

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE FACTORES
DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y SUS EFECTOS
VULNERABLES EN SECTORES PRIORIZADOS DE LA
PROVINCIA DE HUANCAYO**

Línea de investigación institucional

SALUD Y GESTIÓN DE LA SALUD

PRESENTADO POR:

Bach. VÁSQUEZ GARAY TORRES, HEIDI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO-PERÚ

2020

ASESOR

Ing. Edmundo Muñico Casas

DEDICATORIA

A Dios por permitirme una vez más cumplir este anhelado sueño. A mis Padres Alfredo y Nancy por ser mis guías desde siempre, por sus enseñanzas, por su incondicional apoyo y por seguir enseñándome el valor del esfuerzo y la valentía. A mi hermano Paulo y hermanas Nancy, Katia y Súsán quienes, a pesar de la distancia, dificultades y el pasar de los años aún permanecemos unidos, por esos lazos inquebrantables del valor de la familia que nuestros padres nos inculcaron desde niños.

Heidi Vásquez Garay Torres

AGRADECIMIENTO

Al asesor Ing. Edmundo Muñico Casas, por la conducción en la elaboración de la presente tesis.

Al Ing. Manuel Maita Pérez, quien con sus recomendaciones y apoyo incondicional permitieron la culminación del trabajo de investigación.

Al SENAMHI Lima por el apoyo brindado con los datos de precipitación de 04 estaciones meteorológicas.

Heidi Vásquez Garay Torres

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ
PRESIDENTE

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL
JURADO

ING. RANDO PORRAS OLARTE
JURADO

MSC. JULIO CESAR LLALLICO COLCA
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	vi
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE IMÁGENES	xv
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCION	xix
CAPITULO I	21
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
1.1. Planteamiento del problema	21
1.2. Formulación y sistematización del problema	24
1.2.1. Problema general	24
1.2.2. Problemas específicos	24
1.3. Justificación	24
1.3.1. Práctica o social	24
1.3.2. Metodológica	25
1.4. Delimitaciones	25
1.4.1. Espacial	25
1.4.2. Temporal	28
1.4.3. Económica	28
1.5. Limitaciones	28
1.6. Objetivos	29
1.6.1. Objetivo general	29
1.6.2. Objetivos específicos	29
CAPÍTULO II	30
MARCO TEÓRICO	30
2.1. Antecedentes	30
2.2. Marco Conceptual	37

2.2.1. Variable Independiente: Escorrentía superficial.	37
2.2.2. Variable Dependiente: Efectos vulnerables.....	39
2.2.3. Balance Hidrológico	41
2.2.4. Precipitación	43
2.2.5. Tipo y uso de suelo.....	50
2.2.6. Pendiente.....	51
2.2.7. Exceso de precipitación y escorrentía directa	51
2.2.8. Transformación lluvia escurrimiento.....	55
2.2.9. Tormentas de diseño	57
2.2.10. Riesgo de inundaciones.....	59
2.2.11. Vulnerabilidad.....	62
2.3. Definición de términos	64
2.4. Hipótesis.....	67
2.4.1. Hipótesis general	67
2.4.2. Hipótesis específicas.....	67
2.5. Variables	67
2.5.1. Definición conceptual de la variable	67
2.5.2. Definición operacional de la variable	68
2.5.3. Operacionalización de las variables	69
CAPÍTULO III.....	70
METODOLOGÍA	70
3.1. Método de investigación	70
3.2. Tipo de investigación	70
3.3. Nivel de investigación	70
3.4. Diseño de investigación.....	71
3.5. Población y muestra	71
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	72
3.7. Procesamiento de la información.....	73
3.8. Técnicas y análisis de datos	83
CAPÍTULO IV	85
RESULTADOS	85
4.1. Efectos vulnerables.....	85
4.2. Incremento de volúmenes máximos.....	110

4.3.Aumento de caudal punta	155
4.4.Riesgo de inundaciones.....	177
4.5.Prueba de Hipótesis.....	179
4.6.Propuesta de mitigación al riesgo de inundaciones.....	185
CAPÍTULO V	198
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	198
4.1.Efectos vulnerables.....	198
4.2.Incremento de volúmenes de escorrentía	199
4.3.Aumento de caudal punta	201
4.4.Riesgo de inundaciones.....	204
CONCLUSIONES	205
RECOMENDACIONES	207
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	208
ANEXOS.....	211

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola.....	54
Tabla 2. Coeficiente de duración lluvias entre 48 horas y una hora	59
Tabla 3. Matriz de peligro y vulnerabilidad.....	61
Tabla 4. Matriz de estrato, descripción y valor de las zonas de peligro	62
Tabla 5. Matriz de vulnerabilidad física	63
Tabla 6. Matriz de vulnerabilidad económica.....	63
Tabla 7. Matriz de vulnerabilidad social.....	64
Tabla 8. Operacionalización de la variables	69
Tabla 9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	72
Tabla 10. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.....	73
Tabla 11. Precipitación mensual (mm)-Estación Huayao	74
Tabla 12. Precipitación mensual (mm)-Estación Santa Ana.....	75
Tabla 13. Precipitación mensual (mm)-Estación Viques	76
Tabla 14. Precipitación mensual (mm)-Estación Shullcas.....	76
Tabla 15. Precipitación máxima en 24 horas (mm)-Estación Huayao	77
Tabla 16. Precipitación máxima en 24 horas (mm)-Estación Santa Ana	78
Tabla 17. Precipitación máxima en 24 horas (mm)-Estación Viques.....	78
Tabla 18. Precipitación mensual (mm)-Estación Shullcas.....	79
Tabla 19. Balance Hídrico del Sector 01	86
Tabla 20. Ponderación de la Vulnerabilidad Física	89
Tabla 21. Ponderación de la Vulnerabilidad Económica	91
Tabla 22. Ponderación de la Vulnerabilidad Social	92
Tabla 23. Composición de la Vulnerabilidad según tipo	93
Tabla 24. Balance Hídrico del Sector 02	95
Tabla 25. Ponderación de la Vulnerabilidad Física	98
Tabla 26. Ponderación de la Vulnerabilidad Económica	100
Tabla 27. Ponderación de la Vulnerabilidad Social	101
Tabla 28. Composición de la Vulnerabilidad según tipo	102
Tabla 29. Balance Hídrico del Sector 03.....	103
Tabla 30. Ponderación de la Vulnerabilidad Física	106
Tabla 31. Ponderación de la Vulnerabilidad Económica	108
Tabla 32. Ponderación de la Vulnerabilidad Social	109
Tabla 33. Composición de la Vulnerabilidad según tipo	110
Tabla 34. Coeficiente de correlación entre variables.....	110
Tabla 35. Periodo de análisis para precipitación total mensual total (mm)	111
Tabla 36. Parámetros estimados para la completación de datos faltantes año 2015.....	111
Tabla 37. Parámetros estimados para la completación de datos faltantes año 2016.....	112
Tabla 38. Precipitación total mensual completa- Estación Santa Ana	113
Tabla 39. Consistencia de la media tramo A y B-Estación Santa Ana.....	114
Tabla 40. Consistencia de la desviación estándar tramo A y B-Estación Santa Ana.....	115
Tabla 41. Consistencia de la media tramo A, B y C-Estación Santa Ana	115
Tabla 42. Consistencia de la desviación estándar tramo A, B y C-Estación Santa Ana.....	115
Tabla 43. Parámetros de distribución normal-Estación Santa Ana.....	116

Tabla 44. Resultados del ajuste utilizando la aplicación de Cestadis- Estación Santa Ana	116
Tabla 45. Parámetros estimados para la completación y extensión de datos- Estación Viques	117
Tabla 46. Precipitación total mensual completa- Estación Viques.....	118
Tabla 47. Consistencia de la media tramo A y B- Estación Viques	119
Tabla 48. Consistencia de la desviación estándar-Estación Viques	119
Tabla 49. Consistencia de la media tramo A, B y C- Estación Viques	120
Tabla 50. Consistencia de la desviación estándar tramo A, B y C-Estación Viques.....	120
Tabla 51. Parámetros de distribución normal-Estación Viques	121
Tabla 52. Resultados del ajuste utilizando la aplicación de Cestadis- Estación Viques	121
Tabla 53. Parámetros estimados para la completación y extensión de datos-Estación Shullcas.....	122
Tabla 54. Precipitación total mensual completa- Estación Shullcas	123
Tabla 55. Consistencia de la media tramo A y B- Estación Shullcas.....	124
Tabla 56. Consistencia de la desviación estándar tramo A y B-Estación Shullcas	125
Tabla 57. Consistencia de la media tramo A, B y C- Estación Shullcas	125
Tabla 58. Consistencia de la desviación estándar tramo A, B y C- Estación Shullcas	125
Tabla 59. Consistencia de la media tramo A, B, C y D- Estación Shullcas.....	126
Tabla 60. Consistencia de la desviación estándar tramo A, B, C y D- Estación Shullcas	126
Tabla 61. Parámetros de distribución normal-Estación Shullcas.....	126
Tabla 62. Resultados del ajuste utilizando la aplicación de Cestadis- Estación Shullcas	127
Tabla 63. Precipitación media anual de las zonas de estudio	128
Tabla 64. Periodo de análisis para precipitación máxima en 24 horas (mm) ..	129
Tabla 65. Ecuación de regresión lineal y parámetros utilizados	129
Tabla 66. Precipitación máxima en 24 horas (mm) completa- Estación Santa Ana.....	130
Tabla 67. Consistencia de la media tramo A y B - Estación Santa Ana.....	131
Tabla 68. Consistencia de la desviación estándar tramo A y B- Estación Santa Ana.....	131
Tabla 69. Consistencia de la media tramo A, B y C - Estación Santa Ana	132
Tabla 70. Consistencia de la desviación estándar tramo A, B y C - Estación Santa Ana.....	132
Tabla 71. Parámetros de distribución Gumbel-Estación Santa Ana	132
Tabla 72. Resultados del ajuste utilizando la aplicación de Cestadis- Estación Santa Ana	133
Tabla 73. Cálculo de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retornos	133
Tabla 74. Precipitaciones máximas (mm) según periodo de retorno	134
Tabla 75. Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 2 años	134
Tabla 76. Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 5 años	135
Tabla 77. Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 10 años	135
Tabla 78. Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 25 años	135

Tabla 79. Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 50 años	136
Tabla 80. Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 100 años	136
Tabla 81. Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 500 años	136
Tabla 82. Cálculo coeficiente de regresión n	137
Tabla 83. Cálculo de constante de regresión K y coeficiente de regresión m.	137
Tabla 84. Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno y duración (mm/hr)	138
Tabla 85. Determinación de coeficiente de escorrentía-Sector 01	139
Tabla 86. Determinación de coeficiente de escorrentía-Sector 02	140
Tabla 87. Determinación de coeficiente de escorrentía-Sector 03	141
Tabla 88. Características generales de los sectores de estudio.....	142
Tabla 89. Caudales máximos por el método racional-Sector 01	142
Tabla 90. Volúmenes máximos según años de análisis-Sector 01	143
Tabla 91. Caudales máximos por el método racional punto 1-Sector 02.....	145
Tabla 92. Características de la quebrada 01-Sector 02	145
Tabla 93. Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 01- Sector 02	146
Tabla 94. Caudales máximos por el método racional punto 2-Sector 02.....	146
Tabla 95. Características de la quebrada 02-Sector 02	146
Tabla 96. Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 02- Sector 02	147
Tabla 97. Caudales máximos por el método racional punto 3-Sector 02.....	147
Tabla 98. Características de la quebrada 03-Sector 02	147
Tabla 99. Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 03- Sector 02	148
Tabla 100. Caudales máximos por el método racional punto 4-Sector 02.....	148
Tabla 101. Caudales máximos por el método racional punto 1-Sector 03.....	151
Tabla 102. Características de la quebrada 01-Sector 03	151
Tabla 103. Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 01- Sector 03	151
Tabla 104. Caudales máximos por el método racional punto 2-Sector 03.....	152
Tabla 105. Características de la quebrada 02-Sector 03	152
Tabla 106. Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 02- Sector 03	152
Tabla 107. Caudales máximos por el método racional punto 3-Sector 03.....	153
Tabla 108. Características físicas de los sectores de estudio	155
Tabla 109. Número de escorrentía (CN) del sector 01	155
Tabla 110. Tormenta de diseño para T=10 años-Sector 01	156
Tabla 111. Valores de abstracciones, ocurrencia de eventos y caudal punta unitarios	157
Tabla 112. Precipitación efectiva (mm) para T=10 años-Sector 01	157
Tabla 113. Caudal punta (m ³ /s) según precipitación efectiva-Sector 01	158
Tabla 114. Cálculo del hidrograma de avenida (m ³ /s)-Sector 01	159
Tabla 115. Caudales punta según periodos de retorno-Sector 01.....	159
Tabla 116. Número de escorrentía (CN) del sector 02	163
Tabla 117. Tormenta de diseño para T=25 años-Sector 02	164
Tabla 118. Valores de abstracciones, ocurrencia de eventos y caudal punta unitarios	164
Tabla 119. Precipitación efectiva (mm) para T=25 años-Sector 02	165

Tabla 120. Caudal punta (m ³ /s) según precipitación efectiva-Sector 02	165
Tabla 121. Cálculo del hidrograma de avenida (m ³ /s)-Sector 02	166
Tabla 122. Caudales punta según periodos de retorno-Sector 02.....	167
Tabla 123. Número de escorrentía (CN) del sector 03	170
Tabla 124. Tormenta de diseño para T=25 años-Sector 03	170
Tabla 125. Valores de abstracciones, ocurrencia de eventos y caudal punta unitarios	171
Tabla 126. Precipitación efectiva (mm) para T=25 años-Sector 03	172
Tabla 127. Caudal punta (m ³ /s) según precipitación efectiva-Sector 03.....	172
Tabla 128. Cálculo del hidrograma de avenida (m ³ /s)-Sector 03.....	173
Tabla 129. Caudales punta según periodos de retorno-Sector 03.....	174
Tabla 130. Caracterización del Peligro de Inundación por sectores	178
Tabla 131. Evaluación de riesgo	178
Tabla 132. Grado de relación según coeficiente de correlación	179
Tabla 133. Correlación entre Escorrentía y Vulnerabilidad Total-Sector 01 ...	179
Tabla 134. Correlación entre Escorrentía y Vulnerabilidad Total-Sector 02 ...	180
Tabla 135. Correlación entre Escorrentía y Vulnerabilidad Total-Sector 03 ...	180
Tabla 136. Coeficiente de correlación Pearson-Sector 01	181
Tabla 137. Coeficiente de correlación Pearson-Sector 02	181
Tabla 138. Coeficiente de correlación Pearson-Sector 03	182
Tabla 139. Coeficiente de correlación Pearson-Sector 01	183
Tabla 140. Coeficiente de correlación Pearson-Sector 02	183
Tabla 141. Coeficiente de correlación Pearson-Sector 03	184
Tabla 142. Dimensiones de canal de concreto de quebradas del sector 02 ...	193
Tabla 143. Dimensiones de canal de concreto de quebradas del sector 03 ...	196

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa departamental del Perú	26
Figura 2: Mapa del departamento de Junín.....	26
Figura 3: Mapa de la provincia de Huancayo.	27
Figura 4: Zonas de estudio. Sector 01 y Sector 02- distrito de Huancayo.	27
Figura 5: Zona de estudio. Sector 03- distrito de Chilca.....	28
Figura 6: Polígono de Thiessen	43
Figura 7: Variables en el método de abstracciones del SCS.....	52
Figura 8: Gasto de la cuenca	55
Figura 9: Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para lluvia máxima.....	58
Figura 10: Impacto de la urbanización en la escorrentía superficial	60
Figura 11: Estaciones meteorológicas distribuidas.	73
Figura 12: Distribución espacial de la estaciones meteorológicas utilizadas...	79
Figura 13: Balance Hídrico-Sector 01.	87
Figura 14: Precipitación Vs Escorrentía-Sector 01.....	87
Figura 15: Características de vivienda-Exposición a inundación Sector 01	88
Figura 16: Condiciones de la vivienda	90
Figura 17: Nivel de ingresos	91
Figura 18: Balance Hídrico-Sector 02.	95
Figura 19: Precipitación Vs Escorrentía-Sector 02.....	95
Figura 20: Características de vivienda-Exposición a inundación Sector 02.....	97
Figura 21: Condiciones de la vivienda	99
Figura 22: Nivel de ingresos	100
Figura 23: Balance Hídrico-Sector 03.	104
Figura 24: Precipitación Vs Escorrentía-Sector 03.....	104
Figura 25: Características de vivienda-Exposición a inundación Sector 03....	105
Figura 26: Condiciones de la vivienda	107
Figura 27: Nivel de ingresos	108
Figura 28: Análisis doble masa para periodos de estudio	114
Figura 29: Análisis doble masa para periodos de estudio	119
Figura 30: Análisis doble masa para periodos de estudio	124
Figura 31: Figura de polígono de Thiessen.....	128
Figura 32: Análisis doble masa para periodos de estudio	130
Figura 33: Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia.....	138
Figura 34: Coeficientes de escorrentía según año-Sector 01.....	139
Figura 35: Coeficientes de escorrentía según año-Sector 02.....	140
Figura 36: Coeficientes de escorrentía según año-Sector 03.....	141
Figura 37: Caudales máximos de escorrentía-Sector 01.....	143
Figura 38: Caudales máximos de escorrentía-Sector 02.....	149
Figura 39: Caudales máximos de escorrentía-Sector 03.....	153
Figura 40: Hietograma de diseño para T=10 años	156
Figura 41: Hidrograma de avenida para T=10 años	158
Figura 42: Hietograma de diseño para T=2 años-Sector 01.....	160
Figura 43: hidrograma de avenida para T=2 años-Sector 01	160
Figura 44: Hietograma de diseño para T=5 años-Sector 01.....	160
Figura 45: Hidrograma de avenida para T=5 años-Sector 01.....	161
Figura 46: Hietograma de diseño para T=25 años-Sector 01.....	161
Figura 47: Hidrograma de avenida para T=25 años-Sector 01.....	161
Figura 48: Hietograma de diseño para T=50 años-Sector 01.....	162

Figura 49: Hidrograma de avenida para T=50 años-Sector 01	162
Figura 50: Hietograma de diseño para T=100 años--Sector 01	162
Figura 51: Hietograma de diseño para T=100 años--Sector 01	163
Figura 52: Hietograma de diseño para T=25 años-Sector 02	164
Figura 53: Hidrograma de avenida para T=25 años-Sector 02	166
Figura 54: Hietograma de diseño para T=2 años-Sector 02	167
Figura 55: Hidrograma de avenida para T=2 años-Sector 02	167
Figura 56: Hietograma de diseño T=5 años-Sector 02	168
Figura 57: Hidrograma de avenida para T=5 años-Sector 02	168
Figura 58: Hietograma de diseño para T=50 años-Sector 02	168
Figura 59: Hidrograma de avenida para T=50 años-Sector 02	169
Figura 60: Hietograma de diseño para T=100 años-Sector 02	169
Figura 61: Hidrograma de avenida para T=100 años-Sector 02	169
Figura 62: Hietograma de diseño para T=25 años-Sector 03	171
Figura 63: Hidrograma de avenida para T=25 años-Sector 03	173
Figura 64: Hietograma de diseño para T=2 años-Sector 03	174
Figura 65: Hidrograma de avenida para T=2 años-Sector 03	174
Figura 66: Hietograma de diseño para T=5 años-Sector 03	175
Figura 67: Hidrograma de avenida para T=5 años-Sector 03	175
Figura 68: Hietograma de diseño para T=10 años-Sector 03	175
Figura 69: Hidrograma de avenida para T=10 años-Sector 03	176
Figura 70: Hietograma de diseño para T=50 años-Sector 03	176
Figura 71: Hidrograma de avenida para T=50 años-Sector 03	176
Figura 72: Hietograma de diseño para T=100 años-Sector 03	177
Figura 73: Hidrograma de avenida para T=100 años-Sector 03	177

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Delimitación del sector 01	85
Imagen 2: Manzanas en exposición a inundaciones-Sector 01	88
Imagen 3: Delimitación del zona 02	94
Imagen 4: Manzanas en exposición a inundaciones-Sector 02.....	96
Imagen 5: Delimitación del Sector 03.....	103
Imagen 6: Manzanas en exposición a inundaciones-Sector 03.....	105
Imagen 7: Características existentes de la quebrada del Sector 01	144
Imagen 8: Características existentes de las quebradas del Sector 02	150
Imagen 9: Características existentes de las quebradas del Sector 03	154
Imagen 10: Recorrido de la escorrentía de la quebrada con la construcción de canal de concreto-Sector 01	190
Imagen 11: Dimensiones calculadas en base a caudales reales de las quebradas del sector 02	194
Imagen 12: Dimensiones calculadas en base a caudales reales de las quebradas del sector 03	197

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto 1: Curso de quebrada por un canal de concreto-Sector 01	185
Foto 2: Curso de quebrada por canal estrangulado en su sección -Sector 01	185
Foto 3: Trayecto de la escorrentía de la quebrada por canal de Concreto -Sector 01	186
Foto 4: Canal de tierra de quebrada que continua hasta el río Florido	186
Foto 5: Curso de quebrada 01 por un canal de concreto-Sector 02	191
Foto 6: Construcción de canal de concreto de quebrada 01-Sector 02	191
Foto 7: Punto de descarga 2 de 05 quebradas agrupadas.....	192
Foto 8: Punto de descarga de la quebrada 3	192
Foto 9: Punto de descarga 4 de todas las quebradas.	193
Foto 10: Punto de descarga 3 de todas las quebradas.	195
Foto 11: Canal de drenaje de 2.00 x 1.70 m.....	243
Foto 12: Canal de drenaje disminuido 0.80 m x 1.00 m	243
Foto 13: Escurrimiento de una quebrada por la Cooperativa Santa Isabel....	243
Foto 14: Viviendas asentadas al borde de quebradas-Sector 02.....	243
Foto 15: Barreras de protección contra lluvias intensas-Sector 02.....	244
Foto 16: Sección disminuida a 1.50 x 1.00 m-Sector 02	244
Foto 17: Quebrada intermitente Cooperativa Santa Isabel	244
Foto 18: Quebrada intermitente-Asociación de Vivienda Soto Valle	244
Foto 19: Quebrada 01 transporta agua de escorrentía- Sector 03.....	245
Foto 20: Quebrada 02, encauzada por tramos-Sector 03	245
Foto 21: Punto de descarga de las 02 quebradas-Sector 03	245
Foto 22: Acumulación de basura en quebrada 02-Sector 03.....	245

RESUMEN

La investigación efectuada tuvo como problema general ¿Cuál es la relación que existe entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo?, el objetivo general planteado fue “Evaluar la relación que existe entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la Provincia de Huancayo”, la misma que se contrastó mediante la hipótesis general: Existe una relación directa entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la Provincia de Huancayo.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue el descriptivo-correlacional y el diseño de la investigación no experimental transeccional. La población estuvo conformada por 10 sectores críticos, cuya muestra seleccionada fueron 03 sectores agrupados de la provincia de Huancayo.

Obteniendo una vulnerabilidad total ALTA, incrementos de volúmenes de escorrentía de 1,455.66, 9,482.57 y 2,041.85 m³; caudales pico de 3.05, 10.36 y 5.26 m³/s y un nivel ALTO al riesgo por inundaciones en los sectores de estudio.

Palabras clave: Escorrentía superficial, efectos vulnerables, volúmenes máximos, caudal punta, riesgo de inundaciones.

ABSTRACT

The research carried out had as a general problem: What is the relationship that exists between surface runoff and its vulnerable effects in prioritized sectors of the Huancayo province? The general objective was to “Evaluate the relationship that exists between surface runoff and its effects vulnerable sectors in prioritized sectors of the Province of Huancayo”, which was contrasted by the general hypothesis: There is a direct relationship between surface runoff and its vulnerable effects in prioritized sectors of the Province of Huancayo.

The research method was scientific, the type of research was applied, the research level was descriptive-correlational and the non-experimental research design was transectional. The population was made up of 10 critical sectors, whose selected sample was 03 grouped sectors of the Huancayo province.

Obtaining a total vulnerability HIGH, increases in runoff volumes of 1,455.66, 9,482.57 and 2,041.85 m³; peak flows of 3.05, 10.36 and 5.26 m³ / s and a HIGH level of flood risk in the study sectors.

Keywords: Surface runoff, vulnerable effects, maximum volumes, peak flow, flood risk.

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación titulado: “Evaluación del comportamiento de factores de escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo”, tiene como finalidad Evaluar la relación que existe entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo; debido a que se están ocupando de manera informal y en algunos casos de manera formal diversas laderas de los cerros que comprenden la Urbanización Alto La Merced, Asociación de Vivienda Los Libertadores, Cooperativa Santa Isabel, Asociación de Vivienda Soto Valle, Barrio San José y Etapas Nueva Esperanza (Zonas de Huancayo y Chilca). Este proceso de crecimiento tan desordenado, sin ningún proceso de planificación está ocasionando cambios en el uso de suelo natural a uso urbano, alterando drásticamente los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original y alterando el ciclo hidrológico: evapotranspiración, precipitación, escorrentía e infiltración. Estos factores afectan significativamente a las poblaciones mencionadas, ocasionando cada año en temporadas de lluvia, diversos efectos vulnerables como procesos de erosión e inundaciones por los cambios de uso del suelo y condiciones climáticas.

Dentro de este contexto la investigación tiene como problema general ¿Cuál es la relación que existe entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo?, siendo el objetivo general “Evaluar la relación que existe entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la Provincia de Huancayo”. La hipótesis general formulada es: Existe una relación directa entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la Provincia de Huancayo. El método de investigación empleado fue el científico, el tipo de investigación fue la aplicada, con un nivel descriptivo correlacional y un diseño no experimental transeccional correlacional

El desarrollo del presente trabajo de investigación, consta de 5 capítulos los cuales se detallan a continuación:

- Capítulo I: Denominado “El problema de la Investigación”, describe el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema general y específicos, las justificaciones del estudio, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación tanto general como específicos.
- Capítulo II: Denominado “Marco teórico”, comprende los antecedentes internacionales y nacionales, bases teóricas o científicas que sustentan el trabajo de investigación, se detallan el marco conceptual, la definición de términos, se plantea la hipótesis general y específicas, se efectúa la definición conceptual de las variables, la definición operacional de las variables y se realiza la operacionalización de las variables.
- Capítulo III: Denominado “Metodología”, detalla la metodología empleada en la realización del trabajo, indicando el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.
- Capítulo IV: Denominado “Resultados”, Se presenta y detalla los resultados obtenidos en la investigación en función a los objetivos planteados y se efectúa la contrastación de la hipótesis.
- Capítulo V: Referido a la “Discusión de resultados”, se realiza un análisis de los resultados obtenidos y se contrasta con otras investigaciones.

Finalmente se efectúan las conclusiones del trabajo, recomendaciones, se describe las referencias bibliográficas y se presentan los anexos de la investigación.

Bach. Heidi Vásquez Garay Torres

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial la escorrentía superficial se han incrementado mucho más rápido, tal como reportan diversos artículos científicos y periódicos del mundo en donde debido a las lluvias torrenciales que se producen han ocasionado diversos efectos vulnerables en comparación con otros tipos de desastres como deslizamientos de tierra e inundaciones de diversos barrios de Yakarta en Indonesia, teniendo como saldo 43 muertos y 31,000 evacuados a refugios luego de que sus viviendas fueron dañadas por el temporal.

En Latinoamérica la escorrentía superficial también ha ocasionado diversos efectos vulnerables como es el caso del desborde de los ríos Mocoa, Mulato y Sancoyaco por las lluvias torrenciales en el año 2017, generando una inundación que arrasó con 17 barrios de la capital de Putumayo en Colombia, de los 36,000 habitantes que alberga la población el desastre dejó como resultado 400 personas heridas, 300 muertos y 200 desaparecidos con un total de 1000 personas damnificadas.

Diversos efectos vulnerables como las inundaciones ocurridas por el Fenómeno El Niño, durante los meses de enero a marzo del año 2017 han afectado a 1,9 millones de pobladores en el Perú, en donde las ciudades de Lambayeque, La Libertad y Piura fueron las más afectadas. Por otro lado, en la ciudad de Lima se tuvieron desbordes de los ríos Rímac y Chillón generando inundaciones que dejaron cuantiosos daños materiales. Las

lluvias torrenciales, han generado el año 2017 un incremento de la escorrentía superficial, provocando la activación de las quebradas del cerro cuculicote y desborde del río Chicama, ocasionando diversos efectos vulnerables como inundaciones de las viviendas, establecimiento de salud, centros educativos, plantas de tratamiento de agua potable, colapso de puentes peatonales, colapso de vías de comunicación e infraestructuras de riego. Llegando a 2570 personas afectadas, 1250 hectáreas de áreas de cultivo perdidas, 514 viviendas afectadas, el 100% de la población se vio afectada con el suministro de agua potable y 11.00 km de vías de comunicación afectada. Por otro lado, el 27 de marzo de 2017 a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales en la zona, se produjo un gran volumen de escorrentía superficial, generando diversos efectos vulnerables como el desborde del río Piura, afectando establecimientos de salud, vías de comunicación y viviendas en el distrito de Piura. El 30 de marzo de 2017 a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales se produjo la activación de la quebrada Hualapampa afectando puentes y viviendas en el distrito de Huarmaca. Teniendo como víctimas mortales 08, Damnificados: 27,981, Afectados 287,336 y 11 heridos. Han colapsado 3,308 viviendas, 3,252 están inhabitables y 59,254 están afectadas.

El crecimiento de la provincia de Huancayo se debe a las mismas razones con el que crecen las poblaciones de las grandes ciudades de Latinoamérica, en donde las poblaciones pobres de zonas alejadas se ven vulnerables ante diversas problemáticas como son las inundaciones, derrumbes, sequías, heladas, granizos, incremento de los precios de los fertilizantes, semillas y carencia de mercados para la venta de sus productos; motivo por el cual la gente migra del campo hacia las ciudades con el único afán de mejorar su calidad de vida y en busca de nuevas oportunidades.

El crecimiento masivo ha permitido la ocupación de laderas, zonas de protección de recursos hídricos y zonas de protección ambiental. Este

proceso de urbanización de cuencas y quebradas han ocasionado reemplazar la cobertura vegetal, tierras agrícolas y alteración de los cauces naturales, por zonas impermeables como las construcciones de viviendas y calles pavimentadas. Estos procesos de transformación han ocasionado una disminución de la cantidad de infiltración y por ende una mayor respuesta al escurrimiento con tiempos de concentración menores. Los volúmenes de escorrentía se incrementan y descienden con mayor rapidez por cauces y laderas, ocasionando diversos efectos vulnerables como procesos de erosión, inundaciones y anegamientos de considerable magnitud.

La provincia de Huancayo, crece de manera horizontal hacia la zona Norte y Este de la ciudad, por lo que a la fecha están ocupando de manera informal y en algunos casos de manera formal diversas laderas de los cerros que comprenden la Urbanización Alto La Merced, Asociación de Vivienda Los Libertadores, Cooperativa Santa Isabel, Asociación de Vivienda Soto Valle, Barrio San José y Etapas Nueva Esperanza (Zonas de Huancayo y Chilca). Este proceso de crecimiento tan desordenado, sin ningún proceso de planificación está ocasionando cambios en el uso de suelo natural a uso urbano, alterando drásticamente los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original y alterando el ciclo hidrológico: evapotranspiración, precipitación, escorrentía e infiltración. Estos factores afectan significativamente a las poblaciones mencionadas, ocasionando cada año en temporadas de lluvia, diversos efectos vulnerables como procesos de erosión e inundaciones por los cambios de uso del suelo y condiciones climáticas.

El 30 de enero del 2019, debido a las intensas precipitaciones pluviales ocurridas en la ciudad de Huancayo ocasionaron la inundación de viviendas de la Cooperativa Santa Isabel y la Urbanización Alto La Merced. Las viviendas que fueron más afectadas son las que se encuentran en el Jr. Galaxia, Av. Orión y la Av. Alameda, en donde el agua llegó a cubrir los 60 cm de altura, para lo cual la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad

Provincial de Huancayo tuvo que utilizar diversas motobombas para la extracción del agua.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación que existe entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Qué relación existe entre la escorrentía superficial y el incremento de volúmenes máximos en sectores priorizados de la provincia de Huancayo?
2. ¿Qué relación existe entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores priorizados de la provincia de Huancayo?
3. ¿De qué manera se relaciona la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones en sectores priorizados de la provincia de Huancayo?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

La investigación se realizó por que existe la necesidad de conocer cómo es el comportamiento de la escorrentía superficial en las áreas urbanas priorizadas, los cuales se han incrementado en los últimos 20 años y de una manera muy desordenada y sin ningún tipo de planificación; este proceso ha originado que se instalen nuevas urbanizaciones y asentamientos humanos en los distritos de Huancayo y Chilca en zonas de laderas y en cauces de quebradas naturales como es el caso de los riachuelos Florido y Ali. Estas quebradas aportan al drenaje natural cuando se producen las lluvias, incrementándose el riesgo a diversos peligros como son las inundaciones y deslizamientos al modificar el curso que siguen. En los últimos años se han reportado

diversas emergencias de los sectores en estudio por inundaciones, los cuales tienen mucha relación con la ubicación en la que se encuentran y la falta de previsión ante diversos eventos climáticos.

1.3.2. Metodológica

El desarrollo de la tesis, se realizó mediante métodos científicos, en la cual se aplicó diversas técnicas y procedimientos para la obtención de un conocimiento teórico con validez y comprobación científica, luego de la cual una vez demostrado pueda ser utilizado por instituciones públicas para la toma de decisiones y para diversos trabajos de investigación.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

Los sectores en donde se realizó en trabajo de investigación fueron:

Sector 01: Urbanización Alto la Merced y Asociación de Vivienda Los Libertadores del distrito de Huancayo.

Sector 02: Asociación de Vivienda Los Libertadores, Cooperativa Santa Isabel, Asociación de Vivienda Soto Valle, del distrito de Huancayo

Sector 03: Barrio San José, Asociación de vivienda Nueva Esperanza, del distrito de Chilca. Como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 1: Mapa departamental del Perú



Figura 2: Mapa del departamento de Junín.

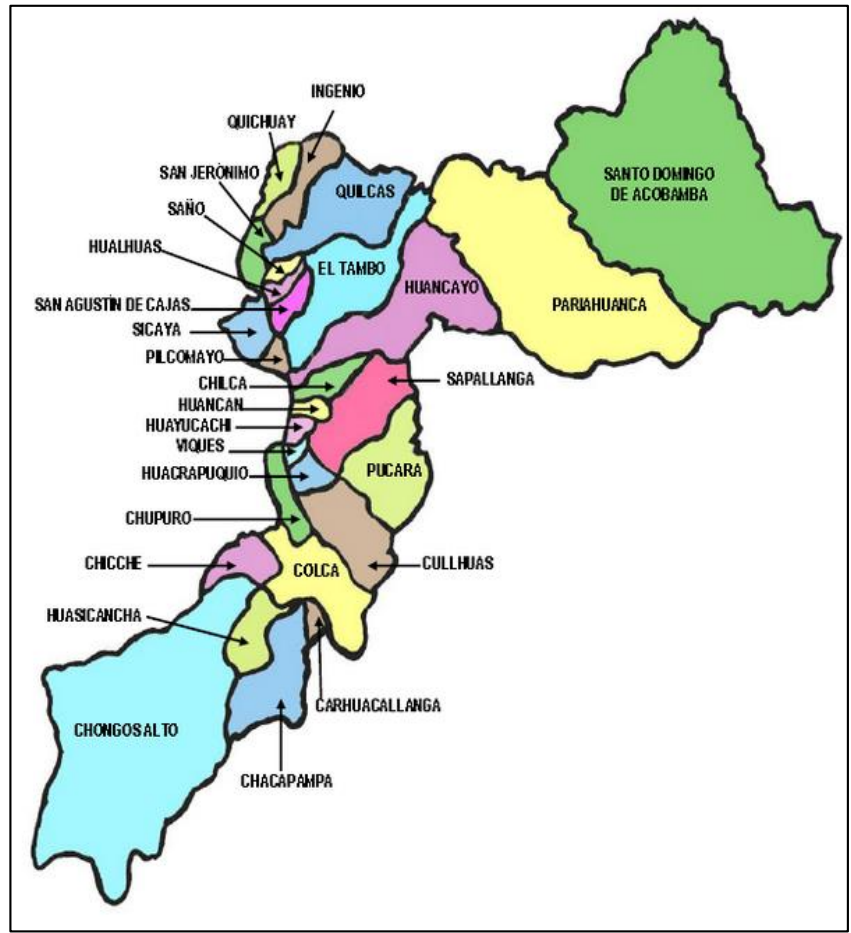


Figura 3: Mapa de la provincia de Huancayo.

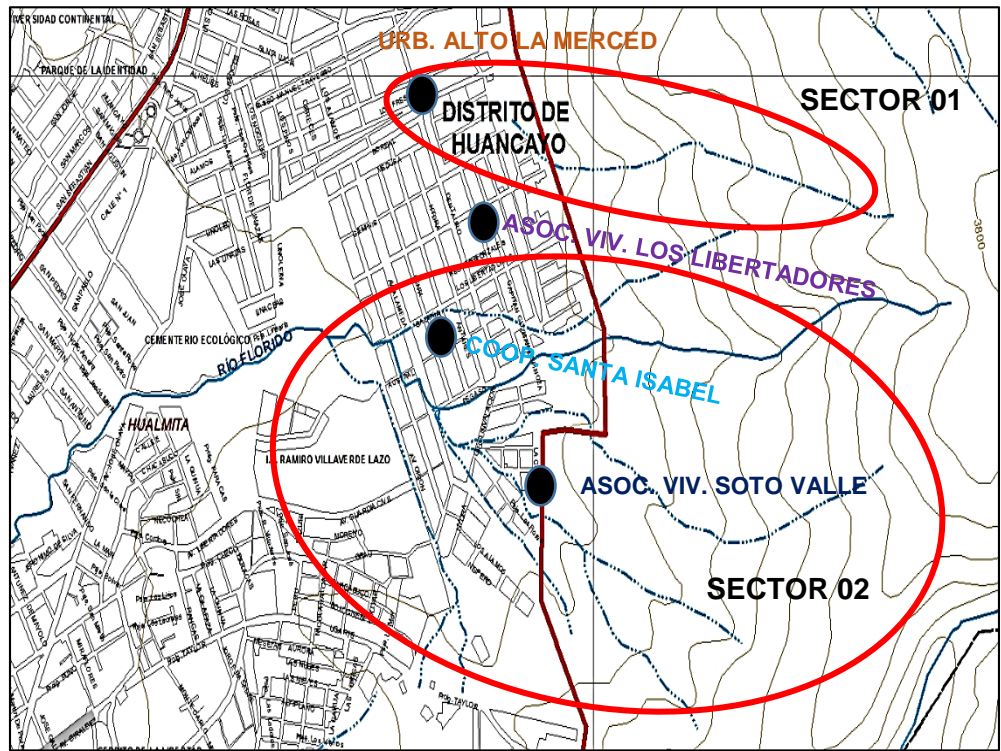


Figura 4: Zonas de estudio. Sector 01 y Sector 02- distrito de Huancayo.



Figura 5: Zona de estudio. Sector 03- distrito de Chilca

1.4.2. Temporal

El periodo de elaboración de la tesis estuvo comprendido entre los meses de diciembre 2018 a junio 2019.

1.4.3. Económica

La elaboración de la presente investigación fue cubierta en su totalidad con recursos propios.

1.5. Limitaciones

Se tuvieron algunas limitaciones como es el recojo de información de las precipitaciones pluviales por parte de la entidad SENAMHI de la ciudad de Huancayo los cuales se negaron a proporcionarnos los datos requeridos; motivo por el cual se recurrió a la sede central SENAMHI Lima quienes me brindaron los valores de precipitación de 04 estaciones meteorológicas. Se adjunta información en el Anexo 04.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la relación que existe entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

1.6.2. Objetivos específicos

1. Determinar la relación que existe entre la escorrentía superficial y el incremento de volúmenes máximos en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.
2. Identificar la relación que existe entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.
3. Establecer cómo se relaciona la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Henríquez, Azócar & Aguayo, (2006), realizaron el trabajo de investigación: ***Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile.*** El objetivo de estos modelos fue establecer relaciones funcionales entre un conjunto de variables debidamente espacializadas que, posteriormente, son usadas para estimar la localización de los cambios sobre el paisaje. La población y muestra fueron la ciudad de Los Ángeles al sur de la ciudad de Santiago, por donde los principales cursos hídricos que cruzan la ciudad de norte a sur son: los esteros, El Bolsón, Saavedra, Maipo, Quilque y Paillihue y el canal de Rioseco. El método de investigación empleado fue el científico y el tipo de investigación fue no experimental. Las conclusiones a las que llegaron fueron las siguientes:

1. Respecto al comportamiento del escurrimiento superficial, es importante destacar que, con una adecuada planificación del territorio a nivel de cuencas urbanas y rur-urbanas, es posible mantener e incluso aminorar los efectos derivados de la impermeabilización de suelos y el aumento de la escorrentía superficial, a través de una ordenación armónica del territorio.
2. Se puede concluir que las repercusiones ambientales de este acelerado crecimiento urbano en la ciudad de Los Ángeles y, por sobre todo, la

forma en que se está llevando a cabo, representado por un crecimiento a mayores distancias del centro histórico; ocupación de suelos, para fines urbanos, con alto valor ecológico y ambiental para la ciudad; eliminación de cobertura vegetal; alta densidad de ocupación del suelo e impermeabilización de zonas de drenaje, como también la obturación de esteros y canales de riego, está provocando importantes impactos ambientales como el aumento de escorrentía superficial y riesgo por inundación en la ciudad.

3. La magnitud e irreversibilidad del proceso urbanización afecta no solo el aumento de la escorrentía superficial sino también otros aspectos ambientales que se pueden evaluar con el MSSCUS, como pérdida de suelo agrícola, fragmentación del paisaje, cambio en las temperaturas superficiales, entre otros. Esto abre nuevas perspectivas para futuras investigaciones, así como también la consideración de la cuenca hidrográfica urbana en el estudio la escorrentía y áreas de inundación.
4. Los eventos de precipitación extrema en corto tiempo que producen violentos desbordes de ríos y quebradas que destruyen viviendas, infraestructura e incluso vidas humanas, son un claro ejemplo del desconocimiento del funcionamiento natural de las cuencas urbanas. Una adecuada planificación de usos de suelo y evaluación ambiental estratégica en esta ciudad intermedia constituyen una enorme oportunidad para mitigar y reducir los impactos ambientales asociados al aumento de la escorrentía producto del acelerado cambio de uso de suelo urbano y sus proyecciones futuras.

Vidal & Romero, (2010), realizaron el trabajo de investigación: ***Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos biobío y andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción***; en la Pontificia Universidad Católica de Chile. El objetivo del trabajo fue determinar los efectos de la expansión urbana del Gran Concepción sobre algunos componentes de los sistemas hídricos de las cuencas de los ríos Biobío y Andalién entre los años 1995 y 2007. La población y muestra analizada fue ciudad de Concepción por donde circulan los ríos de biobío y andalién. El método de investigación empleado

fue el científico y el tipo de investigación fue no experimental. La investigación tuvo las conclusiones:

1. En cuanto a los coeficientes de escorrentía (CE) se observa un aumento de dicho indicador en el área estudiada, los que se incrementan entre un 72 y un 31%. Esto se debe al proceso de urbanización y la mayor presencia de usos y coberturas de suelo impermeables. Así las cuencas con mayores indicadores de CE, presentan entre el 38 y 30% de su superficie total ocupada por coberturas altamente impermeables, tales como: vialidad, puertos, zonas de alta densidad residencial e industrias y grandes construcciones. Las superficies impermeables mencionadas reemplazan a sectores de vegetación natural y humedales.
2. La cuenca del Andalién es la que presenta las mayores modificaciones, con un 72% de incremento respecto de su situación original. Paralelamente, se observa una disminución de su capacidad potencial de almacenamiento de agua lluvia (S) indicador que repercute directamente en la presencia de inundaciones y anegamiento, ya que con ello se incrementa el volumen de agua que escurre hacia los cauces y a niveles más bajos de la cuenca.
3. Por tanto, en el estudio se confirma que el proceso de expansión urbana y los cambios en los usos y coberturas de suelo asociados, han aumentado la escorrentía superficial y con ello los volúmenes de agua que descienden por las laderas hacia los cauces.
4. En síntesis, se constató que los efectos de la urbanización sobre el sistema hídrico a través de cambios en la geometría y densidad del drenaje e incrementos en los coeficientes de escorrentía, contribuyen a intensificar las condiciones naturales de riesgo, esto queda de manifiesto en el evento pluviométrico de julio del 2006.

Moscoso, (2007), efectuó el trabajo de investigación: ***Cambios en los usos y coberturas de suelo y sus efectos sobre la escorrentía urbana. Valparaíso y Viña del Mar, período 1980-2005***; en la Universidad de Chile. El objetivo de la investigación fue Identificar y analizar los impactos ambientales producidos por la expansión urbana del Gran Valparaíso sobre la escorrentía de cuencas urbanizadas con el objeto de proporcionar

antecedentes que contribuyan al diseño de acciones que aseguren la salud ambiental de los cauces, la seguridad y calidad de vida de las poblaciones locales. La población de la investigación fue el Área Metropolitana de Valparaíso, teniendo como muestra a las comunas de Valparaíso y Viña del Mar. El método de investigación empleado fue el científico y el tipo de investigación fue no experimental. Las conclusiones a las que arribaron con el trabajo de investigación fueron:

1. Es posible concluir, en términos generales, que todas las cuencas se encuentran evidentemente alteradas respecto a su estado natural, desde el punto de vista medio ambiental, lo que implica una pérdida general de los servicios ambientales ligados al ciclo hidrológico, como lo son la infiltración y la escorrentía.
2. Respecto de los usos y coberturas de suelo, es evidente, que existe un avance acelerado y sostenido de los usos de suelo más impermeables por sobre coberturas naturales y por usos que en condiciones originales presentaban un mayor grado de permeabilidad. Esto facilita y fomenta el aumento de las ATIs, de la escorrentía superficial y de la modificación de la red hidrográfica en todas las cuencas estudiadas.
3. El aumento del porcentaje de ATIs en las cuencas produce el incremento de los coeficientes de escorrentía y de la longitud de los drenajes artificiales, junto con la disminución de la red de drenaje total. El avance de las superficies impermeabilizadas de las cuencas de Yolanda y Avenida Francia se desarrolla a través de sus quebradas llegando finalmente a la cabecera de la cuenca, de forma muy avanzada en la primera y de manera menos importante en Avda. Francia, aunque es posible estimar su aumento hacia las partes altas de la quebrada del cauce de la Quebrada de Jaime.
4. Respecto de la urbanización en áreas de pendientes inclinadas y su relación con el Coeficiente de Escorrentía, se establece que, a mayor gradiente se experimenta un mayor coeficiente de escorrentía y por lo tanto todas las cuencas, en la medida en que impermeabilicen más las quebradas y los sectores con mayores pendientes incrementarán en mayor medida su escurrimiento superficial. Todas las cuencas

experimentan similares tendencias en los aumentos de las tasas de escorrentía, siendo 2005 el año en que más se intensifica este crecimiento. El aumento es sostenido y puede ser mayor si se sigue con el mismo patrón de urbanización. Los usos residenciales son los mayormente ocupan sectores con pendientes pronunciadas, destacando el uso residencial de baja densidad.

5. La vegetación natural actúa como control del Coeficiente de Escorrentía. Mientras más coberturas vegetales existan mayormente se aminora el impacto general del aumento de las tasas de escurrimiento superficial, sin embargo, en todas las cuencas existe un proceso de eliminación sistemática de estas coberturas y no existe un intento por recuperarlas, ya que incluso las áreas verdes artificiales indican una pérdida de superficie entre 1980 y el 2005.

De Jesús et al. (2011), desarrollaron el trabajo de investigación: **Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta, Bogotá, Colombia**. En donde el objetivo fue determinar el sector que presenta el mayor nivel de riesgo ante cualquier tipo de inundaciones. La población de la investigación fue la cuenca del río Gaira ubicada en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, teniendo como muestra a los núcleos poblacionales de Puerto mosquito, Puente viejo y Paraíso. El método de investigación empleado fue el científico y el tipo de investigación empleado fue el no experimental. Las conclusiones del presente trabajo fueron:

1. Las inundaciones presentan el mayor factor de amenaza para las familias ubicadas en la cuenca baja del río Gaira, muestra de ello es que el 34.5% de las viviendas se ha inundado al menos una vez en los últimos cinco años, el 20.8% se ha inundado dos veces, el 14.8% se ha inundado tres veces, el 0.59% se ha inundado cuatro veces y el 29.1% no se ha inundado nunca.
2. Según los resultados, se observó que la cuenca baja del río Gaira cíclicamente sufrió en los últimos cinco años inundaciones, producto de acciones antrópicas. Las recientes construcciones civiles en áreas inadecuadas, la deficiente planificación urbana, el desconocimiento de

planes de emergencia y la débil capacitación de la población, son factores que incidieron en la alta vulnerabilidad de la cuenca baja, la cual alcanzó un 69.5% y un valor promedio de 2.78.

