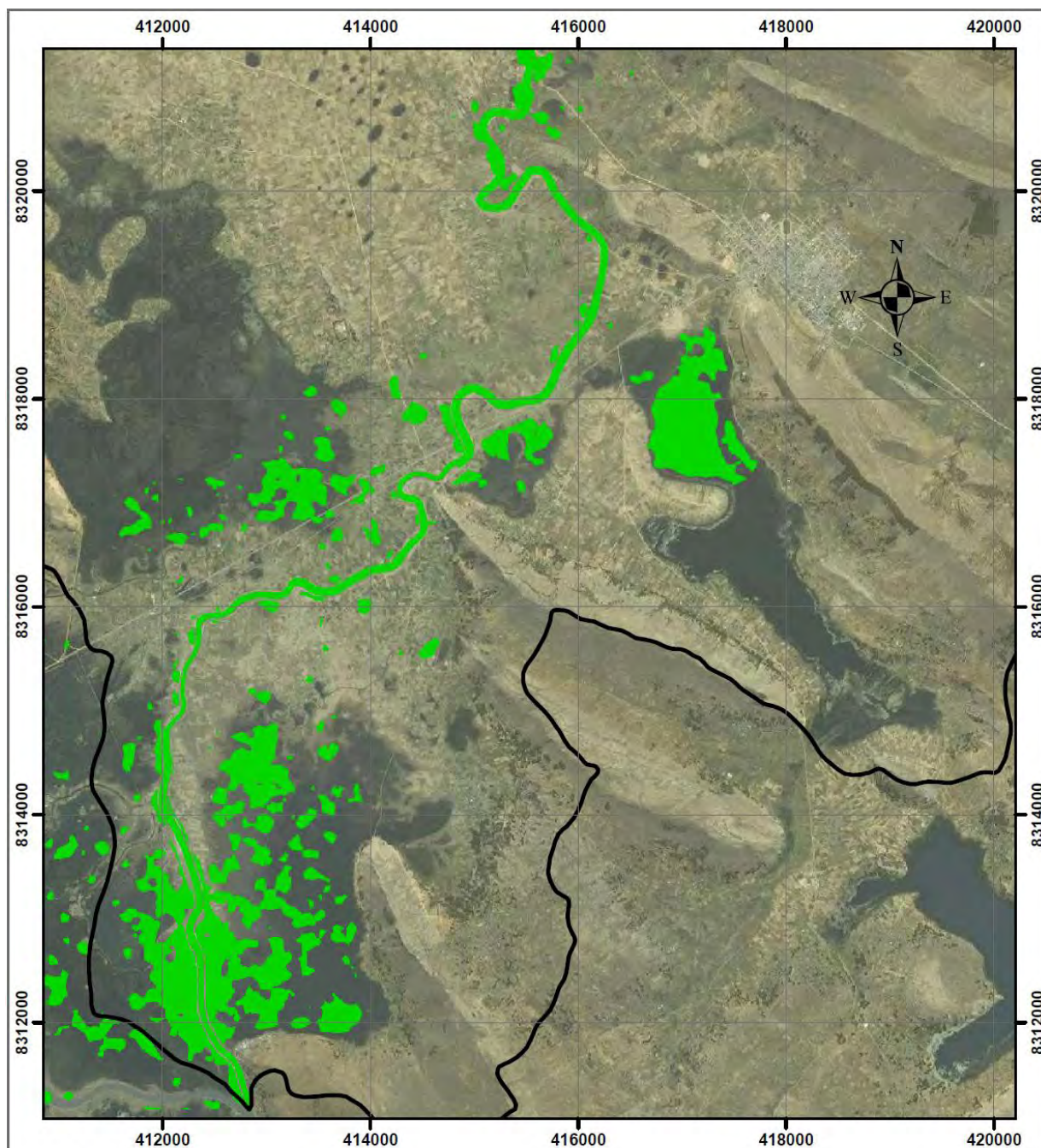
	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE RIESGO PARA UN T = 25 AÑOS (PARTE 2-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>383</p>



ESC. 1:55,000

LEYENDA	
	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

	<p align="center">UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p align="center">MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p align="center">MAPA DE RIESGO PARA UN T = 50 AÑOS (PARTE 1-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		384