3. Las vulnerabilidades técnica y educativa presentaron valores promedios de 3.37 y 3.23 y valoraciones de 84.26% y 80.90%, teniendo una vulnerabilidad Muy Alta. Asimismo, las vulnerabilidades ideológica y social obtuvieron promedios de 1.75 y 1.98 y valoraciones de 43.73% y 49.48%, alcanzando un índice de caracterización Medio.

Antecedentes Nacionales

Quillatupa & Cárdenas, (2006), efectuaron el trabajo de investigación: ***Relación precipitación, infiltración y escorrentía para la época de lluvia en la microcuenca Yanango Chanchamayo***. El objetivo general de la investigación fue: Determinar la relación precipitación, infiltración y escorrentía para la época de lluvia en la microcuenca Yanango. La población del estudio fue la Cuenca del río Perené y la muestra en estudio lo constituyó la microcuenca del río. La metodología empleada fue el descriptivo correlacional, el tipo de investigación aplicada y el diseño de investigación fue no experimental de corte transversal. Las conclusiones a las que arribaron luego de la culminación de del trabajo son:

1. La abstracción inicial (Ia) en la microcuenca del río Yanango es 33.95 mm, consta de componentes tales como: intercepción por la vegetación, almacenamiento en depresiones e infiltración inicial; indica que es necesario superar 33.95 mm de precipitación acumulada para poder generar escorrentía superficial.
2. La relación precipitación - escorrentía superficial en febrero, marzo y abril periodo 2011-2014, es $E = 0.5461P + 1.3513$ si $P > 33.95$ mm, donde "E" es la escorrentía superficial y "P" la precipitación, con un coeficiente de correlación de Pearson ($R = 0.7192$) que indica una correlación positiva alta, siendo aplicable a la microcuenca Yanango.
3. La relación precipitación - infiltración en febrero, marzo y abril periodo 2011-2014 es $I = 0.4539P - 1.3513$; si $P > 33.95$ mm, donde "I" es la infiltración y "P" la precipitación, presenta un coeficiente de correlación

de Pearson ($R = 0.6522$) que indica una correlación positiva moderada, siendo aplicable a la microcuenca Yanango.

4. La relación infiltración - escorrentía superficial en la época de lluvia (febrero, marzo y abril) para el periodo 2011-2014, es $I = -0.0528E + 2.1423$; donde "I" es la infiltración y "E" la escorrentía superficial, con un coeficiente de correlación de Pearson ($R = 0.0575$) que indica una correlación positiva muy baja, siendo no aplicable a la microcuenca Yanango.
5. El caudal base y máximo del río Yanango fue de 5.02 m³/s y 136.46 m³/s respectivamente en la época de lluvia (febrero, marzo y abril) del 2015.

Lobato, (2015), realizó el trabajo de investigación: ***Escorrentía de una cuenca mediante la aplicación de un simulador de lluvia. Caso: río chanta, la encañada cajamarca, 2015.*** El objetivo general de la investigación fue: Estimar la escorrentía superficial en la cuenca del Río Chanta mediante la aplicación de un simulador de lluvia. La población del estudio fue el distrito de La Encañada en la provincia de Cajamarca, tomando como muestra en centro poblado Chanta Alta. El tipo de investigación fue aplicada con un nivel descriptivo en su primera parte, luego explicativo y finalmente comparativo. Las conclusiones del trabajo fueron:

1. La escorrentía superficial estimada mediante la aplicación de un simulador de lluvia en la cuenca del río chanta para el año 2015, es de 17304.60 m³ lo que nos indica ser baja con respecto a los 56085.60 m³ de volumen precipitado total para periodo de tiempo de 1 minuto.
2. El tipo de suelo en un 39.06% es un suelo limoso, el más productivo como suelo agrícola, seguido por un 31.25% que es un suelo arcilloso al cual también se le da uso agrícola.
3. La cobertura vegetal en la cuenca es representada en un 51.90% por cobertura tipo ichu o también llamada en la investigación "áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo" con 49.38 Km², seguida por un área cubierta por pasto de 22.76 Km² que representa el 26.70 % y el área de

sembríos o llamada también "Áreas agrícolas heterogéneas" es de 13.13 Km² dando el 100% del área de análisis la cuenca.

4. El coeficiente de escorrentía promedio estimado mediante la aplicación de simulador de lluvia de la cuenca Chanta para el año 2015 se determinó en 0.277, lo que nos indica que se encuentra en un rango de entre 0.25 y 0.30, coeficiente que fue determinado en época de estiaje entre los meses abril y junio

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Variable Independiente: Escorrentía superficial.

Cahuana y Yugar (2009) define la escorrentía superficial como el: "Flujo sobre el terreno que proviene de la precipitación no infiltrada (precipitación en exceso, hp) y que escurre sobre la superficie del suelo y después por los cauces" (p.128).

La escorrentía superficial constituye desde el punto de vista hidráulico una fuente importante de aprovechamiento para que puede ser utilizada en la agricultura en la producción de productos agrícolas, en el abastecimiento de agua para el consumo humano y almacenamiento de embalses para que puedan ser utilizadas en diversos fines.

Existen diversos factores que afectan el escurrimiento como son: los factores climáticos y los factores fisiográficos. Dentro de los climáticos podemos encontrar la forma de precipitación, tipos de precipitación, duración de precipitación, intensidad de la precipitación, dirección de la tormenta, velocidad de la tormenta y distribución de la lluvia en la cuenca. A su vez los fisiográficos se encuentran comprendidos por la superficie de la cuenca, forma de la cuenca, elevación de la cuenca, pendiente, tipo y uso de suelo, humedad.

Villón (2002), sostiene que la escorrentía 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” (p.136).

La importancia de la hidrología radica en que proporciona a los profesionales, diversos mecanismos para la solución de diversos problemas que se presentan en el diseño de las obras hidráulicas. Por ejemplo, en la estimación de la cantidad de volumen que puede aportar una corriente para la dotación de agua potable para el consumo humano, utilización en la industria, para proyectos de irrigación y generación de energía eléctrica. Otras características importantes son que nos permitirá definir la capacidad de diseño de obra como puentes, alcantarillas, estructuras para controlar las avenidas, vertederos, sistemas de drenaje tanto en la parte agrícola, en las poblaciones, carreteras y otros.

La escorrentía superficial depende de dos tipos de factores como son el meteorológico y fisiográficos. Dentro de los meteorológicos se encuentran la intensidad de precipitación, el tipo, la forma, duración, dirección, distribución de la lluvia sobre una cuenca y la velocidad de tormenta.

En los factores fisiográficos podemos considerar la superficie, forma, elevación, pendiente las cuales constituyen las características físicas de la cuenca; así como el tipo y uso de suelo y la humedad inicial.

Chow *et al.* (1994) describe a la escorrentía superficial en base a Horton (1993) de la siguiente manera:

“Despreciando la intercepción por vegetación, la escorrentía superficial es aquella parte de la lluvia que no es absorbida por el suelo mediante infiltración. Si el suelo tiene una capacidad de infiltración f que se expresa en pulgadas absorbidas por hora, entonces cuando la intensidad de la lluvia i es menor que f , la lluvia es absorbida completamente y no existe escorrentía superficial. Se puede decir como una primera aproximación que si i es mayor que f , la escorrentía superficial ocurrirá a una tasa de $(i-f)$. Horton consideró que la

escorrentía superficial tomaba la forma de un flujo en láminas cuya profundidad podía medirse en fracciones de pulgadas” (p. 131).

El constante aumento poblacional trae consigo problemas severos en cuanto al manejo de las aguas urbanas. Una estructura importante para la conservación y el mejoramiento de las aguas urbanas es un sistema de drenaje pruvial que tenga un funcionamiento adecuado. El constante incremento de la construcciones de casas, edificios, pavimentación y asfaltado de calles incrementa la impermeabilización de una cuenca y disminuye su capacidad de infiltración. Todos estos condicionantes incrementan el volumen de la escorrentía y producen caudales con picos mayores a los que se generaban cuando no existían urbanizaciones.

2.2.2. Variable Dependiente: Efectos vulnerables

Cenepred (2013) afirma que:

“En el marco de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza” (p.125).

El analizar la vulnerabilidad permite un proceso de evaluación de riesgos, en los cuales se mide la exposición, fragilidad y resiliencia en relación al nivel de peligro identificado, con todos estos factores se puede medir el nivel de vulnerabilidad permitiendo además la construcción de un mapa del nivel de vulnerabilidad al que está expuesta una unidad, ambiental, social o física evaluada.

Entre los factores de la vulnerabilidad podemos mencionar a la exposición, fragilidad y resiliencia. La exposición está considerada a aquellas decisiones que ubican a las personas y el medio de vida donde se desarrollan a zonas de impacto de un peligro, este proceso se debe a que no existe un crecimiento demográfico planificado, migración desordenada, y a un proceso de urbanización sin ningún tipo de

planificación de manejo del territorio. Por otro lado, la fragilidad está considerada como la desventaja que tiene la persona y su medio de vida frente a un peligro, básicamente radica en las condiciones físicas de una comunidad, en este caso se puede citar la forma de las construcciones que son realizadas sin la dirección técnica de profesionales, la utilización de materiales inadecuados y la no aplicación de la normativa vigente de construcciones. La resiliencia está referido a la capacidad de adaptación y recuperación que tiene la persona y sus medios de vida frente a un peligro.

Indeci (2006) sostiene que:

“La vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales” (p.18).

Por otro lado, la vulnerabilidad, es una condición anticipada que se manifiesta durante la ocurrencia de un desastre, porque no existe una planificación adecuada para la inversión en proyectos que permitan la prevención y mitigación, más por el contrario se ha aceptado un nivel de riesgo excesivamente alto. Para realizar el análisis, la vulnerabilidad tiene que efectuar una adecuada identificación y caracterización de las unidades que están expuestas en una zona geográfica, a los efectos perjudiciales de un peligro.

En cuanto a los tipos de vulnerabilidad podemos mencionar a los siguientes: económica, física, social, educativa, ambiental y ecológica, cultural e ideológica, política e institucional, científica y tecnológica.

Prede (2008) menciona que:

“La vulnerabilidad es la susceptibilidad que tiene la población, su infraestructura y actividades económicas, a resultar dañados por el impacto de un evento (natural, socio natural, antrópico, etc.) al estar

expuestas, debido a su localización en el área donde ocurre el peligro, por no tener la suficiente resistencia ni capacidad para asimilar el impacto” (p.18).

Debemos indicar que el análisis de la vulnerabilidad es una herramienta básica para incorporar la gestión de riesgos en todo el proceso de ordenamiento territorial, el cual nos permitirá el crecimiento de las poblaciones en lugares adecuados que presenten seguridad ante peligros naturales y antrópicos. Por otro lado, permitirá identificar y proponer proyectos que reduzcan el riesgo ante desastres sobre diversas zonas urbanizadas que presenten vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se clasifica en diversos tipos como son: la física, socioeconómica, territorial e institucional. La vulnerabilidad física está referida a la infraestructura, equipamiento, instalaciones que por sus diversas características presentan debilidad ante el medio natural. La vulnerabilidad socioeconómica está orientado a características de pobreza y limitado acceso a la educación el cual no les permite discernir a las poblaciones en cuento a los peligros que les afectan, reducción de riesgos, protección de sus vidas frente a los impactos de los peligros y a la recuperación luego de los impactos. La vulnerabilidad territorial se concentra en el uso de suelo y de los recursos naturales por parte de las poblaciones los cuales por sus características degradan el territorio, haciéndolos mucho más vulnerables e incrementando los peligros. La vulnerabilidad institucional se orienta a la deficiente planificación y toma de decisiones de las diversas instituciones públicas y privadas para hacer frente a la reducción de riesgos y responder adecuadamente ante diversos eventos naturales.

2.2.3. Balance Hidrológico

Espinoza (1989) menciona que: “Una cuenca superficial, recibe aportaciones (lluvia) y descarga un volumen de agua, además de que retiene una cantidad que es variable. Las entradas en la ecuación del balance hídrico, comprenden la precipitación (P) y las aguas subterráneas. Las salidas incluyen la evaporación desde la superficie y

salida de corrientes de agua superficial u subterránea desde la cuenca” (p. 10).

$$P = ETR + E_s + I \quad \dots\dots (1)$$

Donde:

- P = Precipitación (mm)
- ETR = Evapotranspiración real (mm)
- I = Infiltración
- E_s = Escorrentía

La evapotranspiración potencial (ETP) puede calcularse mediante diversos métodos, sin embargo, para el desarrollo de la investigación se utilizó el método de Thornthwaite la misma que viene dada por la siguiente ecuación:

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514} \quad \dots\dots (2)$$

Donde:

- i = Índice de calor mensual
- T = Temperatura °C

$$I = \sum_1^{12} i$$

Donde:

- I = Índice de calor anual

$$ETP_t = 16 \left(10 * \frac{T}{I}\right)^a \quad \dots\dots (3)$$

$$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1792 * 10^{-5} * I + 0.49239 \quad \dots\dots (4)$$

Donde:

- ETP_t = Evapotranspiración potencial media (mm/mes).

$$ETP = ETP_t \left(\frac{N}{12}\right) \left(\frac{d}{30}\right) \quad \dots\dots (5)$$

Donde.

- N= Número máximo de horas de sol, depende de la latitud y del mes.
- d = Número de días del mes.

2.2.4. Precipitación

Vásquez et al. (2016) afirma que: “La precipitación está constituida por toda el agua, que, de una u otra forma, es depositada en la superficie terrestre, por la condensación del vapor de agua contenido en el aire atmosférico. La unidad de medición es el milímetro de lluvia, definido como la cantidad de precipitación correspondiente a un volumen de 1 litro por metro cuadrado de superficie, conocido como la lámina de agua o altura de lluvia depositada sobre esa superficie” (p. 178).

Cálculo de la precipitación media sobre una zona

Aparicio (1992) afirma que: “Para calcular la lluvia media de una tormenta dada, existen tres métodos de uso generalizado: El método aritmético, Polígono de Thiessen y el método de las Isoyetas.

• Polígonos de Thiessen

$$h_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi} \quad \dots\dots (6)$$

Donde:

A_i : es el área de influencia de la estación i

A_T : es el área total de la cuenca” (p. 140-142).

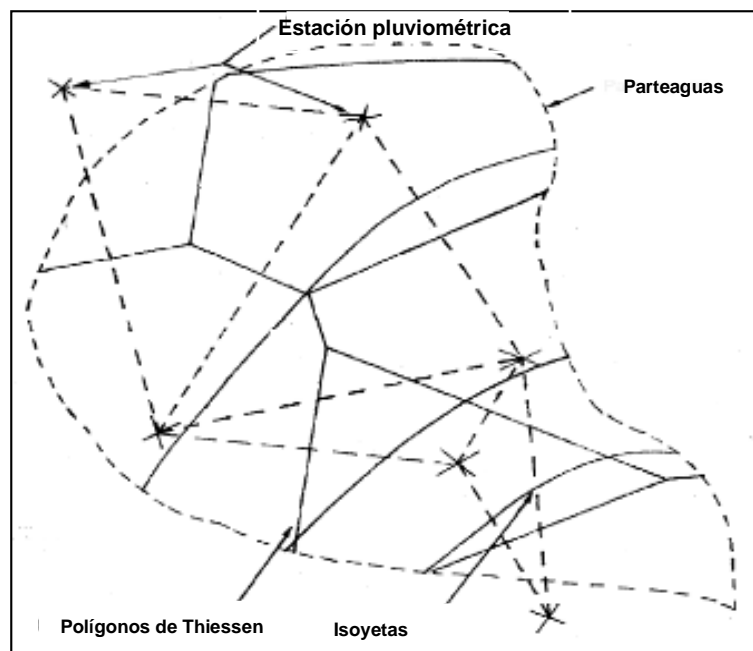


Figura 6: Polígono de Thiessen

Análisis de datos pluviométricos

Chereque (1989) menciona que: “El manejo estadístico de la información pluviométrica, es decir el estudio de su comportamiento según un modelo matemático, sólo es posible realizarlo cuando la información reúne estos tres requisitos: es completa, consistente y de extensión suficiente. Es por eso que, una información pluviométrica antes de ser estudiada en su comportamiento debe ser revisada en estos tres aspectos, en la forma cómo se describe enseguida” (p. 19-20).

• **Estimación de datos faltantes:** Chereque (1989), menciona que: “Frecuentemente se halla uno con que faltan datos en los registros de lluvias. Esto se debe a ausentismo del operador o a fallas instrumentales. Se llama correlación a la operación o procedimiento por medio del cual se completan los datos faltantes. Para ello se utilizan los datos de estaciones índices, que sí tienen los datos completos y que se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio. Distancia y altitud son pues los factores principales para la selección de las estaciones índice” (p. 21).

- **Método de regresión lineal simple:** Villón (2002) afirma que: “La completación de datos, es el proceso por el cual, se llenan “**huecos**” que existen en un registro de datos. La completación y extensión de la información hidrometeorológica faltante se efectúa para tener en lo posible series completas, más confiable y de un periodo uniforme.

a) Ecuación de regresión lineal

$$y_t = a + bx_t \dots\dots (7)$$

Donde:

y_t = variable hidrológica dependiente

x_t = variable hidrológica independiente

a y b = parámetros de la ecuación de regresión lineal simple

b) Estimar los parámetros:

Los estimadores de a , b y r se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$b = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad \dots\dots (8)$$

$$a = \bar{y}_1 - b\bar{x}_1 \quad \dots\dots (9)$$

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum y_i}{N_1}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum x_i}{N_1}$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad \dots\dots (10)$$

$$S_{1(y)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left(\sum_{i=0}^{N_1} (y_i - \bar{y}_1)^2 \right)}$$

$$S_{1(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left(\sum_{i=0}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right)}$$

Donde:

\bar{y}_1, \bar{x}_1 = son los estimados de las medias, de los períodos comunes, de tamaño N_1 de las variables y_t y x_t

$S_{1(y)}, S_{1(x)}$ = son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar de y_t y x_t de los períodos comunes de tamaño N_1 .

r = coeficiente de correlación.

c) Ecuación de completación o extensión:

Sustituyendo valores en la ecuación (7), resulta:

$$y_t = \bar{y}_i + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_1) \quad \dots\dots (11)$$

d) Criterios de confiabilidad

La ecuación (11), sólo se podrá usar si hay una correlación significativa entre variables y_t y x_t , es decir, si el coeficiente de correlación r de la ecuación (10), es estadísticamente significativo con un cierto nivel de confiabilidad, utilizando el estadístico t , para este proceso se procede de la siguiente forma:

- Cálculo del estadístico t_c , según:

$$t_c = \frac{r\sqrt{N_1 - 2}}{\sqrt{1 - r^2}} \quad \dots\dots (12)$$

Donde:

t_c = valor del estadístico t calculado

N_1 = tamaño del registro común de las series

r = coeficiente de correlación

- Cálculo de t_t

El valor crítico de t, se obtiene de las tablas t Student (t_t), con 95% de probabilidad, o con un nivel de significación del 5%, es decir:

$$\frac{\alpha}{2} = 0.025$$

$$G.L. = N_1 - 2$$

- Comparación del t_c con el t_t

Si $|t_c| \leq t_t \rightarrow r$ no es significativo, por lo tanto, no hay correlación significativa

Si $|t_c| > t_t \rightarrow r$ es significativo, por lo que sí existe correlación significativa entre variables y_t y x_t , y se puede hacer uso de la ecuación (10), para la completación y extensión” (p. 283-289).

• Análisis doble masa:

Villón (2002) menciona que: “Este análisis se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar

la consistencia en lo relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos y no para una corrección a partir de la recta doble masa.

Análisis de Saltos

1. Consistencia de la media

Cálculo de la media y desviación estándar

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i \quad s_1(x) = \left[\frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j \quad s_2(x) = \left[\frac{1}{n_2-1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

x_i = valor del periodo

x_j = valor del periodo

\bar{x}_1, \bar{x}_2 = media del periodo 1 y 2

$S_{1(y)}, S_{2(x)}$ = desviación estándar del periodo 1 y 2

n = tamaño de la muestra

$n = n_2 + n_1$

Cálculo del t calculado (t_c)

$$t_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S_{\bar{d}}} \quad \dots\dots (13)$$

$$S_{\bar{d}} = S_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$S_p = \left(\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots (15)$$

Donde:

$S_{\bar{d}}$ = desviación de las diferencias de promedios

S_p = desviación estándar ponderada

Cálculo del t tabular (t_t)

Se utilizó la tabla t de Student para la obtención del valor de t .

Con un nivel de significación del 5% y una probabilidad del 95%.

Comparación del t_c con el t_t :

Si $|t_c| \leq t_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (estadísticamente), no se realiza la corrección.

Si $|t_c| > t_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ (estadísticamente), como las medias son diferentes se procederá a corregir la información.

2. Consistencia de la desviación estándar

Cálculo de varianzas

$$S_1^2(x) = \left(\frac{1}{n_1 - 1}\right) \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \quad \dots\dots (16)$$

$$S_2^2(x) = \left(\frac{1}{n_2 - 1}\right) \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \quad \dots\dots (17)$$

Cálculo de F calculado (F_c) según:

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}, \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x) \quad \dots\dots (18)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}, \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

Cálculo de F tabular

Se utilizó la tabla F, con una probabilidad del 95%, con un nivel de significación del 5% y grados de libertad:

$$\text{G.L.N} = n_1 - 1 \quad ; \quad \text{si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$\text{G.L.D} = n_2 - 1$$

$$\text{G.L.N} = n_2 - 1 \quad ; \quad \text{si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

$$\text{G.L.D} = n_1 - 1$$

Donde:

G.L.N = grados de libertad del numerador

G.L.D = grados de libertad del denominador

Comparación del F_c con el F_t :

Si $F_c \leq F_t$ (95%) $S_1^2(x) = S_2^2(x)$ (estadísticamente), no se realiza la corrección.

Si $F_c > F_t$ (95%) $S_2^2(x) \neq S_1^2(x)$ (estadísticamente, por lo que se debe corregir) (p. 267-270)

• **Análisis estadístico de datos hidrológicos:**

- **Modelos de distribución:** El manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2008) afirma que: “En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; siendo utilizado para el desarrollo del trabajo de investigación las siguientes funciones:

a) Distribución Normal

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} * e^{-\frac{1}{2} * \left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2} \dots\dots (19)$$

Donde:

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

x = variable independiente

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x .

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x .

b) Distribución Gumbel

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \dots\dots (20)$$

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \dots\dots (21)$$

Donde:

α : Parámetro de concentración.

β : Parámetro de localización.

- **Pruebas de bondad y ajuste:** Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida.

a) Prueba Chi cuadrado χ^2 : Esta prueba fue propuesta por Karl Pearson en 1900, se aplica para verificar bondad de las distribuciones normales y log normales.

$$D = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - \varepsilon_i)^2}{\varepsilon_i} \dots\dots (22)$$

Donde:

θ_i = Es el número observado de eventos en el intervalo i y ε_i es el número esperado de eventos en el mismo intervalo.

ε_i = se calcula como:

$$\varepsilon_i = n|F(S_i) - F(I_i)| \quad i = 1, 2, \dots, k \quad \dots\dots (23)$$

(p. 18-19, 23-24).

2.2.5. Tipo y uso de suelo

Cervantes (1999), sostiene que: “la influencia de la textura de los diferentes tipos de suelo en el proceso de erosión hídrica se puede explicar de la siguiente manera: suelos con un alto porcentaje de limo son susceptibles a la erosión, por la impermeabilización de los poros del suelo causado por el limo; esto provoca que la capacidad de infiltración disminuya, lo cual puede generar mayor escorrentía superficial y causar daños erosivos. Suelos con un alto porcentaje de arcilla y por lo tanto baja capacidad de infiltración, son muy susceptibles a la erosión en caso de aguaceros intensos. Los suelos arenosos con una gran capacidad de infiltración, absorben la mayor parte del agua que reciben sin originar escorrentía superficial, sin embargo, la baja

cohesión de los agregados favorece el arrastre de los mismos en condiciones de lluvias intensas” (p. 11).

2.2.6. Pendiente

“La topografía condiciona la pendiente tanto en su inclinación como en su longitud. La potencia erosiva del agua en movimiento y su transporte dependen del volumen y la velocidad de escorrentía, ambas sujetas al grado de la pendiente. Si se considera que va escurrir sobre ella no sólo la cantidad de agua que rechaza sino también aquella rechazada por toda la superficie por encima hasta, la cumbre de la vertiente, se comprende que la longitud de la pendiente sea otro factor importante” (Gutiérrez, 1997, p.17).

2.2.7. Exceso de precipitación y escorrentía directa

“El exceso de precipitación o precipitación efectiva (P_e), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial hortoniano. La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de intercepción y almacenamiento superficial” (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2008), p.34).

2.2.7.1. Coeficiente de escorrentía

Martínez (2006) afirma que: “la escorrentía superficial provocada por un aguacero (E_s) puede compararse con la precipitación caída (P). Al cociente entre ambos valores se le denomina coeficiente de escorrentía (C).

$$C = \frac{E_s}{P} \quad \dots\dots (24)$$

El coeficiente de escorrentía depende de numerosos factores: del tipo de precipitación (lluvia, nieve o granizo), de su cantidad, de su intensidad y distribución en el tiempo; de la humedad inicial del suelo, del tipo de terreno (granulometría, textura, estructura, materia orgánica, grado de compactación, pendiente, micro relieve, rugosidad), del tipo de cobertura vegetal existente; de la interceptación que provoque; del lapso de tiempo que consideremos (minutos, duración del aguacero, horas, días, meses, un año), etc. El coeficiente de escorrentía puede tomar valores comprendidos entre cero y uno $0 \leq c \leq 1$ " (p. 1).

2.2.7.2. Método SCS para abstracciones

Chow *et al.* (1994) afirma que "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 de una tormenta 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 . Existe una cierta cantidad de precipitación I_a (abstracción inicial antes del encharcamiento) para lo cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es $P-I_a$.

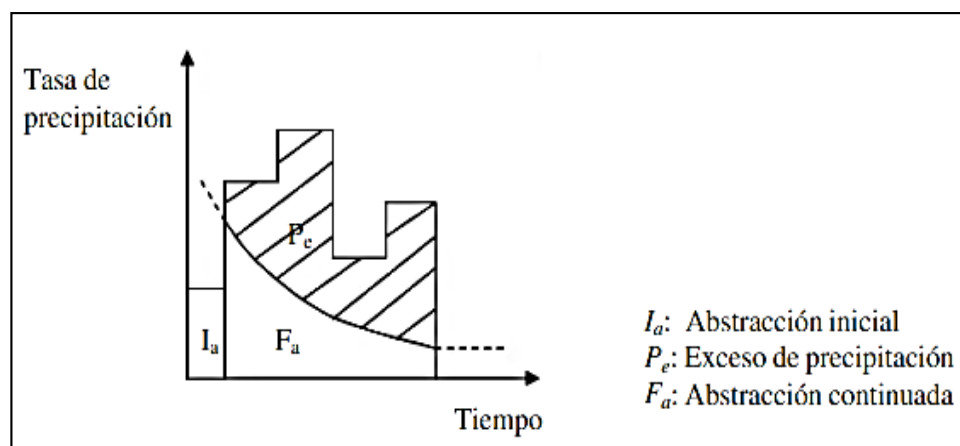


Figura 7: Variables en el método de abstracciones del SCS

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,

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad \dots\dots (25)$$

Del principio de continuidad

$$P = P_e + I_a + F_a \quad \dots\dots (26)$$

Combinando las dos ecuaciones anteriores y resolviendo para P_e se encuentra

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \dots\dots (27)$$

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,

$$I_a = 0.2S \quad \dots\dots (28)$$

Con base a esto

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad \dots\dots (29)$$

El número de curva y S se relacionan por

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \dots\dots (30)$$

Donde S está en pulgadas.

Tabla 1

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

DESCRIPCION DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLOGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada1: sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena	25	55	70	77
Área abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Área comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial				
Tamaño promedio del lote				
1/8 acre o menos	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	87
1/3 acre	30	57	72	86
1/2 acre	25	54	70	85
1 acre	20	51	68	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentadas con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Fuente: 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” (p. 150-154).

2.2.8. Transformación lluvia escurrimiento

Breña y Jacobo (2006), afirman que: “En las cuencas hidrológicas, la transformación de la lluvia en escurrimiento, genera gastos que son requeridos para revisar o diseñar las estructuras hidráulicas que están localizadas en sus áreas de aportación.

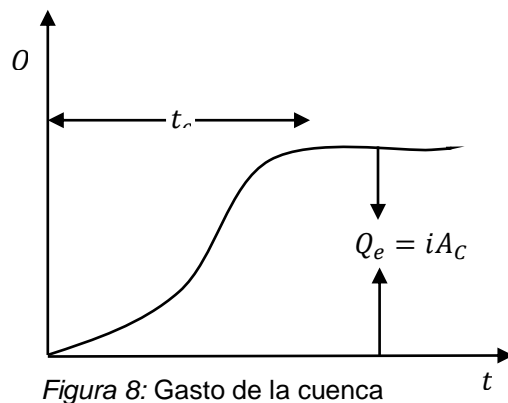
En un gran número de cuencas no se tiene información o bien por modificaciones del drenaje de la cuenca asociadas con la deforestación, la urbanización, el cambio del uso del suelo o por otras causas, provoca que los datos recabados antes de los cambios no sean útiles.

Se han desarrollo de métodos para estimar escurrimientos a partir de la precipitación que los origina y a estos procedimientos se les denomina como modelos de lluvia-escurrimiento (p. 190).

2.2.8.1. Métodos Empíricos

a. Método racional

Aparicio (1992), menciona que: “este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación y es hoy en día muy utilizado, particularmente en el diseño de drenajes urbanos.



El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina *tiempo de concentración*, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del

punto más alejado hasta la salida de la cuenca. El tiempo de concentración mediante la fórmula de Kirpich.

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad \dots\dots (31)$$

Donde S es la pendiente del cauce principal, L se expresa en m y t_c resulta en h.

$$Q_p = C_i A_c \quad \dots\dots (32)$$

Donde, Q_p es el gasto máximo posible que puede producirse con una lluvia de intensidad i en una cuenca de área A_c y coeficiente de escurrimiento C' (p. 208).

2.2.8.2. Hidrograma Sintético del Soil Conservation Service

Chereque (1989) “nos muestra las diversas fórmulas a emplearse en el desarrollo del hidrograma sintético del Soil Conservation Service” (p. 147).

$$Q_p = \frac{0.208 * A}{T_p} \quad \dots\dots (33)$$

Donde:

Q_p = Caudal de la punta (m^3/s)

A = Superficie de la cuenca (km^2)

T_p = Tiempo de la punta (horas)

$$T_p = 0.5 * d + 0.6 * t_c \quad \dots\dots (34)$$

t_c = Tiempo de concentración (horas)

d = Duración de la precipitación neta (horas)

$$T_b = 2.67 * T_p \quad \dots\dots (35)$$

Donde:

T_b = Tiempo base (horas)

$$Q_{pu} = \frac{0.208 * A * P_e}{T_p} \quad \dots\dots (36)$$

Donde:

Q_{pu} = Caudal punta unitario (m³/seg/mm)

P_e = Precipitación efectiva

2.2.9. Tormentas de diseño

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2008) menciona que: “una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales” (p. 26).

2.2.9.1. Elementos fundamentales del análisis de tormentas

“Durante el análisis de las tormentas hay que considerar:

1. La intensidad, es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo.

De acuerdo a esto la intensidad se expresa así:

$$i_{max} = \frac{P}{t} \quad \dots\dots (37)$$

Dónde:

i_{max} = intensidad máxima, en mm/hora

P = precipitación en altura de agua, en mm

t = tiempo en horas

1. La duración, corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta.

2. La frecuencia, es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración definidas por un período de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.

3. Periodo de retorno, intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud x , puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio:

$$T = \frac{1}{f} \quad \dots\dots (38)$$

Donde:

T =Periodo de retorno

f =Frecuencia” (Villón, 2002, p. 87-88).

2.2.9.2. Curvas intensidad-duración-frecuencia

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2008) afirma que: “las curvas intensidad – duración – frecuencia tienen el modelo siguiente:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} \quad \dots\dots (39)$$

Donde I es la intensidad de lluvia de diseño (mm/h), K , m , n son factores característicos de las zonas de estudio, T periodo de retorno y t el tiempo de duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min).

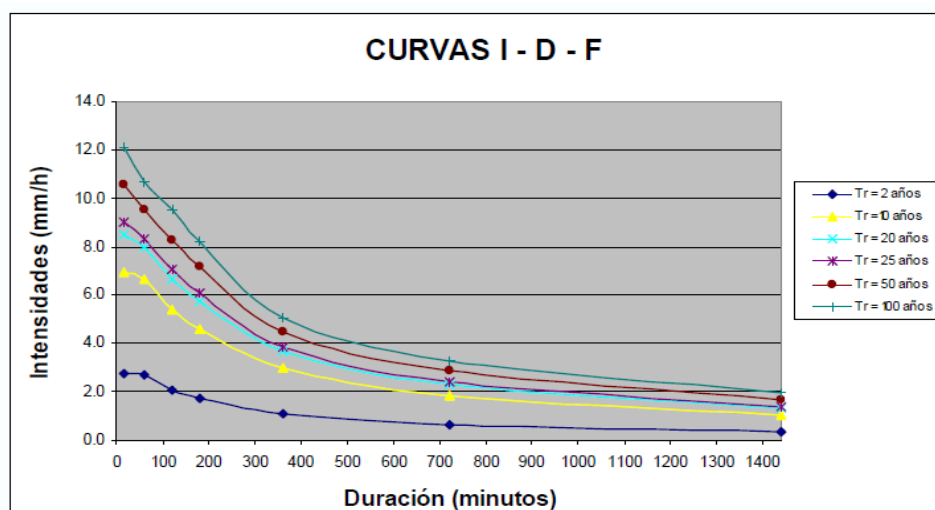


Figura 9: Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para lluvia máxima

En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica con que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicado por un coeficiente de duración” (p. 28-30).

Tabla 2
Coeficiente de duración lluvias entre 48 horas y una hora

DURACION DE LA PRECIPITACION (hr)	COEFICIENTE
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Fuente: Manual para el Diseño de carreteras Pavimentadas de bajo volumen de tránsito

2.2.10. Riesgo de inundaciones

Indeci (2007) afirma que “la mayor tendencia de crecimiento horizontal se da hacia la zona Este y Norte de la ciudad, actualmente se están ocupando formal e informalmente las laderas de los cerros de la Urbanización la Merced, Cooperativa Santa Isabel, Asociación de Vivienda Soto Valle, Barrio San José, Etapas Nueva Esperanza (Zonas de Huancayo y Chilca). Es destacable la ocupación de grandes zonas de protección ecológica que no deben usarse con fines urbanos, que vienen siendo ocupadas intensiva y progresivamente sin planificación ni control urbano; constituyendo escenarios de riesgos crecientes, que afectan no solo este sector sino influyen negativamente en la seguridad física del centro urbano consolidado e intermedio, por lo menos en el corto y mediano plazo es decir preservar áreas para las generaciones futuras. El proceso de desarrollo urbano de Huancayo está sujeto a un bajo nivel de control, por esa razón tiende a ser informal y desordenado, carente de un sistema vial articulador que oriente las tendencias del crecimiento y estructuración urbana” (p, 91).

Avellan (2014) menciona que “el proceso de urbanización conlleva la reducción de la infiltración, la eliminación de la vegetación natural (que intercepta la precipitación y promueve la evapotranspiración) y la desaparición de irregularidades en el suelo donde se almacena el agua precipitada. Esto se traduce en la interrupción de equilibrio hídrico natural (hidrología superficial y recarga de acuíferos)” (p, 01).

Vidal y Romero (2010) mencionan que “la urbanización de las cuencas ha significado reemplazar usos agrícolas y cubiertas de vegetación de los suelos, por superficies duras, tales como calles y sitios eriazos, que han modificado las tasas de impermeabilización, aumentando la escorrentía superficial y subterránea. Estas transformaciones han provocado una disminución de la infiltración de las aguas de lluvia y consecuentemente un aumento en el escurrimiento y por lo tanto, un incremento en la capacidad de erosión y transporte de sedimentos, todo lo cual se debería traducirse en un la ocurrencia de inundaciones y anegamientos de mayor magnitud” (p, 4).

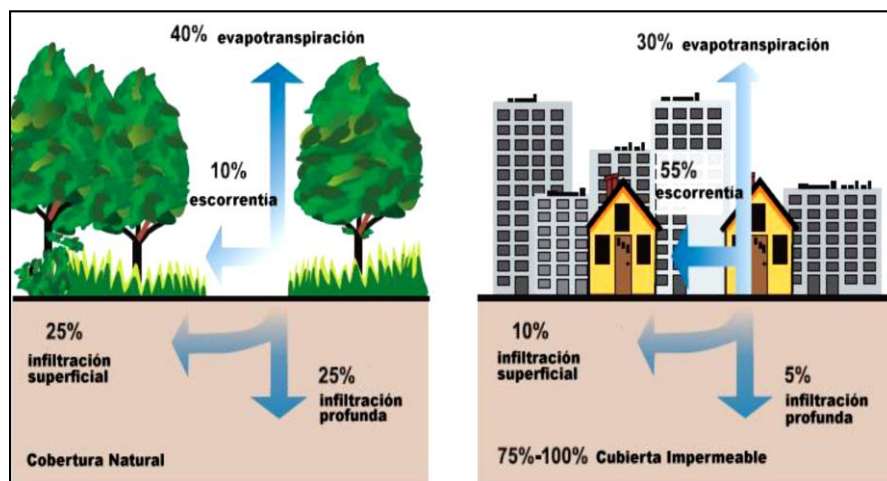


Figura 10: Impacto de la urbanización en la escorrentía superficial

Inundaciones pluviales

Cenepred (2013), afirma que: “Las inundaciones pluviales se produce por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera

tras un régimen de lluvias intensas persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable” (p. 71).

Estimación del riesgo

El manual básico para la estimación de riesgos (2006) menciona que: “La Estimación del Riesgo en Defensa Civil, es el conjunto de acciones y procedimientos que se realizan en un determinado centro poblado o área geográfica, a fin de levantar información sobre la identificación de los peligros naturales y/o tecnológicos y el análisis de las condiciones de vulnerabilidad, para determinar o calcular el riesgo esperado (probabilidades de daños: pérdidas de vida e infraestructura) (p. 11).

Tabla 3
Matriz de peligro y vulnerabilidad

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

- LEYENDA:**
- Riesgo Bajo (< de 25%)
 - Riesgo Medio (26% al 50%)
 - Riesgo Alto (51% al 75%)
 - Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

Fuente: INDECI (2006).

Tabla 4
Matriz de estrato, descripción y valor de las zonas de peligro

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro bajo)	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. Distancia mayor a 500 m, desde el lugar del peligro tecnológico.	1 < de 25%
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. De 300 a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	2 De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. De 150 a 300 m, desde el lugar del peligro tecnológico	3 De 51% a 75%
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por alud-avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebradas que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, helada, etc. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico	4 De 76% a 100%

Fuente: INDECI (2006)

2.2.11. Vulnerabilidad

El manual básico para la estimación de riesgos (2006) sostiene que: La vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. Se expresa en términos de probabilidad, en porcentaje de 0 a 100 (p. 18).

Tipos de vulnerabilidad

Para el análisis de la vulnerabilidad se cuenta con diversos tipos como son: física, económica, social, científica y tecnológica, educativa, cultural e ideológica, política e institucional, ambiental y ecológica. Para fines de la presente investigación se efectuó el análisis de la vulnerabilidad física, económica y social, cuya metodología fue

aplicado según el Manual Básico para la Estimación de riesgo del INDECI.

Tabla 5
Matriz de vulnerabilidad física

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

(*) Es necesario especificar la distancia, de acuerdo a la ubicación de vulnerabilidad
Fuente: INDECI (2006)

Tabla 6
Matriz de vulnerabilidad económica

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

Fuente: INDECI (2006)

Tabla 7
Matriz de vulnerabilidad social

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

Fuente: INDECI (2006)

2.3. Definición de términos

Escorrentía superficial o Directa

Proviene de la precipitación no que no es capaz de infiltrarse en el suelo 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 (Villón, 2002).

Coefficiente de escorrentía

Se denomina coeficiente de escorrentía al cociente entre la escorrentía superficial provocada por un aguacero y la precipitación caída. (Martínez, 2006).

Número de curva de escorrentía

Valor determinado por el Soil Conservation Service en base al tipo y uso de la tierra. (Chow *et al.*, 1994).

Intensidad de precipitación

Es la magnitud de la tormenta. Es la cantidad de agua caída (mm) durante un tiempo t, y se expresa en mm/hr. (Vásquez, A. & otros. 2016).

Máximas Avenidas

Se define como avenida a un caudal muy grande de escorrentía superficial que sobrepasa la capacidad de transporte de canal generando la inundación de tierras aledañas. (Vásquez, A. & otros. 2016).

Tiempo de concentración

Es el tiempo que requiere una gota para recorrer un tramo desde el punto más lejano hasta la salida de la cuenca. Luego de transcurrido es considerado como que toda la cuenca contribuye a la salida. (Manual de hidrología hidráulica y drenaje, 2008).

Periodo de retorno

Es el tiempo en el que un caudal de magnitud tal es tan igual o que supera una vez cada t años. (Manual de hidrología hidráulica y drenaje, 2008).

Inundaciones

Es la acumulación de las lluvias en un determinado lugar, sin que ocurra necesariamente el desborde de un cauce fluvial. Se genera a raíz de una excesiva lluvia que persiste por buen tiempo sobre un suelo poco permeable. (CENEPRED, 2013).

Riesgo

Es la correlación que existe entre la vulnerabilidad y el peligro. (PREDES, 2008)

Peligro

Probabilidad de que un fenómeno natural o antrópico se presente en un determinado espacio, con intensidad, periodo de tiempo y frecuencia definida. (CENEPRED, 2013).

Vulnerabilidad física

Son las condiciones de las edificaciones existentes en cuanto al tipo de material utilizado y como fueron construidos, para que puedan resistir el desastre que se presenta. (INDECI, 2006)

Vulnerabilidad económica

Es el acceso a los activos económicos que tiene una determinada población, la misma que se verá reflejado en la capacidad de hacerle frente a un desastre. (INDECI, 2006)

Vulnerabilidad social

Es la incapacidad de una población de adaptarse a efectos de un determinado cambio extremo, el cual es repentino o gradual en su medio físico. (CENEPRED, 2013).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Existe una relación directa entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

2.4.2. Hipótesis específicas

1. La escorrentía superficial tiene una relación positiva con el incremento de volúmenes máximos en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.
2. Existe una relación positiva entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.
3. La escorrentía superficial se relaciona positivamente con el riesgo de inundaciones en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable Independiente (VI): Escorrentía superficial

Villón (2002) sostiene que la escorrentía 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 (p.136).

Variable Dependiente (VD): Efectos Vulnerables

Indeci (2006) sostiene que: La vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es

la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales (p.18).

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable Independiente (VI): Escorrentía superficial

Se determina mediante la cantidad de agua caída en una determinada área, evaluando la textura de suelo, ocupación de suelos y la pendiente promedio de la cuenca; para lo cual se utiliza diversos instrumentos como: datos de precipitación de estaciones meteorológicas, método de regresión lineal simple, análisis doble masa, análisis estadístico de datos hidrológicos, mapa de clasificación de suelos y mapa de uso de suelos.

Variable Dependiente (VD): Efectos Vulnerables

Se determinada mediante la cuantificación del coeficiente de escorrentía, intensidad máxima de lluvia, número de curva de escorrentía, período de elevación o tiempo hasta el caudal pico, tiempo desde el caudal pico hasta el final del escurrimiento directo y la estratificación bajo, medio, alto y muy alto. Utilizando el manual de conservación del agua y suelo, método racional, método SCS para abstracciones, hidrograma sintético SCS y la ficha de identificación de peligros y análisis de vulnerabilidad.

2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 8
Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento
<u>Variable Independiente</u> Escorrentía superficial	Precipitación	Cantidad de agua caída	mm	-Datos de precipitación de 04 estaciones meteorológicas. SENAMHI -Método de regresión lineal simple -Análisis doble masa. -Análisis estadístico de datos hidrológicos. -Mapa de clasificación de suelos-INDECI -Mapa de uso de suelos-INDECI.
	Tipo y uso del suelo	-Textura de suelo -Ocupación de suelos	-Clasificación SUCS o Sistema AASHTO - % de uso de suelos	
	Pendiente	Pendiente promedio de la cuenca	m/m	
<u>Variable Dependiente</u> Efectos vulnerables	Incremento de volúmenes máximos	Coefficiente de escorrentía	$0 \leq C \leq 1$	-Manual de conservación del agua y suelo. - Método racional -Método SCS para abstracciones. -Hidrograma sintético SCS. -Ficha de identificación de peligros y análisis de vulnerabilidad-INDECI.
		Intensidad máxima de lluvia	mm/hr	
	Aumento de caudal punta	Número de curva de escorrentía	$0 \leq CN \leq 100$	
		Período de elevación o tiempo hasta el caudal pico	hr	
		Tiempo desde el caudal pico hasta el final del escurrimiento directo.	hr	
Riesgo de inundaciones	Estratificación bajo, medio, alto y muy alto	1 a 100% (1 a 4)		

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método de investigación empleado fue el **CIENTÍFICO**, debido a que se partió de un conocimiento previo y se empleó una serie de procedimientos ordenados, métodos y técnicas especiales para tratar cada problema propuesto.

Según, Maya (2014) el método científico está compuesto por una serie de etapas que debe realizarse en forma rigurosa y ordenada de tal manera que nos permita resolver diversas interrogantes.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación en el que se enmarcó el trabajo de investigación fue la **INVESTIGACION APLICADA**, debido a que se utilizaron los conocimientos adquiridos y se aplicó a problemas concretos en circunstancias y características concretas.

De acuerdo a Bejar (2008), la investigación aplicada está enfocada sobre la solución de teorías y obtener resultados inmediatos.

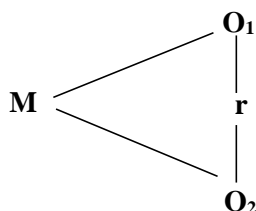
3.3. Nivel de investigación

El nivel del trabajo de investigación empleado fue el **DESCRIPTIVO CORRELACIONAL**, debido a que se describió a las variables y

posteriormente se relacionaron, midieron, cuantificaron, analizaron y se establecieron la vinculación que existía entre ellos.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación empleado fue **NO EXPERIMENTAL TRANSECCIONAL CORRELACIONAL**.



Donde:

O1: Variable Independiente

O2: Variable Dependiente

M: Muestra

r: Correlación entre variables

3.5. Población y muestra

La población del presente estudio lo constituyeron 10 áreas críticas de riesgo de la provincia de Huancayo como son:

- Río Shullcas ambas márgenes
- Río Florido ambas márgenes
- Río Chilca y márgenes
- Río Ali ambas márgenes
- Periférico laderas de Huancayo
- Periférico laderas de Chilca
- Canal CIMIRM (Huancayo y Chilca)
- Canal CIMIRM (El Tambo)
- Azapampa
- Centro consolidado de Huancayo

Muestra:

Se eligieron diversos grupos conglomerados inmersos dentro de las áreas críticas de ambas márgenes del río florido y Ali asentadas en las laderas

de la periferia de Huancayo y de Chilca. Por lo que se agruparon en los siguientes sectores:

Sector 01: Urbanización Alto la Merced y Asociación de Vivienda Los Libertadores del distrito de Huancayo.

Sector 02: Asociación de Vivienda Los Libertadores, Cooperativa Santa Isabel, Asociación de Vivienda Soto Valle, del distrito de Huancayo

Sector 03: Barrio San José, Asociación de vivienda Nueva Esperanza, del distrito de Chilca.

Hernández (2014) sostiene que: “La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población” (p. 173).

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos a utilizarse han sido validados oportunamente por cada institución competente pues constituyen documentos de gestión para su utilización por diversas entidades tanto públicas como privadas en el desarrollo de múltiples trabajos, por ello su aplicación no necesita otra validación adicional.

Tabla 9

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variables	Técnicas	Instrumento
<u>Variable Independiente</u> Escorrentía superficial	Procesamiento de la información de precipitación	-Datos de precipitación de 04 estaciones meteorológicas. SENAMHI -Método de regresión lineal simple -Análisis estadístico de datos hidrológicos.
	Evaluación del tipo y uso del suelo	Mapa de clasificación de suelos-INDECI y Mapa de uso de suelos-INDECI.
<u>Variable Dependiente</u> Efectos vulnerables	Determinación del Incremento de volúmenes máximos Analizar el aumento de caudal punta Conocer el peligro de inundaciones.	-Método racional. -Método SCS para abstracciones - Hidrograma sintético SCS. -Ficha de identificación de peligros y análisis de vulnerabilidad-Indeci

Fuente: Elaboración propia

3.7. Procesamiento de la información

a. Recopilación de datos hidrológicos

Dentro de las zonas de estudio se cuenta con diversas estaciones meteorológicas cuyas características se muestran a continuación:

Tabla 10
Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio

Estación	Ubicación	Tipo	Coordenadas		
			Latitud	Longitud	Altura msnm
Huayao	Huachac	Convencional-Meteorológica	12°2'18" S	75°20'17" W	3360
Viques	Viques	Convencional-Meteorológica	12°9'47" S	75°14'7" W	3186
Santa Ana	El Tambo	Convencional-Meteorológica	12°0'15" S	75°13'15" W	3295
Ingenio	Santa Rosa de Ocopa	Convencional-Meteorológica	12°52'51" S	75°17'16" W	3390
Puente Breña	El Tambo	Convencional-Hidrológico	12°2'53" S	75°14'31" W	3220
Acopalca	Huancayo	Convencional-Meteorológica	11°55'38.82" S	75°6'58.5" W	3839
Shullcas	Huancayo	Convencional-Hidrológico	12°0'00" S	75°10'0" W	3750

Fuente: SENAMHI/DRD

Como puede verificarse se cuenta con 07 estaciones meteorológicas distribuidas estratégicamente dentro de la Provincia de Huancayo, cuya distribución espacial se muestra a continuación:

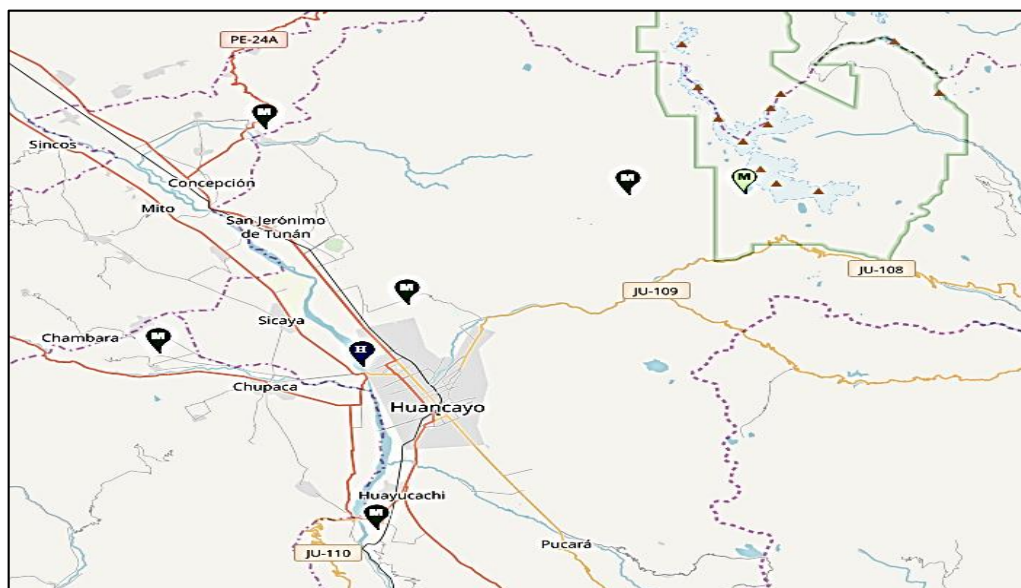


Figura 11: Estaciones meteorológicas distribuidas. Fuente: Senamhi

Se solicitaron datos de precipitaciones de las diversas estaciones meteorológicas al SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA DEL PERU-SENAMHI, sede Lima. Los cuales nos otorgaron información de precipitación de 04 estaciones meteorológicas.

Tabla 11
Precipitación mensual (mm)-Estación Huayao

AÑO	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												TOTAL ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1980	59.9	87.5	185.4	33.0	17.8	0.0	8.3	8.1	16.7	121.3	51.3	76.4	665.7
1981	119.6	239.7	104.6	55.8	7.8	2.8	16.5	41.5	65.7	106.4	72.2	137.0	969.6
1982	118.0	112.9	65.5	64.1	0.0	10.4	6.8	24.0	43.0	133.6	77.8	86.9	743.0
1983	124.8	55.4	120.6	36.1	24.4	13.8	0.6	11.0	40.1	60.0	52.7	35.1	574.6
1984	170.9	219.4	141.9	36.7	24.3	11.2	3.4	1.6	43.7	87.7	162.3	58.6	961.7
1985	78.4	161.5	80.5	55.6	19.1	5.6	9.6	10.1	89.7	76.1	89.1	136.9	812.2
1986	157.0	223.8	157.6	126.7	11.3	0.0	6.4	20.7	40.9	32.8	35.6	77.8	890.6
1987	156.0	146.7	68.1	72.6	14.2	15.3	11.7	6.0	39.9	33.8	41.3	118.1	723.7
1988	209.4	128.8	87.7	53.6	25.5	1.0	0.0	8.6	27.0	68.7	29.8	161.5	801.6
1989	96.5	188.8	145.0	88.8	16.7	15.0	0.3	17.2	13.5	122.7	45.1	40.6	790.2
1990	119.0	135.4	100.2	41.0	19.9	62.9	9.9	21.5	60.9	74.8	132.9	95.2	873.6
1991	70.9	54.2	162.9	81.8	34.2	16.6	1.3	0.0	57.2	57.2	65.1	38.5	639.9
1992	77.4	102.2	82.1	23.1	7.8	17.0	4.1	11.6	26.7	51.6	34.6	60.4	498.6
1993	139.7	144.5	107.1	102.8	18.5	1.0	3.6	24.9	0.0	65.7	109.0	133.5	850.3
1994	117.7	197.9	128.0	90.7	31.0	1.5	1.3	16.9	16.5	58.6	61.7	111.6	833.4
1995	68.9	131.3	125.3	19.6	26.8	2.6	9.2	16.3	36.5	76.0	56.0	98.3	666.8
1996	121.3	113.8	105.2	37.7	4.6	1.3	0.0	16.3	22.7	58.7	32.2	86.0	599.8
1997	103.9	137.9	70.6	37.5	2.9	0.3	1.3	18.2	46.6	34.4	74.9	125.5	654.0
1998	153.4	125.9	61.3	81.6	1.8	3.9	0.0	35.0	33.9	93.5	56.6	79.3	726.2
1999	113.3	148.7	75.5	59.7	6.6	22.6	8.1	7.9	62.8	51.2	82.6	76.8	715.8
2000	106.9	141.7	111.6	16.1	16.3	3.8	10.0	36.4	17.6	68.8	31.7	114.8	675.7
2001	166.0	92.3	161.0	26.1	15.8	1.5	18.6	5.9	62.7	104.9	57.7	115.8	828.3
2002	95.6	149.2	115.8	28.4	12.3	4.4	31.0	11.7	66.2	71.7	93.9	133.3	813.5
2003	127.7	111.6	133.6	99.6	26.0	2.6	1.5	22.3	31.2	37.7	65.7	116.3	775.8
2004	52.1	159.6	51.1	35.9	16.6	9.0	15.0	7.3	44.6	49.5	95.9	81.4	618.0
2005	52.1	73.4	74.3	26.6	14.0	0.6	6.3	5.8	19.3	116.7	61.1	72.1	522.3
2006	158.3	73.4	80.9	19.4	2.3	5.0	31.9	7.9	52.3	50.1	51.2	86.6	619.3
2007	97.4	36.3	145.1	55.6	13.0	0.0	2.6	2.2	15.9	64.4	50.6	80.3	563.4
2008	105.1	62.3	50.7	24.5	3.8	11.8	6.4	18.9	40.1	70.1	32.3	67.9	493.9
2009	92.5	90.2	131.0	62.9	16.4	9.7	7.4	32.1	26.4	40.1	114.6	111.7	735.0
2010	173.6	86.3	108.3	41.3	1.1	6.4	4.8	1.0	6.7	48.8	25.4	169.3	673.0
2011	157.3	231.8	111.8	72.9	19.3	0.0	3.6	1.9	68.6	48.7	71.3	124.9	912.1
2012	77.6	145.3	76.8	87.7	19.3	14.3	0.4	0.0	32.0	31.8	73.6	132.9	691.7
2013	149.2	147.6	58.7	45.5	8.5	8.8	1.8	30.2	54.4	33.8	41.9	79.6	660.0
2014	148.2	78.9	139.8	42.2	72.4	11.5	12.6	1.4	60.8	35.8	66.7	115.7	786.0
2015	101.1	171.2	80.3	101.6	8.0	24.0	9.8	8.0	52.7	52.2	90.3	125.2	824.4
2016	37.8	142.3	72.5	59.9	6.7	1.2	0.0	8.7	62.0	107.5	39.5	68.1	606.2
2017	191.4	158.2	89.0	63.5	29.9	7.3	3.8	5.4	51.9	53.1	49.5	82.4	785.4
2018	166.7	79.9	163	42.2	3.7	4.1	4.5	28.5	59.0	80.1	44.0	56.3	732.0

Fuente: SENAMHI / DRD

Donde la estación de Huayao registra datos de precipitación desde el año 1950 al 2018; la estación Santa Ana registra datos desde el año 1992 a 2018, la estación Viques registra información desde el año 1998 a 2018 y la estación Shullcas sólo registra datos del 2007 al 2018 y con datos faltantes.

Tabla 12

Precipitación mensual (mm)-Estación Santa Ana

AÑO	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												TOTAL ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1992	15.0	88.8	50.2	16.8	3.4	11.5	2.9	17.6	15.7	33.4	67.0	36.6	358.9
1993	112.0	106.4	109.1	88.5	23.4	1.8	3.4	13.0	14.5	19.6	63.2	66.2	621.1
1994	100.4	76.8	62.8	36.8	16.6	6.0	0.0	5.7	5.3	44.8	63.9	94.8	513.9
1995	77.6	78.7	108.2	19.8	7.4	1.5	6.4	8.7	17.8	86.7	76.8	120.1	609.7
1996	113.7	90.5	107.2	71.4	3.8	1.0	0.0	3.3	39.1	40.7	50.3	96.4	617.4
1997	120.9	146.3	60.9	30.3	3.3	2.1	2.4	20.2	32.4	46.0	74.2	155.8	694.8
1998	182.3	181.9	56.3	71.1	7.6	7.0	0.0	7.6	27.7	94.4	89.9	88.1	813.9
1999	83.6	159.8	81.5	31.6	6.2	20.4	11.1	3.6	60.5	67.4	102.0	83.4	711.1
2000	103.6	138.2	89.3	39.6	15.0	1.8	7.3	21.4	5.5	60.1	43.0	82.2	607.0
2001	108.9	117.5	178.6	31.5	9.9	0.8	8.4	4.1	40.2	78.3	71.3	120.7	770.2
2002	67.2	112.3	127.4	36.5	12.1	1.5	24.3	21.9	62.2	84.8	132.7	115.9	798.8
2003	95.5	121.2	166.9	64.3	30.9	0.0	0.5	21.0	25.4	25.7	83.8	166.4	801.6
2004	71.3	136.4	78.3	29.5	13.3	11.0	9.9	11.7	35.4	37.7	95.9	126.9	657.3
2005	50.8	120.8	87.5	26.8	5.2	12.0	2.6	0.4	13.1	129.8	60.0	134.7	643.7
2006	178.3	91.0	91.7	28.5	1.4	6.4	5.1	12.1	41.4	56.4	73.2	143.1	728.6
2007	104.0	75.5	150.7	37.2	13.7	0.0	6.3	13.6	20.8	56.9	59.8	74.5	613.0
2008	116.0	94.5	46.3	24.7	11.0	11.1	0.0	6.2	45.7	117.4	48.9	97.5	619.3
2009	94.7	102.8	120.9	84.2	11.0	1.8	7.6	23.3	39.1	48.4	129.1	133.2	796.1
2010	142.9	151.0	84.1	26.9	0.7	3.1	19.4	6.9	7.0	68.7	49.8	122.4	682.9
2011	205.7	271.0	139.2	79.1	11.5	0.0	9.8	3.8	79.9	73.4	55.7	140.7	1069.8
2012	108.4	133.6	75.8	126.7	29.5	28.0	0.0	2.0	37.1	58.0	61.8	184.5	845.4
2013	160.0	128.2	85.9	49.6	11.1	5.0	3.7	32.0	38.7	58.3	38.0	131.0	741.5
2014	161.0	99.5	179.7	64.1	32.1	0.3	4.2	32.1	83.4	34.3	103.1	100.7	894.5
2015	111.6	118.0	95.6	56.0	23.1	27.1	5.3						436.7
2016				53.6	16.3	0.0	1.4	4.8	29.3	72.5	92.6	72.7	343.2
2017	160.5	143.4	109.4	90.9	14.3	0.8	0.0	3.8	56.0	68.9	63.9	83.8	795.7
2018	164.6	143.7	148.6	23.3	0.0	5.1	6.4	17.1	54.1	115.9	37.0	54.4	770.2

Fuente: SENAMHI / DRD

Tabla 13
Precipitación mensual (mm)-Estación Viques

AÑO	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												TOTAL ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1998	123.3	123.2	23.8	22.5	0.0	2.7	0.0	10.4	5.6	112.3	69.0	34.9	527.7
1999	89.4	167.0	59.2	29.7	0.0	3.4	5.8	0.0	36.1	22.9	50.7	46.8	511.0
2000	82.3	99.0	89.3	18.3	13.0	2.8	5.8	35.1	36.1	68.4	34.2	84.3	568.6
2001	163.7	103.8	143.1	29.3	23.0	0.0	23.6	8.8	53.5	116.9	47.0	104.6	817.3
2002	121.4	127.9	81.3	19.6	0.0	1.1	20.8	0.0	41.6	72.4	98.2	51.2	635.5
2003	75.4	166.3	129.3	43.0	14.2	0.0	0.0	7.4	30.4	26.0	79.9	90.8	662.7
2004	22.0	135.3	67.1	40.5	25.8	23.5	11.1	14.2	29.6	33.0	52.3	97.3	551.7
2005	54.1	76.2	61.8	21.2	11.9	0.0	0.0	17.5	32.4	108.0	51.1	80.6	514.8
2006	131.7	81.0	87.8	34.8	0.0	4.4	0.0	27.7	21.6	51.8	39.9	110.3	591.0
2007	84.1	42.1	108.1	25.1	0.0	0.0	9.2	0.0	23.4	31.2	37.2	35.0	395.4
2008	123.8	109.2	69.1	0.0	2.1	9.6	0.0	0.0	38.0	78.4	52.8	104.8	587.8
2009	87.8	57.5	118.9	39.9	22.1	0.0	5.8	21.4	9.9	59.0	83.1	171.8	677.2
2010	150.0	89.5	103.5	38.0	0.0	22.1	38.0	6.8	15.4	33.1	59.2	188.6	744.2
2011	202.6	300.1	180.7	96.7	17.3	0.0	8.4	11.0	69.4	53.4	56.0	128.6	1124.2
2012	115.5	153.4	92.1	122.1	21.0	19.7	5.6	6.2	55.7	42.9	42.2	144.3	820.7
2013	105.4	152.4	77.8	9.0	18.3	15.2	5.8	23.5	45.1	50.5	22.4	130.1	655.5
2014	173.4	134.5	160.8	55.6	31.3	16.3	2.0	3.1	63.3	66.6	73.1	116.5	896.5
2015	105.4	116.7	75.1	30.9	16.3	26.1	7.2	13.5	46.1	56.7	60.4	92.2	646.6
2016	114.7	150.3	25.7	33.2	22.8	0.0	0.0	0.0	26.9	59.3	50.1	74.2	557.2
2017		137.6	82.9	38.8	9.6	0.0	0.0	3.0	52.5	37.6	41.7	65.4	469.1
2018	157.6	99.9	179.0	30.6	9.5	3.6	4.1	12.6	18.0	92.5	66.1	67.8	741.3

Fuente: SENAMHI / DRD

Tabla 14
Precipitación mensual (mm)-Estación Shullcas

AÑO	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												TOTAL ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
2007	89.3	112.7	123.4	55.8	26.4	0.0	25.6	15.2	37.5	91.7	93.6	92.4	763.6
2008	212.0	131.5	53.8	39.8	15.5	8.2	0.0	8.0	33.9	116.4	68.7	117.0	804.8
2009	96.5	169.2	137.7	45.7	26.3	23.0	9.1	34.7	48.0	62.7	99.6	168.5	921.0
2010	232.9	194.6	110.1	31.6	10.5	0.5	5.0	5.8	12.2	70.4	39.3	234.4	947.3
2011	243.3	248.3	184.3	74.7	21.7	1.0	6.7	3.1	70.3	59.7	68.1	159.9	1141.1
2012	100.9	202.3	141.2	97.4			23.0	22.0	66.2	65.1	72.7	207.9	998.7
2013	165.1	165.0	114.9								69.4	164.4	678.8
2014	184.7	108.9	175.0	45.1	31.3	1.2	6.3	10.9	71.6	51.5	72.9	142.7	902.1
2015	203.7	112.9	90.1	91.5	56.8	9.7	10.2						574.9
2016	117.6	172.2	59.7	51.9	32.4	2.1	1.8	11.5	24.7	98.1	83.8	79.0	734.8
2017	176.7	100.4	144.7	72.0	25.8	2.7	4.2	10.6	79.8	55.0	70.5	108.4	850.8
2018	183.1	116.7	167.7	35.3	14.8	8.1	9.5	27.2	48.9	94.4	39.5		745.2

Fuente: SENAMHI / DRD

Tabla 15
Precipitación máxima en 24 horas (mm)-Estación Huayao

AÑO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												Max. Anual
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1980	16.5	31.2	30.7	9.4	12.7	0.0	5.1	0.0	2.5	34.0	7.6	14.0	34.0
1981	22.0	39.0	32.3	9.9	6.5	2.1	2.5	9.5	22.6	29.2	32.0	16.0	39.0
1982	15.5	23.4	13.7	13.0	0.0	5.0	3.0	10.4	10.4	26.7	13.5	26.7	26.7
1983	20.3	13.7	29.7	10.7	15.5	4.1	0.3	0.0	0.0	0.0	14.0	14.2	29.7
1984	21.8	38.1	32.3	9.9	8.9	3.0	2.5	0.8	22.6	29.2	32.0	10.9	38.1
1985	16.5	21.3	13.5	18.3	7.4	1.3	3.8	4.8	37.3	17.5	15.7	21.1	37.3
1986	24.4	33.8	22.1	18.1	5.4	0.0	3.8	13.0	13.9	9.1	6.9	14.3	33.8
1987	31.5	24.2	22.7	39.4	4.8	10.2	6.3	4.4	15.7	10.1	7.4	23.4	39.4
1988	41.7	28.2	14.2	18.6	11.7	1.0	0.0	8.6	10.4	12.2	9.1	20.6	41.7
1989	11.4	39.8	15.2	25.4	11.9	3.8	0.3	6.4	4.8	37.9	10.5	7.8	39.8
1990	16.2	36.1	38.9	16.0	7.6	15.3	4.6	5.4	11.7	15.0	29.4	15.2	38.9
1991	17.3	15.7	37.3	21.6	9.7	5.6	1.0	0.0	19.3	19.0	11.2	10.2	37.3
1992	16.0	22.4	15.0	8.6	5.3	4.3	2.5	4.3	10.9	12.2	7.6	11.9	22.4
1993	20.9	21.8	34.5	15.3	6.9	0.5	2.3	10.6	0.0	15.3	16.0	33.5	34.5
1994	17.3	39.4	25.1	28.7	11.2	1.5	0.8	14.0	2.8	21.1	13.0	24.2	39.4
1995	13.8	28.0	16.5	6.8	19.9	2.0	4.8	9.7	12.7	20.8	15.0	22.8	28.0
1996	26.2	16.0	11.7	21.1	3.3	0.8	0.0	5.6	5.9	16.0	9.4	12.5	26.2
1997	13.0	22.6	12.7	12.7	1.3	0.3	1.0	7.1	14.0	7.7	12.2	29.5	29.5
1998	18.8	21.3	8.9	25.7	1.8	2.1	0.0	14.5	23.1	19.3	11.2	8.7	25.7
1999	18.8	27.7	14.5	12.9	3.3	15.8	5.8	3.0	12.7	16.5	21.6	11.2	27.7
2000	14.5	17.7	24.2	7.1	4.1	1.3	5.1	8.4	7.8	17.1	8.9	19.6	24.2
2001	24.9	16.5	17.5	12.2	5.8	1.5	7.2	1.5	17.2	20.3	13.8	29.2	29.2
2002	25.1	30.3	23.9	5.8	2.5	2.5	8.9	9.1	21.9	18.3	22.8	25.4	30.3
2003	14.7	26.4	25.7	21.8	7.6	2.3	1.0	11.9	6.7	7.4	19.3	16.8	26.4
2004	9.9	37.6	15.5	8.6	5.5	4.9	5.5	2.8	9.7	6.9	21.1	12.2	37.6
2005	22.4	13.3	16.6	12.1	6.9	0.4	3.1	2.3	7.6	26.2	20.2	13.9	26.2
2006	26.2	14.9	15.5	4.8	1.2	3.5	31.9	3.3	12.9	13.3	9.7	19.0	31.9
2007	32.4	6.5	16.0	17.3	9.0	0.0	0.8	1.3	5.8	17.7	18.4	19.6	32.4
2008	17.9	12.4	12.6	13.3	2.8	9.1	4.8	11.7	11.5	18.3	10.1	17.6	18.3
2009	23.3	16.7	32.3	40.7	6.2	6.1	3.2	25.6	13.5	6.4	14.5	34.9	40.7
2010	25.8	24.0	25.4	27.1	0.8	3.4	4.8	0.8	3.3	13.5	4.0	72.4	72.4
2011	21.2	36.5	27.0	20.5	13.8	0.0	1.9	1.3	16.3	18.1	17.0	20.6	36.5
2012	16.3	23.4	13.8	17.4	10.3	7.3	0.4	0.0	6.6	9.6	22.4	22.8	23.4
2013	22.3	22.4	8.2	18.2	2.7	5.9	1.2	18.8	35.7	6.5	12.1	13.5	35.7
2014	35.2	21.1	23.5	10.8	45.5	8.5	4.9	0.6	24.8	13.8	22.5	23.1	45.5
2015	10.2	42.7	19.1	27.5	4.0	12.8	5.9	5.6	18.1	13.8	18.8	15.9	42.7
2016	5.0	21.3	15.4	11.2	3.4	0.6	0.0	5.0	23.8	34.1	14.1	18.2	34.1
2017	20.8	33.7	25.5	9.8	5.8	3.1	3.8	4.1	17.1	24.9	15.8	11.1	33.7
2018	31.8	11.1	22.1	8.1	1.8	3.1	3.0	10.2	25.4	16.8	18.0	22.6	31.8

Fuente: SENAMHI / DRD

Tabla 16
Precipitación máxima en 24 horas (mm)-Estación Santa Ana

AÑO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												Max. Anual
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1992	6.4	14.4	7.4	8.5	3.4	7.4	2.0	6.0	6.6	16.8	14.1	9.3	16.8
1993	10.8	17.8	14.4	23.6	15.8	1.8	2.0	10.6	9.6	5.0	11.4	10.0	23.6
1994	25.0	10.8	17.0	9.6	9.0	6.0	0.0	4.2	3.3	8.6	8.7	9.8	25.0
1995	14.0	12.8	12.5	6.0	5.4	1.5	3.0	5.7	4.3	22.5	18.5	36.6	36.6
1996	32.5	8.3	18.6	33.3	3.8	1.0	0.0	1.0	12.6	15.4	15.3	14.1	33.3
1997	18.0	22.9	9.0	11.1	2.2	2.1	2.4	5.6	11.4	16.5	16.2	30.3	30.3
1998	35.5	31.5	8.8	21.2	6.8	5.7	0.0	3.2	12.8	18.2	13.0	12.6	35.5
1999	11.5	22.9	11.6	7.2	1.6	10.9	7.8	2.8	12.2	25.8	20.4	21.4	25.8
2000	19.2	22.1	19.0	14.5	5.8	1.8	6.0	7.7	2.6	11.1	10.1	18.0	22.1
2001	14.9	19.9	20.5	14.9	4.7	0.8	3.2	2.5	13.0	26.4	13.0	29.9	29.9
2002	11.2	17.2	21.3	7.5	4.7	0.7	10.4	7.6	16.7	16.7	23.4	20.8	23.4
2003	15.0	19.3	29.0	24.0	11.8	0.0	0.5	9.4	12.1	11.2	25.2	23.0	29.0
2004	20.0	33.5	14.7	9.3	3.7	6.5	6.7	3.2	17.5	13.4	20.9	21.3	33.5
2005	12.3	20.8	18.8	14.6	1.9	11.9	2.0	0.4	4.4	24.3	17.3	33.9	33.9
2006	25.5	14.0	13.2	6.7	0.7	3.6	5.1	4.9	14.5	10.0	22.2	33.2	33.2
2007	18.7	9.4	32.2	11.5	5.4	0.0	2.5	8.2	6.2	13.7	15.9	17.0	32.2
2008	25.0	8.4	8.8	18.5	3.8	7.9	0.0	3.4	11.2	39.0	17.5	16.4	39.0
2009	14.5	14.4	19.4	31.1	7.8	0.9	3.3	18.8	16.4	7.7	27.5	22.3	31.1
2010	22.0	36.4	25.0	15.0	0.4	1.7	19.2	4.5	2.4	17.5	12.7	29.1	36.4
2011	30.0	34.0	36.5	19.0	2.7	0.0	5.2	1.5	17.0	15.2	18.0	23.3	36.5
2012	15.3	23.9	10.7	15.8	14.5	10.9	0.0	1.5	15.1	8.6	10.0	23.8	23.9
2013	25.5	12.6	10.3	15.9	6.0	1.6	2.9	20.4	11.6	9.6	10.5	19.1	25.5
2014	28.7	16.5	33.0	13.7	13.0	0.3	1.8	13.0	40.8	12.0	32.7	14.4	40.8
2015	12.9	19.8	17.0	11.6	10.5	7.0	5.3						19.8
2016				17.5	5.6	0.0	0.8	2.4	18.0	10.0	18.1	23.1	23.1
2017	17.5	22.5	26.4	31.3	4.0	0.6	0.0	1.7	31.5	18.7	29.4	16.0	31.5
2018	28.5	48.0	27.4	5.4	0.0	2.3	2.2	5.2	16.6	18.0	21.0	21.0	48.0

Fuente: SENAMHI / DRD

Tabla 17
Precipitación máxima en 24 horas (mm)-Estación Viques

AÑO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												Max. Anual
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1998	19.4	28.1	8.6	9.5	0.0	2.7	0.0	3.8	4.5	18.2	18.6	12.7	28.1
1999	11.3	34.5	15.5	9.2	0.0	3.4	4.9	0.0	14.6	8.2	14.2	14.0	34.5
2000	14.3	14.5	15.0	8.1	3.5	2.8	3.8	14.3	14.9	10.2	17.4	24.7	24.7
2001	26.1	21.3	24.7	8.2	8.4	0.0	8.0	3.7	18.7	17.5	12.2	27.6	27.6
2002	16.8	20.1	13.7	6.5	0.0	1.1	4.1	0.0	13.8	25.9	23.0	16.1	25.9
2003	23.0	17.3	16.7	11.8	6.7	0.0	0.0	7.4	15.3	6.7	20.9	15.8	23.0
2004	10.2	34.6	20.7	9.8	13.7	10.8	6.8	8.8	13.1	5.9	10.1	17.4	34.6
2005	9.3	21.1	13.1	21.2	11.9	0.0	0.0	17.5	14.6	21.7	9.6	18.3	21.7
2006	17.9	22.0	23.6	8.5	0.0	4.4	0.0	15.1	8.3	22.1	11.3	18.5	23.6
2007	17.9	9.7	13.7	7.6	0.0	0.0	5.8	0.0	18.8	8.7	19.3	15.5	19.3
2008	14.0	25.1	13.6	0.0	2.1	4.6	0.0	0.0	14.6	9.3	15.1	20.2	25.1
2009	11.7	14.2	23.4	11.6	8.5	0.0	5.8	19.1	8.6	18.2	17.2	21.4	23.4
2010	25.4	11.6	24.8	20.5	0.0	13.5	20.5	4.2	7.8	8.8	16.5	37.9	37.9
2011	32.6	37.1	23.0	36.4	8.9	0.0	6.0	7.5	12.1	12.7	14.2	32.6	37.1
2012	24.3	30.1	19.4	18.9	9.1	9.8	3.7	3.5	16.4	7.1	9.7	25.7	30.1
2013	18.7	31.2	13.1	4.2	8.6	8.6	5.8	15.5	17.0	11.2	11.2	29.2	31.2
2014	20.9	36.9	28.5	11.3	8.7	8.2	1.7	3.1	19.8	11.4	21.4	19.0	36.9
2015	14.3	19.3	23.7	11.3	4.9	9.3	6.1	9.9	19.7	16.4	14.6	9.5	23.7
2016	63.7	23.0	9.2	6.9	16.3	0.0	0.0	0.0	8.5	13.6	11.6	9.8	63.7
2017		26.4	13.5	11.8	3.7	0.0	0.0	2.7	10.2	13.0	7.8	10.7	26.4
2018	18.6	14.5	21.4	8.2	7.8	3.0	2.7	3.9	9.4	24.2	21.0	14.6	24.2

Fuente: SENAMHI / DRD

Tabla 18
Precipitación mensual (mm)-Estación Shullcas

AÑO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												Max. Anual
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
2007	18.5	19.2	14.2	9.2	11.3	0.0	12.1	8.4	17.2	17.5	13.7	14.5	19.2
2008	16.3	16.0	9.8	9.8	7.6	8.2	0.0	6.6	6.8	17.3	19.4	29.1	29.1
2009	18.4	27.3	32.8	17.4	20.1	18.4	3.8	18.5	17.5	28.6	16.7	17.3	32.8
2010	32.1	27.0	14.5	7.4	10.5	0.5	5.0	2.4	3.6	12.4	9.6	25.0	32.1
2011	21.2	18.1	32.0	18.6	9.2	1.0	5.6	1.2	15.6	16.0	15.6	16.2	32.0
2012	18.8	33.2	14.1	14.7			23.0	22.0	21.1	17.0	9.8	24.1	33.2
2013	21.9	16.6	12.4								27.4	17.5	27.4
2014	23.2	14.9	33.0	10.4	7.2	1.2	3.0	3.0	15.5	14.4	19.0	20.8	33.0
2015	25.2	24.6	14.3	12.6	8.7	4.1	6.0						25.2
2016	14.7	21.8	15.0	14.7	8.1	1.5	1.4	7.9	15.8	24.2	18.0	17.6	24.2
2017	16.2	18.0	24.6	16.4	8.8	2.0	4.2	6.4	13.0	24.0	20.5	20.0	24.6
2018	24.6	13.4	21.3	8.0	4.8	4.7	3.2	7.3	13.5	17.0	12.0		24.6

Fuente: SENAMHI / DRD

b. Procesamiento de datos de la información hidrológica

Los datos proporcionados por el SENAMHI de precipitación de las 04 estaciones meteorológicas no cuentan con registros de años iguales por lo que se procedió a efectuar diversos procedimientos con la finalidad de tener en lo posible series completas más confiables y de periodos uniformes. Evaluando la serie de datos proporcionados, se verificó que la estación Huayao tiene la serie más completa, por lo que se le utilizó como estación base para efectuar todo el análisis y procesamiento de los datos pluviométricos.



Figura 12: Distribución espacial de la estaciones meteorológicas utilizadas. Fuente: Google Earth

Con la información proporcionada se procedió al análisis de datos de precipitaciones totales mensuales, así como con de datos de precipitaciones máximas mensuales, cada procesamiento tiene la finalidad de obtener datos cuantitativos para determinar los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación.

Estimación de datos faltantes:

Para la estimación de datos se utilizó la metodología descrita en el ítem 2.2.4, sección método de regresión lineal.

c. Análisis de consistencia de la información hidrológica

Antes de utilizar los datos de precipitación se procedió al análisis de consistencia con la finalidad de obtener una serie de datos confiable.

➤ Análisis visual gráfico

Se procedió a graficar los valores de precipitaciones totales mensuales y precipitaciones máximas mensuales, en el eje de las abscisas se colocó el tiempo en años y en el eje de las ordenadas las precipitaciones en mm

➤ Análisis doble masa

Se efectuó según la metodología descrita en ítem 2.2.4 sección Análisis doble masa.

d. Análisis estadístico de la información hidrológica

1. Precipitaciones totales mensuales (mm)

Modelo de distribución:

El modelo de distribución utilizado para el tratamiento de la información de las precipitaciones totales mensuales fue la distribución normal con un nivel de significación del 0.05, debido a que es muy utilizado cuando se trata de variables medias anuales, mensuales o estacionales.

Pruebas de bondad y ajuste:

La prueba de bondad y ajuste utilizada fue la Chi cuadrado (χ^2), debido a que el modelo de distribución empleado fue la normal.

2. Precipitaciones máximas en 24 horas

Modelo de distribución:

Los modelos de distribución utilizados para las precipitaciones máximas mensuales en 24 horas fue la distribución Gumbel.

e. Cálculo de la Escorrentía en los sectores de estudio.

Para la determinación de la escorrentía mensual en cada sector de estudio se realizó un balance hídrico, para lo cual se desarrolló la metodología descrita en el ítem 2.2.3.

f. Cálculo de la vulnerabilidad

Para efectuar la vulnerabilidad se desarrolló mediante la metodología descrita en el ítem 2.2.11.

g. Cálculo de la precipitación media de la zona de estudio

El cálculo de la precipitación media de la zona de estudio se realizó mediante el polígono de Thiessen para el cual se utilizó el plano de la carta nacional en donde se identificó las estaciones meteorológicas y se procedió con la metodología descrita en el ítem 2.2.4. Por otro lado, se determinó el área de influencia de cada estación.

h. Cálculo de las precipitaciones máximas probables según periodos de retorno

Una vez efectuado el tratamiento de datos hidrológicos de manera consistente se procedió a la determinación de las precipitaciones máximas probables según periodos de retorno para las estaciones meteorológicas como son: Santa Ana y Huayao por tener mayor correlación significativa entre las variables X y Y , utilizando como estación base a la estación de Huayao para la estimación de datos

faltantes. Para ello se utilizó la tabla 2 de coeficiente de duración lluvias entre 48 horas y una hora, así como la distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.

i. **Determinación de las curvas Intensidad-Duración y frecuencia**

Se efectuó el cálculo de la intensidad distribuida para diversos periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años en tiempos de 1 a 24 horas, en esta etapa se utilizó la fórmula:

$$I = \frac{P}{t} \quad \dots\dots (40)$$

Para poder determinar la intensidad de lluvia en diversos espacios de tiempo menores a 60 minutos se tuvo que relacionar la intensidad, duración y el periodo de retorno.

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} \quad \dots\dots (41)$$

Mediante el proceso de regresiones se procedió a la determinación de las constantes m, n y K. Con la fórmula determinada se procedió al cálculo de la tabla de intensidades con periodos de duración menores a 60 minutos.

Con estos datos se procedió a graficar las curvas IDF colocando en el eje de las ordenadas la frecuencia en años y en el eje de las abscisas el tiempo en minutos.

j. **Determinación del coeficiente de escorrentía**

Método Racional: La determinación del coeficiente de escorrentía se efectuó tomando en consideración las características de superficie, pendiente del terreno, tipo de suelo para cada sector analizado. Para ello se utilizaron los coeficientes de escorrentía establecidos en la norma OS.060 de drenaje pluvial urbano, así como los mapas de clasificación de suelos, mapa de uso de suelo elaborado por el INDECI y el programa informático Google Earth Pro. Se determinaron coeficientes de escorrentía para los años 2005 y 2018 para establecer un nivel de comparación.

Método del número de curva: Para determinar el número de curva se tomó en cuenta la tabla 3 *Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2s$)*, la cual fue efectuada para los 03 sectores en estudio para el año 2018.

k. Determinación de volúmenes de escorrentía o caudal máximo

La determinación del caudal máximo se realizó mediante el método racional utilizando la metodología descrita en el ítem 2.2.8.1 sección a.

l. Determinación del caudal punta

Para la determinación del caudal punta se utilizó el método SCS para abstracciones descritas en el ítem 2.2.8.2 y mediante el hidrograma sintético SCS, cuya metodología se desarrolla en el ítem 2.2.8.2.

m. Determinación del riesgo de inundaciones

Para determinar el riesgo de inundaciones se utilizó el manual básico para la estimación del riesgo efectuando por el Instituto Nacional de Defensa Civil, cuyas características generales se describen en el ítem 2.2.10.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Para el procesamiento de datos de los parámetros utilizados en el presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes programas:

- Microsoft Excel 2013
- Autocad civil 3D 2015
- Google Earth Pro

Se utilizaron páginas web como el SINPAD, el cual es el sistema de información nacional para la respuesta y rehabilitación en donde se puede visualizar el registro de emergencias y peligros, la misma que se encuentra administrada por el Instituto Nacional de Defensa Civil.

El sistema de información para la gestión de riesgos SIGRID, el cual es una plataforma geoespacial diseñada para consultar información territorial a nivel nacional, la misma que se encuentra administrada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención, y Reducción del Riesgo de Desastres-CENEPRED

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Efectos vulnerables

Sector 01: Comprende el sector de la urbanización Alto La Merced la misma que inició el proceso de construcción de viviendas en el año 2009 y parte de la Asociación de Vivienda Los Libertadores.

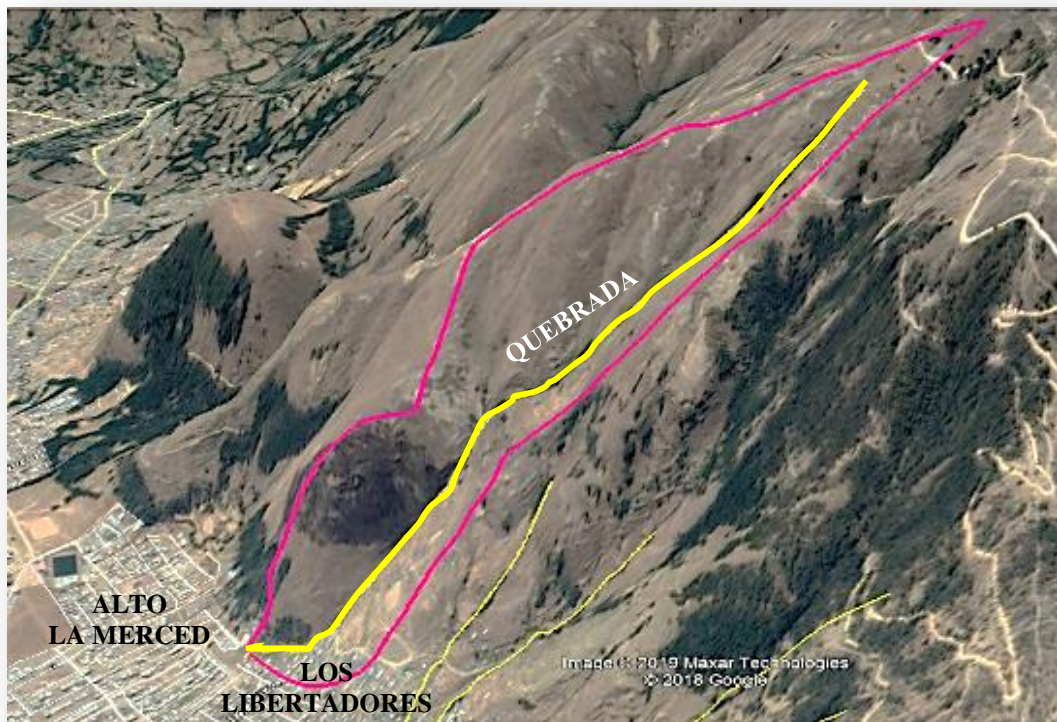


Imagen 1: Delimitación del sector 01

Se encuentran asentados en la base de una quebrada intermitente cuyo cauce fue alterado sustancialmente y que durante la temporada de lluvias

se activa discurriendo por ella las aguas de escorrentía, cuenta con una longitud de 1,450 metros de los cuales 210 metros han sido encauzados mediante un canal de concreto de 2.00 m de ancho x 1.70 metros de alto, estrangulada en la parte final a una dimensión de 0.80 m de ancho x 1.00 m de alto. Este proceso de estrangulamiento efectuado no cuenta con la capacidad necesaria para transportar todo el exceso de lluvia que se genera en los meses de setiembre a abril, ocasionando inundaciones a las viviendas aledañas por el rebose que se produce. Comprende un área de estudio de 47.41 hectáreas con una pendiente de 33.38% un tiempo de concentración de 8.09 minutos, el suelo ocupado por las poblaciones presenta un suelo ML-CL limo arcilloso con una capacidad portante < a 2 kg/cm² determinado por el mapa de capacidad portante elaborado por el INDECI en el año 2011.

Determinación del Balance hídrico

La tabla 19 nos muestra el balance hídrico para el Sector 01, donde se puede apreciar que el excedente de lluvia, se da durante los meses de setiembre a abril, generándose volúmenes de escorrentía de 0.68 l/s en el mes de setiembre a 18.09 l/s en el mes de febrero.

Tabla 19
Balance Hídrico del Sector 01

(mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
P	155.30	150.45	123.77	54.23	24.37	7.15	8.21	17.21	46.99	78.49	74.25	139.38
ETP	59.76	51.56	51.99	47.66	46.62	35.37	37.90	41.09	43.28	52.93	54.43	56.72
P-ETP	95.54	98.89	71.78	6.57	-22.25	-28.22	-29.69	-23.88	3.71	25.56	19.82	82.66
RAU	92.66	92.66	92.66	92.66	70.41	42.19	12.50	0.00	3.71	29.27	49.09	92.66
VRU	0.00	0.00	0.00	0.00	-22.25	-28.22	-29.69	-12.50	0.00	0.00	0.00	0.00
EXC	95.54	98.89	71.78	6.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.71	25.56	19.82	82.66
DEF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.38	0.00	0.00	0.00	0.00
ETR	59.76	51.56	51.99	47.66	46.62	35.37	37.90	29.71	43.28	52.93	54.43	56.72
VE L/S	17.47	18.09	13.13	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	4.68	3.62	15.12

Fuente: Elaboración propia

La figura 13 nos muestra la evolución temporal de la precipitación, evapotranspiración potencial, la evapotranspiración real y los excedentes de precipitación, que en nuestro caso sería la escorrentía que se estaría generando en el sector 01 a lo largo de un año hidrológico.

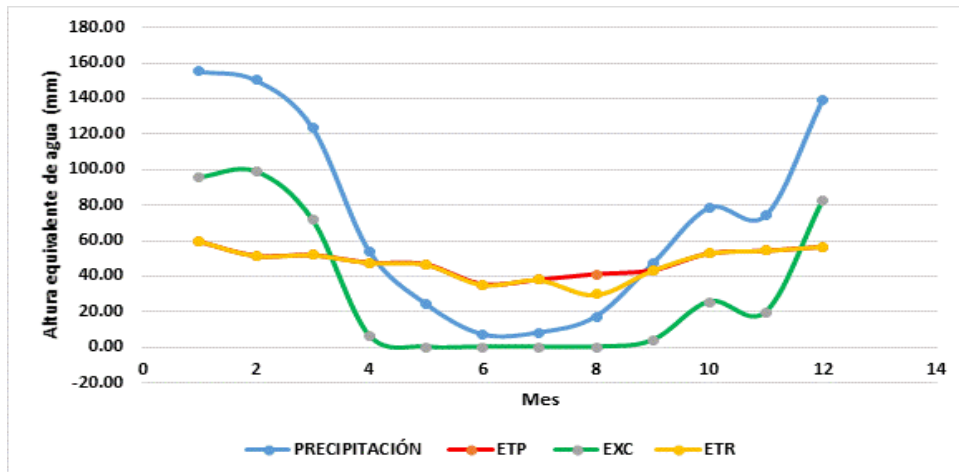


Figura 13: Balance Hídrico-Sector 01. Fuente: Elaboración propia

La figura 14, nos muestra la tendencia de la precipitación en relación a la escorrentía, en donde se puede establecer que, a mayor cantidad de precipitación se estará generando mayor cantidad de escorrentía.

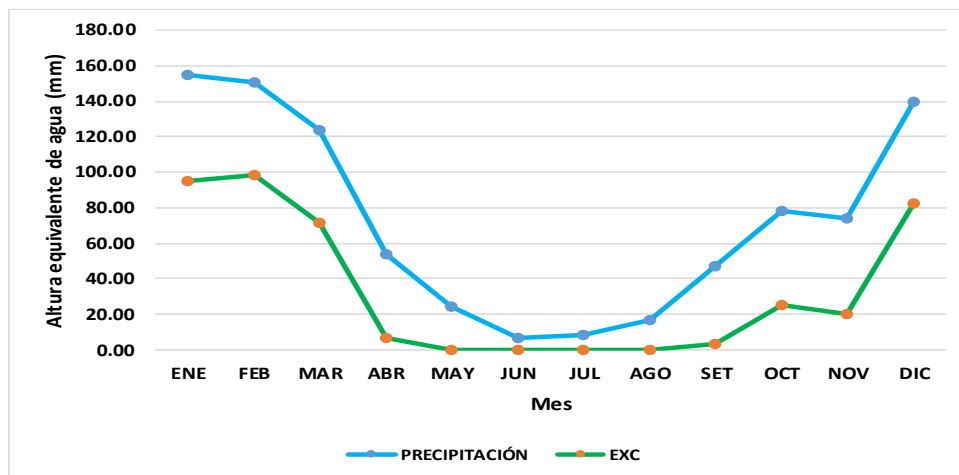


Figura 14: Precipitación Vs Escorrentía-Sector 01. Fuente: Elaboración propia

Análisis de vulnerabilidad

Vulnerabilidad física

Se han identificado 09 manzanas en exposición al peligro de inundaciones, de las cuales 02 corresponden a la Urbanización Alto la Merced y 07 al asentamiento humano Los libertadores. El área identificada cuenta con aproximadamente 112 viviendas que estarían expuestas a los eventos de inundación por activación de la quebrada.



Imagen 2: Manzanas en exposición a inundaciones-Sector 01

La característica de la vulnerabilidad física evaluada se describe a continuación.

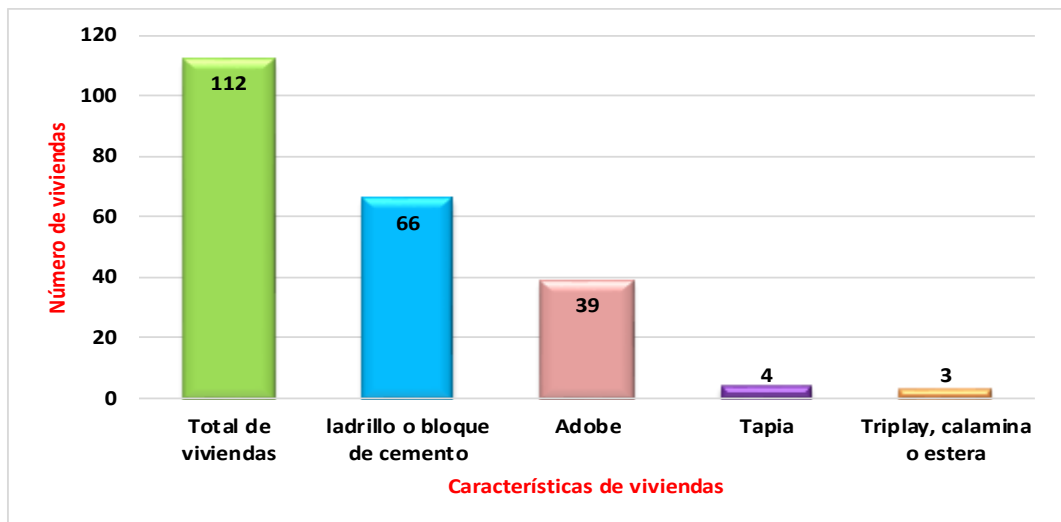


Figura 15: Características de vivienda-Exposición a inundación Sector 01

La figura 15 muestra las características que presentan las viviendas en el sector 01 en donde el 58.93% tiene casas construidas con ladrillo o bloque de cemento los cuales de acuerdo a la observación efectuada han sido construidas sin una adecuada dirección técnica presentando deficiencias en su proceso constructivo; el 34.82% de viviendas son de adobe si ningún tipo de refuerzo el cual lo hace más vulnerable ante cualquier peligro que

ocurra en la zona. El 3.57% cuenta con viviendas de tapia los cuales tampoco presentan ningún tipo de refuerzo estructural y el 2.68% han improvisado sus viviendas con triplay, calamina o esteras es estado muy precario.