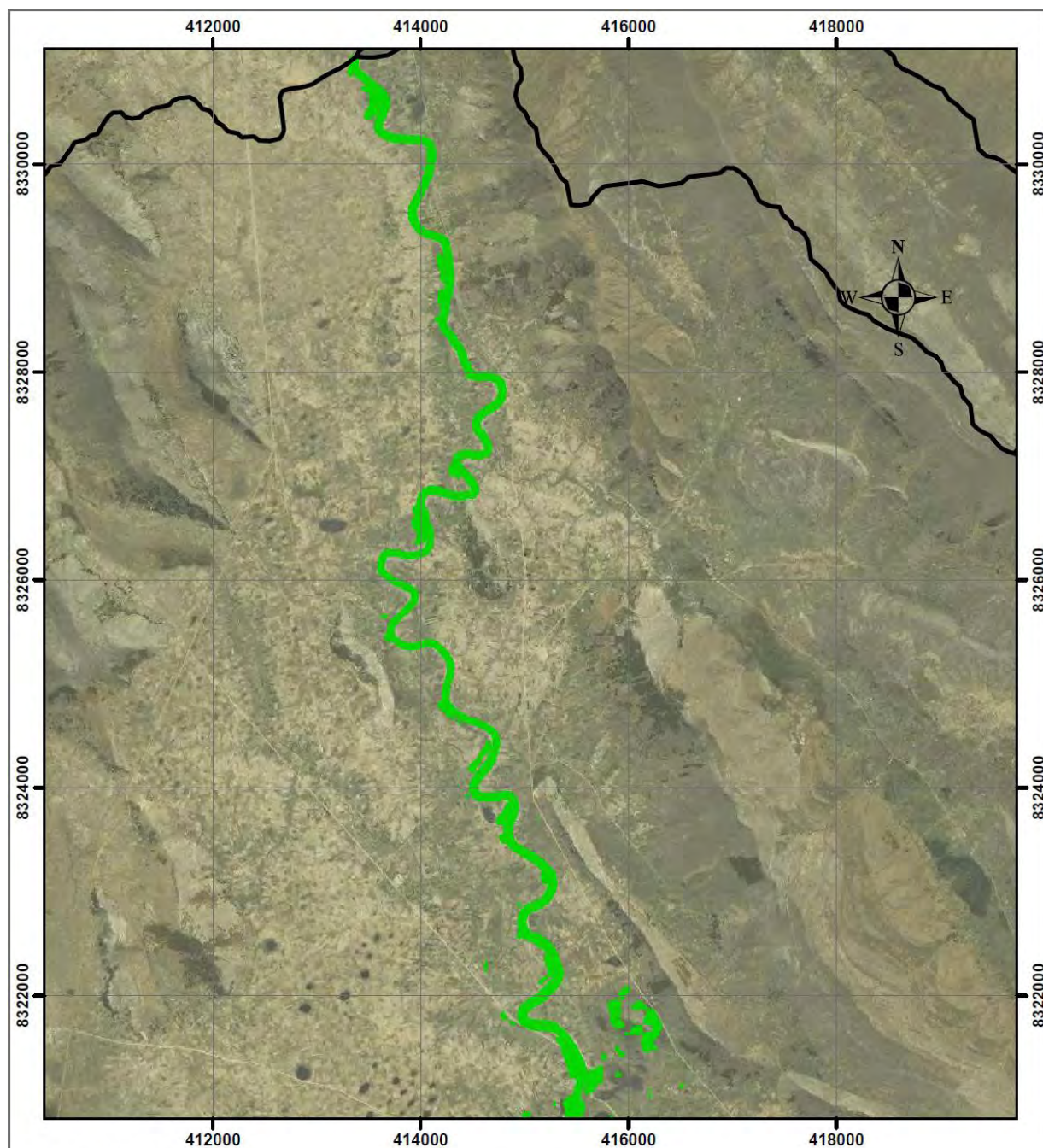


ESC. 1:55,000

LEYENDA

	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

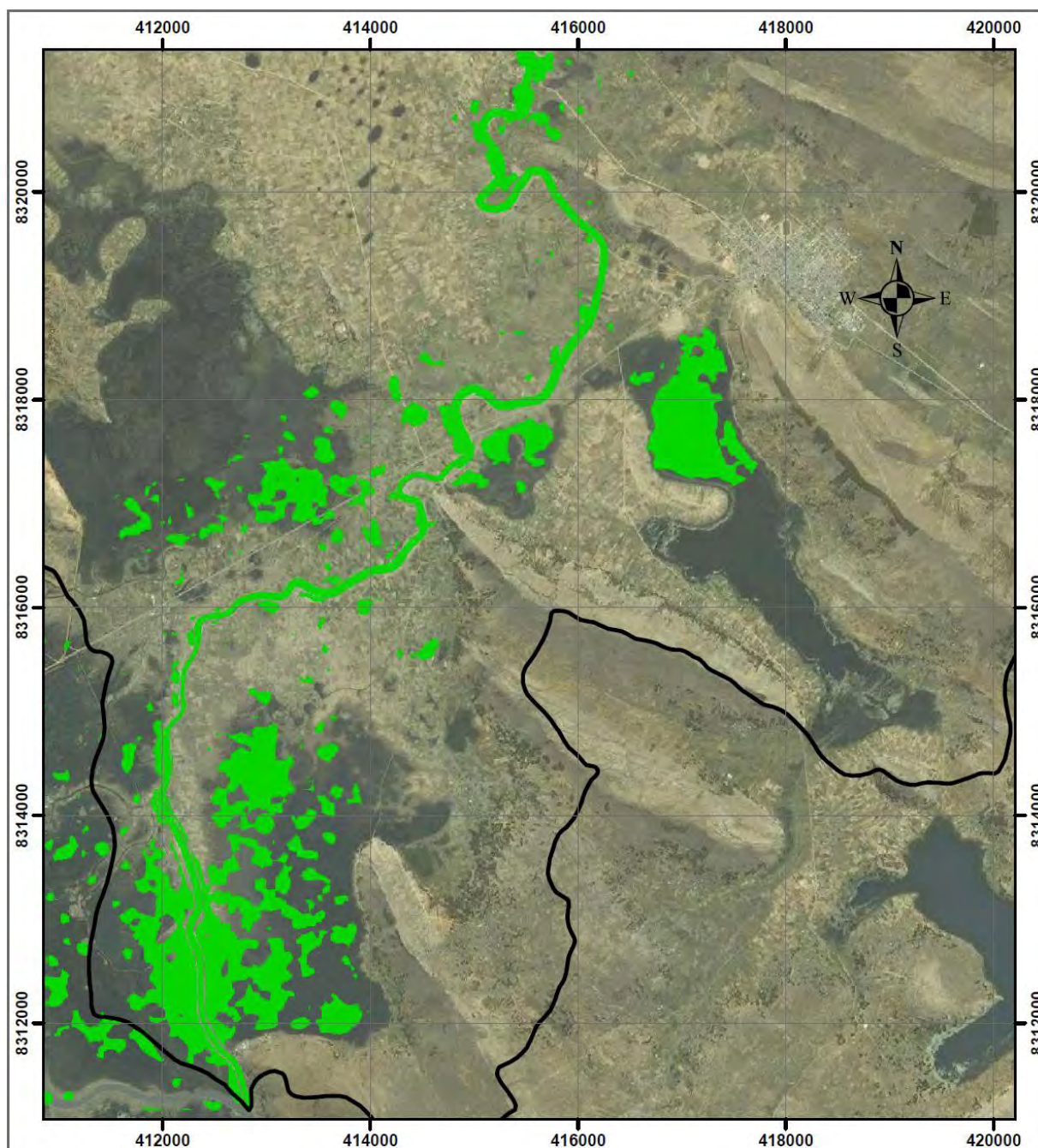
	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE RIESGO PARA UN T = 50 AÑOS (PARTE 2-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>385</p>



ESC. 1:55,000

LEYENDA	
	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

	<p align="center">UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p align="center">MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p align="center">MAPA DE RIESGO PARA UN T = 100 AÑOS (PARTE 1-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	



ESC. 1:55,000

LEYENDA

	INUNDACIONES RIESGO BAJO
	INUNDACIONES RIESGO MEDIO
	INUNDACIONES RIESGO ALTO

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
	<p>MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO HUANCANÉ PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HÍDRICO Y PUNTOS DE RIESGO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p>	
	<p>MAPA DE RIESGO PARA UN T = 100 AÑOS (PARTE 2-2)</p>	
	<p>ELABORADO POR: BACH. RONALD LEONEL PALOMINO TITO</p>	
		<p>387</p>