Las viviendas se encuentran ubicadas muy cerca al peligro de inundación identificado que van desde los 5 metros a los 200 metros. Dentro de las características del terreno se tiene una pendiente de 33.38% considerada como media desde la parta más alejada del cauce de la quebrada hasta el punto de descarga la misma que fue modificada. En cuanto a la cobertura vegetal no se ha identificado mayor relevancia en la presencia de estos. En base a la información obtenida se procedió a la identificación de la vulnerabilidad física:

Tabla 20
Ponderación de la Vulnerabilidad Física

Variable	Cantidad	Nivel de vulnerabilidad				Total %	Valoración	Total valoración
		VB	VM	VA	VMA			
		1	2	3	4			
		<25 %	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%			
Material de construcción utilizada en las viviendas	Ladrillo o bloque de cemento	66	2			58.93	1.18	
	Adobe	39		3		34.82	1.04	2.4
	Tapia	4		3		3.57	0.11	
	Triplay, calamina o estera	3			4	2.68	0.11	
Localización de las viviendas	5 a 200 metros	112			4	100.00	4.00	4.0
características geológicas, calidad y tipo de suelo	Suelos limo arcillosos con baja capacidad portante < a 2 kg/cm ²	112		3		100.00	3.00	3.0
Leyes existentes	No cumplen las leyes	112		3		100.00	3.00	3.0
Total								12.44
Promedio								3.11

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la presencia de leyes, se cuentan con diversos instrumentos como son el reglamento nacional de edificaciones, el plan de uso de suelos

ante desastres en donde se especifica si los suelos son urbanizables, suelos en proceso de consolidación y suelos urbanos ocupados en proceso de reglamentación especial. Sin embargo, ello no se está cumpliendo pues se siguen ocupando áreas vulnerables, a ello se suma que los procesos constructivos no cuentan con ningún tipo de dirección técnica de profesionales que aseguren un adecuado proceso constructivo.

La tabla 20 muestra la ponderación efectuada en la determinación de la vulnerabilidad física teniendo un valor de 3.11 el cual demuestra que la identificación de la población se encuentra en una vulnerabilidad alta a la ocurrencia de un evento de inundación por exposición al peligro. La localización de las viviendas constituye una vulnerabilidad muy alta por la cercanía al peligro, el tipo de suelos y las leyes que no se cumplen, las cuales son variables que se encuentran en el rango de vulnerabilidad alta.

Vulnerabilidad Económica

En cuanto a la vulnerabilidad económica se evaluó en función a las condiciones de la vivienda en donde se evaluó un tipo de indicador el cual es el material de piso de la vivienda y el nivel de ingreso según las necesidades básicas insatisfechas.

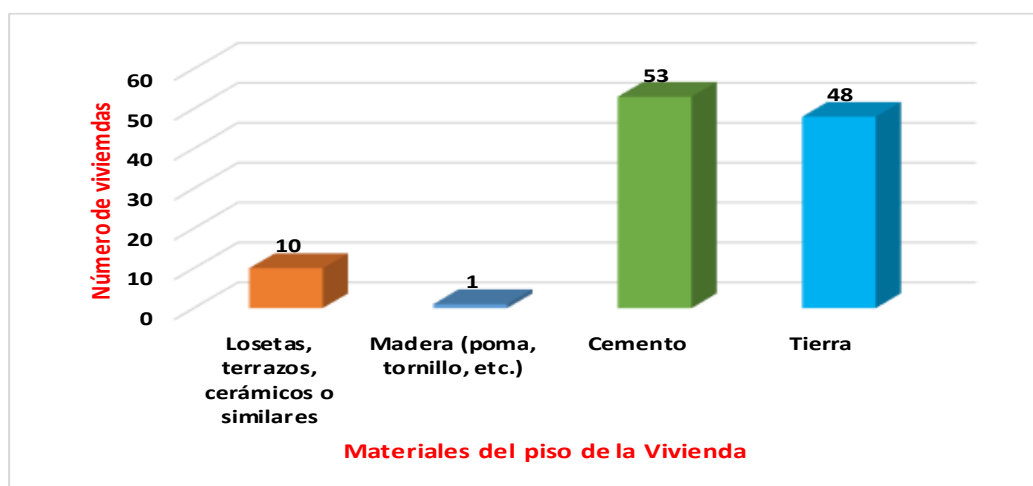


Figura 16: Condiciones de la vivienda

La figura 16 muestra el material del piso que cuentan las viviendas del sector identificado como vulnerable.

En donde el 47.32% cuenta con piso de cemento no pulido, el 42.86% tiene pisos de tierra el cual a su vez las hace más vulnerable por las diversas enfermedades a las que contribuye, el 8.93% cuenta con pisos de losetas, terrazos, cerámicos o similares y sólo el 0.89% cuenta con pisos de madera.

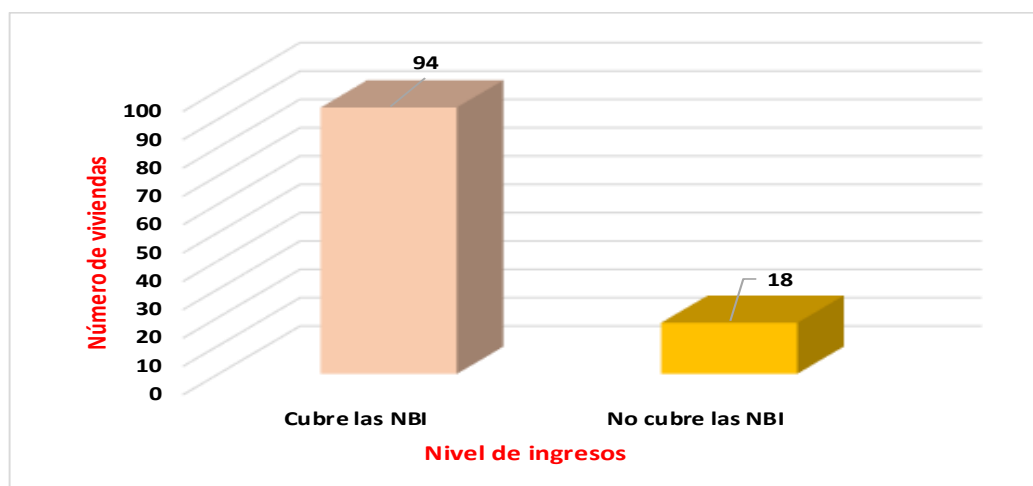


Figura 17: Nivel de ingresos

La figura 17 fue efectuado en función a un indicador que es el número de hogares que no cuentan con servicio de desagüe, determinándose que el 83.93% cubre las necesidades básicas insatisfechas y el 16.07% no cubre las necesidades básicas insatisfechas, lo que equivale a decir que estos hogares no cuentan con al menos una necesidad básica.

Tabla 21

Ponderación de la Vulnerabilidad Económica

Variable	Cantidad	Nivel de vulnerabilidad				Total %	Valoración	Total valoración
		VB	VM	VA	VMA			
		<25 %	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%			
		1	2	3	4			
Condiciones de vivienda	Losetas, terrazos, cerámicos o similares	10	1			8.93	0.09	3.23
	Madera	1	1			0.89	0.01	
	Cemento	53		3		47.32	1.42	
	Tierra	48			4	42.86	1.71	
Nivel de ingresos	Cubre las NBI	94		3		83.93	2.52	3.16
	No cubre las NBI	18			4	16.07	0.64	
Total								6.39
Promedio								3.20

Fuente: Elaboración propia

La tabla 21 el cual muestra el nivel de vulnerabilidad económica teniendo como valor de 3.20 el cual indica una vulnerabilidad alta para la población en exposición. Lo cual significa que los hogares no tendrán la capacidad de reponerse inmediatamente ante un evento de inundación por la activación de la quebrada intermitente.

Vulnerabilidad Social

La evaluación de la vulnerabilidad social se efectuó en función al nivel de organización, participación de la población, grado de relación y tipo de integración que existe entre las organizaciones e instituciones locales.

Tabla 22
Ponderación de la Vulnerabilidad Social

Variable	Cantidad	Nivel de vulnerabilidad				Porcentaje Total %	Valoración de Vulnerabilidad	Total valoración vulnerabilidad
		VB	VM	VA	VMA			
		<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%			
		1	2	3	4			
Nivel de organización	Población totalmente organizada	0				0.00	0.00	3.0
	Población organizada	0				0.00	0.00	
	Población escasamente organizada	112		3		100.00	3.00	
	Población no organizada	0				0.00	0.00	
Participación de la población en trabajos comunitarios	Participación total	0				0.00	0.00	3.1
	Participación de la mayoría	0				0.00	0.00	
	Mínima participación	102		3		91.07	2.73	
Grado de relación entre las organizaciones e instituciones locales	Nula participación	10			4	8.93	0.36	2.58
	Fuerte relación					0.00	0.00	
	Medianamente relacionados	47	2			41.96	0.84	
	Débil relación	65		3		58.04	1.74	
Tipo de integración entre organizaciones e instituciones locales	No existe	0				0.00	0.00	4.0
	Integración total	0				0.00	0.00	
	Integración parcial	0				0.00	0.00	
	Baja integración	0				0.00	0.00	
	No existe integración	112			4	100.00	4.00	
TOTAL						0.00	0.00	12.67
PROMEDIO								3.17

Fuente: Elaboración propia

Las variables se analizaron con la finalidad de ver la respuesta frente a la ocurrencia del peligro de inundaciones. La tabla 22 muestra la ponderación de las variables en función al nivel de vulnerabilidad, en la cual se ha obtenido una puntuación de 3.17 valor que indica que el sector expuesto presenta una vulnerabilidad alta en la dimensión social.

Culminado el proceso de evaluación de cada dimensión se procedió a efectuar la ponderación total por cada dimensión para luego tener como resultado la vulnerabilidad general.

Tabla 23
Composición de la Vulnerabilidad según tipo

Tipo	Nivel de vulnerabilidad				Total
	VB	VM	VA	VMA	
	1	2	3	4	
	<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%	
Física			3.11		3.11
Económica			3.20		3.20
Social			3.17		3.17
Total					9.48
Promedio					3.16

Fuente: Elaboración propia

La tabla 23 muestra el resultado final de la evaluación realizada teniendo el valor de 3.16 como vulnerabilidad general alta en los sectores de exposición.

Sector 02: Comprende los sectores de la cooperativa Santa Isabel, Asentamiento humano los libertadores y la urbanización Soto Valle. Las construcciones se han realizado en laderas de cerros y en áreas cercanas a zonas de protección ecológica como son las formaciones de Torre Torre. Se encuentran ubicados dentro del cauce de diversas quebradas intermitentes que dan origen al río florido y que a la fecha se tiene problemas de inundaciones por cambio en el curso de algunos cauces. Por otro lado, también se han encontrado algunas ladrilleras artesanales, los cuales extraen el material para su fabricación ocasionando problemas en el cambio de uso de suelo y generando vertimiento del material en el cauce de las quebradas.

Se ha determinado un área de estudio de 267.06 Ha, con una pendiente de 22.89%, presenta suelos limo arcilloso (ML-CL) y arena limosa (SM), con una capacidad admisible de 2 a 4 kg/cm² y de < de 2 kg/cm², determinado por el mapa de capacidad portante elaborado por el INDECI en el año 2011. Se ha estimado una concentración de 7,150 habitantes con un total de 1430 viviendas, el 19.77% del área delimitada se encuentra ocupado por viviendas y el 0.28% del total del área se encuentra con suelos impermeabilizados por pavimentaciones efectuadas.

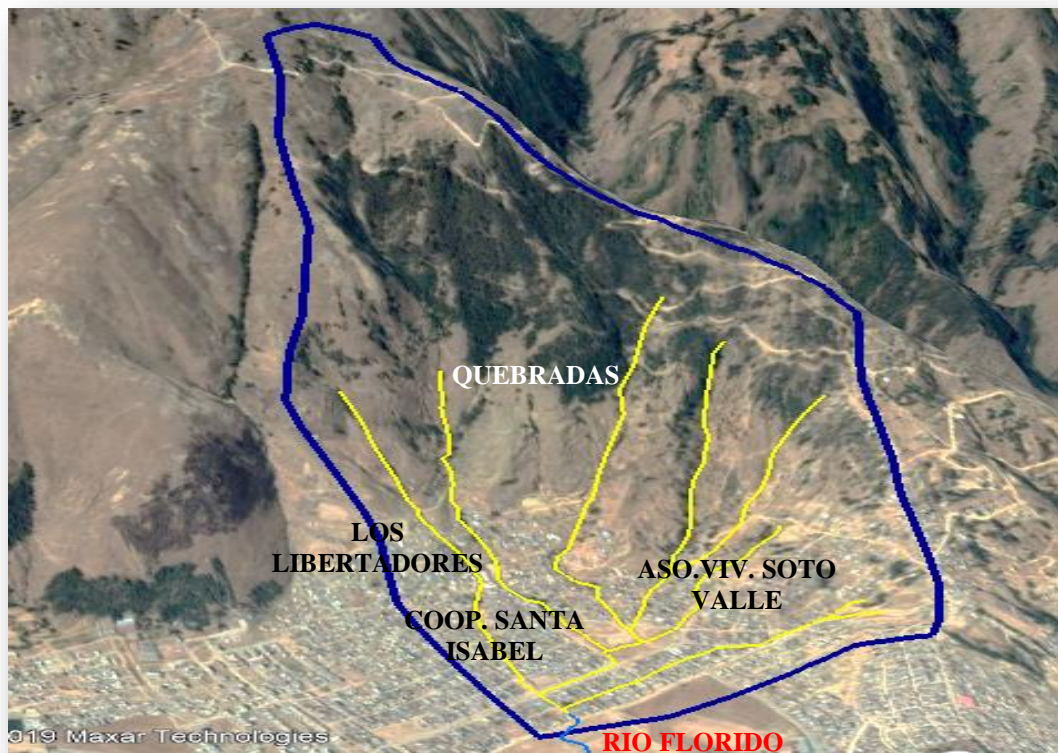


Imagen 3: Delimitación del zona 02

Determinación del Balance hídrico

La tabla 24 nos muestra el balance hídrico para el Sector 02, donde se puede apreciar que el excedente de lluvia se produce durante los meses de setiembre a abril, generándose volúmenes de escorrentía de 4.07 l/s en el mes de setiembre a 108.35 l/s en el mes de febrero.

Tabla 24
Balance Hídrico del Sector 02

(mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
P	155.30	150.45	123.77	54.23	24.37	7.15	8.21	17.21	46.99	78.49	74.25	139.38
ETP	59.76	51.56	51.99	47.66	46.62	35.37	37.90	41.09	43.28	52.93	54.43	56.72
P-ETP	95.54	98.89	71.78	6.57	-22.25	-28.22	-29.69	-23.88	3.71	25.56	19.82	82.66
RAU	92.66	92.66	92.66	92.66	70.41	42.19	12.50	0.00	3.71	29.27	49.09	92.66
VRU	0.00	0.00	0.00	0.00	-22.25	-28.22	-29.69	-12.50	0.00	0.00	0.00	0.00
EXC	95.54	98.89	71.78	6.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.71	25.56	19.82	82.66
DEF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.38	0.00	0.00	0.00	0.00
ETR	59.76	51.56	51.99	47.66	46.62	35.37	37.90	29.71	43.28	52.93	54.43	56.72
VE L/S	104.68	108.35	78.65	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07	28.00	21.71	90.57

Fuente: Elaboración propia

La figura 18 nos muestra la evolución temporal de la precipitación, evapotranspiración potencial, la evapotranspiración real y los excedentes de precipitación, que en nuestro caso sería la escorrentía que se estaría generando en el sector 02 a lo largo de un año hidrológico.

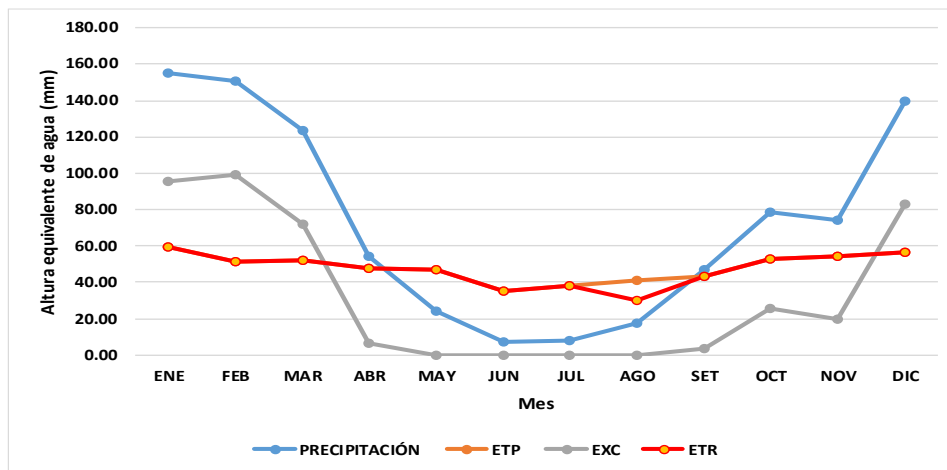


Figura 18: Balance Hídrico-Sector 02. Fuente: Elaboración propia

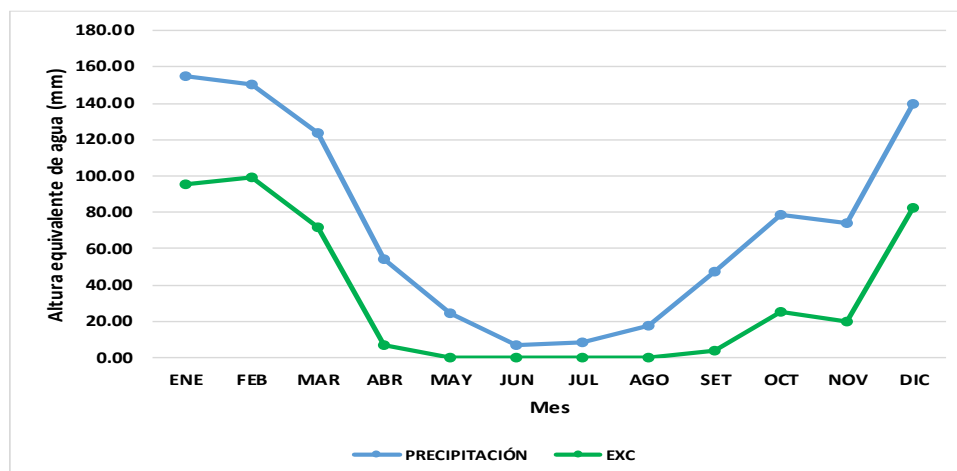


Figura 19: Precipitación Vs Escorrentía-Sector 02. Fuente: Elaboración propia

La figura 19, nos muestra la tendencia de la precipitación en relación a la esorrentía, en donde se puede establecer que, a mayor cantidad de precipitación se estará generando mayor cantidad de esorrentía.

Análisis de vulnerabilidad

Vulnerabilidad física

Se identificaron 26 manzanas como sectores vulnerables a la exposición por inundación de los cuales 09 perteneces al asentamiento humano Los Libertadores, 06 a la asociación de vivienda Soto Valle y 11 a la Cooperativa Santa Isabel.

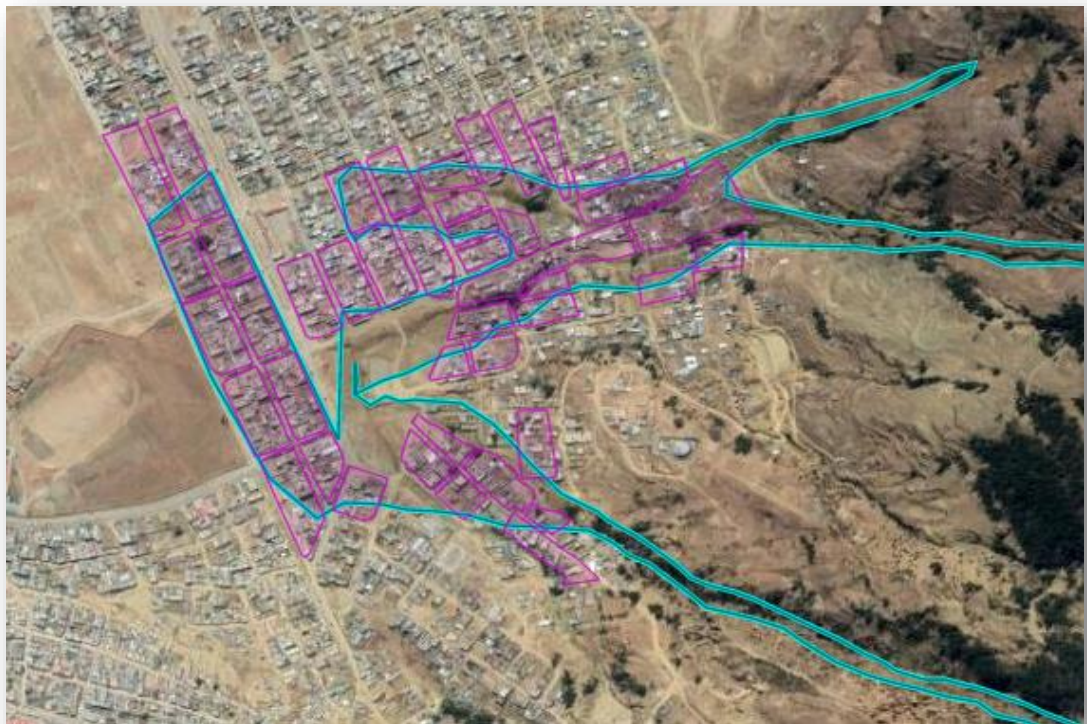


Imagen 4: Manzanas en exposición a inundaciones-Sector 02

Dentro del área identificada se tienen 374 viviendas que se encuentran ubicadas cerca de los cauces de 07 quebradas intermitentes que dan origen al río florido, las mismas que transportan un considerable volumen de agua durante la temporada de lluvias. Las características físicas de las viviendas se describen a continuación:

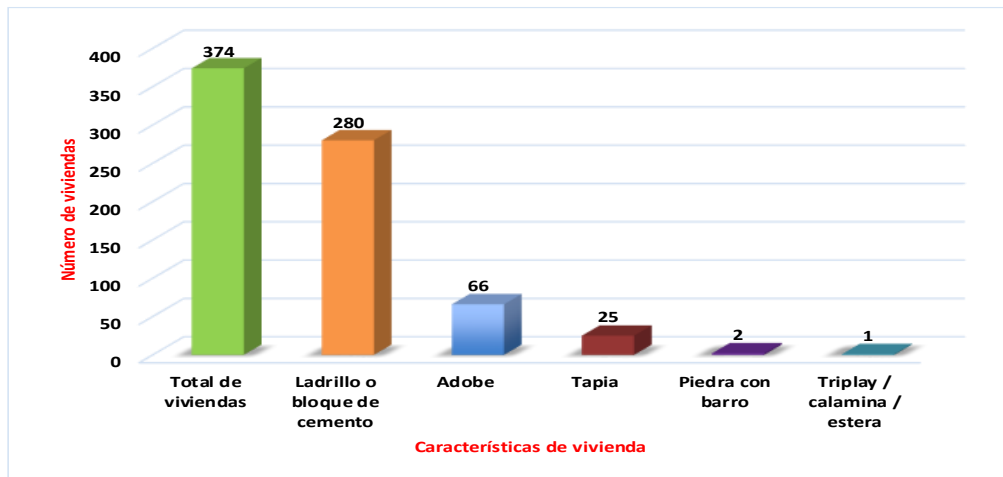


Figura 20: Características de vivienda-Exposición a inundación Sector 02

La figura 20 muestra las características que presentan las viviendas expuestas en el sector 02 en donde el 74.87% tiene casas construidas con ladrillo o bloque de cemento los cuales de acuerdo a la observación efectuada han sido construidas sin una adecuada dirección técnica; el 17.65% de viviendas son de adobe si ningún tipo de refuerzo el cual lo hace más vulnerable ante cualquier peligro que ocurra en la zona. El 6.68% cuenta con viviendas de tapia los cuales tampoco presentan ningún tipo de refuerzo estructural, el 0.53% tienen construidas sus viviendas con piedra y barro en estado precario y el 0.27% han improvisado sus viviendas con triplay, calamina o esteras los cuales son muy precarios.

Las viviendas se encuentran muy cercanas al peligro identificado que van desde los 2 metros hasta los 200 metros. Las características de terreno presentan una pendiente de 22.89% desde la parte más alejada del cauce hasta el punto de descarga.

La cobertura vegetal identificado en función al área total (284 Ha) del Sector 02 se tiene que el 56.34% no cuenta con ningún tipo de cobertura, el 4.23 % cuenta por vegetación ligera compuesto principalmente por pastos con cobertura vegetal natural y el 10.92% lo constituyen la presencia de bosques. En cuanto a la presencia de leyes, se cuentan con diversos instrumentos como son el reglamento nacional de edificaciones y el plan de

uso de suelos ante desastres en donde se especifica que la cooperativa Santa Isabel, Asociación de vivienda Soto Valle y el Asentamiento Humano Los Libertadores están catalogados como zona de protección ambiental de agentes hídricos, sin embargo poco o nada se hace para frenar la ocupación de éstas zonas pues se ha observado que se está en proceso de lotización de una ladera sobre el asentamiento humano Los Libertadores.

Las variables utilizadas para la evaluación de la vulnerabilidad física son: Material de construcción utilizada en las viviendas, localización, características geológicas, calidad y tipo de suelo y leyes existentes, en base a esta información se procedió a la ponderación de cada indicador.

Tabla 25
Ponderación de la Vulnerabilidad Física

Variable	Cantidad	Nivel de vulnerabilidad				Total %	Valoración	Total valoración
		VB	VM	VA	VMA			
		1	2	3	4			
		<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%			
Material de construcción utilizada en las viviendas	Ladrillo o bloque de cemento	280	2			74.87	1.50	
	Adobe	66		3		17.65	0.53	
	Tapia, piedra con barro	27		3		7.22	0.22	2.25
	Triplay, calamina o estera	1			4	0.27	0.01	
Localización de las viviendas	2 a 200 metros	374			4	100.00	4.00	4.00
	Suelos arena limosa con capacidad portante de 2 kg/cm ² a 4 kg/cm ² ,	225		2		60.16	1.20	
características geológicas, calidad y tipo de suelo	Suelos limo arcillosos con baja capacidad portante < a 2 kg/cm ²	149		3		39.84	1.20	2.40
	Leyes existentes No cumplen las leyes	374		3		100.00	3.00	3.00
Total								11.65
Promedio								2.91

Fuente: Elaboración propia

La tabla 25 muestra la ponderación efectuada en la determinación de la vulnerabilidad física teniendo un valor de 2.91 el cual demuestra que la identificación de la población se encuentra en una vulnerabilidad media. La localización de las viviendas constituye una vulnerabilidad muy alta por la cercanía al peligro, las leyes existentes se encuentran dentro del rango de vulnerabilidad alta. El tipo de material para la construcción de las viviendas y las características del suelo se encuentra dentro del rango de una vulnerabilidad media.

Vulnerabilidad Económica

Se evaluó en función a las condiciones de la vivienda en donde se trabajó un tipo de indicador el cual es el material de piso de la vivienda y el nivel de ingreso según las necesidades básicas insatisfechas.

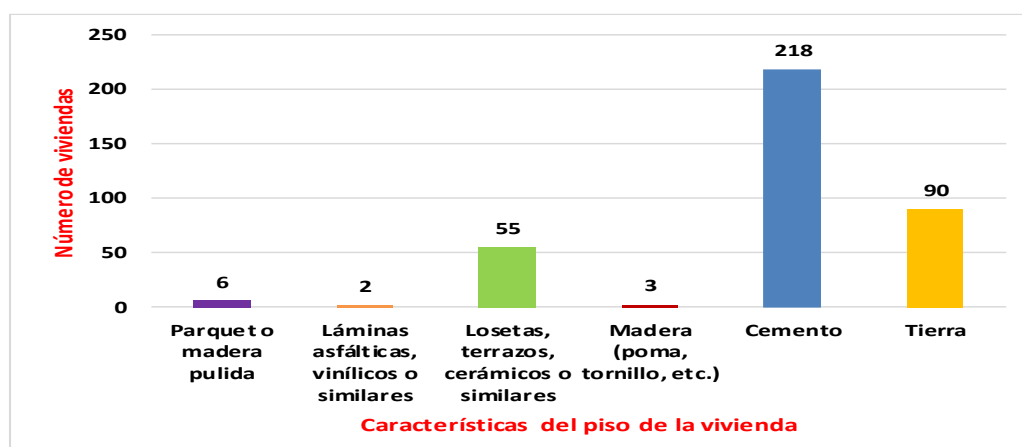


Figura 21: Condiciones de la vivienda

La figura 21 muestra el material del piso que cuentan las viviendas, en donde el 58.29% cuenta con piso de cemento no pulido, el 24.06% de las viviendas tiene piso de tierra, el 14.71 % cuenta con pisos de losetas, terrazos, cerámicos o similares, el 1.60% cuenta con pisos de parquet o madera pulida y el 0.53% cuenta con piso de láminas asfálticas vinílicos o similares. En cuanto al nivel de ingresos se ha determinado en función a que los hogares pueden cubrir las necesidades básicas, por lo que se tomó como referencia la tenencia de red de desagüe domiciliaria.

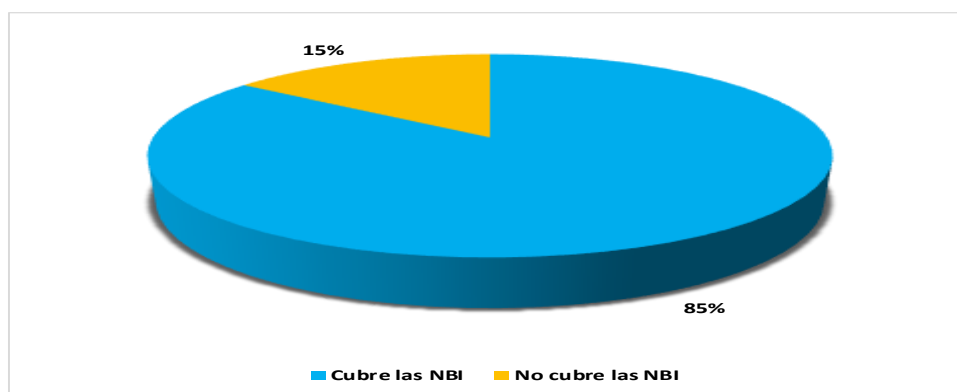


Figura 22: Nivel de ingresos

La figura 22 muestra que el 85% de los hogares cubren sus necesidades básicas y el 15% de los hogares no cubren al menos una necesidad básica, haciéndolos más vulnerables de poder hacerle frente al peligro de inundación. En base a la información anterior, se procedió a la ponderación del nivel de vulnerabilidad económica.

Tabla 26
Ponderación de la Vulnerabilidad Económica

Variable	Cantidad	Nivel de vulnerabilidad				Total %	Valoración	Total valoración
		VB	VM	VA	VMA			
		<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%			
		1	2	3	4			
Condiciones de vivienda	Parquet, láminas, Losetas, terrazos, cerámicos o similares	63	1			16.84	0.17	2.89
	Madera (poma, tornillo, etc.)	3	1			0.80	0.01	
Nivel de ingresos	Cemento	218		3		58.29	1.75	3.15
	Tierra	90			4	24.06	0.96	
	Cubre las NBI	318		3		85.03	2.55	
	No cubre las NBI	56			4	14.97	0.60	
Total								6.04
Promedio								3.02

Fuente: Elaboración propia

La tabla 26 nos muestra el nivel de vulnerabilidad económica teniendo como valor de 3.02 el cual indica una vulnerabilidad alta para la población en exposición.

Vulnerabilidad Social

En cuanto a la vulnerabilidad social se realizó en función al nivel de organización de los hogares ante la presencia del peligro.

Tabla 27
Ponderación de la Vulnerabilidad Social

Variable	Cantidad	Nivel de vulnerabilidad				Total %	Valoración	Total valoración
		VB	VM	VA	VMA			
		1	2	3	4			
		<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%			
Nivel de organización	Población totalmente organizada	0				0.00	0.00	
	Población organizada	0				0.00	0.00	3.00
	Población escasamente organizada	374		3		100.00	3.00	
	Población no organizada	0				0.00	0.00	
Participación de la población en trabajos comunitarios	Participación total	0				0.00	0.00	
	Participación de la mayoría	0				0.00	0.00	3.70
	Mínima participación	113		3		30.21	0.91	
	Nula participación	261			4	69.79	2.79	
Grado de relación entre las organizaciones e instituciones locales	Fuerte relación					0.00	0.00	
	Medianamente relacionados	113	2			30.21	0.60	2.70
	Débil relación	261		3		69.79	2.09	
	No existe	0				0.00	0.00	
Tipo de integración entre organizaciones e instituciones locales	Integración total	0				0.00	0.00	
	Integración parcial	0				0.00	0.00	4.00
	Baja integración	0				0.00	0.00	
	No existe integración	374			4	100.00	4.00	
Total						0.00	0.00	13.40
Promedio								3.35

Fuente: Elaboración propia

La tabla 27 muestra la ponderación de las variables en función al nivel de vulnerabilidad, en la cual se ha obtenido una puntuación de 3.35 valor que indica que el sector expuesto presenta una vulnerabilidad alta en la dimensión social. Cabe mencionar que la oficina de defensa civil de la Municipalidad Provincial de Huancayo efectúa algunas capacitaciones respecto a la respuesta de la población ante diversas emergencias, la

misma que se viene realizando desde años atrás, sin embargo, la participación aún no es masiva faltando mayor sensibilización en el tema. Culminado el proceso de evaluación de cada dimensión se procedió a efectuar la ponderación total por cada dimensión para luego tener como resultado la vulnerabilidad general.

Tabla 28
Composición de la Vulnerabilidad según tipo

Tipo	Nivel de vulnerabilidad				Total
	VB	VM	VA	VMA	
	1	2	3	4	
	<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%	
Física		2.91			2.91
Económica			3.02		3.02
Social			3.35		3.35
Total					9.28
Promedio					3.09

Fuente: Elaboración propia

La tabla 28 muestra el resultado final de la evaluación realizada teniendo el valor de 3.09 indicando que se tiene una vulnerabilidad general alta en los sectores de exposición.

Sector 03:

Comprende los sectores del barrio San José y Asociación de vivienda Nueva Esperanza, se encuentran ubicados en toda la ladera del cerro San Cristóbal, presenta suelos arena limosa (SM) con una capacidad admisible de < a 2 kg/cm², se ha evidenciado un incremento de erosiones en los suelos los cuales son ocasionados por las lluvias que se presentan cada año. El área presenta quebradas que se activan en la época de lluvias, las cuales se encuentran contaminadas por residuos sólidos que arrojan los pobladores de la zona.

Se ha determinado un área de estudio de 72.20 Ha, con una pendiente de 18.18%, se ha estimado una concentración de 4500 habitantes con un total de 900 viviendas, el 65% del área delimitada se encuentra ocupado por viviendas y el 0.11% del total del área se encuentra con suelos impermeabilizados por graderías realizadas.

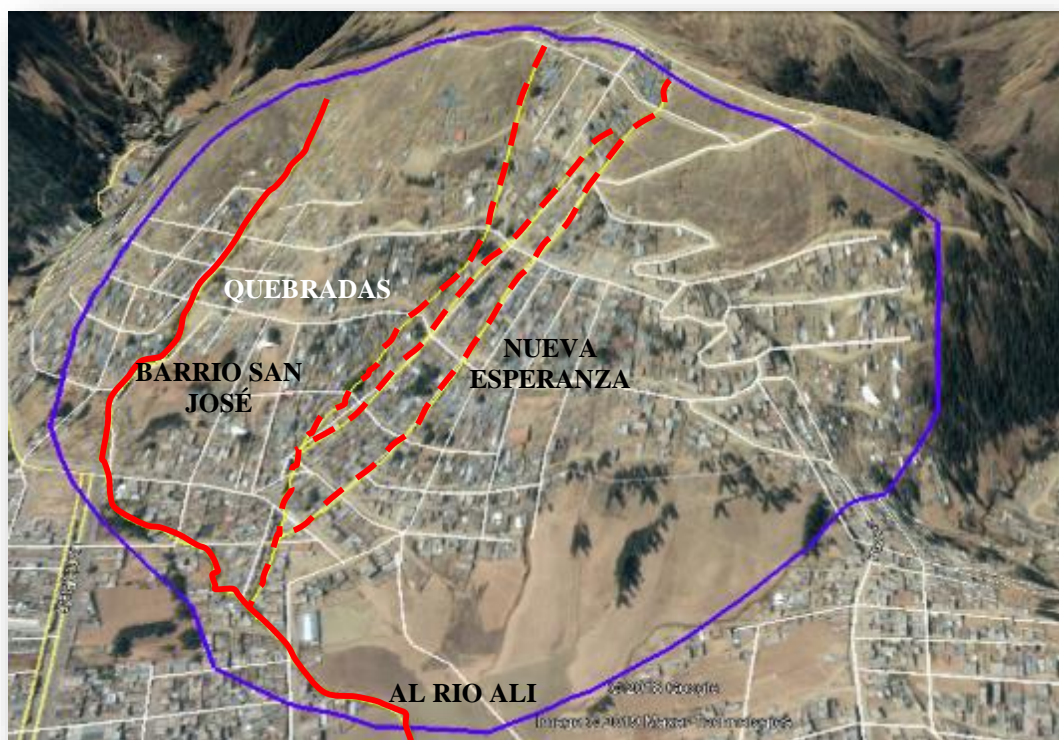


Imagen 5: Delimitación del Sector 03

Determinación del Balance hídrico

La tabla 29 muestra el balance hídrico para el Sector 03, donde se puede apreciar que el excedente de lluvia se produce durante los meses de setiembre a abril, generándose volúmenes de escorrentía de 1.03 l/s en el mes de setiembre a 27.47 l/s en el mes de febrero.

Tabla 29
Balance Hídrico del Sector 03

(mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
P	155.30	150.45	123.77	54.23	24.37	7.15	8.21	17.21	46.99	78.49	74.25	139.38
ETP	59.76	51.56	51.99	47.66	46.62	35.37	37.90	41.09	43.28	52.93	54.43	56.72
P-ETP	95.54	98.89	71.78	6.57	-22.25	-28.22	-29.69	-23.88	3.71	25.56	19.82	82.66
RAU	63.39	63.39	63.39	63.39	41.14	12.93	0.00	0.00	3.71	29.27	49.09	63.39
VRU	0.00	0.00	0.00	0.00	-22.25	-28.22	-12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EXC	95.54	98.89	71.78	6.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.71	25.56	19.82	82.66
DEF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.76	23.88	0.00	0.00	0.00	0.00
ETR	59.76	51.56	51.99	47.66	46.62	35.37	21.14	17.21	43.28	52.93	54.43	56.72
VE L/S	26.54	27.47	19.94	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	7.10	5.50	22.96

Fuente: Elaboración propia

La figura 29 nos muestra la evolución temporal de la precipitación, evapotranspiración potencial, la evapotranspiración real y los excedentes

de precipitación, que en nuestro caso sería la escorrentía que se estaría generando en el sector 03 a lo largo de un año hidrológico.

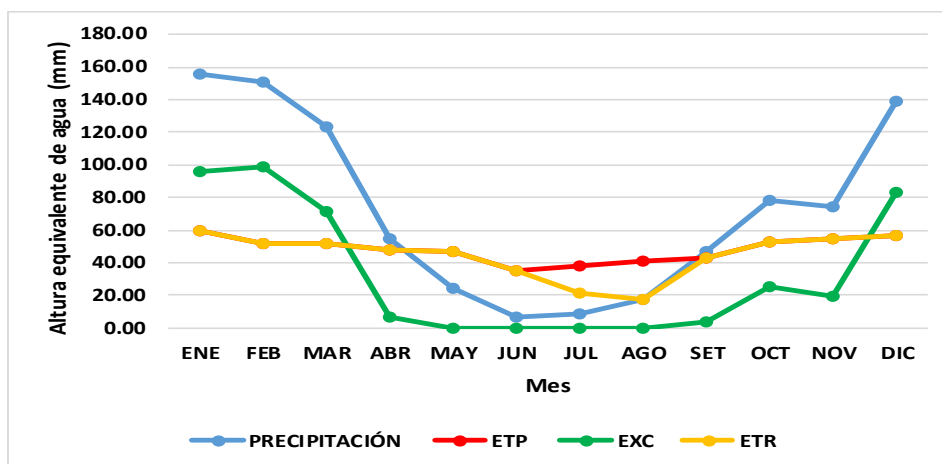


Figura 23: Balance Hídrico-Sector 03. Fuente: Elaboración propia

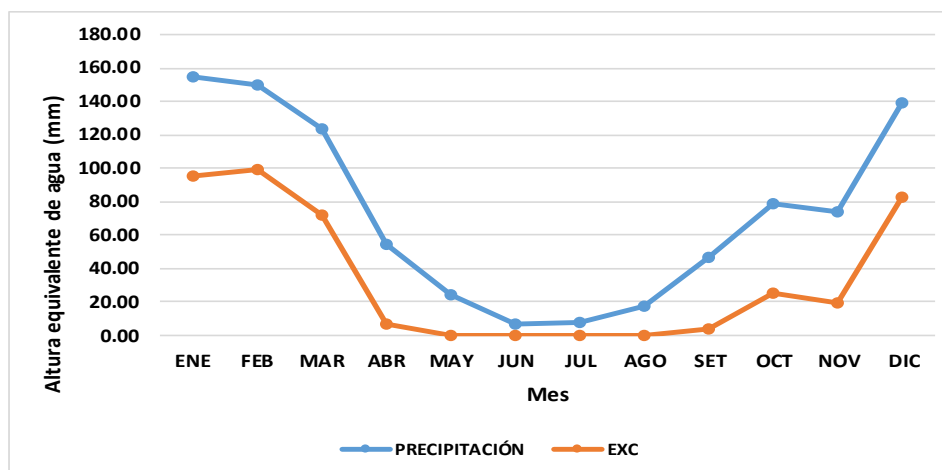


Figura 24: Precipitación Vs Escorrentía-Sector 03. Fuente: Elaboración propia

La figura 24, nos muestra la tendencia de la precipitación en relación a la escorrentía, en donde se puede establecer que, a mayor cantidad de precipitación se estará generando mayor cantidad de escorrentía.

Análisis de vulnerabilidad

Vulnerabilidad física

Dentro del sector 03, se han identificado 16 sectores vulnerables al peligro de inundaciones, los cuales se encuentran cercanas a las quebradas que se activan durante la temporada de lluvias. Las viviendas vulnerables corresponden a 181 (del total de 900 viviendas que ocupan todo el sector

03), los cuales según la verificación in situ se encuentran bastante hacinados, no cuentan con zonas de transitabilidad adecuados y presentan caminos improvisados. Las construcciones han sido efectuadas sin ningún tipo de reglamentación por parte de la Municipalidad Distrital de Chilca y a la fecha aún se siguen construyendo viviendas sin ningún tipo de inspección por parte de los organismos competentes.

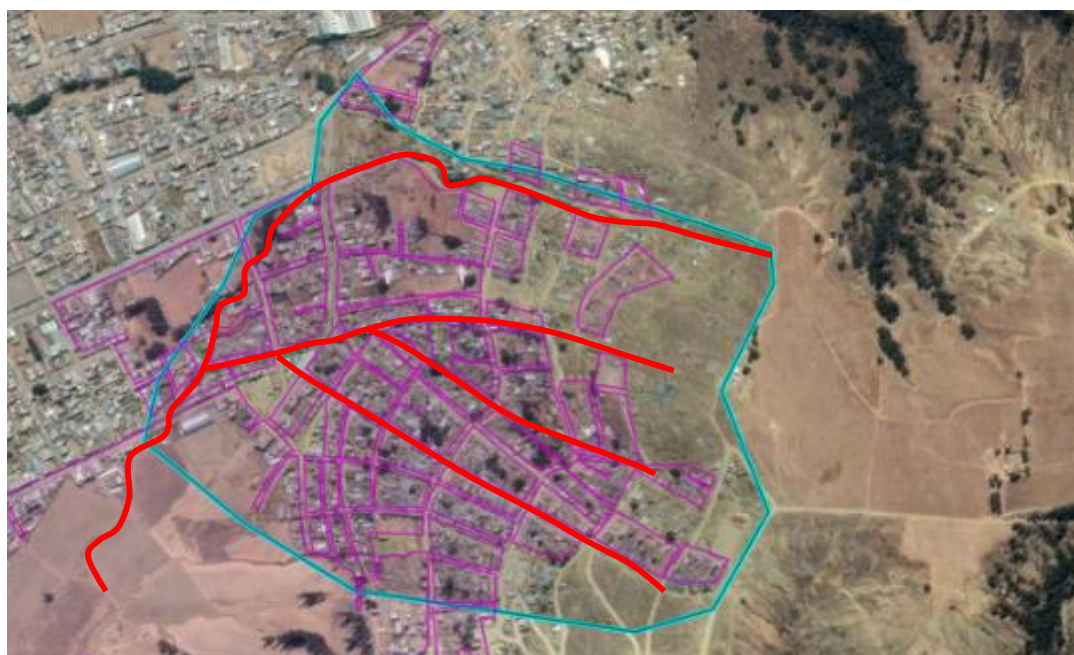


Imagen 6: Manzanas en exposición a inundaciones-Sector 03

Las características físicas de las viviendas se describen a continuación:

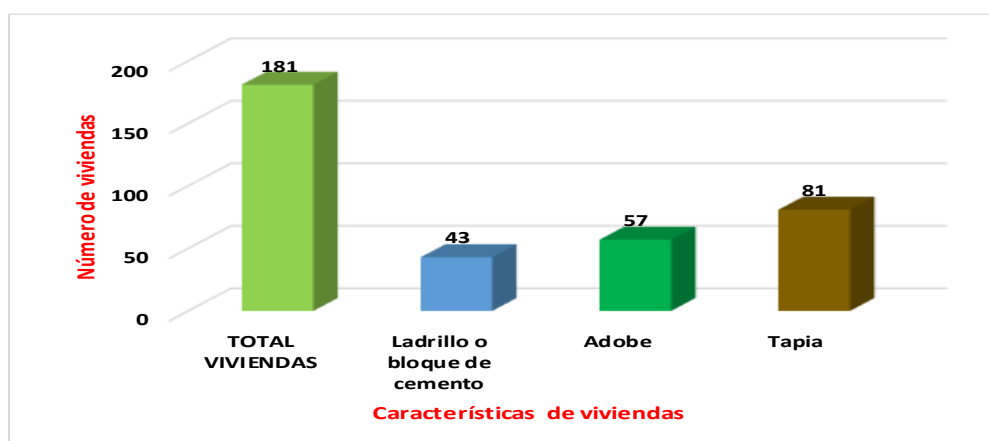


Figura 25: Características de vivienda-Exposición a inundación Sector 03

La figura 25 muestra las características que presentan las viviendas expuestas en el sector 03 en donde el 23.76% tiene casas construidas con

ladrillo o bloque de cemento los cuales de acuerdo a la observación efectuada han sido construidas sin una adecuada dirección técnica; el 31.49% de viviendas son de adobe si ningún tipo de refuerzo el cual lo hace más vulnerable ante cualquier peligro que ocurra en la zona. El 44.75% cuenta con viviendas de tapia los cuales tampoco presentan ningún tipo de refuerzo estructural los cuales se encuentran bastante precarios.

Las viviendas se encuentran muy cercanas al peligro identificado que van desde los 2 hasta los 100 metros. Las características de terreno presentan una pendiente de 18.18% desde la parte más alejada del cauce hasta el punto de descarga.

La cobertura vegetal identificado en función al área total (72.20 Ha) del Sector 03, no cuenta con ningún tipo de cobertura el 31.86%, el 0.97% está conformado por pequeñas concentraciones de árboles.

Tabla 30
Ponderación de la Vulnerabilidad Física

Variable	Cantidad	NIVEL DE VULNERABILIDAD				Total %	Valoración	Total valoración
		VB	VM	VA	VMA			
		1	2	3	4			
		<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%			
Material de construcción utilizada en las viviendas	Ladrillo o bloque de cemento	43	2			23.76	0.48	
	Adobe	57		3		31.49	0.94	
	Tapia, piedra con barro	81			4	44.75	1.79	3.21
	Triplay, calamina o estera	0			4	0.00	0.00	
Localización de las viviendas	2 a 100 metros	181			4	100.00	4.00	4.00
Calidad y tipo de suelo	Suelos arena limosa con capacidad portante < de 2 kg/cm ²	181		3		100.00	3.00	3.00
Leyes existentes	No cumplen las leyes	181		3		100.00	3.00	3.00
Total								13.21
Promedio								3.30

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la presencia de leyes, se cuentan con diversos instrumentos como son el reglamento nacional de edificaciones y el plan de uso de suelos ante desastres en donde se especifica que el sector 03 delimitado es suelo urbano ocupado en riesgo sujeto a reglamentación especial.

La tabla 30 muestra la ponderación efectuada en la determinación de la vulnerabilidad física teniendo un valor de 3.30 el cual demuestra que la identificación de la población se encuentra en una vulnerabilidad alta. La localización de las viviendas constituye una vulnerabilidad muy alta por la cercanía al peligro, las leyes existentes se encuentran dentro del rango de vulnerabilidad alta. El tipo de material para la construcción de las viviendas y las características del suelo están en el rango de vulnerabilidad alta.

Vulnerabilidad Económica

En cuanto a la vulnerabilidad económica se evaluó en función a las condiciones de la vivienda en donde según se midió en función a un tipo de indicador el cual es el material de piso de la vivienda y el nivel de ingreso según las necesidades básicas insatisfechas.

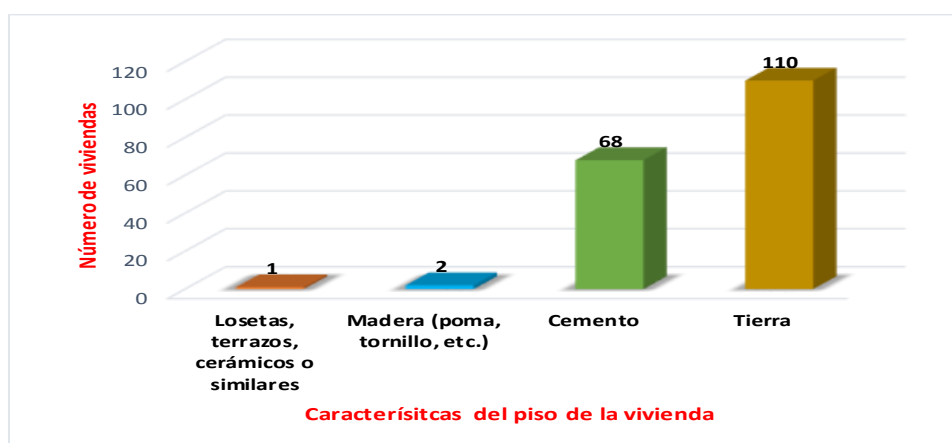


Figura 26: Condiciones de la vivienda

La figura 26 muestra el material del piso que cuentan las viviendas, en donde el 60.77% cuenta con piso de tierra, el 37.57% tiene el piso de cemento no pulido, el 1.10% cuentan con pisos de madera y sólo el 0.55% de las viviendas tiene pisos de losetas, terrazos, cerámicos o similares. En cuanto al nivel de ingresos se ha determinado en función a que los hogares

pueden cubrir las necesidades básicas, por lo que se tomó como referencia la tenencia de red de desagüe domiciliaria.

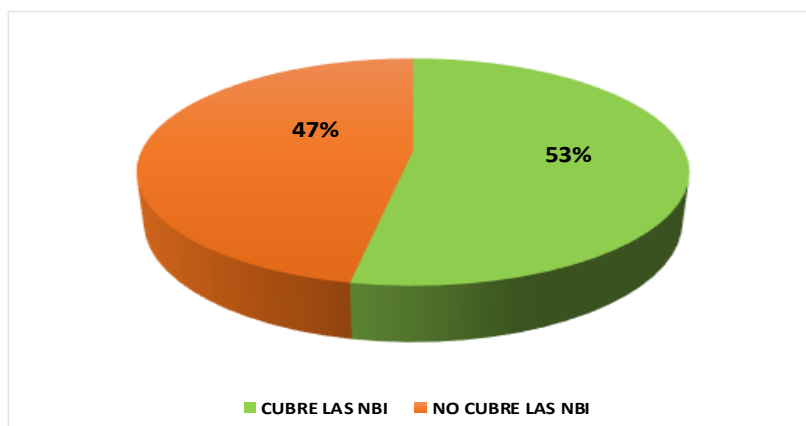


Figura 27: Nivel de ingresos

La figura 27 muestra que 53% de los hogares cubren sus necesidades básicas entendiéndose que los ingresos que perciben en un mes sólo cubren lo básico en este caso agua, luz y desagüe, el 45% de los hogares no cubren al menos una necesidad básica, haciéndolos más vulnerables de poder hacerle frente al peligro de inundación. En base a la información anterior, se procedió a la ponderación del nivel de vulnerabilidad económica.

Tabla 31
Ponderación de la Vulnerabilidad Económica

Variable	Cantidad	NIVEL DE VULNERABILIDAD				Total %	Valoración	Total valoración
		VB	VM	VA	VMA			
		<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%			
		1	2	3	4			
Condiciones de vivienda	Parquet, láminas, Losetas, terrazos, cerámicos o similares	1	1			0.55	0.01	
	Madera (poma, tornillo, etc.)	2	1			1.10	0.01	3.57
	Cemento	68		3		37.57	1.13	
	Tierra	110			4	60.77	2.43	
Nivel de ingresos	Cubre las NBI	96		3		53.04	1.59	3.47
	No cubre las NBI	85			4	46.96	1.88	
Total								7.04
Promedio								3.52

Fuente: Elaboración propia

La tabla 31 nos muestra el nivel de vulnerabilidad económica teniendo como valor de 3.52 el cual indica una vulnerabilidad alta para la población.

Vulnerabilidad Social

En cuanto a la vulnerabilidad social se realizó en función a la respuesta de la población frente un peligro, el nivel de organización, participación, relación con las autoridades locales e integración con diversas instituciones. La consolidación poblacional es muy importante dado que ello permitirá una mejor gestión para la prevención de diversos eventos externos que afecten el desarrollo normal de una población.

Tabla 32
Ponderación de la Vulnerabilidad Social

Variable	Cantidad	Nivel de vulnerabilidad				Total %	Valoración	Total valoración
		VB	VM	VA	VMA			
		1	2	3	4			
		<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%			
Nivel de organización	Población totalmente organizada	0				0.00	0.00	
	Población organizada	0				0.00	0.00	3.00
	Población escasamente organizada	181		3		100.00	3.00	
	Población no organizada	0				0.00	0.00	
Participación de la población en trabajos comunitarios	Participación total	0				0.00	0.00	
	Participación de la mayoría	0				0.00	0.00	3.80
	Mínima participación	36		3		19.89	0.60	
Grado de relación entre las organizaciones e instituciones locales	Nula participación	145			4	80.11	3.20	
	Fuerte relación					0.00	0.00	
	Medianamente relacionados					0.00	0.00	
	Débil relación	108		3		59.67	1.79	3.40
Tipo de integración entre organizaciones e instituciones locales	No existe	73			4	40.33	1.61	
	Integración total	0				0.00	0.00	
	Integración parcial	0				0.00	0.00	
Baja integración	Baja integración	0				0.00	0.00	4.00
	No existe integración	181			4	100.00	4.00	
Total						0.00	0.00	14.20
Promedio								3.55

Fuente: Elaboración propia

La tabla 32 muestra la ponderación de las variables en función al nivel de vulnerabilidad, en la cual se ha obtenido una puntuación de 3.55 valor que indica que el sector expuesto presenta una vulnerabilidad alta en la dimensión social.

Según los pobladores de la zona no existe mayor interés por parte del área de defensa civil de la Municipalidad Distrital de Chilca frente a la ocurrencia de eventuales inundaciones en la zona, pues sólo se limitan a constituirse a la zona, tomas fotos, entregan algunos materiales y nunca más retornan, por otro lado, lo más preocupante es que no tomas acciones correctivas frente la ocurrencia. Culminado el proceso de evaluación de cada dimensión se procedió a efectuar la ponderación total por cada dimensión para luego tener como resultado la vulnerabilidad general.

Tabla 33
Composición de la Vulnerabilidad según tipo

Tipo	Nivel de vulnerabilidad				Total
	VB	VM	VA	VMA	
	1	2	3	4	
	<25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%	
Física			3.30		3.30
Económica			3.52		3.52
Social			3.55		3.55
Total					10.38
Promedio					3.46

Fuente: Elaboración propia

La tabla 33 muestra el resultado final de la evaluación realizada teniendo el valor de 3.46 como vulnerabilidad general Alta.

4.2. Incremento de volúmenes máximos

Procesamiento de datos de la información hidrológica de precipitación total mensual (mm)

Se realizó el análisis de correlación entre las 04 estaciones meteorológicas con la finalidad de determinar el nivel de asociación de las variables.

Tabla 34
Coefficiente de correlación entre variables

	Huayao	Santa Ana	Viques	Shullcas
Huayao	1			
Santa Ana	0.53247969	1		
Viques	0.63502426	0.68495312	1	
Shullcas	0.25891786	0.79488565	0.6219535	1

Fuente: Elaboración propia

Con los datos se procedió a la completación y extensión de datos agrupando entre pares de estaciones, Huayao-Santa Ana, Huayao-Viques y Santa Ana-Shullcas. El periodo de análisis seleccionado fue de 1980 a 2018.

Tabla 35
Periodo de análisis para precipitación total mensual total (mm)

Estación	Ubicación	Periodo de registro	Periodo de análisis
Huayao	Huachac	1980-2018	1980-2018
Viques	Viques	1998-2018	1980-2018
Santa Ana	El Tambo	1992-2018	1980-2018
Shullcas	Huancayo	2007-2018	1980-2018

Fuente: SENAMHI/DRD

Se realizó la extensión o completación de datos de precipitación mensual total mediante método de regresión lineal, en la que se determinó los parámetros, la ecuación y los criterios de confiabilidad.

Estación Huayao-Santa Ana

Los meses con datos faltantes estimados fueron de agosto a diciembre del año 2015 y de agosto a diciembre del año 2015, así como la extensión de datos hasta el año 1980.

Tabla 36
Parámetros estimados para la completación de datos faltantes año 2015

MESES	Parámetros				Criterios de confiabilidad						Ecuación
	\bar{y}_i	\bar{x}_1	$S_{1(Y)}$	$S_{1(x)}$	r	t_c	Prob.	$\alpha/2$	G.L	t_t	$y_t = \bar{y}_i + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_1)$
Agosto	12.23	14.41	9.13	11.25	0.421	2.28	0.95	0.025	24	2.064	$y_t = 12.23 + 0.421 \frac{9.13}{11.25} (x_t - 14.412)$
Setiembre	35.67	0.804	21.23	19.98	0.804	6.63	0.95	0.025	24	2.064	$y_t = 35.67 + 0.804 \frac{21.23}{19.98} (x_t - 39.13)$
Octubre	64.56	61.66	28.13	23.53	0.649	4.18	0.95	0.025	24	2.064	$y_t = 64.56 + 0.649 \frac{28.13}{23.53} (x_t - 61.66)$
Noviembre	72.57	60.55	25.22	24.03	0.664	4.34	0.95	0.025	24	2.064	$y_t = 72.57 + 0.664 \frac{25.22}{24.03} (x_t - 60.55)$
Diciembre	108.72	99.26	35.47	28.09	0.483	2.7	0.95	0.025	24	2.064	$y_t = 108.72 + 0.483 \frac{35.47}{28.09} (x_t - 99.26)$

Fuente. Elaboración propia

Tabla 37
Parámetros estimados para la completación de datos faltantes año 2016

MESES	Parámetros					Criterios de confiabilidad					Ecuación
	\bar{y}_i	\bar{x}_1	$S_{1(Y)}$	$S_{1(x)}$	r	t_c	Prob.	$\alpha/2$	G.L	t_t	$y_t = \bar{y}_i + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}}(x_t - \bar{x}_1)$
Enero	115.8	119.8	43.95	38.31	0.792	6.352	0.95	0.025	24	2.064	$y_t = 115.79 + 0.792 \frac{43.95}{38.31}(x_t - 119.79)$
Febrero	124.2	122.8	40.62	44.65	0.513	2.925	0.95	0.025	24	2.064	$y_t = 124.15 + 0.513 \frac{40.62}{44.65}(x_t - 122.75)$
Marzo	103.5	101.5	38.48	33.06	0.801	6.56	0.95	0.025	24	2.062	$y_t = 103.54 + 0.801 \frac{38.48}{33.06}(x_t - 101.46)$

Fuente. Elaboración propia

Cómo puede visualizarse en las tablas 36 y 37 al efectuar la comparación entre el t_c con el t_t , tenemos como resultado que el t_c es mayor en todos los casos por lo que se deduce que r es significativo por lo que existe correlación entre las variables y_t y x_t . El valor del t_t , fue obtenido de las tablas t de Student.

Tabla 38

Precipitación total mensual completa- Estación Santa Ana

AÑO	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1980	61.4	86.5	181.8	37.2	13.5	0.2	5.8	10.1	16.5	110.9	66.1	94.8	684.7
1981	115.6	224.7	106.5	52.1	9.4	2.8	9.1	21.5	58.4	99.3	80.7	131.7	911.7
1982	114.2	109.5	70.0	57.5	6.2	9.7	5.2	15.5	39.0	120.4	84.6	101.2	732.9
1983	120.3	57.3	121.4	39.2	16.2	12.8	2.7	11.1	36.5	63.3	67.1	69.6	617.4
1984	162.2	206.3	141.3	39.6	16.2	10.4	3.8	7.8	39.6	84.8	143.4	83.9	939.3
1985	78.2	153.7	84.0	51.9	14.0	5.3	6.3	10.8	78.9	75.8	92.5	131.7	783.0
1986	149.6	210.3	155.9	98.4	10.8	0.2	5.0	14.4	37.2	42.1	55.2	95.6	874.8
1987	148.7	140.2	72.4	63.1	12.0	14.1	7.2	9.3	36.3	42.9	59.2	120.2	725.7
1988	197.2	124.0	90.7	50.6	16.7	1.1	2.4	10.2	25.3	70.0	51.2	146.7	786.1
1989	94.6	178.5	144.2	73.6	13.1	13.9	2.6	13.2	13.8	111.9	61.8	73.0	794.1
1990	115.1	130.0	102.4	42.4	14.4	57.5	6.4	14.7	54.3	74.8	123.0	106.2	841.0
1991	71.4	56.2	160.9	69.1	20.2	15.3	3.0	7.3	51.1	61.1	75.7	71.7	663.0
1992	77.3	88.8	50.2	16.8	3.4	11.5	2.9	17.6	15.7	33.4	67.0	36.6	421.2
1993	112.0	106.4	109.1	88.5	23.4	1.8	3.4	13.0	14.5	19.6	63.2	66.2	621.1
1994	100.4	76.8	62.8	36.8	16.6	6.0	0.0	5.7	5.3	44.8	63.9	94.8	513.9
1995	77.6	78.7	108.2	19.8	7.4	1.5	6.4	8.7	17.8	86.7	76.8	120.1	609.7
1996	113.7	90.5	107.2	71.4	3.8	1.0	0.0	3.3	39.1	40.7	50.3	96.4	617.4
1997	120.9	146.3	60.9	30.3	3.3	2.1	2.4	20.2	32.4	46.0	74.2	155.8	694.8
1998	182.3	181.9	56.3	71.1	7.6	7.0	0.0	7.6	27.7	94.4	89.9	88.1	813.9
1999	83.6	159.8	81.5	31.6	6.2	20.4	11.1	3.6	60.5	67.4	102.0	83.4	711.1
2000	103.6	138.2	89.3	39.6	15.0	1.8	7.3	21.4	5.5	60.1	43.0	82.2	607.0
2001	108.9	117.5	178.6	31.5	9.9	0.8	8.4	4.1	40.2	78.3	71.3	120.7	770.2
2002	67.2	112.3	127.4	36.5	12.1	1.5	24.3	21.9	62.2	84.8	132.7	115.9	798.8
2003	95.5	121.2	166.9	64.3	30.9	0.0	0.5	21.0	25.4	25.7	83.8	166.4	801.6
2004	71.3	136.4	78.3	29.5	13.3	11.0	9.9	11.7	35.4	37.7	95.9	126.9	657.3
2005	50.8	120.8	87.5	26.8	5.2	12.0	2.6	0.4	13.1	129.8	60.0	134.7	643.7
2006	178.3	91.0	91.7	28.5	1.4	6.4	5.1	12.1	41.4	56.4	73.2	143.1	728.6
2007	104.0	75.5	150.7	37.2	13.7	0.0	6.3	13.6	20.8	56.9	59.8	74.5	613.0
2008	116.0	94.5	46.3	24.7	11.0	11.1	0.0	6.2	45.7	117.4	48.9	97.5	619.3
2009	94.7	102.8	120.9	84.2	11.0	1.8	7.6	23.3	39.1	48.4	129.1	133.2	796.1
2010	142.9	151.0	84.1	26.9	0.7	3.1	19.4	6.9	7.0	68.7	49.8	122.4	682.9
2011	205.7	271.0	139.2	79.1	11.5	0.0	9.8	3.8	79.9	73.4	55.7	140.7	1069.8
2012	108.4	133.6	75.8	126.7	29.5	28.0	0.0	2.0	37.1	58.0	61.8	184.5	845.4
2013	160.0	128.2	85.9	49.6	11.1	5.0	3.7	32.0	38.7	58.3	38.0	131.0	741.5
2014	161.0	99.5	179.7	64.1	32.1	0.3	4.2	32.1	83.4	34.3	103.1	100.7	894.5
2015	111.6	118.0	95.6	56.0	23.1	27.1	5.3	10.0	25.3	57.2	93.3	124.5	747.1
2016	41.3	133.3	76.5	53.6	16.3	0.0	1.4	4.8	29.3	72.5	92.6	72.7	594.3
2017	160.5	143.4	109.4	90.9	14.3	0.8	0.0	3.8	56.0	68.9	63.9	83.8	795.7
2018	164.6	143.7	148.6	23.3	0.0	5.1	6.4	17.1	54.1	115.9	37.0	54.4	770.2
MAX.	205.70	271.00	181.85	126.70	32.10	57.52	24.30	32.10	83.40	129.80	143.44	184.50	1069.80
MED.	116.48	129.18	107.69	51.64	12.73	7.96	5.33	12.15	36.91	69.05	75.40	107.12	731.63
MIN	41.32	56.22	46.30	16.80	0.00	0.00	0.00	0.40	5.30	19.60	37.00	36.60	421.19
D.EST.	40.71	45.72	38.14	24.75	7.72	10.92	4.98	7.71	20.04	27.82	25.82	32.22	123.70

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de verificar si la información obtenida es confiable se procedió a efectuar el análisis de consistencia para la utilización de la serie de datos.

Análisis doble masa-Estación Santa Ana

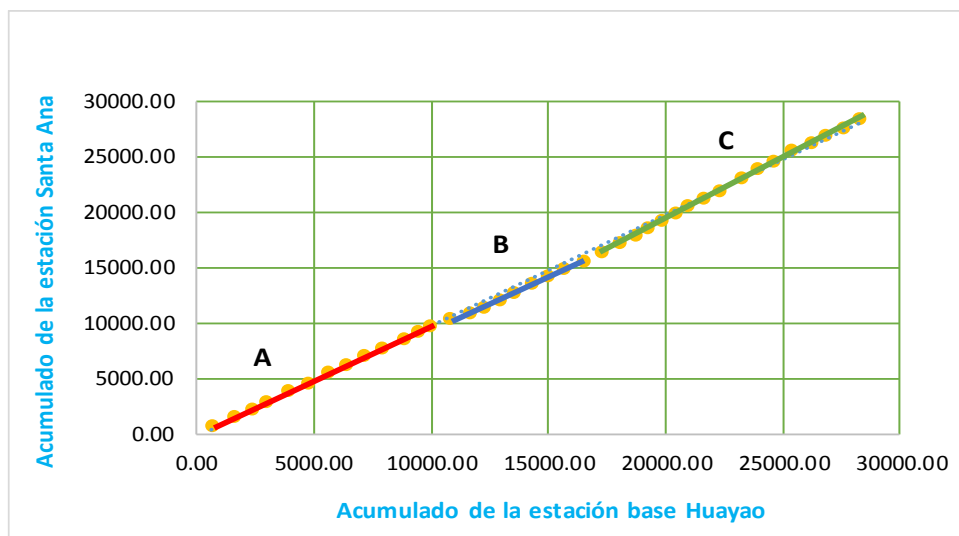


Figura 28: Análisis doble masa para periodos de estudio. Fuente: Elaboración propia

Cómo puede observarse en la figura 28, se estableció dos posibles periodos dudosos en donde existen algunos quiebres, por lo que fue necesario su análisis entre los tramos A y B, posteriormente los tramos A, B y C.

Análisis estadístico para el tramo A y B

Tabla 39

Consistencia de la media tramo A y B-Estación Santa Ana

Media	Desviación estandar	t_c	t_t	t_c con t_t
$\bar{x}_1 = 751.91$	$s_1(x) = 137.99$	$S_p = 122.09$	$Prob = 95\%$	$t_c < t_t$
$\bar{x}_2 = 662.12$	$s_2(x) = 93.29$	$S_d = 52.94$	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$	$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$
		$t_c = 1.70$	$G.L = 20$	
			$t_t = 2.086$	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 39 nos muestra que el t calculado es menor que el t tabulado por lo que estadísticamente las medias $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ son iguales. La tabla 40 nos muestra que estadísticamente $S_1^2(x) = S_2^2(x)$ son iguales, por consiguiente no se necesita hacer ningún proceso de corrección a nuestros datos.

Tabla 40
Consistencia de la desviación estándar tramo A y B-Estación Santa Ana

Varianzas	F_c	F_t	F_c con F_t
$S_1^2(x) = 19,042$	$F_c = 2.19$	$Prob = 0.95$	$F_c < F_t$
$S_2^2(x) = 8,703$		$\alpha = 0.05$	$S_1^2(x) = S_2^2(x)$
		$F_t = 3.28$	

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico para el tramo A, B y C

Tabla 41
Consistencia de la media tramo A, B y C-Estación Santa Ana

Media	Desviación estándar	t_c	t_t	t_c con t_t
$\bar{x}_1 = 715.18$	$s_1(x) = 127.43$	$S_p = 123.88$	$Prob = 95\%$	$t_c < t_t$
$\bar{x}_2 = 752.93$	$s_2(x) = 119.06$	$S_d = 40.00$	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$	$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$
		$t_c = -0.94$	$G.L = 37$	
			$t_t = 1.96$	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42
Consistencia de la desviación estándar tramo A, B y C-Estación Santa Ana

Varianzas	F_c	F_t	F_c con F_t
$S_1^2(x) = 16,238$	$F_c = 1.15$	$Prob = 0.95$	$F_c < F_t$
$S_2^2(x) = 14,175$		$\alpha = 0.05$	$S_1^2(x) = S_2^2(x)$
		$F_t = 2.26$	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 41 nos muestra que el t calculado es menor que el t tabulado por lo que estadísticamente las medias $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ son iguales. La tabla 42 nos muestra que estadísticamente $S_1^2(x) = S_2^2(x)$ son iguales, por lo que no fue necesario hacer ningún tipo de corrección a nuestros datos de precipitación debido a que muestran por ser consistentes consiguiente no se necesita hacer ningún proceso de corrección a nuestros datos.

Análisis estadístico de la información hidrológica

Modelo de distribución normal

Tabla 43

Parámetros de distribución normal-Estación Santa Ana

Parámetros	Cantidad (mm)
Media (mm)	731.63
Desviación	123.70
Número de datos	39.00
Mínimo	421.19
Máximo	1,069.80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Resultados del ajuste utilizando la aplicación de Cestadis- Estación Santa Ana

m	P=X (mm)	$\frac{P(X)}{m}$ $\frac{m}{n+1}$	$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$	F(Z)	Δ $ F(Z)-P(x) $
1	427.3	0.0250	-2.46	0.00695	0.0181
2	513.9	0.0500	-1.76	0.0392	0.0108
3	602.6	0.0750	-1.04	0.14917	0.0742
4	607.0	0.1000	-1.01	0.15625	0.0563
5	609.7	0.1250	-0.99	0.16109	0.0361
6	613.0	0.1500	-0.96	0.16853	0.0185
7	617.4	0.1750	-0.92	0.17879	0.0038
8	619.3	0.2000	-0.91	0.18141	0.0186
9	621.1	0.2250	-0.89	0.18673	0.0383
10	635.2	0.2500	-0.78	0.2177	0.0323
11	643.7	0.2750	-0.71	0.23885	0.0362
12	657.3	0.3000	-0.60	0.27425	0.0258
13	682.9	0.3250	-0.39	0.34827	0.0233
14	685.9	0.3500	-0.37	0.35569	0.0057
15	694.8	0.3750	-0.30	0.38209	0.0071
16	701.7	0.4000	-0.24	0.40517	0.0052
17	711.1	0.4250	-0.17	0.43251	0.0075
18	726.4	0.4500	-0.04	0.48405	0.0341
19	728.6	0.4750	-0.02	0.49202	0.0170
20	736.1	0.5000	0.04	0.51595	0.0160
21	741.5	0.5250	0.08	0.53188	0.0069
22	745.6	0.5500	0.11	0.5438	0.0062
23	770.2	0.5750	0.31	0.62172	0.0467
24	770.2	0.6000	0.31	0.62172	0.0217
25	779.7	0.6250	0.39	0.65173	0.0267
26	784.6	0.6500	0.43	0.6664	0.0164
27	795.7	0.6750	0.52	0.69847	0.0235
28	796.1	0.7000	0.52	0.69847	0.0015
29	798.8	0.7250	0.54	0.7054	0.0196
30	799.4	0.7500	0.55	0.70884	0.0412
31	801.6	0.7750	0.57	0.71566	0.0593
32	813.9	0.8000	0.67	0.74857	0.0514
33	844.0	0.8250	0.91	0.81859	0.0064
34	845.4	0.8500	0.92	0.82121	0.0288
35	874.1	0.8750	1.15	0.87493	0.0001
36	894.5	0.9000	1.32	0.90658	0.0066
37	902.7	0.9250	1.38	0.91621	0.0088
38	932.6	0.9500	1.62	0.94738	0.0026
39	1069.8	0.9750	2.73	0.99683	0.0218
				$\Delta = \Delta_{max}$	0.0742
				Δ_o crítico	0.2200
				$\Delta = \Delta_{max} < \Delta_o$ crítico	

La tabla 43 y 44 muestran los resultados para una distribución normal en donde luego de los cálculos efectuados el $\Delta_{max} < \Delta_0$ crítico, por lo que se concluye que los datos se ajustan a la distribución normal con una probabilidad del 95% y un nivel de significación del 5%.

Estación Huayao-Viques

Se efectuó la estimación del dato faltante que corresponde al mes de enero del 2017 y la extensión de datos de 1980 a 1997.

Tabla 45
Parámetros estimados para la completación y extensión de datos-Estación Viques

MESES	Parámetros					Criterios de confiabilidad					Ecuación
	\bar{y}_i	\bar{x}_1	$S_{1(y)}$	$S_{1(x)}$	r	t_c	Prob.	$\alpha/2$	G.L.	t_t	$y_t = \bar{y}_i + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}}(x_t - \bar{x}_1)$
Enero	106.30	108.26	41.73	40.41	0.769	5.110	95%	0.025	18	2.101	$y_t = 106.30 + 0.769 \frac{41.73}{40.41}(x_t - 108.26)$
Febrero	124.90	119.34	52.81	46.40	0.797	5.742	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 124.90 + 0.797 \frac{52.81}{46.40}(x_t - 119.34)$
Marzo	96.02	99.62	43.50	35.67	0.793	5.677	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 96.02 + 0.793 \frac{43.50}{35.67}(x_t - 99.62)$
Abril	37.09	52.06	27.23	25.78	0.465	2.291	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 37.09 + 465 \frac{27.23}{25.78}(x_t - 52.06)$
Mayo	12.30	14.94	10.12	15.34	0.586	3.148	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 12.30 + 0.586 \frac{10.12}{15.34}(x_t - 14.94)$
Junio	7.17	7.26	9.17	6.72	0.602	3.289	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 7.17 + 0.602 \frac{9.17}{6.72}(x_t - 7.26)$
Julio	7.30	6.35	9.57	6.30	0.798	5.781	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 7.30 + 0.798 \frac{9.57}{6.30}(x_t - 6.35)$
Agosto	10.58	13.26	9.93	12.31	0.511	2.588	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 10.58 + 0.511 \frac{9.93}{12.31}(x_t - 13.26)$
Septiembre	35.74	43.86	17.23	18.93	0.505	2.547	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 35.74 + 0.505 \frac{17.23}{18.93}(x_t - 43.86)$
Octubre	60.61	62.40	28.07	25.33	0.738	4.765	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 60.61 + 0.738 \frac{28.07}{25.33}(x_t - 62.40)$
Noviembre	55.55	61.72	18.00	23.71	0.524	2.682	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 55.55 + 0.524 \frac{18.00}{23.71}(x_t - 61.72)$
Diciembre	96.20	99.56	41.33	28.90	0.571	3.028	95%	0.025	19	2.093	$y_t = 96.20 + 0.571 \frac{41.33}{28.90}(x_t - 99.56)$

Fuente. Elaboración propia

Los parámetros calculados en la tabla 45 nos muestran que el t_c es mayor que el t_t tabulado, deduciendo que r es significativo, existiendo correlación entre las variables de precipitación estudiadas.

Tabla 46
Precipitación total mensual completa- Estación Viques

AÑO	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1980	67.88	96.04	178.99	27.72	13.40	1.20	6.61	8.45	23.28	108.76	51.41	77.30	661.03
1981	115.31	234.01	100.83	38.93	9.54	3.50	10.61	22.21	45.77	96.58	59.72	126.74	863.76
1982	114.04	119.06	63.01	43.00	6.52	9.74	5.88	15.00	35.35	118.81	61.95	85.87	678.25
1983	119.44	66.94	116.31	29.24	15.95	12.54	2.85	9.65	34.02	58.65	51.96	43.61	561.15
1984	156.07	215.61	136.91	29.54	15.91	10.40	4.22	5.78	35.67	81.29	95.57	62.78	849.75
1985	82.58	163.12	77.52	38.83	13.90	5.80	7.24	9.28	56.78	71.81	66.45	126.66	719.97
1986	145.02	219.60	152.10	73.77	10.89	1.20	5.68	13.64	34.38	36.41	45.16	78.44	816.31
1987	144.23	149.70	65.53	47.18	12.01	13.77	8.27	7.59	33.92	37.23	47.43	111.32	678.19
1988	186.66	133.48	84.49	37.84	16.37	2.02	2.56	8.66	28.00	65.76	42.85	146.73	755.42
1989	96.96	187.87	139.91	55.14	12.97	13.52	2.70	12.20	21.81	109.90	48.94	48.09	750.02
1990	114.83	139.46	96.58	31.65	14.21	52.86	7.39	13.97	43.56	70.75	83.88	92.64	761.79
1991	76.62	65.85	157.23	51.70	19.73	14.84	3.19	5.12	41.87	56.36	56.90	46.38	595.78
1992	81.78	109.36	79.07	22.86	9.54	15.16	3.11	9.90	27.87	51.78	44.76	64.25	519.44
1993	131.28	147.71	103.25	62.02	13.67	2.02	3.72	15.37	15.61	63.31	74.37	123.89	756.22
1994	113.80	196.12	123.47	56.08	18.50	2.43	0.00	12.08	23.18	57.50	55.54	106.02	764.73
1995	75.03	135.74	120.86	21.14	16.87	3.34	7.36	11.83	32.36	71.73	53.28	95.17	644.70
1996	116.66	119.88	101.41	30.03	8.30	2.27	0.00	11.83	26.03	57.59	43.81	85.13	602.94
1997	102.84	141.73	67.94	29.93	7.64	1.45	2.51	12.61	37.00	37.72	60.80	117.36	619.53
1998	123.30	123.20	23.80	22.50	0.00	2.70	0.00	10.40	5.60	112.30	69.00	34.90	527.70
1999	89.40	167.00	59.20	29.70	0.00	3.40	5.80	0.00	36.10	22.90	50.70	46.80	511.00
2000	82.30	99.00	89.30	18.30	13.00	2.80	5.80	35.10	36.10	68.40	34.20	84.30	568.60
2001	163.70	103.80	143.10	29.30	23.00	0.00	23.60	8.80	53.50	116.90	47.00	104.60	817.30
2002	121.40	127.90	81.30	19.60	0.00	1.10	20.80	0.00	41.60	72.40	98.20	51.20	635.50
2003	75.40	166.30	129.30	43.00	14.20	0.00	0.00	7.40	30.40	26.00	79.90	90.80	662.70
2004	22.00	135.30	67.10	40.50	25.80	23.50	11.10	14.20	29.60	33.00	52.30	97.30	551.70
2005	54.10	76.20	61.80	21.20	11.90	0.00	0.00	17.50	32.40	108.00	51.10	80.60	514.80
2006	131.70	81.00	87.80	34.80	0.00	4.40	0.00	27.70	21.60	51.80	39.90	110.30	591.00
2007	84.10	42.10	108.10	25.10	0.00	0.00	9.20	0.00	23.40	31.20	37.20	35.00	395.40
2008	123.80	109.20	69.10	0.00	2.10	9.60	0.00	0.00	38.00	78.40	52.80	104.80	587.80
2009	87.80	57.50	118.90	39.90	22.10	0.00	5.80	21.40	9.90	59.00	83.10	171.80	677.20
2010	150.00	89.50	103.50	38.00	0.00	22.10	38.00	6.80	15.40	33.10	59.20	188.60	744.20
2011	202.60	300.10	180.70	96.70	17.30	0.00	8.40	11.00	69.40	53.40	56.00	128.60	1124.20
2012	115.50	153.40	92.10	122.10	21.00	19.70	5.60	6.20	55.70	42.90	42.20	144.30	820.70
2013	105.40	152.40	77.80	9.00	18.30	15.20	5.80	23.50	45.10	50.50	22.40	130.10	655.50
2014	173.40	134.50	160.80	55.60	31.30	16.30	2.00	3.10	63.30	66.60	73.10	116.50	896.50
2015	105.40	116.70	75.10	30.90	16.30	26.10	7.20	13.50	46.10	56.70	60.40	92.20	646.60
2016	114.70	150.30	25.70	33.20	22.80	0.00	0.00	0.00	26.90	59.30	50.10	74.20	557.20
2017	172.36	137.60	82.90	38.80	9.60	0.00	0.00	3.00	52.50	37.60	41.70	65.40	641.46
2018	157.60	99.90	179.00	30.60	9.50	3.60	4.10	12.60	18.00	92.50	66.10	67.80	741.30
MAX.	202.60	300.10	180.70	122.10	31.30	52.86	38.00	35.10	69.40	118.81	98.20	188.60	1124.20
MED.	115.31	134.98	102.10	38.60	12.67	8.17	6.08	10.96	34.54	64.74	56.70	93.81	678.65
MÍN	22.00	42.10	23.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.60	22.90	22.40	34.90	395.40
D.EST.	37.89	51.61	39.48	22.09	7.78	10.53	7.33	7.70	14.21	26.71	16.27	36.46	134.53

Fuente: Elaboración propia

Para su utilización se procedió a determinar si los datos de precipitación son consistentes por lo cual se procedió a realizar el análisis respectivo.

Análisis doble masa-Estación Viques

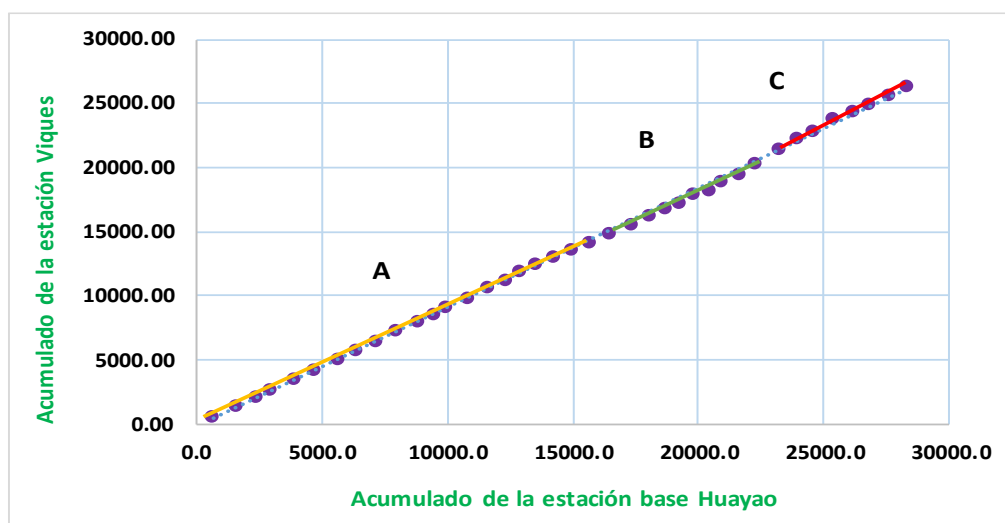


Figura 29: Análisis doble masa para periodos de estudio. Fuente: Elaboración propia

La figura 29 muestra el análisis doble masa en la cual se han establecido los periodos A, B y C para su estudio con el análisis estadístico.

Análisis estadístico para el tramo A y B

Tabla 47

Consistencia de la media tramo A y B- Estación Viques

Media	Desviación estandar	t_c	t_t	t_c con t_t
$\bar{x}_1 = 676.49$	$s_1(x) = 108.43$	$S_p = 111.85$	$Prob = 95\%$	$t_c < t_t$
$\bar{x}_2 = 617.76$	$s_2(x) = 119.11$	$S_d = 42.98$	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$	$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$
		$t_c = 1.37$	$G.L = 29$	
			$t_t = 2.045$	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48

Consistencia de la desviación estándar-Estación Viques

Varianzas	F_c	F_t	F_c con F_t
$S_1^2(x) = 11,757$	$F_c = 1.21$	$Prob = 0.95$	$F_c < F_t$
$S_2^2(x) = 14,188$		$\alpha = 0.05$	$S_1^2(x) = S_2^2(x)$
		$F_t = 2.39$	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 47 muestra que $t_c < t_t$ por consiguiente las medias son iguales; por otro lado, la tabla 48 muestra que $F_c < F_t$ concluyéndose que las desviaciones estándar son estadísticamente iguales. Por lo que el tramo analizado no se corrige por tener una consistencia del 95% de probabilidad.

Análisis estadístico para el tramo A, B y C

Tabla 49
Consistencia de la media tramo A, B y C- Estación Viques

Media	Desviación estandar	t_c	t_t	t_c con t_t
$\bar{x}_1 = 657.54$	$s_1(x) = 113.46$	$S_p = 129.50$	$Prob = 95\%$	$t_c < t_t$
$\bar{x}_2 = 760.43$	$s_2(x) = 182.94$	$S_d = 51.35$	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$	$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$
		$t_c = -2.00$	$G.L = 37$	
			$t_t = 1.96$	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 49 muestra que $t_c < t_t$ por consiguiente las medias son iguales; por otro lado, la tabla 50 muestra que $F_c < F_t$ concluyéndose que las desviaciones estándar son estadísticamente iguales. Por lo que el tramo analizado no se corrige por tener una consistencia del 95% de probabilidad.

Tabla 50
Consistencia de la desviación estándar tramo A, B y C-Estación Viques

Varianzas	F_c	F_t	F_c con F_t
$S_1^2(x) = 12,873$	$F_c = 2.60$	$Prob = 0.95$	$F_c < F_t$
$S_2^2(x) = 33,467$		$\alpha = 0.05$	$S_1^2(x) = S_2^2(x)$
		$F_t = 3.38$	

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico de la información hidrológica

Modelo de distribución normal

Tabla 51
Parámetros de distribución normal-Estación Viques

Parámetros	Cantidad (mm)
Media (mm)	678.65
Desviación	134.53
Número de datos	39.00
Mínimo	395.40
Máximo	1,124.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52
Resultados del ajuste utilizando la aplicación de Cestadis- Estación Viques

m	P	P=X	$\frac{P(X)}{m}$ $n + 1$	$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$	F(Z)	Δ F(Z)-P(x)	
1	661.03	395.40	0.025	-2.105	0.017	0.008	
2	863.76	511.00	0.050	-1.246	0.106	0.056	
3	678.25	514.80	0.075	-1.218	0.111	0.036	
4	561.15	520.10	0.100	-1.179	0.119	0.019	
5	849.75	527.70	0.125	-1.122	0.131	0.006	
6	719.97	551.70	0.150	-0.944	0.174	0.024	
7	816.31	554.98	0.175	-0.919	0.179	0.004	
8	678.19	557.20	0.200	-0.903	0.184	0.016	
9	755.42	568.60	0.225	-0.818	0.206	0.019	
10	750.02	587.80	0.250	-0.675	0.248	0.002	
11	761.79	591.00	0.275	-0.652	0.258	0.017	
12	595.78	592.80	0.300	-0.638	0.261	0.039	
13	519.44	598.21	0.325	-0.598	0.274	0.051	
14	756.22	623.30	0.350	-0.411	0.341	0.009	
15	764.73	635.49	0.375	-0.321	0.374	0.001	
16	644.70	635.50	0.400	-0.321	0.374	0.026	
17	602.94	645.13	0.425	-0.249	0.401	0.024	
18	619.53	646.60	0.450	-0.238	0.405	0.045	
19	527.70	654.58	0.475	-0.179	0.429	0.046	
20	511.00	655.50	0.500	-0.172	0.433	0.067	
21	568.60	662.70	0.525	-0.119	0.452	0.073	
22	817.30	675.61	0.550	-0.023	0.492	0.058	
23	635.50	677.20	0.575	-0.011	0.496	0.079	
24	662.70	677.37	0.600	-0.010	0.496	0.104	
25	551.70	727.49	0.625	0.363	0.641	0.016	
26	514.80	741.30	0.650	0.466	0.681	0.031	
27	591.00	743.01	0.675	0.478	0.684	0.009	
28	395.40	744.20	0.700	0.487	0.688	0.012	
29	587.80	745.60	0.725	0.498	0.691	0.034	
30	677.20	752.22	0.750	0.547	0.709	0.041	
31	744.20	760.81	0.775	0.611	0.729	0.046	
32	1124.20	762.93	0.800	0.626	0.736	0.064	
33	820.70	807.77	0.825	0.960	0.831	0.006	
34	655.50	817.30	0.850	1.031	0.848	0.002	
35	896.50	820.70	0.875	1.056	0.855	0.020	
36	646.60	842.76	0.900	1.220	0.889	0.011	
37	557.20	864.82	0.925	1.384	0.916	0.009	
38	641.46	896.50	0.950	1.619	0.947	0.003	
39	741.30	1124.20	0.975	3.312	1.000	0.025	
						$\Delta = \Delta_{max}$	0.1040
						Δ_o crítico	0.2200
						$\Delta = \Delta_{max} < \Delta_o$ crítico	

La tabla 51 y 52 muestran los resultados para una distribución normal en donde luego de los cálculos efectuados el $\Delta_{max} < \Delta_0$ crítico, por lo que se concluye que los datos se ajustan a la distribución normal con una probabilidad del 95% y un nivel de significación del 5%.

Estación Santa Ana-Shullcas

Se efectuó la estimación de datos faltantes para los meses de mayo y junio del 2012, de agosto a diciembre del 2015 y diciembre del año 2018. Por otro lado, la extensión de datos se realizó desde el 1980 a 2006.

Tabla 53
Parámetros estimados para la completación y extensión de datos-Estación Shullcas

MESES	Parámetros					Criterios de confiabilidad					Ecuación
	\bar{y}_i	\bar{x}_1	$S_{1(y)}$	$S_{1(x)}$	r	t_c	Prob.	$\alpha/2$	G.L.	t_t	
Enero	167.15	130.89	53.96	43.34	0.660	2.779	95%	0.025	10	2.228	$y_t = 167.15 + 0.660 \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - 130.89)$
Febrero	152.89	132.87	46.46	49.23	0.703	3.122	95%	0.025	10	2.228	$y_t = 152.89 + 0.703 \frac{46.46}{49.23} (x_t - 132.87)$
Marzo	125.22	109.39	42.14	39.06	0.786	4.020	95%	0.025	10	2.228	$y_t = 125.22 + 0.786 \frac{42.14}{39.06} (x_t - 109.39)$
Abril	58.23	59.69	21.43	31.25	0.724	3.321	95%	0.025	10	2.228	$y_t = 58.23 + 0.724 \frac{21.43}{31.25} (x_t - 59.69)$
Mayo	24.49	13.16	12.04	8.00	0.773	3.654	95%	0.025	9	2.262	$y_t = 24.49 + 0.773 \frac{12.04}{8.00} (x_t - 13.16)$
Junio	6.81	7.71	7.74	6.91	0.392	1.278	95%	0.025	9	2.262	$y_t = 6.81 + 0.392 \frac{7.74}{6.91} (x_t - 7.71)$
Julio	7.52	5.34	6.42	4.71	0.252	0.824	95%	0.025	10	2.228	$y_t = 7.30 + 0.798 \frac{9.57}{6.30} (x_t - 6.35)$
Agosto	16.42	11.85	10.78	12.98	0.767	3.581	95%	0.025	9	2.262	$y_t = 16.42 + 0.767 \frac{10.78}{12.98} (x_t - 11.85)$
Septiembre	53.48	44.65	25.35	23.04	0.615	2.340	95%	0.025	9	2.262	$y_t = 53.48 + 0.615 \frac{25.35}{23.04} (x_t - 44.65)$
Octubre	79.14	70.25	22.59	25.63	0.609	2.301	95%	0.025	9	2.262	$y_t = 79.14 + 0.609 \frac{22.59}{25.63} (x_t - 70.25)$
Noviembre	70.74	67.25	18.74	28.97	0.666	2.676	95%	0.025	9	2.262	$y_t = 70.74 + 0.666 \frac{18.74}{28.97} (x_t - 67.25)$
Diciembre	147.46	114.10	49.77	35.02	0.814	3.959	95%	0.025	8	2.306	$y_t = 147.46 + 0.814 \frac{49.77}{35.02} (x_t - 114.10)$

Fuente. Elaboración propia

Los parámetros calculados en la tabla 53 nos muestran que el t_c es mayor que el t_t tabulado, deduciendo que r es significativo, existiendo correlación entre las variables de precipitación estudiadas.

Tabla 54
Precipitación total mensual completa- Estación Shullcas

AÑO	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1980	110.04	122.12	186.65	47.04	24.89	3.43	7.67	14.03	34.43	100.92	70.26	125.12	846.60
1981	154.60	213.78	122.74	54.44	20.12	4.66	8.80	35.31	62.77	94.72	76.52	167.84	1016.29
1982	153.40	137.42	91.81	57.14	16.40	7.99	7.46	24.16	49.64	106.05	78.20	132.53	862.20
1983	158.48	102.79	135.40	48.05	28.04	9.48	6.60	15.88	47.96	75.39	70.68	96.01	794.76
1984	192.89	201.55	152.24	48.24	27.99	8.34	6.99	9.89	50.05	86.93	103.54	112.58	1001.23
1985	123.84	166.69	103.68	54.38	25.51	5.88	7.85	15.31	76.65	82.10	81.59	167.77	911.24
1986	182.52	204.20	164.66	77.46	21.79	3.43	7.41	22.06	48.43	64.06	65.55	126.11	987.67
1987	181.77	157.77	93.87	59.90	23.17	10.14	8.14	12.70	47.85	64.48	67.26	154.52	881.56
1988	221.63	146.99	109.37	53.73	28.56	3.87	6.52	14.35	40.39	79.02	63.81	185.11	953.34
1989	137.36	183.12	154.70	65.16	24.36	10.01	6.56	19.83	32.58	101.51	68.40	99.89	903.47
1990	154.15	150.97	119.26	49.64	25.89	31.02	7.89	22.57	59.99	81.56	94.72	138.38	936.03
1991	118.25	102.07	168.85	62.88	32.71	10.71	6.70	8.87	57.85	74.23	74.40	98.41	815.93
1992	123.10	123.67	75.03	36.92	13.14	10.89	6.68	16.26	33.89	59.37	70.63	57.85	627.42
1993	151.62	135.34	124.97	72.53	36.39	3.87	6.85	24.73	33.08	51.97	68.99	92.08	802.41
1994	142.09	115.72	85.71	46.86	28.49	4.09	5.68	19.64	26.85	65.49	69.30	125.14	735.04
1995	123.35	116.98	124.20	38.41	17.79	4.57	7.88	19.26	35.31	87.96	74.85	154.40	804.96
1996	153.02	124.80	123.36	64.04	13.61	4.00	5.68	19.26	49.73	63.29	63.44	126.99	811.20
1997	158.94	161.79	84.10	43.63	13.02	3.56	6.51	20.47	45.19	66.13	73.73	195.68	872.74
1998	209.40	185.40	80.20	63.89	18.02	5.14	5.68	31.17	42.01	92.09	80.49	117.40	930.88
1999	128.28	170.74	101.56	44.27	16.40	13.34	9.50	13.91	64.21	77.61	85.70	111.96	837.49
2000	144.72	156.42	108.18	48.25	26.63	5.09	8.19	32.06	26.99	73.69	60.30	110.58	801.09
2001	149.08	142.70	183.90	44.22	20.70	4.09	8.57	12.63	50.47	83.46	72.48	155.09	927.38
2002	114.81	139.25	140.48	46.71	23.25	5.36	14.03	16.33	65.36	86.94	98.91	149.54	900.98
2003	138.06	145.15	173.98	60.51	45.11	4.57	5.85	23.08	40.46	55.24	77.86	207.93	977.80
2004	118.17	155.23	98.85	43.23	24.65	7.38	9.08	13.52	47.22	61.68	83.07	162.26	824.35
2005	101.33	144.89	106.65	41.89	15.23	3.69	6.57	12.57	32.13	111.09	67.62	171.28	814.94
2006	206.11	125.13	110.21	42.73	10.82	5.62	7.43	13.91	51.29	71.71	73.30	180.99	899.25
2007	89.30	112.70	123.40	55.80	26.40	0.00	25.60	15.20	37.50	91.70	93.60	92.40	763.60
2008	212.00	131.50	53.80	39.80	15.50	8.20	0.00	8.00	33.90	116.40	68.70	117.00	804.80
2009	96.50	169.20	137.70	45.70	26.30	23.00	9.10	34.70	48.00	62.70	99.60	168.50	921.00
2010	232.90	194.60	110.10	31.60	10.50	0.50	5.00	5.80	12.20	70.40	39.30	234.40	947.30
2011	243.30	248.30	184.30	74.70	21.70	1.00	6.70	3.10	70.30	59.70	68.10	159.90	1141.10
2012	100.90	202.30	141.20	97.40	43.48	9.70	23.00	22.00	66.20	65.10	72.70	207.90	1051.88
2013	165.10	165.00	114.90	57.90	22.70	18.40	16.00	31.60	95.20	105.50	69.40	164.40	1026.10
2014	184.70	108.90	175.00	45.10	31.30	1.20	6.30	10.90	71.60	51.50	72.90	142.70	902.10
2015	203.70	112.90	90.10	91.50	56.80	9.70	10.20	13.97	40.40	72.14	81.95	159.52	942.89
2016	117.60	172.20	59.70	51.90	32.40	2.10	1.80	11.50	24.70	98.10	83.80	79.00	734.80
2017	176.70	100.40	144.70	72.00	25.80	2.70	4.20	10.60	79.80	55.00	70.50	108.40	850.80
2018	183.10	116.70	167.70	35.30	14.80	8.10	9.50	0.00	0.00	94.40	39.50	78.43	747.53
MAX.	243.30	248.30	186.65	97.40	56.80	31.02	25.60	35.31	95.20	116.40	103.54	234.40	1141.10
MED.	155.30	150.45	123.77	54.23	24.37	7.15	8.21	17.21	46.99	78.49	74.25	139.38	879.80
MÍN	89.30	100.40	53.80	31.60	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	51.50	39.30	57.85	627.42
D.EST.	39.93	35.15	35.25	14.64	9.62	6.08	4.63	8.25	18.68	17.53	13.23	39.83	101.04

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de verificar la confiabilidad de los datos de precipitación se realizó el análisis de consistencia.

Análisis doble masa-Estación Shullcas

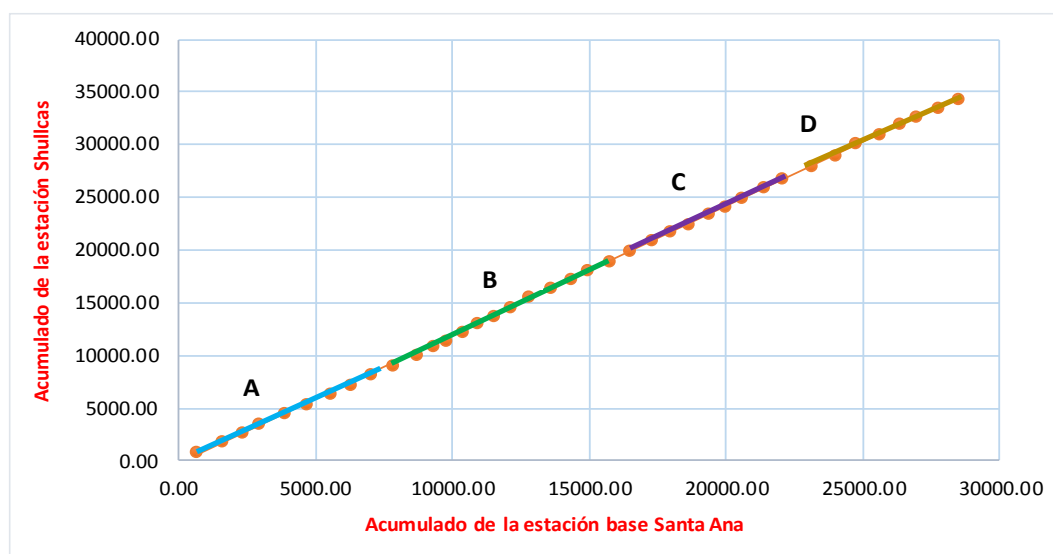


Figura 30: Análisis doble masa para periodos de estudio. Fuente: Elaboración propia

La figura 30 muestra el análisis doble masa en la cual se han establecido los periodos A, B, C y D para su estudio con el análisis estadístico.

Análisis estadístico para el tramo A y B

Tabla 55

Consistencia de la media tramo A y B- Estación Shullcas

Media	Desviación estandar	t_c	t_t	t_c con t_t
$\bar{x}_1 = 917.21$	$s_1(x) = 77.02$	$S_p = 83.20$	$Prob = 95\%$	$t_c < t_t$
$\bar{x}_2 = 831.24$	$s_2(x) = 87.08$	$S_{\bar{d}} = 36.08$	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$	$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$
		$t_c = 2.38$	$G.L = 20$	
			$t_t = 2.086$	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 55 muestra que $t_c < t_t$ por consiguiente las medias son iguales; por otro lado, la tabla 56 muestra que $F_c < F_t$ concluyéndose que las desviaciones estándar son estadísticamente iguales. Por lo que el tramo analizado no se corrige por tener una consistencia del 95% de probabilidad.

Tabla 56
Consistencia de la desviación estándar tramo A y B-Estación Shullcas

Varianzas	F_c	F_t	F_c con F_t
$S_1^2(x) = 5,932$	$F_c = 0.78$	$Prob = 0.95$	$F_c < F_t$
$S_2^2(x) = 7,583$		$\alpha = 0.05$	$S_1^2(x) = S_2^2(x)$
		$F_t = 2.85$	

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico para el tramo A, B y C

Tabla 57
Consistencia de la media tramo A, B y C- Estación Shullcas

Media	Desviación estándar	t_c	t_t	t_c con t_t
$\bar{x}_1 = 866.41$	$s_1(x) = 92.00$	$S_p = 87.18$	$Prob = 95\%$	$t_c < t_t$
$\bar{x}_2 = 872.67$	$s_2(x) = 73.00$	$S_d = 34.49$	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$	$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$
		$t_c = -0.18$	$G.L = 29$	
			$t_t = 2.045$	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 57 muestra que $t_c < t_t$ por consiguiente las medias son iguales; por otro lado, la tabla 58 muestra que $F_c < F_t$ concluyéndose que las desviaciones estándar son estadísticamente iguales. Por lo que el tramo analizado no se corrige por tener una consistencia del 95% de probabilidad.

Tabla 58
Consistencia de la desviación estándar tramo A, B y C-Estación Shullcas

Varianzas	F_c	F_t	F_c con F_t
$S_1^2(x) = 8,465$	$F_c = 0.63$	$Prob = 0.95$	$F_c < F_t$
$S_2^2(x) = 5,330$		$\alpha = 0.05$	$S_1^2(x) = S_2^2(x)$
		$F_t = 2.42$	

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico para el tramo A, B, C y D

Tabla 59

Consistencia de la media tramo A, B, C y D- Estación Shullcas

Media	Desviación estandar	t_c	t_t	t_c con t_t
$\bar{x}_1 = 868.22$	$s_1(x) = 85.76$	$S_p = 99.69$	$Prob = 95\%$	$t_c < t_t$
$\bar{x}_2 = 924.65$	$s_2(x) = 144.93$	$S_{\bar{d}} = 39.53$	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$	$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$
		$t_c = -1.43$	$G.L = 37$	
			$t_t = 1.687$	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60

Consistencia de la desviación estándar tramo A, B, C y D- Estación Shullcas

Varianzas	F_c	F_t	F_c con F_t
$S_1^2(x) = 7,355$	$F_c = 2.86$	$Prob = 0.95$	$F_c < F_t$
$S_2^2(x) = 21,006$		$\alpha = 0.05$	$S_1^2(x) = S_2^2(x)$
		$F_t = 3.38$	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 59 muestra que $t_c < t_t$ por consiguiente las medias son iguales; por otro lado, la tabla 60 muestra que $F_c < F_t$ concluyéndose que las desviaciones estándar son estadísticamente iguales. Por lo que el tramo analizado no se corrige por tener una consistencia del 95% de probabilidad.

Análisis estadístico de la información hidrológica

Modelo de distribución normal

Tabla 61

Parámetros de distribución normal-Estación Shullcas

Parámetros	Cantidad (mm)
Media (mm)	879.80
Desviación	101.04
Número de datos	39.00
Mínimo	627.42
Máximo	1,141.10

Fuente: Elaboración propia

La tabla 61 y 62 muestran los resultados para una distribución normal en donde luego de los cálculos efectuados el $\Delta_{\max} < \Delta_0$ crítico, por lo que se concluye que los datos se ajustan a la distribución normal con una probabilidad del 95% y un nivel de significación del 5%.

Tabla 62
Resultados del ajuste utilizando la aplicación de Cestadis- Estación Shullcas

m	P	P=X	$\frac{P(X)}{m}$ $n + 1$	$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$	F(Z)	Δ $ F(Z)-P(x) $	
1	846.60	693.18	0.025	-1.847	0.034	0.009	
2	1016.29	719.20	0.050	-1.589	0.058	0.008	
3	862.20	725.57	0.075	-1.526	0.066	0.009	
4	794.76	747.50	0.100	-1.309	0.099	0.001	
5	1001.23	763.60	0.125	-1.150	0.129	0.004	
6	911.24	804.80	0.150	-0.742	0.233	0.083	
7	987.67	810.10	0.175	-0.690	0.251	0.076	
8	881.56	811.04	0.200	-0.681	0.255	0.055	
9	953.34	815.97	0.225	-0.632	0.268	0.043	
10	903.47	821.35	0.250	-0.578	0.288	0.038	
11	936.03	831.64	0.275	-0.477	0.323	0.048	
12	815.93	835.50	0.300	-0.438	0.337	0.037	
13	627.42	837.20	0.325	-0.422	0.350	0.025	
14	802.41	869.90	0.350	-0.098	0.468	0.118	
15	735.04	883.52	0.375	0.037	0.520	0.145	
16	804.96	904.40	0.400	0.243	0.603	0.203	
17	811.20	907.34	0.425	0.273	0.614	0.189	
18	872.74	908.51	0.450	0.284	0.618	0.168	
19	930.88	918.59	0.475	0.384	0.655	0.180	
20	837.49	921.00	0.500	0.408	0.663	0.163	
21	801.09	941.48	0.525	0.610	0.732	0.207	
22	927.38	947.30	0.550	0.668	0.752	0.202	
23	900.98	958.83	0.575	0.782	0.785	0.210	
24	977.80	959.90	0.600	0.793	0.788	0.188	
25	824.35	972.33	0.625	0.916	0.824	0.199	
26	814.94	975.85	0.650	0.951	0.831	0.181	
27	899.25	984.82	0.675	1.039	0.853	0.178	
28	763.60	985.20	0.700	1.043	0.853	0.153	
29	804.80	1011.39	0.725	1.302	0.905	0.180	
30	921.00	1015.83	0.750	1.346	0.913	0.163	
31	947.30	1024.30	0.775	1.430	0.925	0.150	
32	1141.10	1039.42	0.800	1.580	0.944	0.144	
33	1051.88	1042.95	0.825	1.615	0.947	0.122	
34	1026.10	1055.03	0.850	1.734	0.959	0.109	
35	902.10	1071.96	0.875	1.902	0.972	0.097	
36	942.89	1080.26	0.900	1.984	0.977	0.077	
37	734.80	1087.18	0.925	2.052	0.980	0.055	
38	850.80	1100.95	0.950	2.189	0.986	0.036	
39	747.53	1141.10	0.975	2.586	0.995	0.020	
						$\Delta = \Delta_{\max}$	0.210
						Δ_0 crítico	0.220
						$\Delta = \Delta_{\max} < \Delta_0$ crítico	

Determinación de la precipitación media anual de las zonas de estudio

Se determinó mediante el polígono de Thiessen en donde la mayor influencia de las zonas de estudio lo tienen las estaciones de Santa Ana y Shullcas.

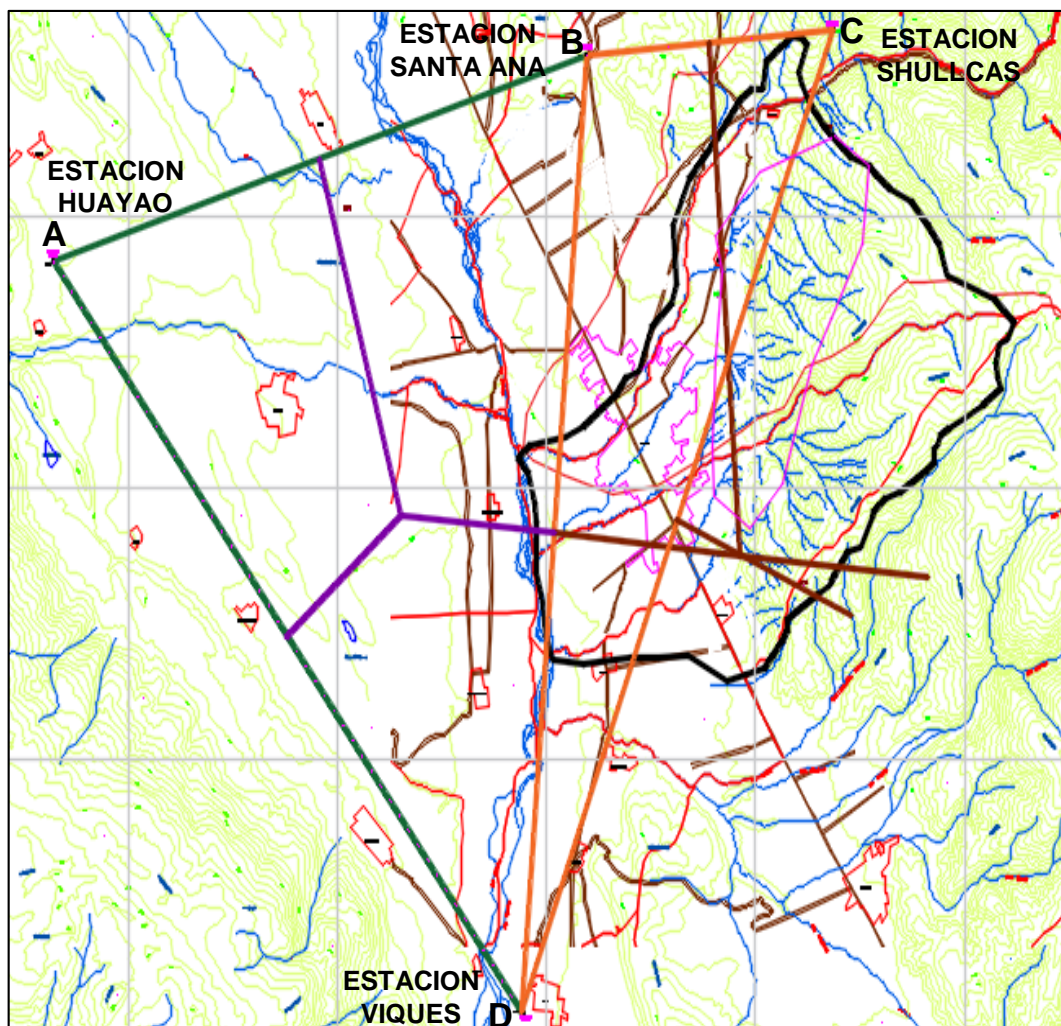


Figura 31: Figura de polígono de Thiessen. Fuente Elaboración propia

Tabla 63

Precipitación media anual de las zonas de estudio

Estación Meteorológica	PP (mm)	Área Km ²	PP*Área	PP media (mm)
Santa Ana	731.63	18.169	13,293.23	834.58
Shullcas	879.80	41.361	36,389.65	
Σ		59.53	49,682.89	

Fuente: Elaboración propia

Procesamiento de datos de la información hidrológica de precipitación máxima en 24 horas (mm)

Para efectuar el procesamiento de datos de la información hidrológica se utilizaron las estaciones de Huayao y Santa Ana, por tener mayor correlación significativa entre las variables X y Y, utilizando como estación base a la estación de Huayao para la estimación de datos faltantes.

Tabla 64

Periodo de análisis para precipitación máxima en 24 horas (mm)

Estación	Ubicación	Periodo de registro	Periodo de análisis
Huayao	Huachac	1980-2018	1992-2018
Santa Ana	El Tambo	1992-2018	1992-2018

Fuente: SENAMHI/DRD

Estimación de datos faltantes de P máxima en 24 horas (mm)

Estación Santa Ana

Tabla 65

Ecuación de regresión lineal y parámetros utilizados

MESES	Parámetros					Criterios de confiabilidad					Ecuación
	\bar{y}_i	\bar{x}_1	$S_{1(Y)}$	$S_{1(X)}$	r	t_c	Prob.	$\alpha/2$	G.L	t_t	$y_t = \bar{y}_i + r \frac{S_{1(Y)}}{S_{1(X)}} (x_t - \bar{x}_1)$
Enero	18.90	19.99	7.47	6.50	0.510	2.961	95%	0.025	24	2.064	$y_t = 18.90 + 0.510 \frac{7.47}{6.50} (x_t - 19.99)$
Febrero	19.08	21.66	9.34	9.03	0.394	2.183	95%	0.025	24	2.064	$y_t = 19.08 + 0.394 \frac{9.34}{9.03} (x_t - 21.66)$
Marzo	18.56	19.36	8.26	6.89	0.549	3.214	95%	0.025	24	2.064	$y_t = 18.56 + 0.549 \frac{8.26}{6.89} (x_t - 19.36)$
Agosto	5.98	7.21	5.08	6.28	0.637	4.048	95%	0.025	24	2.064	$y_t = 5.98 + 0.637 \frac{5.08}{6.28} (x_t - 7.21)$
Septiembre	13.09	13.45	8.47	8.42	0.510	2.902	95%	0.025	24	2.064	$y_t = 13.09 + 0.510 \frac{8.47}{8.42} (x_t - 13.45)$
Octubre	15.26	15.49	7.23	6.51	0.421	2.323	95%	0.025	24	2.064	$y_t = 15.26 + 0.421 \frac{7.23}{6.51} (x_t - 15.49)$
Noviembre	17.81	15.03	6.26	5.13	0.442	2.414	95%	0.025	24	2.064	$y_t = 17.81 + 0.442 \frac{6.26}{5.13} (x_t - 15.03)$
Diciembre	20.36	20.99	7.46	12.25	0.384	2.079	95%	0.025	24	2.064	$y_t = 20.36 + 0.384 \frac{7.46}{12.25} (x_t - 20.99)$

Fuente. Elaboración propia

La tabla 65 muestra los parámetros utilizados para la estimación de datos faltantes de los meses de agosto a diciembre del 2015 y de los meses de enero a marzo del 2016.

Tabla 66

Precipitación máxima en 24 horas (mm) completa- Estación Santa Ana

AÑO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1992	6.4	14.4	7.4	8.5	3.4	7.4	2.0	6.0	6.6	16.8	14.1	9.3	16.8
1993	10.8	17.8	14.4	23.6	15.8	1.8	2.0	10.6	9.6	5.0	11.4	10.0	23.6
1994	25.0	10.8	17.0	9.6	9.0	6.0	0.0	4.2	3.3	8.6	8.7	9.8	25.0
1995	14.0	12.8	12.5	6.0	5.4	1.5	3.0	5.7	4.3	22.5	18.5	36.6	36.6
1996	32.5	8.3	18.6	33.3	3.8	1.0	0.0	1.0	12.6	15.4	15.3	14.1	33.3
1997	18.0	22.9	9.0	11.1	2.2	2.1	2.4	5.6	11.4	16.5	16.2	30.3	30.3
1998	35.5	31.5	8.8	21.2	6.8	5.7	0.0	3.2	12.8	18.2	13.0	12.6	35.5
1999	11.5	22.9	11.6	7.2	1.6	10.9	7.8	2.8	12.2	25.8	20.4	21.4	25.8
2000	19.2	22.1	19.0	14.5	5.8	1.8	6.0	7.7	2.6	11.1	10.1	18.0	22.1
2001	14.9	19.9	20.5	14.9	4.7	0.8	3.2	2.5	13.0	26.4	13.0	29.9	29.9
2002	11.2	17.2	21.3	7.5	4.7	0.7	10.4	7.6	16.7	16.7	23.4	20.8	23.4
2003	15.0	19.3	29.0	24.0	11.8	0.0	0.5	9.4	12.1	11.2	25.2	23.0	29.0
2004	20.0	33.5	14.7	9.3	3.7	6.5	6.7	3.2	17.5	13.4	20.9	21.3	33.5
2005	12.3	20.8	18.8	14.6	1.9	11.9	2.0	0.4	4.4	24.3	17.3	33.9	33.9
2006	25.5	14.0	13.2	6.7	0.7	3.6	5.1	4.9	14.5	10.0	22.2	33.2	33.2
2007	18.7	9.4	32.2	11.5	5.4	0.0	2.5	8.2	6.2	13.7	15.9	17.0	32.2
2008	25.0	8.4	8.8	18.5	3.8	7.9	0.0	3.4	11.2	39.0	17.5	16.4	39.0
2009	14.5	14.4	19.4	31.1	7.8	0.9	3.3	18.8	16.4	7.7	27.5	22.3	31.1
2010	22.0	36.4	25.0	15.0	0.4	1.7	19.2	4.5	2.4	17.5	12.7	29.1	36.4
2011	30.0	34.0	36.5	19.0	2.7	0.0	5.2	1.5	17.0	15.2	18.0	23.3	36.5
2012	15.3	23.9	10.7	15.8	14.5	10.9	0.0	1.5	15.1	8.6	10.0	23.8	23.9
2013	25.5	12.6	10.3	15.9	6.0	1.6	2.9	20.4	11.6	9.6	10.5	19.1	25.5
2014	28.7	16.5	33.0	13.7	13.0	0.3	1.8	13.0	40.8	12.0	32.7	14.4	40.8
2015	12.9	19.8	17.0	11.6	10.5	7.0	5.3	5.1	26.7	14.5	19.8	19.2	26.7
2016	10.1	18.9	16.0	17.5	5.6	0.0	0.8	2.4	18.0	10.0	18.1	23.1	23.1
2017	17.5	22.5	26.4	31.3	4.0	0.6	0.0	1.7	31.5	18.7	29.4	16.0	31.5
2018	28.5	48.0	27.4	5.4	0.0	2.3	2.2	5.2	16.6	18.0	21.0	21.0	48.0
MAX.	35.50	48.00	36.50	33.30	15.80	11.90	19.20	20.40	40.80	39.00	32.70	36.60	48.00
MED.	19.28	20.48	18.46	15.49	5.74	3.51	3.49	5.95	13.60	15.79	17.88	21.07	30.61
MÍN	6.40	8.30	7.40	5.40	0.00	0.00	0.00	0.40	2.40	5.00	8.70	9.30	16.80
D.EST.	7.65	9.41	8.12	7.81	4.25	3.74	4.12	4.98	8.71	7.22	6.15	7.43	6.81

Fuente: Elaboración propia

Análisis doble masa de la Estación Santa Ana

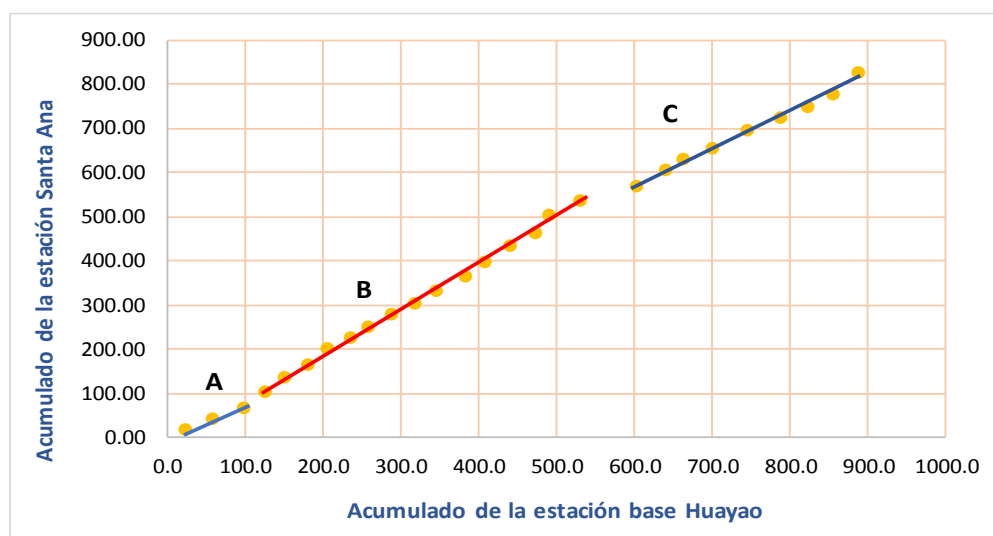


Figura 32: Análisis doble masa para periodos de estudio. Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis de consistencia a fin de verificar la confiabilidad de los datos de precipitación. La figura 32 muestra el análisis doble masa de la estación base Huayao y la estación Santa Ana, en la cual se han establecido los periodos A, B, y C para su estudio con el análisis estadístico.

Análisis estadístico para el tramo A y B

Tabla 67

Consistencia de la media tramo A y B - Estación Santa Ana

Media	Desviación estandar	t_c	t_t	t_c con t_t
$\bar{x}_1 = 21.80$	$s_1(x) = 4.39$	$S_p = 4.67$	$Prob = 95\%$	$t_c < t_t$
$\bar{x}_2 = 31.25$	$s_2(x) = 4.71$	$S_{\bar{d}} = 2.95$	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$	$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$
		$t_c = -3.20$	$G.L = 16$	
			$t_t = 2.131$	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68

Consistencia de la desviación estándar tramo A y B- Estación Santa Ana

Varianzas	F_c	F_t	F_c con F_t
$S_1^2(x) = 19.24$	$F_c = 1.15$	$Prob = 0.95$	$F_c < F_t$
$S_2^2(x) = 22.19$		$\alpha = 0.05$	$S_1^2(x) = S_2^2(x)$
		$F_t = 19.42$	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 67 muestra que $t_c < t_t$ por consiguiente las medias son iguales; por otro lado, la tabla 68 muestra que $F_c < F_t$ concluyéndose que las desviaciones estándar son estadísticamente iguales. Por lo que el tramo analizado no se corrige por tener una consistencia del 95% de probabilidad.

Análisis estadístico para el tramo A, B y C

La tabla 69 muestra que $t_c < t_t$ por consiguiente las medias son iguales; por otro lado, la tabla 70 muestra que $F_c < F_t$ concluyéndose que las

desviaciones estándar son estadísticamente iguales. Por lo que el tramo analizado no se corrige por tener una consistencia del 95% de probabilidad.

Tabla 69

Consistencia de la media tramo A, B y C - Estación Santa Ana

Media	Desviación estándar	t_c	t_t	t_c con t_t
$\bar{x}_1 = 29.68$	$s_1(x) = 5.80$	$S_p = 6.81$	$Prob = 95\%$	$t_c < t_t$
$\bar{x}_2 = 32.49$	$s_2(x) = 8.56$	$S_d = 2.78$	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$	$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$
		$t_c = -1.01$	$G.L = 25$	
			$t_t = 2.064$	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70

Consistencia de la desviación estándar tramo A, B y C - Estación Santa Ana

Varianzas	F_c	F_t	F_c con F_t
$S_1^2(x) = 33.68$	$F_c = 2.18$	$Prob = 0.95$	$F_c < F_t$
$S_2^2(x) = 73.33$		$\alpha = 0.05$	$S_1^2(x) = S_2^2(x)$
		$F_t = 2.55$	

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico de la información hidrológica

Modelo de distribución Gumbel

Se utilizó el modelo de distribución de Gumbel por tratarse de la ley de los valores extremos.

Tabla 71

Parámetros de distribución Gumbel-Estación Santa Ana

Parámetros	Cantidad (mm)
Media (mm)	30.61
Desviación	6.81
$\alpha = \frac{\sqrt{6} * S}{\pi}$	5.31
$\mu = \bar{x} - 0.45 * S$	27.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72

Resultados del ajuste utilizando la aplicación de Cestadis- Estación Santa Ana

m	P=X	$\frac{P(X)}{m}$ $\frac{m}{n+1}$	$Z = \frac{x - \bar{\mu}}{\alpha}$	G(Z)	Δ $ G(Z)-P(x) $
1	16.80	0.0370	-2.02	0.0005	0.0365
2	22.10	0.0741	-1.03	0.0615	0.0125
3	23.10	0.1111	-0.84	0.0993	0.0118
4	23.40	0.1481	-0.78	0.1127	0.0355
5	23.60	0.1852	-0.74	0.1222	0.0630
6	23.90	0.2222	-0.69	0.1371	0.0851
7	25.00	0.2593	-0.48	0.1988	0.0605
8	25.50	0.2963	-0.39	0.2298	0.0665
9	25.80	0.3333	-0.33	0.2492	0.0842
10	29.00	0.3704	0.27	0.4672	0.0969
11	29.90	0.4074	0.44	0.5260	0.1186
12	30.30	0.4444	0.52	0.5511	0.1067
13	30.86	0.4815	0.62	0.5850	0.1036
14	31.10	0.5185	0.67	0.5990	0.0805
15	31.50	0.5556	0.74	0.6217	0.0661
16	32.20	0.5926	0.88	0.6592	0.0667
17	33.20	0.6296	1.06	0.7081	0.0785
18	33.30	0.6667	1.08	0.7127	0.0460
19	33.50	0.7037	1.12	0.7216	0.0179
20	33.90	0.7407	1.20	0.7389	0.0018
21	35.50	0.7778	1.50	0.7994	0.0216
22	36.40	0.8148	1.67	0.8278	0.0130
23	36.50	0.8519	1.68	0.8307	0.0212
24	36.60	0.8889	1.70	0.8336	0.0553
25	39.00	0.9259	2.16	0.8906	0.0353
26	40.80	0.9630	2.49	0.9207	0.0422
				$\Delta = \Delta_{max}$	0.119
				Δ_o crítico	0.264
				$\Delta = \Delta_{max} < \Delta_o$ crítico	

La tabla 71 y 72 muestran los resultados para una distribución Gumbel en donde luego de los cálculos efectuados el $\Delta_{max} < \Delta_o$ crítico, por lo que se concluye que los datos de precipitación se ajustan a la distribución Gumbel con una probabilidad del 95% y un nivel de significación del 5%.

Cálculo de precipitaciones máximas por diferentes periodos de retorno.

Tabla 73

Cálculo de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retornos

Periodo de retorno (Años)	Variable Y	Precipitación X'(mm)	$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}}$	Factor de corrección	Precipitación X (mm)
2	0.367	29.495	0.500	1.13	33.329
5	1.500	35.515	0.800	1.13	40.131
10	2.250	39.500	0.900	1.13	44.635
25	3.199	44.536	0.960	1.13	50.326
50	3.902	48.272	0.980	1.13	54.547
100	4.600	51.980	0.990	1.13	58.738
500	6.214	60.550	0.998	1.13	68.421

Fuente: Elaboración propia

La probabilidad de ocurrencia se efectuó con la ecuación de Gumbel y para ajustar los datos de precipitaciones máximas diarias se utilizó el factor 1.13 (Weiss, 1964), con las tablas 02 y 73 se procedió a efectuar el cálculo de las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno distribuidos en 24 horas.

Tabla 74
Precipitaciones máximas (mm) según periodo de retorno

Duración (hr)	Periodo de retorno						
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24	33.329	40.131	44.635	50.326	54.547	58.738	68.421
18	29.996	36.118	40.172	39.757	49.093	52.864	61.579
12	26.330	31.704	35.262	39.757	43.093	46.403	54.053
8	21.331	25.684	28.567	32.209	34.910	37.592	43.790
6	18.664	22.474	24.996	28.182	30.547	32.893	38.316
5	16.664	20.066	22.318	25.163	27.274	29.369	34.211
4	14.665	17.658	19.640	22.143	24.001	25.845	30.105
3	12.665	15.250	16.961	19.124	20.728	22.320	26.000
2	10.332	12.441	13.837	15.601	16.910	18.209	21.211
1	8.332	10.033	11.159	12.581	13.637	14.684	17.105

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la ecuación de intensidad máxima de lluvias en la zona de estudio

Con la descripción en el ítem 2.2.9, se calculó la ecuación que describe el comportamiento de la intensidad de lluvias en la zona de estudio

Tabla 75
Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 2 años

Periodo de retorno T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1.3887	7.2724	0.3284	2.3881	52.8878
2	1080	1.6664	6.9847	0.5107	3.5671	48.7863
3	720	2.1942	6.5793	0.7858	5.1700	43.2865
4	480	2.6663	6.1738	0.9807	6.0546	38.1156
5	360	3.1107	5.8861	1.1348	6.6798	34.6462
6	300	3.3329	5.7038	1.2038	6.8665	32.5331
7	240	3.6662	5.4806	1.2992	7.1202	30.0374
8	180	4.2217	5.1930	1.4402	7.4791	26.9668
9	120	5.1660	4.7875	1.6421	7.8615	22.9201
10	60	8.3322	4.0943	2.1201	8.6806	16.7637
10	4980	35.7453	58.1555	11.4459	61.8673	346.9435
Ln (d) =		4.2706	d =	71.5623	n =	-0.5375

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76
Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 5 años

Periodo de retorno T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1.6721	7.2724	0.5141	3.7388	52.8878
2	1080	2.0066	6.9847	0.6964	4.8644	48.7863
3	720	2.6420	6.5793	0.9715	6.3919	43.2865
4	480	3.2105	6.1738	1.1664	7.2013	38.1156
5	360	3.7456	5.8861	1.3206	7.7731	34.6462
6	300	4.0131	5.7038	1.3896	7.9258	32.5331
7	240	4.4145	5.4806	1.4849	8.1381	30.0374
8	180	5.0833	5.1930	1.6260	8.4436	26.9668
9	120	6.2204	4.7875	1.8278	8.7507	22.9201
10	60	10.0329	4.0943	2.3059	9.4410	16.7637
10	4980	43.0410	58.1555	13.3032	72.6687	346.9435
Ln (d) = 4.4563		d = 86.1682		n = -0.5375		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77
Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 10 años

Periodo de retorno T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1.8598	7.2724	0.6205	4.5123	52.8878
2	1080	2.2318	6.9847	0.8028	5.6073	48.7863
3	720	2.9385	6.5793	1.0779	7.0917	43.2865
4	480	3.5708	6.1738	1.2728	7.8580	38.1156
5	360	4.1660	5.8861	1.4269	8.3992	34.6462
6	300	4.4635	5.7038	1.4959	8.5325	32.5331
7	240	4.9099	5.4806	1.5912	8.7211	30.0374
8	180	5.6538	5.1930	1.7323	8.9959	26.9668
9	120	6.9185	4.7875	1.9342	9.2599	22.9201
10	60	11.1588	4.0943	2.4122	9.8765	16.7637
10	4980	47.8713	58.1555	14.3668	78.8544	346.9435
Ln (d) = 4.5627		d = 95.8386		n = -0.5375		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78
Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 25 años

Periodo de retorno T = 25 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	2.0969	7.2724	0.7405	5.3850	52.8878
2	1080	2.2087	6.9847	0.7924	5.5349	48.7863
3	720	3.3131	6.5793	1.1979	7.8812	43.2865
4	480	4.0261	6.1738	1.3928	8.5988	38.1156
5	360	4.6971	5.8861	1.5469	9.1055	34.6462
6	300	5.0326	5.7038	1.6159	9.2169	32.5331
7	240	5.5358	5.4806	1.7112	9.3787	30.0374
8	180	6.3746	5.1930	1.8523	9.6190	26.9668
9	120	7.8005	4.7875	2.0542	9.8344	22.9201
10	60	12.5815	4.0943	2.5322	10.3678	16.7637
10	4980	53.6670	58.1555	15.4364	84.9222	346.9435
Ln (d) = 4.7711		d = 118.0452		n = -0.5550		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79

Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 50 años

Periodo de retorno T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	2.2728	7.2724	0.8210	5.9708	52.8878
2	1080	2.7274	6.9847	1.0033	7.0080	48.7863
3	720	3.5910	6.5793	1.2784	8.4112	43.2865
4	480	4.3638	6.1738	1.4733	9.0961	38.1156
5	360	5.0911	5.8861	1.6275	9.5796	34.6462
6	300	5.4547	5.7038	1.6965	9.6764	32.5331
7	240	6.0002	5.4806	1.7918	9.8202	30.0374
8	180	6.9093	5.1930	1.9329	10.0373	26.9668
9	120	8.4549	4.7875	2.1347	10.2201	22.9201
10	60	13.6369	4.0943	2.6128	10.6976	16.7637
10	4980	58.5022	58.1555	16.3723	90.5173	346.9435
Ln (d) =	4.7632	d =	117.1216	n =	-0.5375	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80

Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 100 años

Periodo de retorno T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	2.4474	7.2724	0.8950	6.5090	52.8878
2	1080	2.9369	6.9847	1.0774	7.5250	48.7863
3	720	3.8669	6.5793	1.3525	8.8982	43.2865
4	480	4.6990	6.1738	1.5474	9.5531	38.1156
5	360	5.4822	5.8861	1.7015	10.0153	34.6462
6	300	5.8738	5.7038	1.7705	10.0985	32.5331
7	240	6.4612	5.4806	1.8658	10.2258	30.0374
8	180	7.4401	5.1930	2.0069	10.4217	26.9668
9	120	9.1044	4.7875	2.2088	10.5744	22.9201
10	60	14.6845	4.0943	2.6868	11.0006	16.7637
10	4980	62.9964	58.1555	17.1125	94.8216	346.9435
Ln (d) =	4.8372	d =	126.1191	n =	-0.5375	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81

Cálculo logarítmico para un periodo de retorno de 500 años

Periodo de retorno T = 500 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	2.8509	7.2724	1.0476	7.6188	52.8878
2	1080	3.4211	6.9847	1.2300	8.5909	48.7863
3	720	4.5044	6.5793	1.5051	9.9021	43.2865
4	480	5.4737	6.1738	1.7000	10.4952	38.1156
5	360	6.3860	5.8861	1.8541	10.9135	34.6462
6	300	6.8421	5.7038	1.9231	10.9689	32.5331
7	240	7.5264	5.4806	2.0184	11.0622	30.0374
8	180	8.6667	5.1930	2.1595	11.2141	26.9668
9	120	10.6053	4.7875	2.3614	11.3050	22.9201
10	60	17.1053	4.0943	2.8394	11.6254	16.7637
10	4980	73.3819	58.1555	18.6385	103.6961	346.9435
Ln (d) =	4.9898	d =	146.9109	n =	-0.5375	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82
Cálculo coeficiente de regresión *n*

Periodo de retorno (años)	Cte. regresión (d)	Coefficiente de regresión [n]
2	71.5623	-0.5375
5	86.1682	-0.5375
10	95.8386	-0.5375
25	118.0452	-0.5550
50	117.1216	-0.5375
100	126.1191	-0.5375
500	146.9109	-0.5375
Promedio =	108.8237	-0.5400

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83
Cálculo de constante de regresión *K* y coeficiente de regresión *m*

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	2	71.5623	0.6931	4.2706	2.9601	0.4805
2	5	86.1682	1.6094	4.4563	7.1721	2.5903
3	10	95.8386	2.3026	4.5627	10.5059	5.3019
4	25	118.0452	3.2189	4.7711	15.3575	10.3612
5	50	117.1216	3.9120	4.7632	18.6338	15.3039
6	100	126.1191	4.6052	4.8372	22.2763	21.2076
7	500	146.9109	6.2146	4.9898	31.0098	38.6214
7	692	761.7659	22.5558	32.6509	107.9155	93.8667
Ln (K) = 4.2529		K = 70.3066	m = 0.1277			

Fuente: Elaboración propia

Los datos finales nos dan la fórmula de la intensidad máxima para las zonas de estudio la misma que viene dado por:

$$I = \frac{70.30662 * T^{0.12772}}{t^{0.54001}}$$

Donde:

I= Intensidad máxima (mm/hr)

t= Tiempo que dura la precipitación (minutos)

T= Periodo de retorno en años

Tabla 84

Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno y duración (mm/hr)

Periodo de retorno	Duración (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	32.21	22.15	17.80	15.24	13.51	12.24	11.26	10.48	9.83	9.29	8.82	8.42
5	36.21	24.90	20.01	17.13	15.18	13.76	12.66	11.78	11.05	10.44	9.92	9.46
10	39.56	27.21	21.86	18.71	16.59	15.03	13.83	12.87	12.08	11.41	10.84	10.34
25	44.47	30.59	24.57	21.04	18.65	16.90	15.55	14.47	13.58	12.83	12.18	11.62
50	48.59	33.42	26.85	22.98	20.37	18.46	16.99	15.81	14.83	14.01	13.31	12.70
100	53.09	36.51	29.33	25.11	22.26	20.17	18.56	17.27	16.21	15.31	14.54	13.87
500	65.20	44.84	36.02	30.84	27.34	24.78	22.80	21.21	19.90	18.80	17.86	17.04

Fuente: Elaboración propia

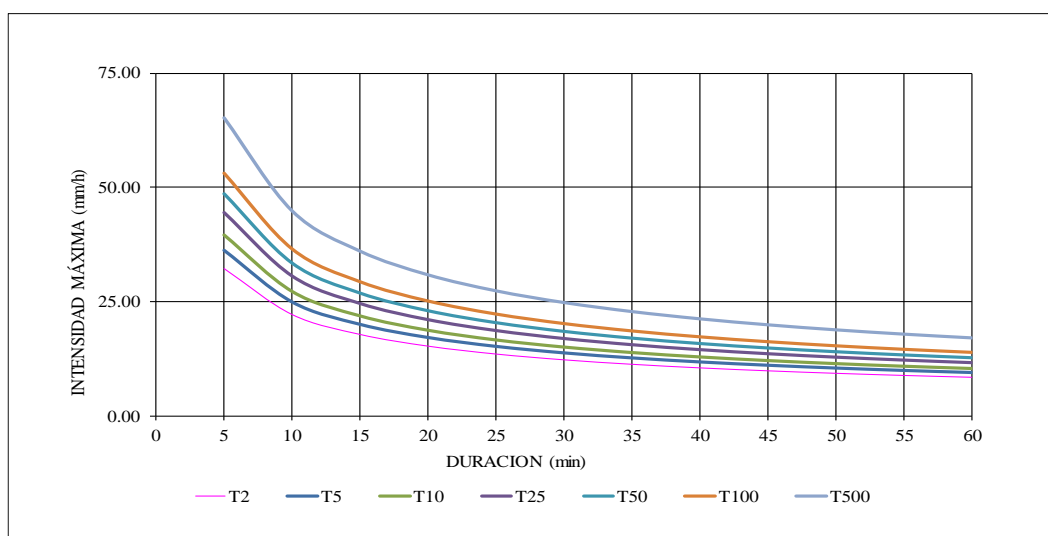


Figura 33: Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia para intensidades máximas.

La tabla 84 muestra las intensidades máximas para diferentes periodos de retorno la cual nos permitirá calcular los caudales máximos que se generan en las zonas de estudio, por otro lado, la figura 31 nos muestra la tendencia de las curvas de intensidad, duración y frecuencia por cada periodo de retorno.

Teniendo las precipitaciones máximas se procedió a evaluar los incrementos de volúmenes de escorrentía para diferentes periodos de retorno, para este caso se evaluó los coeficientes de escorrentía para el año 2018 y para el año 2005 de cada sector evaluado.

Tabla 85
Determinación de coeficiente de escorrentía-Sector 01

Característica del Suelo	AÑO 2018			AÑO 2005		
	Área Ha	C	Coeficiente escorrentía	Área Ha	C	Coeficiente escorrentía
Canal de concreto	0.03	0.900	0.001	0.00	0.000	0.000
Cobertura sin vegetación (semipermeable)	45.34	0.660	0.631	47.41	0.660	0.660
Viviendas	2.04	0.750	0.032	0.00	0.750	0.000
TOTAL	47.41		0.664	47.41		0.660

Fuente: Elaboración propia

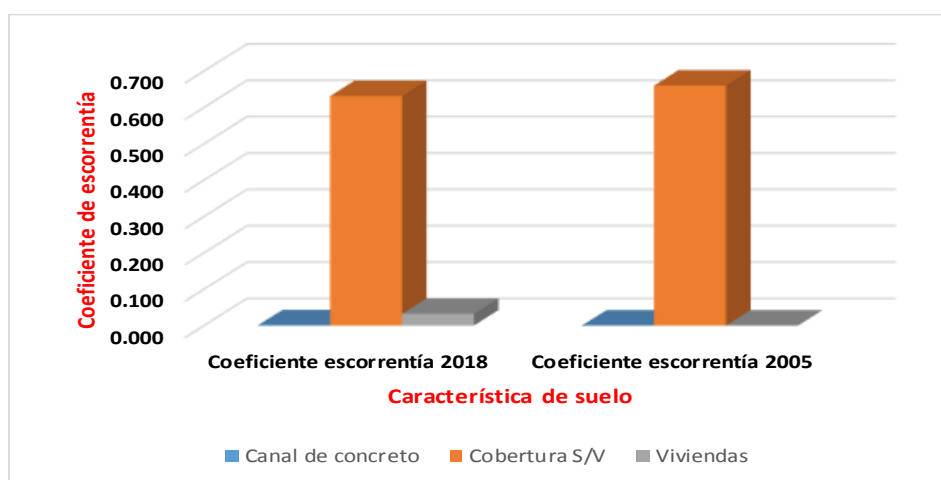


Figura 34: Coeficientes de escorrentía según año-Sector 01

La tabla 85 muestra los valores del coeficiente de escorrentía para el sector 01, la cual fue realizada con el mapa de uso de suelos y con tablas de coeficientes de escorrentía, teniendo como resultado un coeficiente de escorrentía ponderado de 0.664 para el año 2018 y de 0.660 para el año 2005. El gráfico 34 muestra la variación de la escorrentía por característica de suelo en función de los años, en donde el incremento de las construcciones de viviendas fue el que ocasiona la mayor impermeabilización de los mismos generando un mayor incremento en el volumen de la escorrentía. Desde el año 2005 se ha generado un incremento del coeficiente de escorrentía del 0.61%.

Tabla 86
Determinación de coeficiente de escorrentía-Sector 02

Característica del Suelo	AÑO 2018			AÑO 2005		
	Área Ha	C	Coeficiente escorrentía	Área Ha	C	Coeficiente escorrentía
Calles pavimentadas o asfaltadas	0.79	0.800	0.002	0.00	0.000	0.000
Calles de tierra 60% arena limosa	14.39	0.160	0.008	36.40	0.160	0.021
Calles de tierra 40% limo arcillosa	9.59	0.360	0.012	24.25	0.360	0.031
Cobertura sin vegetación (semipermeable)	160.30	0.660	0.373	160.30	0.660	0.373
Cobertura vegetal (pastos vegetación ligera)	12.00	0.500	0.021	12.00	0.500	0.021
Viviendas	56.14	0.750	0.148	22.40	0.750	0.059
Bosques (semipermeable)	30.79	0.400	0.043	28.65	0.400	0.040
TOTAL	284.00		0.608	284.00		0.544

Fuente: Elaboración propia

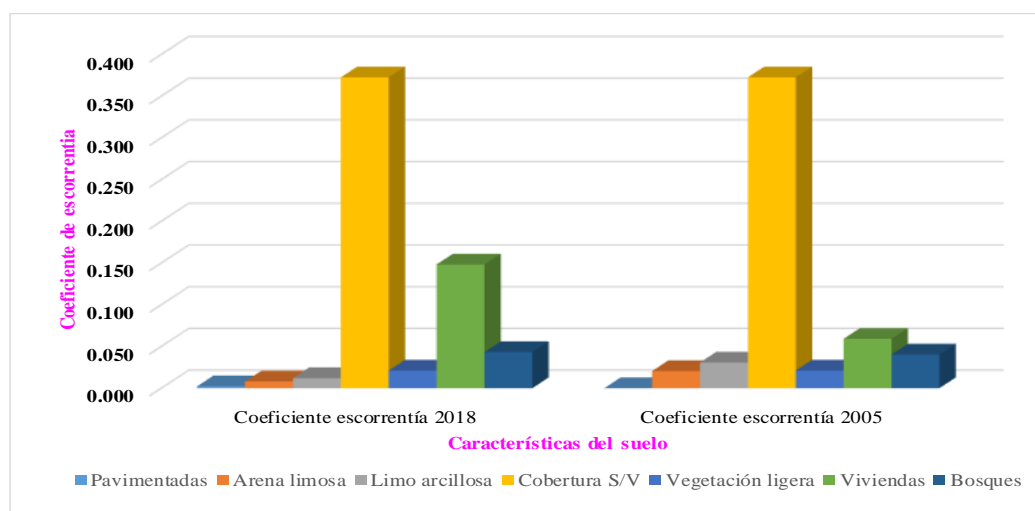


Figura 35: Coeficientes de escorrentía según año-Sector 02

La tabla 86 muestra los valores del coeficiente de escorrentía para el sector 02, la cual fue realizada haciendo uso del mapa de uso de suelos y de las tablas de valores de coeficiente de escorrentía. Según las características de la zona se tiene un coeficiente de escorrentía ponderado de 0.608 y de 0.544 para el año 2005. El gráfico 35 muestra que la construcción de viviendas son las que mayor cambio en el coeficiente de escorrentía generaron, logrando incrementarse en un 11.76% desde el año 2005.

La tabla 87 muestra el coeficiente de escorrentía ponderado para la zona 03, cuyo resultado fue de 0.660 para el año 2018 y de 0.579 para el año 2005. Los valores de escorrentía fueron modificados con un incremento del

13.99% desde el año 2005 hasta el año 2018, siendo la construcción de viviendas quien más impacto genera en el cambio de uso de suelo.

Tabla 87
Determinación de coeficiente de escorrentía-Sector 03

Característica del Suelo	AÑO 2018			AÑO 2005		
	Área Ha	C	Coeficiente escorrentía	Área Ha	C	Coeficiente escorrentía
Calles pavimentadas o asfaltadas	0.08	0.800	0.001	0.00	0.000	0.000
Calles de tierra	0.89	0.360	0.004	0.00	0.000	0.000
Cobertura sin vegetación (permeable)	23.60	0.500	0.163	48.86	0.500	0.338
Viviendas	46.93	0.750	0.488	23.04	0.750	0.239
Bosques (semipermeable)	0.70	0.400	0.004	0.3	0.400	0.002
TOTAL	72.20		0.660	72.20		0.579

Fuente: Elaboración propia

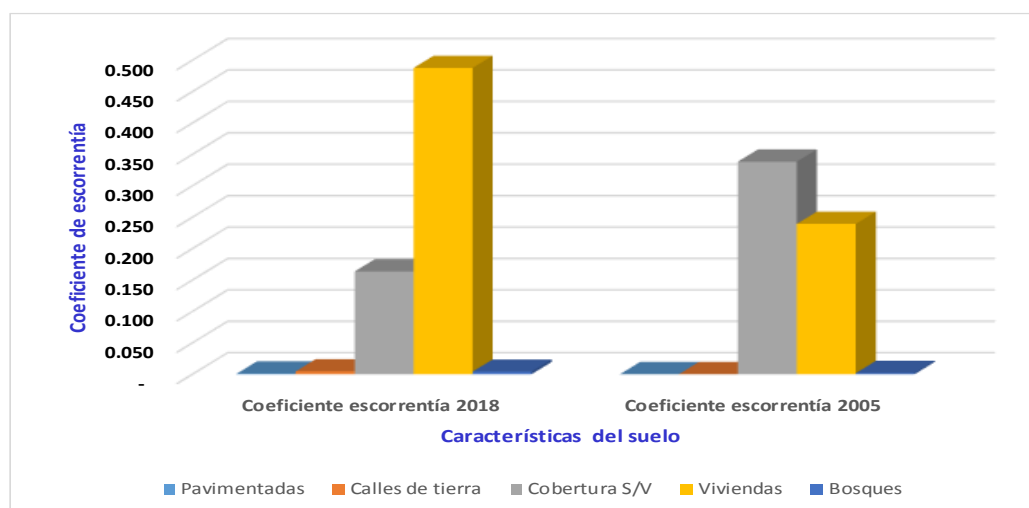


Figura 36: Coeficientes de escorrentía según año-Sector 03

Teniendo los coeficientes de escorrentía y las áreas de cada sector se procedió a calcular los caudales totales por cada periodo de retorno mediante la fórmula racional descrito en el ítem 2.2.8.1 sección a. El tiempo de concentración fue calculado mediante la fórmula de Kirpich descrito en ítem 2.2.8.1.

La tabla 88 nos muestra las características generales de los sectores de estudio, en los cuales se detalla la pendiente y el tiempo de concentración de cada zona.

Tabla 88

Características generales de los sectores de estudio

Sector	Ha	Perímetro (m)	Longitud (m)	Diferencia de nivel (m)		tc (min.)	Pendiente %
				Máximo	Mínimo		
Sector 01	47.41	3,553	1,450	3823	3339	8.09	33.38
Sector 02	267.06	6,567	2,490	3900	3330	14.18	22.89
Sector 03	72.20	3,184	935	3450	3280	7.29	18.18

Fuente: Elaboración propia

Mediante la aplicación del método racional se determinó los caudales de escorrentía por tiempo y periodo de retorno por cada sector de estudio.

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal máximo en m³/s

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad máxima de la lluvia mm/hr

A = Area de la cuenca Has

Cálculo del caudal máximo por el método racional del Sector 01

Tabla 89

Caudales máximos por el método racional-Sector 01

Periodo de retorno	Caudal máximo (m ³ /s)											
	Duración (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	2.82	1.94	1.56	1.33	1.18	1.07	0.98	0.92	0.86	0.81	0.77	0.74
5	3.17	2.18	1.75	1.50	1.33	1.20	1.11	1.03	0.97	0.91	0.87	0.83
10	3.46	2.38	1.91	1.64	1.45	1.31	1.21	1.13	1.06	1.00	0.95	0.90
25	3.89	2.67	2.15	1.84	1.63	1.48	1.36	1.27	1.19	1.12	1.07	1.02
50	4.25	2.92	2.35	2.01	1.78	1.61	1.49	1.38	1.30	1.23	1.16	1.11
100	4.64	3.19	2.56	2.20	1.95	1.76	1.62	1.51	1.42	1.34	1.27	1.21
500	5.70	3.92	3.15	2.70	2.39	2.17	1.99	1.85	1.74	1.64	1.56	1.49

Fuente: Elaboración propia

La tabla 89 muestra los caudales máximos obtenidos por cada tiempo de duración y periodo de retorno, concentrándose los máximos caudales en los tiempos iniciales. La figura 37 muestra la variación que tiene cada caudal con respecto al tiempo y a cada periodo de retorno. Los caudales

máximos fueron calculados en base al coeficiente de escorrentía determinado del año 2018.

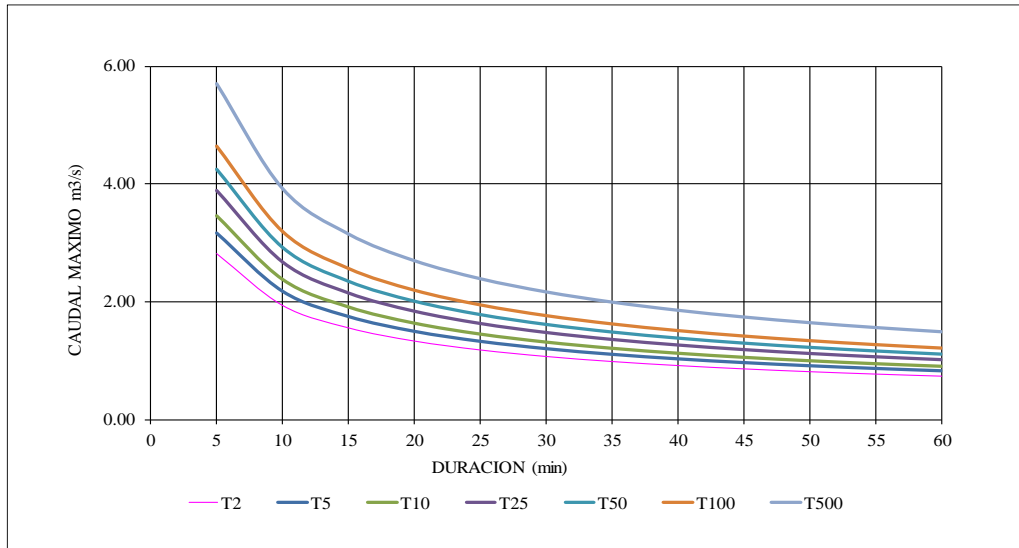


Figura 37: Caudales máximos de escorrentía-Sector 01

Cálculo del Volumen máximo de escorrentía del Sector 01

Tabla 90

Volúmenes máximos según años de análisis-Sector 01

Periodo de retorno	2005		2018	
	C=0.660		C=0.664	
	t _c =8.09 min		t _c = 8.09 min	
	Q (m³/s)	V (m³)	Q (m³/s)	V (m³)
2	2.16	1,047.90	2.17	1,054.30
5	2.43	1,177.99	2.44	1,185.19
10	2.65	1,287.03	2.67	1,294.90
25	2.98	1,446.82	3.00	1,455.66
50	3.26	1,580.74	3.28	1,590.40
100	3.56	1,727.06	3.58	1,737.62
500	4.37	2,121.19	4.40	2,134.15

Fuente: Elaboración propia

La tabla 90, muestra la variación del volumen máximo de escorrentía la misma que está en función del coeficiente de escorrentía, la cual muestra un incremento 0.61% para el año 2018 respecto al año 2005.



Imagen 7: Características existentes de la quebrada del Sector 01

La imagen 7 muestra el Punto de descarga **A**, en la cual se generará los caudales y volúmenes máximos por cada periodo de retorno y duración. La tabla 90 muestra un caudal de 3.00 m³/s para un tiempo de concentración de 8.09 minutos y un periodo de retorno de 25 años; la misma que escurrirá por el canal de drenaje de 0.80 x 1.00 m existente, el cual es insuficiente para la cantidad de esorrentía que se genera por la quebrada, ocasionando cada temporada lluviosa inundaciones en la urbanización Alto la Merced y la Asociación de Vivienda Los Libertadores.

Cálculo del caudal máximo por el método racional del Sector 02

Con la finalidad de determinar cuál es el aporte del caudal de esorrentía de cada quebrada se procedió a determinar mediante el método racional, la misma que a continuación se detalla.

Tabla 91

Caudales máximos por el método racional punto 1-Sector 02

Periodo de retorno	Caudal máximo (m ³ /s)											
	Duración (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	0.96	0.66	0.53	0.45	0.40	0.36	0.34	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25
5	1.08	0.74	0.60	0.51	0.45	0.41	0.38	0.35	0.33	0.31	0.30	0.28
10	1.18	0.81	0.65	0.56	0.49	0.45	0.41	0.38	0.36	0.34	0.32	0.31
25	1.33	0.91	0.73	0.63	0.56	0.50	0.46	0.43	0.40	0.38	0.36	0.35
50	1.45	1.00	0.80	0.69	0.61	0.55	0.51	0.47	0.44	0.42	0.40	0.38
100	1.58	1.09	0.87	0.75	0.66	0.60	0.55	0.51	0.48	0.46	0.43	0.41
500	1.94	1.34	1.07	0.92	0.82	0.74	0.68	0.63	0.59	0.56	0.53	0.51

Fuente: Elaboración propia

La tabla 91 muestra los caudales máximos obtenidos por cada tiempo de duración y periodo de retorno, concentrándose los máximos caudales en los tiempos iniciales. Los caudales máximos fueron calculados en base al coeficiente de esorrentía determinado del año 2018.

Tabla 92

Características de la quebrada 01-Sector 02

Sector	Ha	Longitud (m)	Diferencia de nivel (m)		tc (min.)	Pendiente %
			Máximo	Mínimo		
Quebrada 01	17.66	1,079	3589	3311	7.12	25.76

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del Volumen máximo de esorrentía quebrada 01-Sector 02

Tabla 93

Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 01-Sector 02

Periodo de retorno	2005		2018	
	C=0.544		C=0.608	
	t _c =7.12 min		t _c = 7.12 min	
	Q (m ³ /s)	V (m ³)	Q (m ³ /s)	V (m ³)
2	0.71	303.63	0.79	338.96
5	0.80	341.32	0.89	381.04
10	0.87	372.92	0.97	416.31
25	0.98	419.22	1.10	468.00
50	1.07	458.02	1.20	511.32
100	1.17	500.42	1.31	558.65
500	1.44	614.62	1.61	686.14

Fuente: Elaboración propia

La tabla 93, muestra la variación del volumen máximo de esorrentía la misma que está en función del coeficiente de esorrentía, mostrando un incremento de 11.76 % para el año 2018 respecto al año 2005. Por otro lado; se tiene para un tiempo de concentración de 7.12 minutos y un periodo de retorno de 25 años un caudal de 1.10 m³/s; la misma que escurrirá por un canal de drenaje existente de 1.50 m x 1.00 m existente.

Tabla 94

Caudales máximos por el método racional punto 2-Sector 02

Periodo de retorno	Caudal máximo (m ³ /s)											
	Duración (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	13.16	9.05	7.27	6.23	5.52	5.00	4.60	4.28	4.02	3.80	3.61	3.44
5	14.80	10.18	8.18	7.00	6.21	5.62	5.17	4.81	4.52	4.27	4.05	3.87
10	16.17	11.12	8.93	7.65	6.78	6.14	5.65	5.26	4.94	4.66	4.43	4.23
25	18.18	12.50	10.04	8.60	7.62	6.91	6.36	5.91	5.55	5.24	4.98	4.75
50	19.86	13.66	10.97	9.39	8.33	7.55	6.94	6.46	6.06	5.73	5.44	5.19
100	21.70	14.92	11.99	10.26	9.10	8.24	7.59	7.06	6.62	6.26	5.94	5.67
500	26.65	18.33	14.72	12.61	11.17	10.13	9.32	8.67	8.14	7.69	7.30	6.96

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95

Características de la quebrada 02-Sector 02

Sector	Ha	Longitud (m)	Diferencia de nivel (m)		t _c (min.)	Pendiente %
			Máximo	Mínimo		
Quebrada 02	242.10	2,490	3900	3330	14.18	22.89

Fuente: Elaboración propia

La tabla 94 muestra los caudales máximos según tiempo de duración y periodo de retorno de la quebrada 02, la misma que agrupa a 5 quebradas

de tierra que descargan en el punto 02, cuya área de transición antes de ingresar al conducto cerrado de concreto armado tiene una dimensión de 1.50 m x 1.00 m, con 02 sedimentadores de 3.10 m x 0.70 m y una trampa para retener toda la basura que es arrojado a las quebradas.

Tabla 96

Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 02-Sector 02

Periodo de retorno	2005		2018	
	C=0.544		C=0.608	
	t _c =14.18 min		t _c = 14.18 min	
	Q (m ³ /s)	V (m ³)	Q (m ³ /s)	V (m ³)
2	6.72	5,714.31	7.50	6,379.26
5	7.55	6,423.75	8.43	7,171.25
10	8.25	7,018.36	9.21	7,835.06
25	9.27	7,889.69	10.35	8,807.78
50	10.13	8,620.00	11.31	9,623.07
100	11.07	9,417.91	12.36	10,513.83
500	13.60	11,567.15	15.18	12,913.16

Fuente: Elaboración propia

La tabla 96, muestra la variación del volumen por el incremento del coeficiente de escorrentía, teniendo un caudal de 10.35 m³/s para un tiempo de concentración de 14.18 minutos y un periodo de retorno de 25 años y un volumen de 8,807.78 m³.

Tabla 97

Caudales máximos por el método racional punto 3-Sector 02

Periodo de retorno	Caudal máximo (m ³ /s)											
	Duración (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	0.40	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
5	0.45	0.31	0.25	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12
10	0.49	0.34	0.27	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13
25	0.55	0.38	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
50	0.60	0.41	0.33	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16
100	0.65	0.45	0.36	0.31	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17
500	0.80	0.55	0.44	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 98

Características de la quebrada 03-Sector 02

Sector	Ha	Longitud (m)	Diferencia de nivel (m)		tc (min.)	Pendiente %
			Máximo	Mínimo		
Quebrada 03	7.30	798	3386	3309	8.23	9.65

Fuente: Elaboración propia

La tabla 97 muestra los caudales máximos de escorrentía superficial según periodos de retorno y tiempo de concentración de la quebrada 03.

Tabla 99
Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 03-Sector 02

Periodo de retorno	2005		2018	
	C=0.544		C=0.608	
	t _c =8.23 min		t _c = 8.23 min	
	Q (m ³ /s)	V (m ³)	Q (m ³ /s)	V (m ³)
2	0.27	134.16	0.30	149.77
5	0.31	150.81	0.34	168.36
10	0.33	164.77	0.37	183.95
25	0.38	185.23	0.42	206.79
50	0.41	202.38	0.46	225.93
100	0.45	221.11	0.50	246.84
500	0.55	271.57	0.61	303.17

Fuente: Elaboración propia

La tabla 99, muestra la variación del volumen por el incremento del coeficiente de escorrentía, teniendo un caudal de 0.42 m³/s para un tiempo de concentración de 8.23 minutos y un periodo de retorno de 25 años y un volumen de 206.79 m³.

Tabla 100
Caudales máximos por el método racional punto 4-Sector 02

Periodo de retorno	Caudal máximo (m ³ /s)												
	Duración (minutos)												
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
2	14.52	9.99	8.02	6.87	6.09	5.52	5.08	4.72	4.43	4.19	3.98	3.80	
5	16.32	11.23	9.02	7.72	6.85	6.20	5.71	5.31	4.98	4.71	4.47	4.27	
10	17.84	12.27	9.85	8.44	7.48	6.78	6.24	5.80	5.44	5.14	4.89	4.66	
25	20.05	13.79	11.08	9.48	8.41	7.62	7.01	6.52	6.12	5.78	5.49	5.24	
50	21.91	15.07	12.10	10.36	9.19	8.32	7.66	7.13	6.69	6.32	6.00	5.73	
100	23.93	16.46	13.22	11.32	10.04	9.10	8.37	7.79	7.31	6.90	6.56	6.26	
500	29.40	20.22	16.24	13.90	12.33	11.17	10.28	9.56	8.97	8.48	8.05	7.68	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 100 muestra los caudales máximos obtenidos por cada tiempo de duración y periodo de retorno en el punto de descarga 4, la misma que acumula toda la escorrentía generada en el sector 2. La figura 38 muestra la variación que tiene cada caudal con respecto al tiempo y a cada periodo de retorno. Los caudales máximos fueron calculados en base al coeficiente de escorrentía determinado el año 2018.

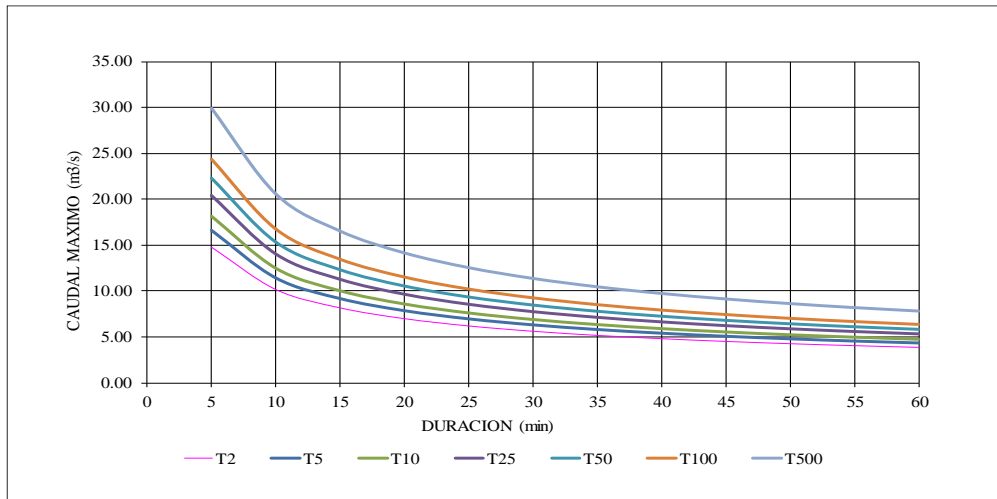


Figura 38: Caudales máximos de escorrentía-Sector 02

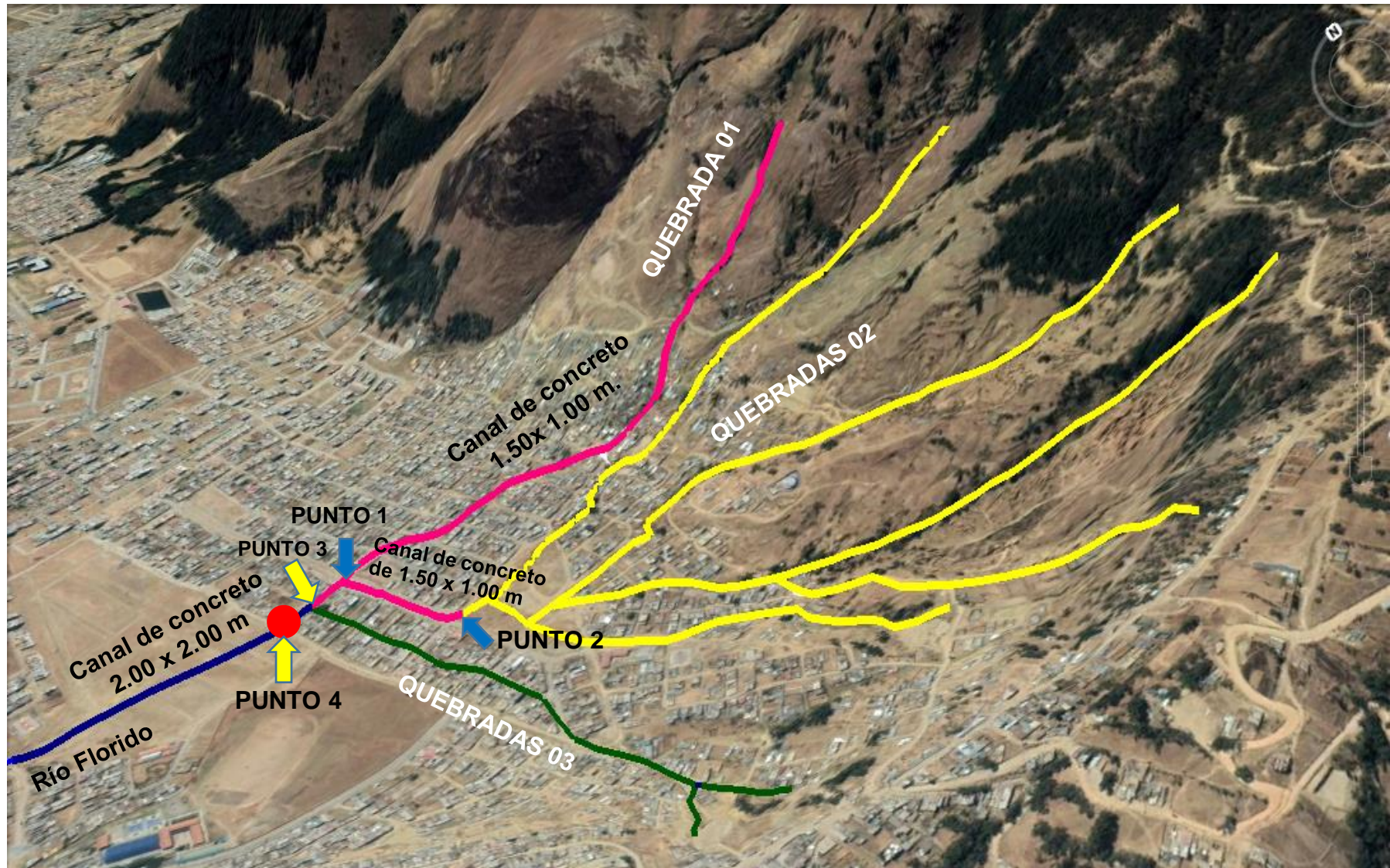


Imagen 8: Características existentes de las quebradas del Sector 02

Cálculo del caudal máximo por el método racional del Sector 03

Tabla 101

Caudales máximos por el método racional punto 1-Sector 03

Periodo de retorno	Caudal máximo (m ³ /s)											
	Duración (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	1.71	1.17	0.94	0.81	0.72	0.65	0.60	0.55	0.52	0.49	0.47	0.45
5	1.92	1.32	1.06	0.91	0.80	0.73	0.67	0.62	0.59	0.55	0.53	0.50
10	2.10	1.44	1.16	0.99	0.88	0.80	0.73	0.68	0.64	0.60	0.57	0.55
25	2.36	1.62	1.30	1.11	0.99	0.89	0.82	0.77	0.72	0.68	0.65	0.62
50	2.57	1.77	1.42	1.22	1.08	0.98	0.90	0.84	0.79	0.74	0.70	0.67
100	2.81	1.93	1.55	1.33	1.18	1.07	0.98	0.91	0.86	0.81	0.77	0.73
500	3.45	2.37	1.91	1.63	1.45	1.31	1.21	1.12	1.05	1.00	0.95	0.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102

Características de la quebrada 01-Sector 03

Sector	Ha	Longitud (m)	Diferencia de nivel (m)		tc (min.)	Pendiente %
			Máximo	Mínimo		
Quebrada 01	28.88	948	3416	3279	8.05	14.45

Fuente: Elaboración propia

La tabla 101 muestra los caudales máximos de escorrentía superficial que se generan según periodos de retorno y tiempo de duración en la quebrada 01 del sector 03, la misma que es de tierra y algunos sectores de concreto.

Tabla 103

Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 01-Sector 03

Periodo de retorno	2005		2018	
	C=0.579		C=0.660	
	tc= 8.05 min		tc= 8.05 min	
	Q (m ³ /s)	V (m ³)	Q (m ³ /s)	V (m ³)
2	1.16	559.13	1.32	637.08
5	1.30	628.54	1.48	716.17
10	1.42	686.72	1.62	782.47
25	1.60	771.98	1.82	879.61
50	1.75	843.44	1.99	961.03
100	1.91	921.51	2.17	1049.99
500	2.34	1131.81	2.67	1289.60

Fuente: Elaboración propia

La tabla 103, muestra la variación del volumen por el incremento del coeficiente de escorrentía, teniendo un caudal de 1.82 m³/s para un tiempo

de concentración de 8.05 minutos, periodo de retorno de 25 años y un volumen de 879.61 m³.

Tabla 104

Caudales máximos por el método racional punto 2-Sector 03

Periodo de retorno	Caudal máximo (m ³ /s)											
	Duración (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	2.56	1.76	1.41	1.21	1.07	0.97	0.89	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67
5	2.88	1.98	1.59	1.36	1.21	1.09	1.01	0.94	0.88	0.83	0.79	0.75
10	3.14	2.16	1.74	1.49	1.32	1.19	1.10	1.02	0.96	0.91	0.86	0.82
25	3.53	2.43	1.95	1.67	1.48	1.34	1.24	1.15	1.08	1.02	0.97	0.92
50	3.86	2.65	2.13	1.83	1.62	1.47	1.35	1.26	1.18	1.11	1.06	1.01
100	4.22	2.90	2.33	1.99	1.77	1.60	1.47	1.37	1.29	1.22	1.16	1.10
500	5.18	3.56	2.86	2.45	2.17	1.97	1.81	1.69	1.58	1.49	1.42	1.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 105

Características de la quebrada 02-Sector 03

Sector	Ha	Longitud (m)	Diferencia de nivel (m)		tc (min.)	Pendiente %
			Máximo	Mínimo		
Quebrada 03	43.32	790	3442	3280	6.11	20.51

Fuente: Elaboración propia

La tabla 104 muestra los caudales máximos de escorrentía superficial según periodos de retorno y tiempos de concentración de la quebrada 02 la misma que tiene sectores de concreto armado y de tierra.

Tabla 106

Volúmenes máximos según años de análisis quebrada 02-Sector 03

Periodo de retorno	2005		2018	
	C=0.579		C=0.660	
	tc= 6.11 min		tc= 6.11 min	
	Q (m ³ /s)	V (m ³)	Q (m ³ /s)	V (m ³)
2	2.02	738.78	2.30	841.78
5	2.27	830.50	2.58	946.29
10	2.48	907.38	2.82	1,033.88
25	2.78	1,020.03	3.17	1,162.24
50	3.04	1,114.45	3.46	1,269.82
100	3.32	1,217.61	3.78	1,387.36
500	4.08	1,495.47	4.65	1,703.97

Fuente: Elaboración propia

La tabla 106, muestra la variación del volumen por el incremento del coeficiente de escorrentía, teniendo un caudal de 3.17 m³/s para un tiempo

de concentración de 6.11 minutos, periodo de retorno de 25 años y un volumen de 1,162.24 m³.

Tabla 107

Caudales máximos por el método racional punto 3-Sector 03

Periodo de retorno	Caudal máximo (m ³ /s)											
	Duración (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	4.26	2.93	2.36	2.02	1.79	1.62	1.49	1.39	1.30	1.23	1.17	1.11
5	4.79	3.30	2.65	2.27	2.01	1.82	1.68	1.56	1.46	1.38	1.31	1.25
10	5.24	3.60	2.89	2.48	2.20	1.99	1.83	1.70	1.60	1.51	1.43	1.37
25	5.89	4.05	3.25	2.79	2.47	2.24	2.06	1.92	1.80	1.70	1.61	1.54
50	6.43	4.42	3.55	3.04	2.70	2.44	2.25	2.09	1.96	1.86	1.76	1.68
100	7.03	4.83	3.88	3.32	2.95	2.67	2.46	2.29	2.15	2.03	1.93	1.84
500	8.63	5.94	4.77	4.08	3.62	3.28	3.02	2.81	2.64	2.49	2.36	2.26

Fuente: Elaboración propia

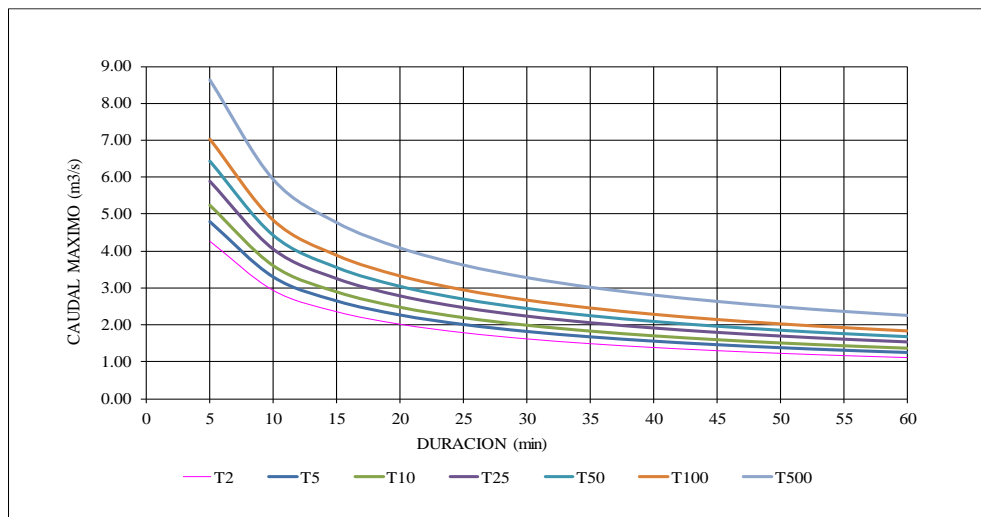


Figura 39: Caudales máximos de escorrentía-Sector 03

La tabla 107 muestra los caudales máximos obtenidos por cada tiempo de duración y periodo de retorno, concentrándose los máximos caudales en los tiempos iniciales. La escorrentía superficial calculada corresponde a la acumulación de las 02 quebradas que se encuentran en el sector 03. La figura 39 muestra la variación que tiene cada caudal con respecto al tiempo y a cada periodo de retorno. Los caudales máximos fueron calculados en base al coeficiente de escorrentía determinado del año 2018.

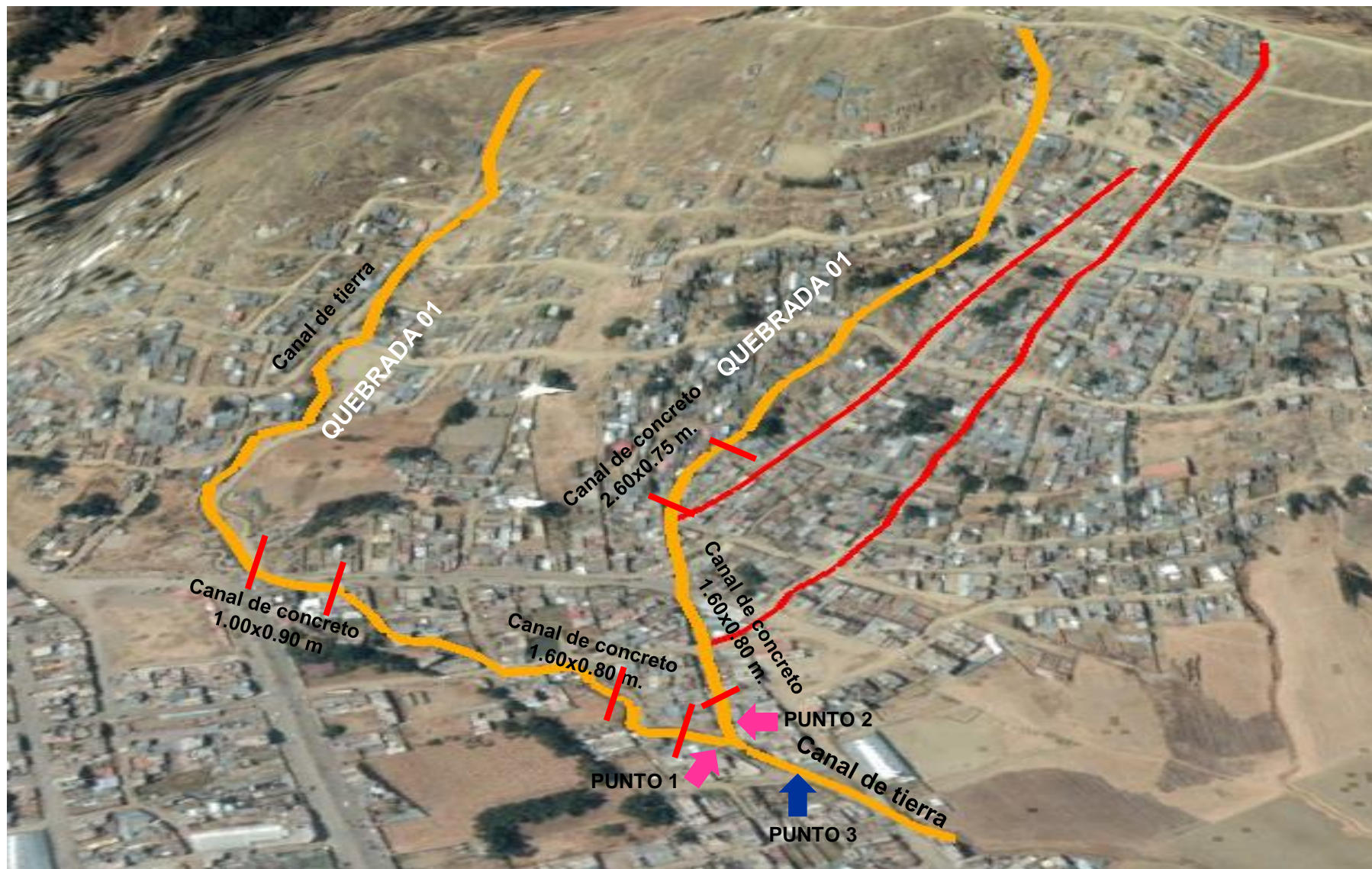


Imagen 9: Características existentes de las quebradas del Sector 03

4.3. Aumento de caudal punta

Para calcular el caudal máximo de avenida, se efectuó mediante la metodología descrita en el ítem 2.2.7.2 y 2.2.8.2.

Tabla 108

Características físicas de los sectores de estudio

Sector	Área (km ²)	Longitud (m)	Diferencia de nivel (m)		tc (min.)	Pendiente %
			Máximo	Mínimo		
Sector 01	0.47	1,450	3823	3339	8.09	33.38
Sector 02	2.67	2,490	3900	3330	14.18	22.89
Sector 03	0.72	935	3450	3280	7.29	18.18

Fuente: Elaboración propia

La tabla 108 muestra las características físicas de los sectores en estudio, detallando el área, longitud, la diferencia de niveles desde la zona más alejada hasta el punto de descarga, los tiempos de concentración en minutos y la pendiente en %.

Cálculo del caudal máximo de avenida del Sector 01

Tabla 109

Número de escorrentía (CN) del sector 01

Características del suelo	Área km ²	Grupo de suelo hidrológico	Condiciones para infiltración	CN(II)
Canal de concreto	0.0003	C	98	
Cobertura sin vegetación (semipermeable)	0.4534	C	79	79.36
Viviendas	0.0204	C	87	
TOTAL	0.4741			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 109 muestra el número de escorrentía CN según características del suelo la misma que fue determinado por el área que ocupa cada característica, grupo hidrológico del suelo y las condiciones de infiltración, dándonos un valor de 79.36 para condiciones que anteceden una humedad normal II.

Utilizando los valores de precipitaciones máximas para 24 horas descritas en la tabla 74, se procedió a elaborar la tormenta de diseño.

Tabla 110
Tormenta de diseño para T=10 años-Sector 01

Tiempo(hr)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación parcial (mm)
0.00	0.00	0.00
0.01	1.38	1.38
0.02	3.16	1.78
0.03	5.53	2.37
0.04	8.69	3.16
0.06	22.52	13.83
0.07	27.65	5.14
0.08	30.81	3.16
0.09	32.98	2.17
0.10	34.76	1.78
0.11	36.54	1.78
0.12	38.12	1.58
0.13	39.50	1.38

Fuente: Elaboración propia

La tabla 110 muestra la precipitación acumulada en un tiempo de 8.09 minutos, la misma que fue distribuida probabilísticamente entre el tiempo de duración.

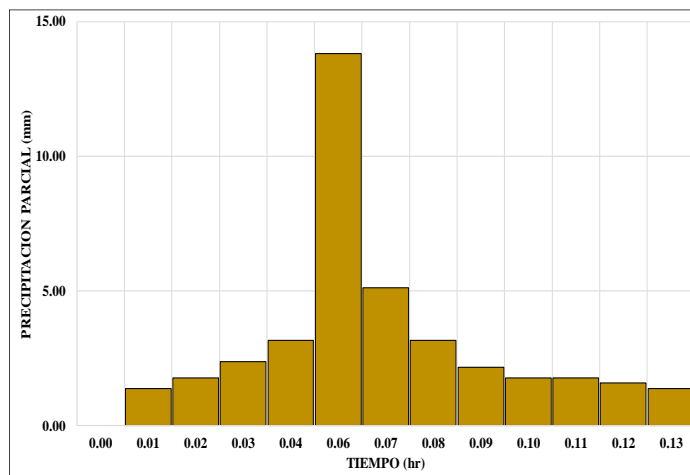


Figura 40: Hietograma de diseño para T=10 años

La figura 40 muestra la distribución de la precipitación a lo largo de los 8.09 minutos más lluviosos que se podría producir en el sector 01 en un tiempo de retorno de 10 años.

Tabla 111

Valores de abstracciones, ocurrencia de eventos y caudal punta unitarios

Periodo de retorno	S (mm)	la (mm)	tc (hr)	tb (hr)	tp (hr)	Qpu (m ³ /seg/mm)
2	66.07	13.21	0.13	0.23	0.09	1.14
5	66.07	13.21	0.13	0.23	0.09	1.14
10	66.07	13.21	0.13	0.23	0.09	1.14
25	66.07	13.21	0.13	0.23	0.09	1.14
50	66.07	13.21	0.13	0.23	0.09	1.14
100	66.07	13.21	0.13	0.23	0.09	1.14
500	66.07	13.21	0.13	0.23	0.09	1.14

Fuente: Elaboración propia

La tabla 111 muestra los valores de las abstracciones iniciales según características de escorrentía CN determinada en la tabla 109, el tiempo de concentración, los tiempos base y tiempos pico para las características del sector en estudio y el caudal punta unitario.

Tabla 112

Precipitación efectiva (mm) para T=10 años-Sector 01

Tiempo (hr)	PP acumulada (mm)	Pe acumulada (mm)	Pe efectiva (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	1.38	0.00	0.00
0.02	3.16	0.00	0.00
0.03	5.53	0.00	0.00
0.04	8.69	0.00	0.00
0.06	22.52	1.15	1.15
0.07	27.65	2.59	1.44
0.08	30.81	3.70	1.11
0.09	32.98	4.55	0.85
0.10	34.76	5.30	0.75
0.11	36.54	6.09	0.79
0.12	38.12	6.82	0.73
0.13	39.50	7.48	0.66

Fuente: Elaboración propia

La tabla 112 muestra la precipitación efectiva, la que viene a ser la escorrentía directa luego que ha terminado la infiltración, la misma que ocurre a los 4 minutos de haber iniciado el periodo lluvioso.

A partir de la tabla 113 se efectuó el cálculo del hidrograma de avenida, en donde aplicando la ecuación de la recta se determinó los caudales para cada periodo de tiempo.

Tabla 113

Caudal punta (m^3/s) según precipitación efectiva-Sector 01

Tiempo (hr)	Pe. Efectiva (mm)	Q_p (m^3/s)	Parámetros		
			T_0	T_p	T_b
0.01	0.00	0.00	0.00	0.09	0.23
0.02	0.00	0.00	0.01	0.10	0.24
0.03	0.00	0.00	0.02	0.11	0.25
0.04	0.00	0.00	0.03	0.12	0.26
0.06	1.15	1.31	0.04	0.13	0.27
0.07	1.44	1.65	0.06	0.14	0.29
0.08	1.11	1.27	0.07	0.15	0.30
0.09	0.85	0.98	0.08	0.16	0.31
0.10	0.75	0.85	0.09	0.18	0.32
0.11	0.79	0.90	0.10	0.19	0.33
0.12	0.73	0.84	0.11	0.20	0.34
0.13	0.66	0.76	0.12	0.21	0.35

Fuente: Elaboración propia

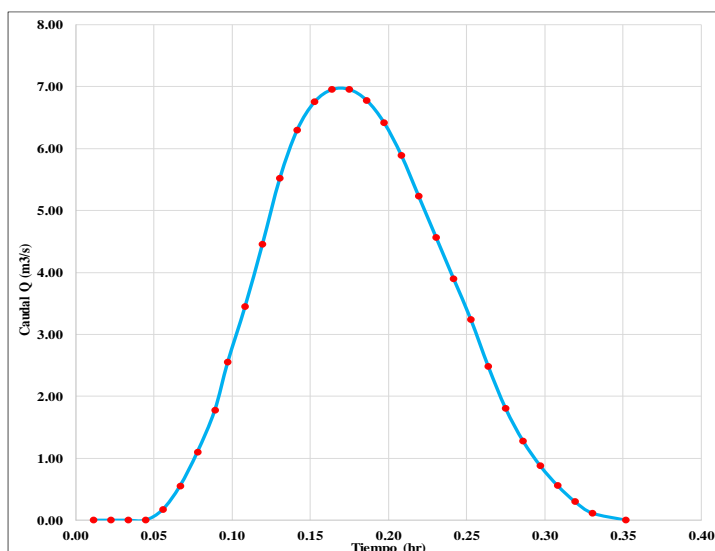


Figura 41: Hidrograma de avenida para $T=10$ años

La figura 41 muestra el hidrograma de avenida para el sector 01 para un tiempo de retorno de 10 años, la misma que se entiende como el caudal extremo de escorrentía superficial que sobrepasará la capacidad de evacuación de las quebradas la cual generará que se generen inundaciones, debido a que en la zona de estudio se encuentran poblaciones instaladas que las hace más vulnerable a los eventos lluviosos.

La tabla 114 muestra el caudal pico producido para un periodo de retorno de 10 años el cual es de $6.95 m^3/s$.

Tabla 114

Cálculo del hidrograma de avenida (m³/s)-Sector 01

Tiempo (hr)	Caudales parciales m ³ /s											Hidrograma de avenida m ³ /s	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.06	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
0.07	0.00	0.00	0.00	0.34	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55
0.08	0.00	0.00	0.00	0.51	0.43	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
0.09	0.00	0.00	0.00	0.68	0.64	0.33	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.77
0.10	0.00	0.00	0.00	0.85	0.85	0.49	0.25	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55
0.11	0.00	0.00	0.00	1.02	1.06	0.66	0.38	0.22	0.12	0.00	0.00	0.00	3.45
0.12	0.00	0.00	0.00	1.19	1.28	0.82	0.50	0.33	0.23	0.11	0.00	0.00	4.46
0.13	0.00	0.00	0.00	1.31	1.49	0.99	0.63	0.44	0.35	0.22	0.10	0.00	5.52
0.14	0.00	0.00	0.00	1.21	1.65	1.15	0.75	0.55	0.46	0.32	0.20	0.00	6.30
0.15	0.00	0.00	0.00	1.11	1.52	1.27	0.88	0.66	0.58	0.43	0.29	0.00	6.75
0.16	0.00	0.00	0.00	1.01	1.39	1.17	0.98	0.77	0.70	0.54	0.39	0.00	6.95
0.18	0.00	0.00	0.00	0.91	1.27	1.08	0.90	0.85	0.81	0.65	0.49	0.00	6.95
0.19	0.00	0.00	0.00	0.81	1.14	0.98	0.82	0.79	0.90	0.76	0.59	0.00	6.78
0.20	0.00	0.00	0.00	0.70	1.01	0.88	0.75	0.72	0.83	0.84	0.69	0.00	6.42
0.21	0.00	0.00	0.00	0.60	0.88	0.78	0.67	0.66	0.76	0.77	0.76	0.00	5.89
0.22	0.00	0.00	0.00	0.50	0.76	0.68	0.60	0.59	0.69	0.71	0.70	0.00	5.23
0.23	0.00	0.00	0.00	0.40	0.63	0.58	0.52	0.52	0.62	0.64	0.64	0.00	4.56
0.24	0.00	0.00	0.00	0.30	0.50	0.48	0.45	0.46	0.55	0.58	0.58	0.00	3.90
0.25	0.00	0.00	0.00	0.20	0.37	0.39	0.37	0.39	0.48	0.51	0.52	0.00	3.24
0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.29	0.30	0.33	0.41	0.45	0.47	0.00	2.48
0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.22	0.26	0.34	0.38	0.41	0.00	1.80
0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.19	0.27	0.32	0.35	0.00	1.28
0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.20	0.25	0.29	0.00	0.87
0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.19	0.23	0.00	0.55
0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.17	0.00	0.30
0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11
0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL PICO													
6.95													

Tabla 115

Caudales punta según periodos de retorno-Sector 01

Periodo de retorno	Qpu (m ³ /seg/mm)	Qp (m ³ /seg)
2	1.14	3.05
5	1.14	5.26
10	1.14	6.95
25	1.14	9.36
50	1.14	11.29
100	1.14	13.31
500	1.14	18.32

Fuente: Elaboración propia

La tabla 115 muestra los valores de caudal punta determinados según periodos de retorno, la misma que cuenta con sus hietogramas e histogramas por cada tiempo de retorno.

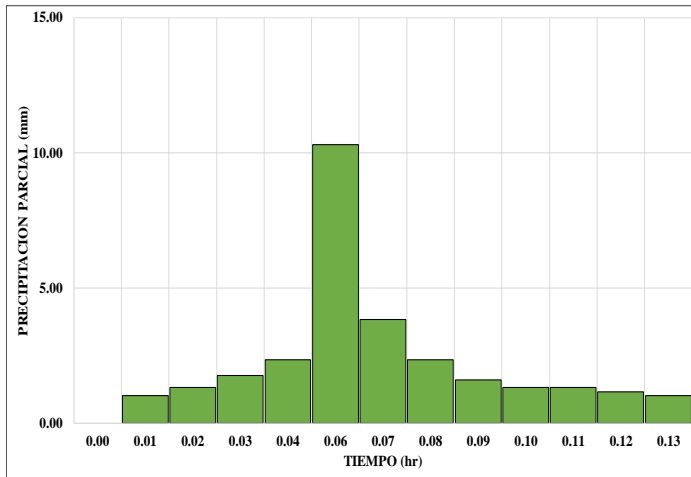


Figura 42: Hietograma de diseño para T=2 años-Sector 01

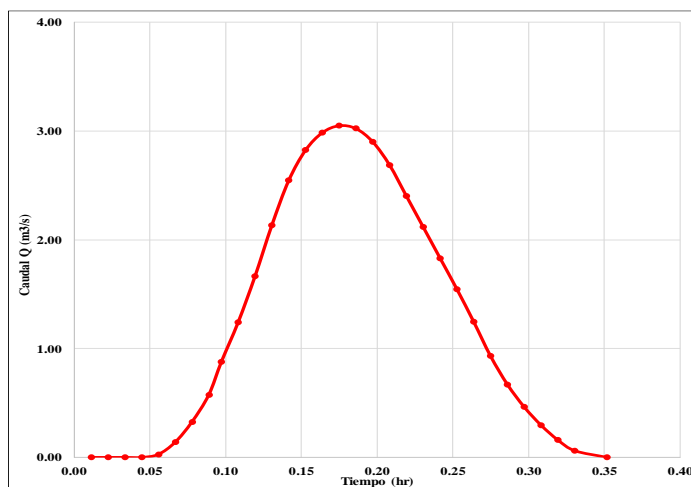


Figura 43: hidrograma de avenida para T=2 años-Sector 01

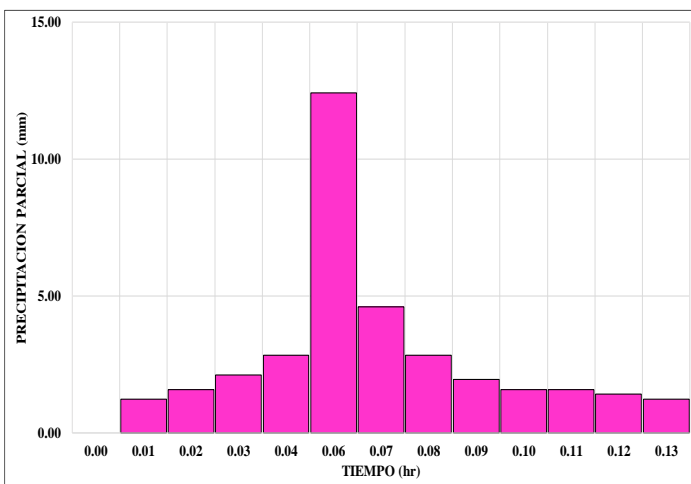


Figura 44: Hietograma de diseño para T=5 años-Sector 01

Las figuras del 42 al 51 muestran los hietogramas e hidrogramas para diferentes periodos de retorno en los cuales se puede apreciar la

precipitación parcial por cada tiempo y el caudal punta ocasionado por el exceso escorrentía superficial.

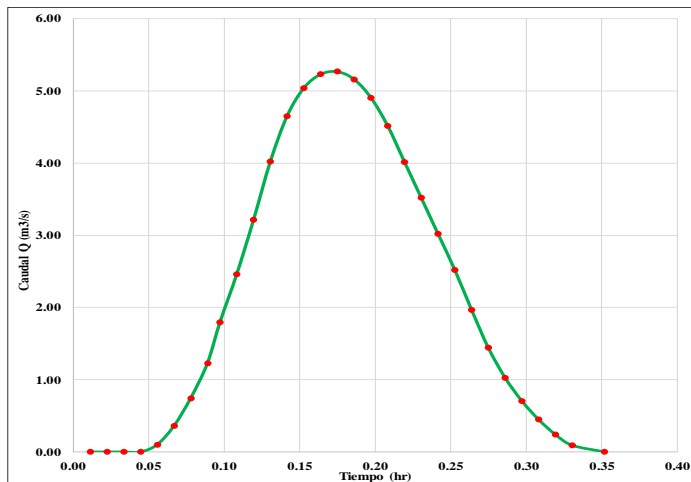


Figura 45: Hidrograma de avenida para T=5 años-Sector 01

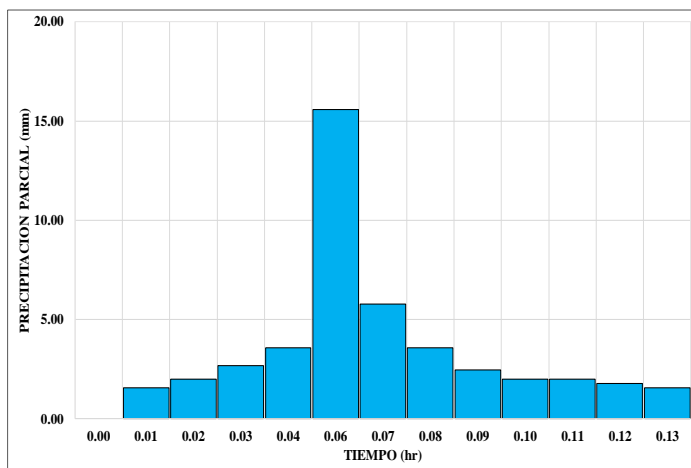


Figura 46: Hietograma de diseño para T=25 años-Sector 01

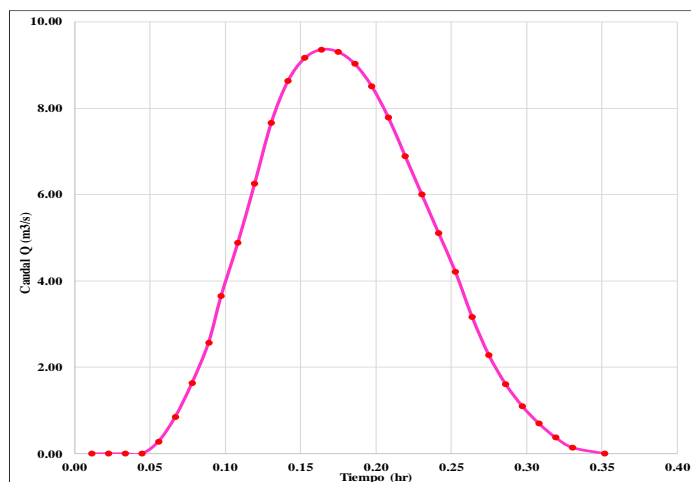


Figura 47: Hidrograma de avenida para T=25 años-Sector 01

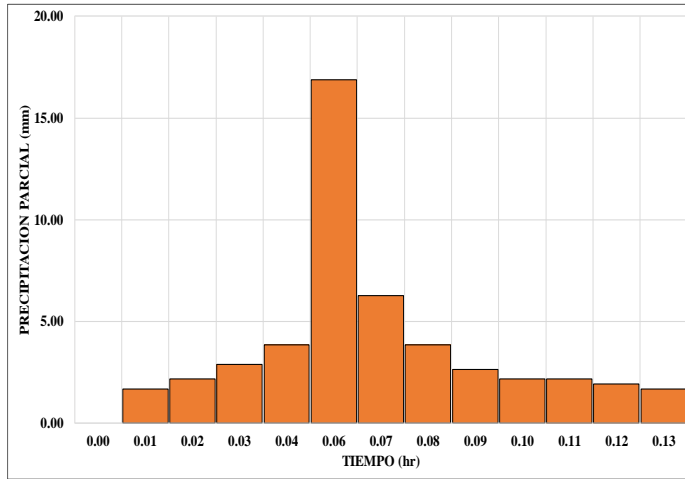


Figura 48: Hietograma de diseño para T=50 años-Sector 01

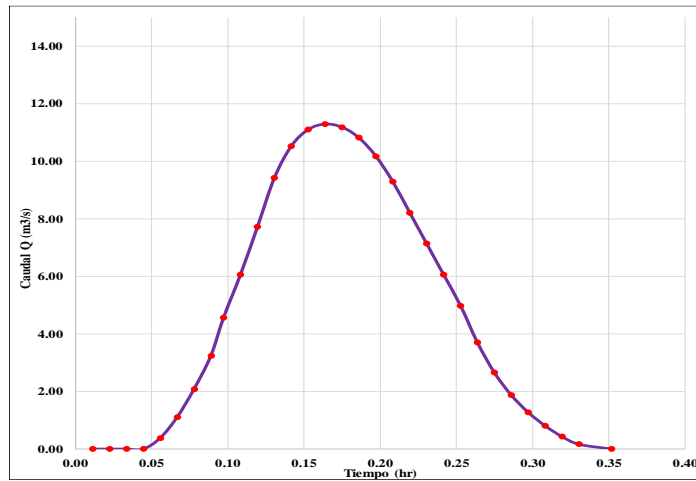


Figura 49: Hidrograma de avenida para T=50 años-Sector 01

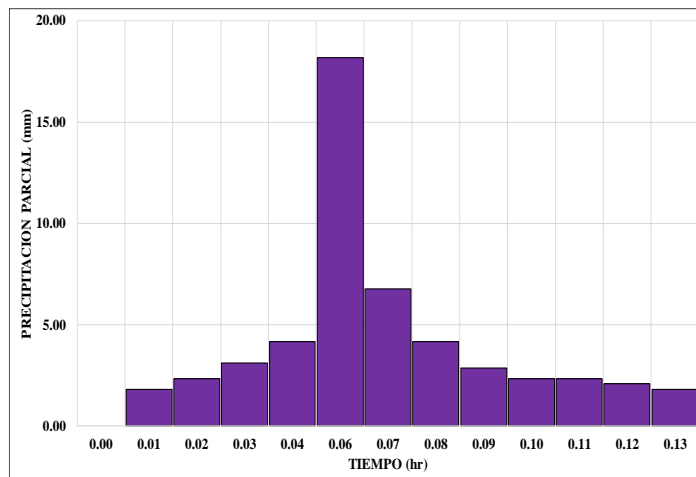


Figura 50: Hietograma de diseño para T=100 años--Sector 01

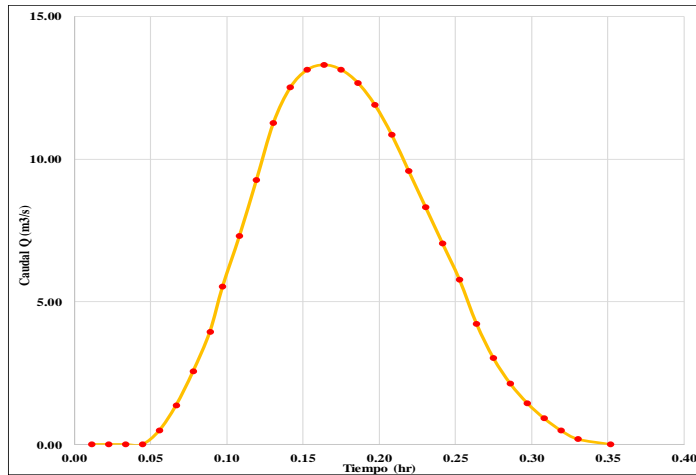


Figura 51: Hietograma de diseño para T=100 años--Sector 01

Cálculo del caudal máximo de avenida del Sector 02

Tabla 116

Número de escorrentía (CN) del sector 02

Características del suelo	Área km ²	Grupo de suelo hidrológico	Condiciones para infiltración	CN(II)
Calles pavimentadas o asfaltadas	0.01	A,C	98	
Calles de tierra 60% arena limosa	0.14	A	72	
Calles de tierra 40% limo arcillosa	0.10	C	87	
Cobertura sin vegetación (semipermeable)	1.60	C	79	
Cobertura vegetal (pastos vegetación ligera)	0.12	C	74	79.17
Viviendas (60%)	0.34	A	77	
Viviendas (40%)	0.22	C	90	
Bosques (semipermeable)	0.31	C	77	
TOTAL	2.84			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 116 muestra el número de escorrentía CN la cual fue determinada según característica del suelo, grupo hidrológico y con ello las condiciones de infiltración, teniendo como valor de 79.17 para condiciones que anteceden una humedad normal II.

La tabla 117 muestra la tormenta de diseño efectuado para un periodo de retorno de 25 años y un tiempo de concentración de 14.09 minutos, a partir de la cual se elaboró el hietograma de precipitación.

Tabla 117
Tormenta de diseño para T=25 años-Sector 02

Tiempo(hr)	PP acumulada (mm)	Precipitación parcial (mm)
0.00	0.00	0.00
0.02	1.56	1.56
0.04	3.56	2.00
0.06	6.24	2.67
0.08	9.80	3.56
0.10	25.39	15.59
0.12	31.18	5.79
0.14	34.74	3.56
0.16	37.19	2.45
0.18	39.19	2.00
0.19	41.20	2.00
0.21	42.98	1.78
0.23	44.54	1.56

Fuente: Elaboración propia

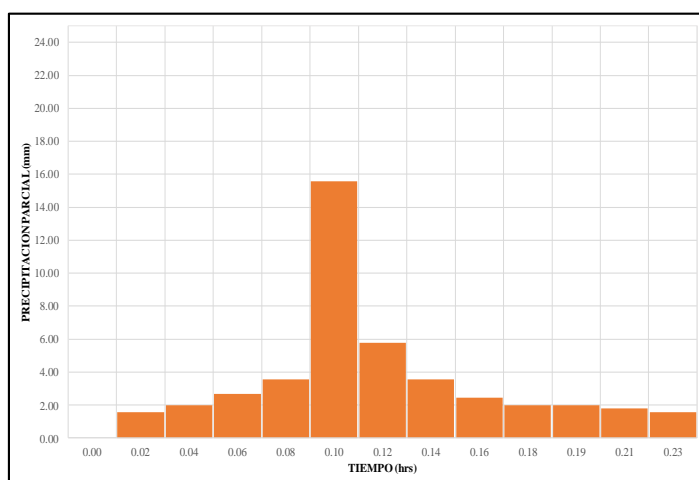


Figura 52: Hietograma de diseño para T=25 años-Sector 02

La figura 52 muestra el hietograma de precipitación a lo largo de los 14.09 minutos más lluviosos que se podría producir en el sector 01 para un tiempo de retorno de 25 años.

Tabla 118
Valores de abstracciones, ocurrencia de eventos y caudal punta unitarios

Periodo de retorno	S (mm)	I _a (mm)	t _c (hr)	t _b (hr)	t _p (hr)	Q _{pu} (m ³ /seg/mm)
2	64.36	12.87	0.24	0.40	0.15	3.68
5	64.36	12.87	0.24	0.40	0.15	3.68
10	64.36	12.87	0.24	0.40	0.15	3.68
25	64.36	12.87	0.24	0.40	0.15	3.68
50	64.36	12.87	0.24	0.40	0.15	3.68
100	64.36	12.87	0.24	0.40	0.15	3.68
500	64.36	12.87	0.24	0.40	0.15	3.68

Fuente: Elaboración propia

La tabla 118 muestra los valores de las abstracciones iniciales según características de escorrentía CN determinada en la tabla 116, el tiempo de concentración, los tiempos base, tiempos pico y el caudal punta unitario.

Tabla 119

Precipitación efectiva (mm) para T=25 años-Sector 02

Tiempo(hr)	PP acumulada (mm)	Pe acumulada (mm)	Pe efectiva (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	1.56	0.00	0.00
0.04	3.56	0.00	0.00
0.06	6.24	0.00	0.00
0.08	9.80	0.00	0.00
0.10	25.39	2.04	2.04
0.12	31.18	4.05	2.02
0.14	34.74	5.55	1.49
0.16	37.19	6.67	1.12
0.18	39.19	7.64	0.97
0.19	41.20	8.66	1.02
0.21	42.98	9.60	0.94
0.23	44.54	10.44	0.85

Fuente: Elaboración propia

La tabla 119 muestra la precipitación efectiva, la que viene a ser la escorrentía directa luego que ha terminado la infiltración, la misma que ocurre en los primeros 6 minutos de iniciado el periodo lluvioso.

Tabla 120

Caudal punta (m³/s) según precipitación efectiva-Sector 02

Tiempo (hr)	Pe. Efectiva (mm)	Q _p (m ³ /s)	Parámetros		
			T ₀	T _p	T _b
0.02	0.00	0.00	0.00	0.15	0.41
0.04	0.00	0.00	0.02	0.17	0.42
0.06	0.00	0.00	0.04	0.19	0.44
0.08	0.00	0.00	0.06	0.21	0.46
0.10	2.04	7.49	0.08	0.23	0.48
0.12	2.02	7.41	0.10	0.25	0.50
0.14	1.49	5.49	0.12	0.27	0.52
0.16	1.12	4.13	0.14	0.29	0.54
0.18	0.97	3.57	0.16	0.31	0.56
0.19	1.02	3.74	0.18	0.33	0.58
0.21	0.94	3.45	0.20	0.35	0.60
0.23	0.85	3.11	0.22	0.37	0.62

Fuente: Elaboración propia

La tabla 120 muestra los caudales punta por cada periodo de tiempo, el tiempo donde inicia a producirse el caudal, el tiempo en donde se genera el caudal pico y el tiempo base cuando cesa el caudal.

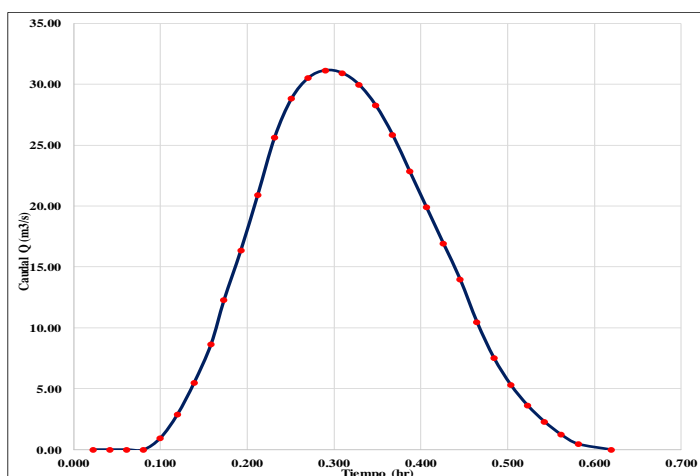


Figura 53: Hidrograma de avenida para T=25 años-Sector 02

La figura 53 muestra el hidrograma de avenida para el sector 02 para un periodo de retorno de 25 años.

Tabla 121

Cálculo del hidrograma de avenida (m³/s)-Sector 02

Tiempo (hr)	Caudales parciales m³/s											Hidrograma de avenida m³/s	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
0.02	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
0.04	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
0.06	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
0.08	0.00	0.00	0.00	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
0.10	0.00	0.00	0.00	0.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0.96
0.12	0.00	0.00	0.00	1.93	0.95	0	0	0	0	0	0	0	2.88
0.14	0.00	0.00	0.00	2.89	1.91	0.71	0	0	0	0	0	0	5.51
0.16	0.00	0.00	0.00	3.86	2.86	1.41	0.53	0	0	0	0	0	8.67
0.17	0.00	0.00	0.00	4.82	3.82	2.12	1.06	0.46	0	0	0	0	12.28
0.19	0.00	0.00	0.00	5.79	4.77	2.83	1.59	0.92	0.48	0	0	0	16.38
0.21	0.00	0.00	0.00	6.75	5.73	3.53	2.13	1.38	0.96	0.44	0	0	20.93
0.23	0.00	0.00	0.00	7.5	6.68	4.24	2.66	1.84	1.44	0.89	0.40	0	25.65
0.25	0.00	0.00	0.00	6.9	7.41	4.95	3.19	2.30	1.93	1.33	0.80	0	28.82
0.27	0.00	0.00	0.00	6.3	6.84	5.49	3.72	2.76	2.41	1.78	1.20	0	30.53
0.29	0.00	0.00	0.00	5.8	6.27	5.06	4.13	3.22	2.89	2.22	1.60	0	31.15
0.31	0.00	0.00	0.00	5.2	5.70	4.64	3.81	3.57	3.37	2.67	2.01	0	30.94
0.33	0.00	0.00	0.00	4.6	5.12	4.22	3.49	3.30	3.74	3.11	2.41	0	29.98
0.35	0.00	0.00	0.00	4.0	4.55	3.79	3.17	3.02	3.45	3.5	2.81	0	28.26
0.37	0.00	0.00	0.00	3.4	3.98	3.37	2.85	2.75	3.16	3.2	3.11	0	25.84
0.39	0.00	0.00	0.00	2.9	3.40	2.94	2.53	2.47	2.87	2.9	2.87	0	22.88
0.41	0.00	0.00	0.00	2.3	2.83	2.52	2.21	2.19	2.58	2.7	2.63	0	19.91
0.43	0	0	0.00	1.7	2.26	2.10	1.90	1.92	2.29	2.4	2.39	0	16.94
0.45	0	0	0	1.1	1.69	1.67	1.58	1.64	2.01	2.1	2.15	0	13.98
0.47	0	0	0	0	1.11	1.25	1.26	1.37	1.72	1.9	1.91	0	10.47
0.49	0	0	0	0	0	0.82	0.94	1.09	1.43	1.6	1.67	0	7.54
0.50	0	0	0	0	0	0	0.62	0.81	1.14	1.3	1.43	0	5.32
0.52	0	0	0	0	0	0	0	0.54	0.85	1.1	1.19	0	3.63
0.54	0	0	0	0	0	0	0	0	0.56	0.8	0.95	0	2.30
0.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.71	0	1.23
0.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.47	0	0.47
0.62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
CAUDAL PICO													
31.15													

La tabla 121 muestra el caudal pico producido para un periodo de retorno de 25 años el cual es de 31.15 m³/s.

Tabla 122
Caudales punta según periodos de retorno-Sector 02

Periodo de retorno	Qpu (m ³ /seg/mm)	Qp (m ³ /seg)
2	3.68	10.36
5	3.68	17.68
10	3.68	23.26
25	3.68	31.15
50	3.68	37.46
100	3.68	44.06
500	3.68	60.42

Fuente: Elaboración propia

La tabla 122 muestra los caudales punta para diferentes periodos de retorno los mismos que cuentan con el hietograma de precipitación y el hidrograma de avenida.

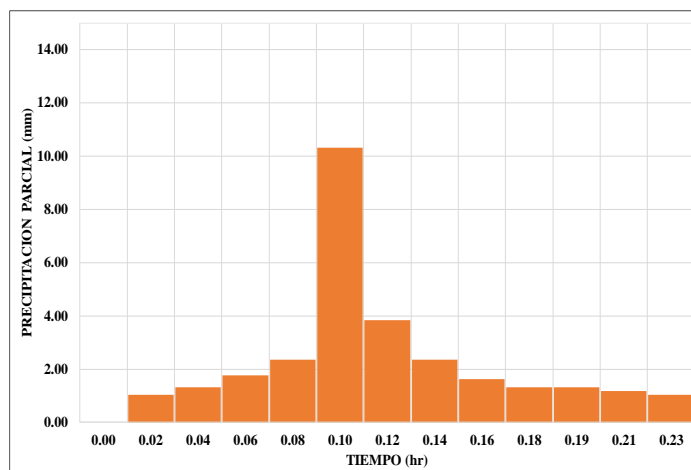


Figura 54: Hietograma de diseño para T=2 años-Sector 02

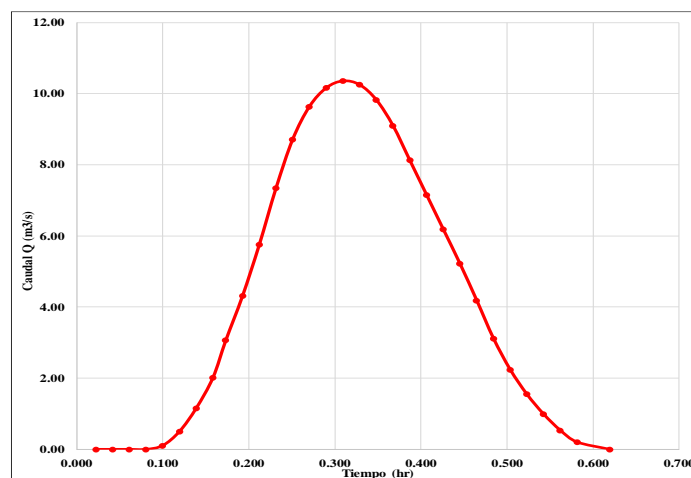


Figura 55: Hidrograma de avenida para T=2 años-Sector 02

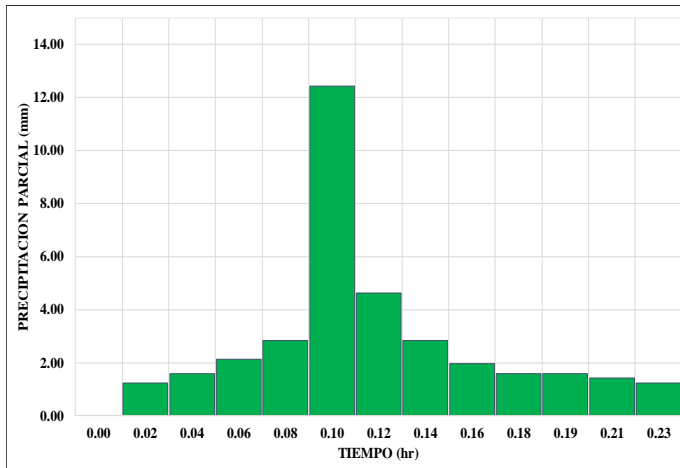


Figura 56: Hietograma de diseño T=5 años-Sector 02

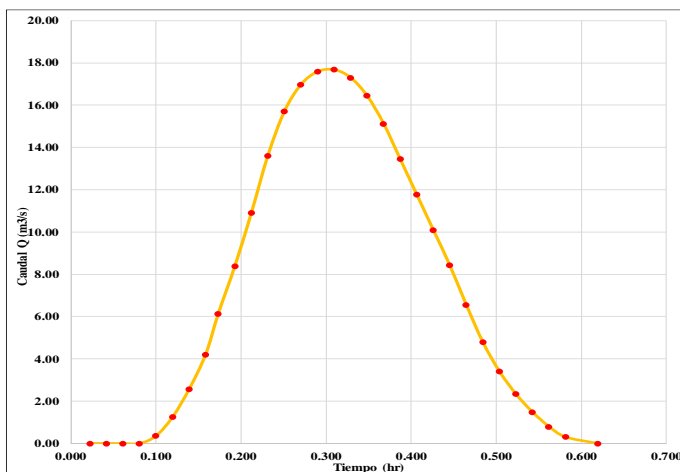


Figura 57: Hidrograma de avenida para T=5 años-Sector 02

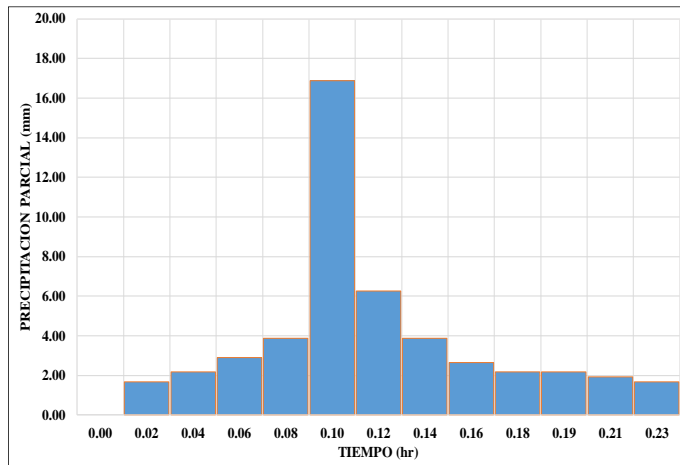


Figura 58: Hietograma de diseño para T=50 años-Sector 02

Las figuras del 54 al 58 muestran los hietogramas e hidrogramas para diferentes periodos de retorno en los cuales se puede apreciar la precipitación parcial por cada tiempo y el caudal punta ocasionado por el exceso escorrentía superficial.

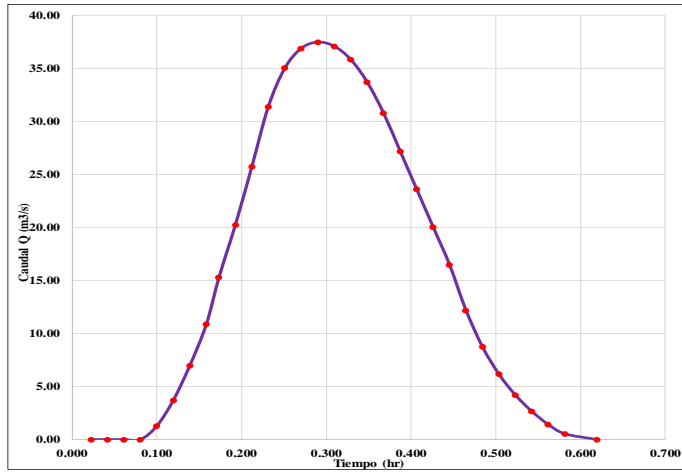


Figura 59: Hidrograma de avenida para T=50 años-Sector 02

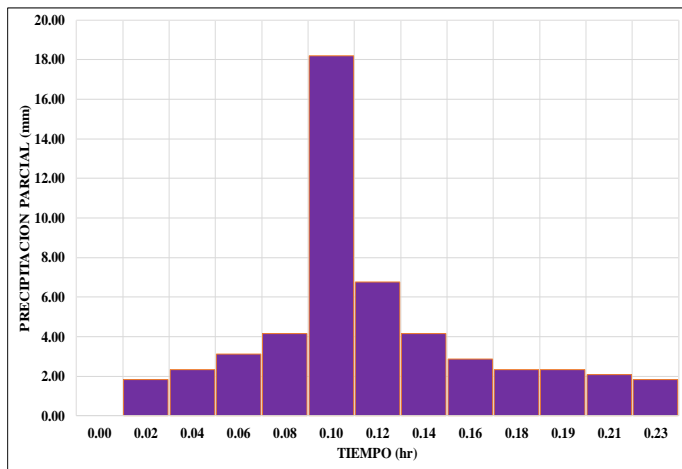


Figura 60: Hietograma de diseño para T=100 años-Sector 02

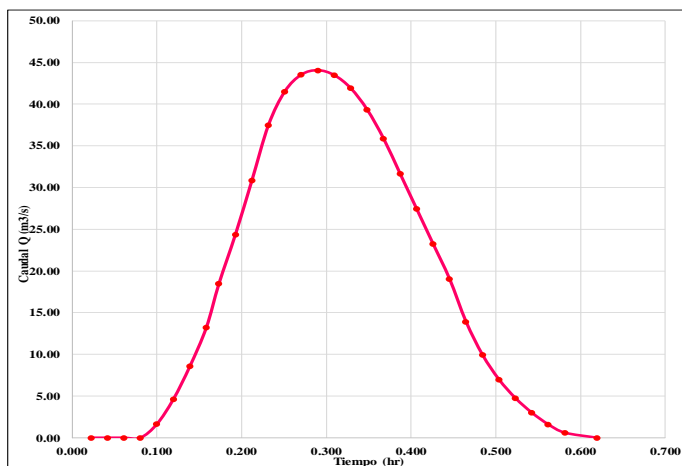


Figura 61: Hidrograma de avenida para T=100 años-Sector 02

Las figuras del 59 al 61 muestran los hietogramas e hidrogramas para diferentes periodos de retorno en los cuales se puede apreciar la

precipitación parcial por cada tiempo y el caudal punta ocasionado por el exceso escorrentía superficial.

Cálculo del caudal máximo de avenida del Sector 03

Tabla 123
Número de escorrentía (CN) del sector 03

Características del suelo	Área km ²	Grupo de suelo hidrológico	Condiciones para infiltración	CN(II)
Calles pavimentadas o asfaltadas	0.00	B	98	
Calles de tierra	0.01	B	82	
Cobertura sin vegetación (permeable)	0.24	B	69	79.56
Viviendas	0.47	B	85	
Bosques	0.01	B	66	
TOTAL	0.72			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 123 muestra el número de escorrentía CN la cual fue determinada según característica del suelo, grupo hidrológico y con ello las condiciones de infiltración, teniendo como valor de 79.56 para condiciones que anteceden una humedad normal II.

Tabla 124
Tormenta de diseño para T=25 años-Sector 03

Tiempo (hr)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación parcial (mm)
0.00	0.00	0.00
0.01	1.56	1.56
0.02	3.56	2.00
0.03	6.24	2.67
0.04	9.80	3.56
0.05	25.39	15.59
0.06	31.18	5.79
0.07	34.74	3.56
0.08	37.19	2.45
0.09	39.19	2.00
0.10	41.20	2.00
0.11	42.98	1.78
0.12	44.54	1.56

Fuente: Elaboración propia

La tabla 124 muestra la tormenta de diseño efectuado para un periodo de retorno de 25 años y un tiempo de concentración de 7.29 minutos, a partir de la cual se elaboró el hietograma de precipitación.

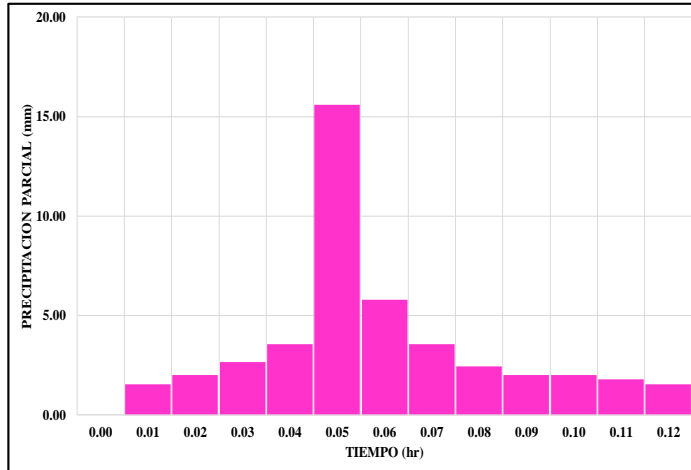


Figura 62: Hietograma de diseño para T=25 años-Sector 03

La figura 62 muestra el hietograma de precipitación para un periodo de retorno de 25 años, mostrándose la distribución a lo largo de los 7.29 minutos más lluviosos que se pueden producir en el sector 03.

Tabla 125

Valores de abstracciones, ocurrencia de eventos y caudal punta unitarios

Periodo de retorno	S (mm)	I_a (mm)	t_c (hr)	t_b (hr)	t_p (hr)	Q_{pu} (m ³ /seg/mm)
2	65.24	13.05	0.12	0.21	0.08	1.93
5	65.24	13.05	0.12	0.21	0.08	1.93
10	65.24	13.05	0.12	0.21	0.08	1.93
25	65.24	13.05	0.12	0.21	0.08	1.93
50	65.24	13.05	0.12	0.21	0.08	1.93
100	65.24	13.05	0.12	0.21	0.08	1.93
500	65.24	13.05	0.12	0.21	0.08	1.93

Fuente: Elaboración propia

La tabla 125 evidencia la abstracción determinada en función al tipo de característica de suelo y condiciones de infiltración, también se muestra los valores de la ocurrencia de eventos por cada periodo de tiempo y el caudal punta unitario.

La tabla 126 muestra la precipitación efectiva que ocurre durante el tiempo de duración del periodo lluvioso, el cual inicia a los 3 minutos de iniciada la precipitación.

Tabla 126

Precipitación efectiva (mm) para T=25 años-Sector 03

Tiempo (hr)	PP acumulada (mm)	Pe acumulada (mm)	Pe efectiva (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	1.56	0.00	0.00
0.02	3.56	0.00	0.00
0.03	6.24	0.00	0.00
0.04	9.80	0.00	0.00
0.05	25.39	1.96	1.96
0.06	31.18	3.94	1.98
0.07	34.74	5.41	1.47
0.08	37.19	6.52	1.11
0.09	39.19	7.48	0.96
0.10	41.20	8.48	1.00
0.11	42.98	9.41	0.93
0.12	44.54	10.25	0.84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 127

Caudal punta (m³/s) según precipitación efectiva-Sector 03

Tiempo (hr)	Pe. Efectiva (mm)	Q _p (m ³ /s)	Parámetros		
			T ₀	T _p	T _b
0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.21
0.02	0.00	0.00	0.01	0.09	0.22
0.03	0.00	0.00	0.02	0.10	0.23
0.04	0.00	0.00	0.03	0.11	0.24
0.05	1.96	3.79	0.04	0.12	0.25
0.06	1.98	3.83	0.05	0.13	0.26
0.07	1.47	2.84	0.06	0.14	0.26
0.08	1.11	2.14	0.07	0.15	0.27
0.09	0.96	1.85	0.08	0.16	0.28
0.10	1.00	1.94	0.09	0.16	0.29
0.11	0.93	1.79	0.10	0.17	0.30
0.12	0.84	1.62	0.11	0.18	0.31

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 127 se presenta el caudal punta en m³/s generada a partir de la precipitación efectiva o escorrentía superficial la cual muestra los parámetros del tiempo de inicio, el tiempo pico y el tiempo base de la ocurrencia de cada evento.

La tabla 128 fue determinada a partir de tabla 127, la cual a partir de un proceso de iteraciones de la ecuación de la recta se determinó un caudal pico de 15.98 m³/s que se produciría para un periodo de retorno de 25 años en el sector 03, la misma que ocasionaría posibles inundaciones en las viviendas y zonas cercanas al ámbito del área determinada.

Tabla 128

Cálculo del hidrograma de avenida (m^3/s)-Sector 03

Tiempo (hr)	Caudales parciales m^3/s											Hidrograma de avenida m^3/s	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
0.06	0.00	0.00	0.00	0.95	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43
0.07	0.00	0.00	0.00	1.43	0.96	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74
0.08	0.00	0.00	0.00	1.90	1.44	0.71	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.32
0.09	0.00	0.00	0.00	2.38	1.92	1.07	0.54	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	6.14
0.10	0.00	0.00	0.00	2.85	2.40	1.43	0.81	0.47	0.24	0.00	0.00	0.00	8.20
0.11	0.00	0.00	0.00	3.33	2.88	1.78	1.07	0.70	0.49	0.23	0.00	0.00	10.48
0.12	0.00	0.00	0.00	3.79	3.36	2.14	1.34	0.93	0.73	0.45	0.20	0.00	12.95
0.13	0.00	0.00	0.00	3.51	3.83	2.50	1.61	1.16	0.97	0.68	0.41	0.00	14.66
0.14	0.00	0.00	0.00	3.22	3.54	2.84	1.88	1.40	1.22	0.90	0.61	0.00	15.60
0.15	0.00	0.00	0.00	2.94	3.25	2.63	2.14	1.63	1.46	1.13	0.81	0.00	15.98
0.16	0.00	0.00	0.00	2.65	2.96	2.41	1.98	1.85	1.71	1.35	1.02	0.00	15.93
0.16	0.00	0.00	0.00	2.36	2.67	2.20	1.82	1.72	1.94	1.58	1.22	0.00	15.51
0.17	0.00	0.00	0.00	2.08	2.39	1.99	1.66	1.58	1.80	1.79	1.42	0.00	14.70
0.18	0.00	0.00	0.00	1.79	2.10	1.77	1.50	1.44	1.65	1.66	1.62	0.00	13.52
0.19	0.00	0.00	0.00	1.51	1.81	1.56	1.33	1.30	1.50	1.52	1.50	0.00	12.03
0.20	0.00	0.00	0.00	1.22	1.52	1.34	1.17	1.16	1.36	1.39	1.38	0.00	10.54
0.21	0.00	0.00	0.00	0.94	1.23	1.13	1.01	1.02	1.21	1.25	1.25	0.00	9.05
0.22	0.00	0.00	0.00	0.65	0.95	0.92	0.85	0.88	1.06	1.12	1.13	0.00	7.56
0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.70	0.69	0.74	0.92	0.98	1.01	0.00	5.70
0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.53	0.60	0.77	0.85	0.89	0.00	4.12
0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.46	0.63	0.71	0.77	0.00	2.93
0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.48	0.58	0.64	0.00	2.02
0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.44	0.52	0.00	1.30
0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.40	0.00	0.71
0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.28
0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CAUDAL PICO

15.98

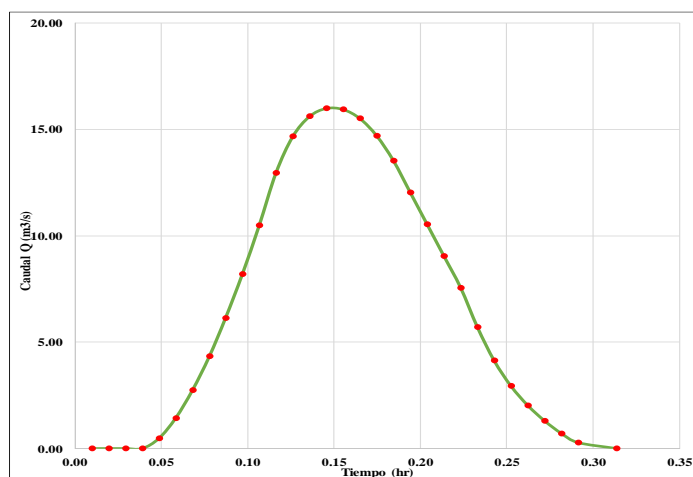


Figura 63: Hidrograma de avenida para T=25 años-Sector 03

A partir de la tabla 127 se determinó el hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 25 años, mostrando el incremento del caudal hasta

lograr la máxima descarga, para luego disminuir a través del tiempo, la cual se muestra la figura 63.

Tabla 129

Caudales punta según periodos de retorno-Sector 03

Periodo de retorno	Qpu (m ³ /seg/mm)	Qp (m ³ /seg)
2	1.93	5.26
5	1.93	9.04
10	1.93	11.93
25	1.93	15.98
50	1.93	19.26
100	1.93	22.69
500	1.93	31.20

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 129 se muestra los caudales punta que se generarían en el sector 03 para diferentes periodos de retorno, para los cuales se determinó los hietogramas de precipitación y los histogramas de avenida.

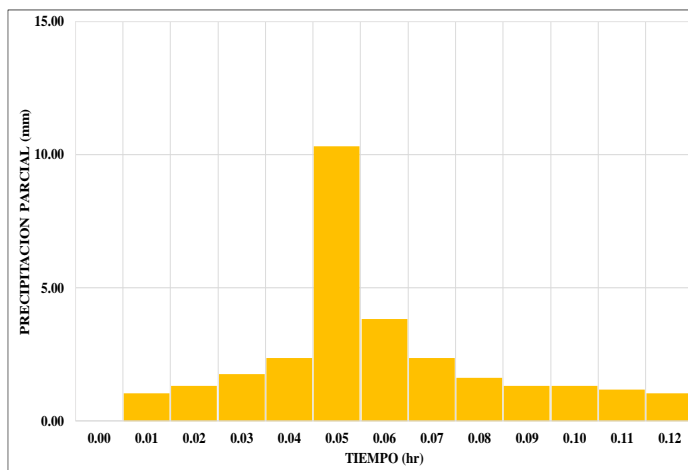


Figura 64: Hietograma de diseño para T=2 años-Sector 03

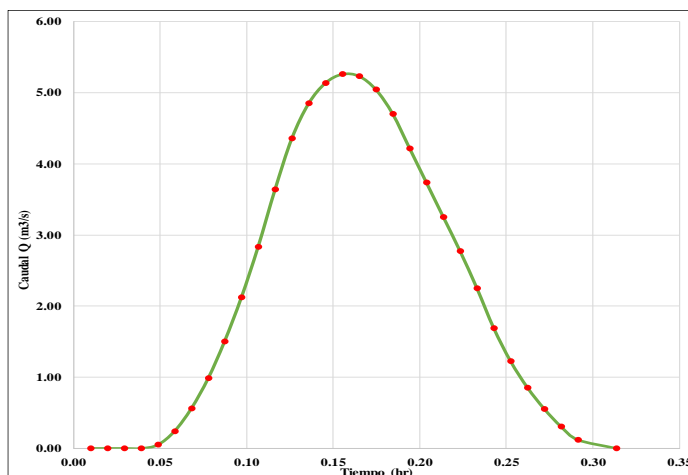


Figura 65: Hidrograma de avenida para T=2 años-Sector 03

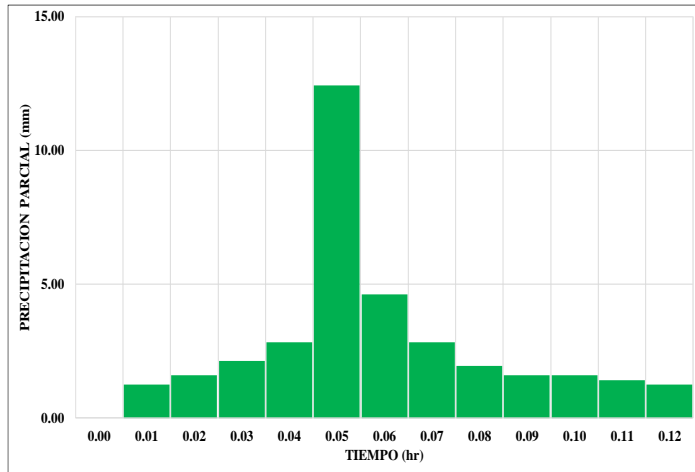


Figura 66: Hietograma de diseño para T=5 años-Sector 03

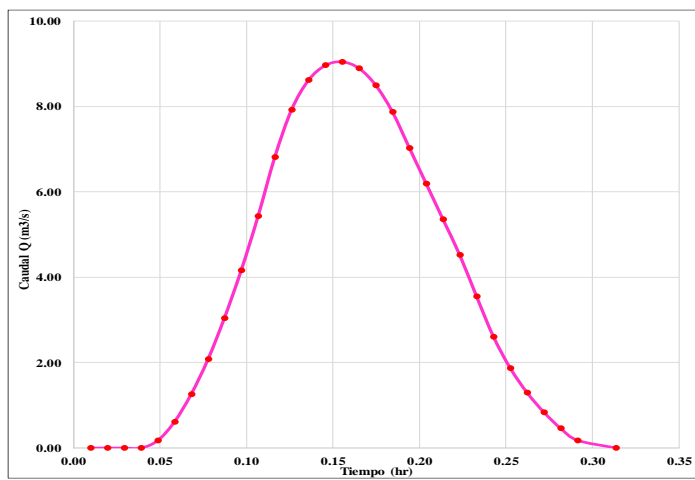


Figura 67: Hidrograma de avenida para T=5 años-Sector 03

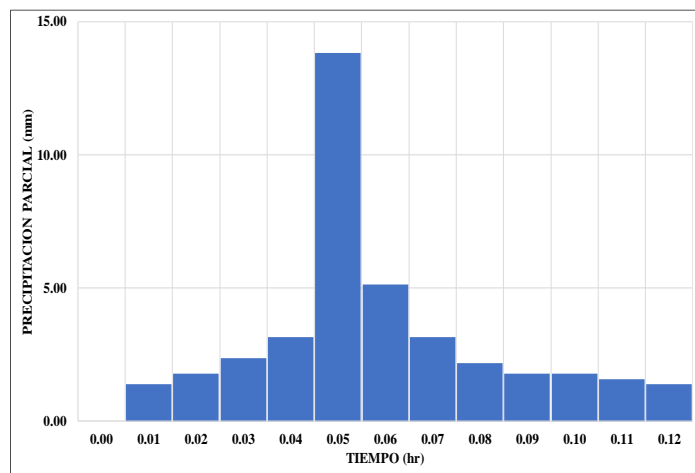


Figura 68: Hietograma de diseño para T=10 años-Sector 03

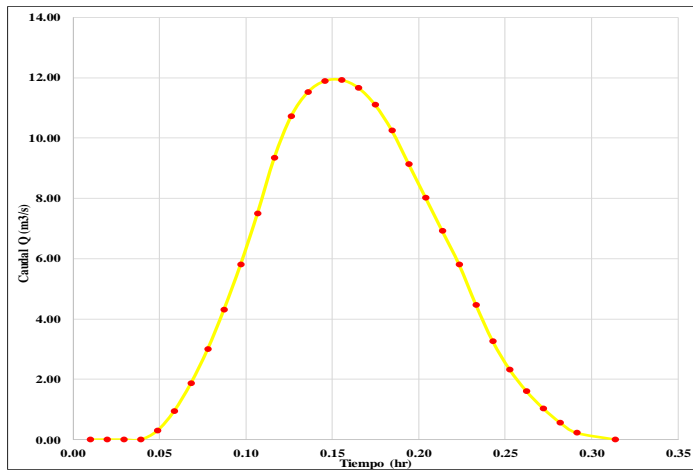


Figura 69: Hidrograma de avenida para T=10 años-Sector 03

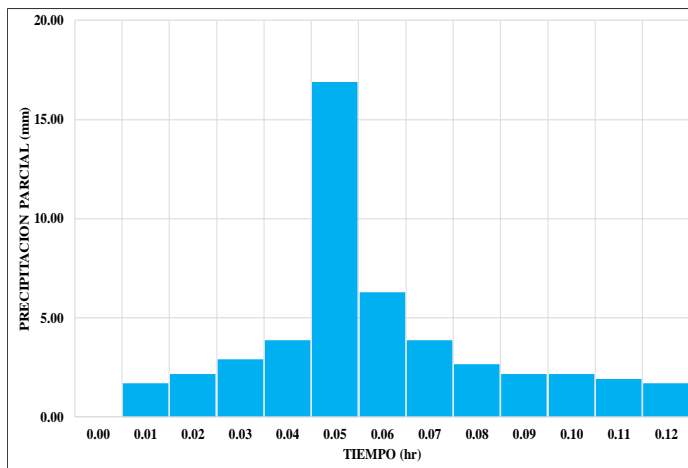


Figura 70: Hietograma de diseño para T=50 años-Sector 03

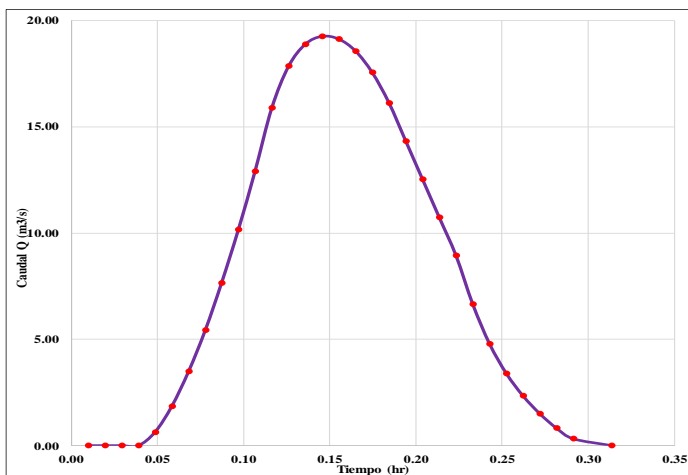


Figura 71: Hidrograma de avenida para T=50 años-Sector 03

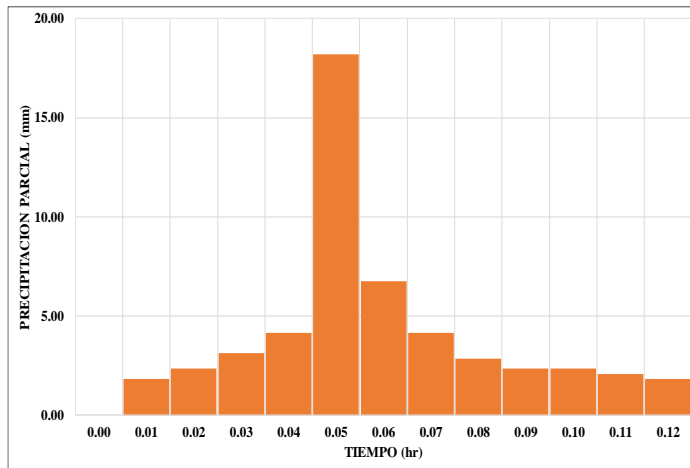


Figura 72: Hietograma de diseño para T=100 años-Sector 03

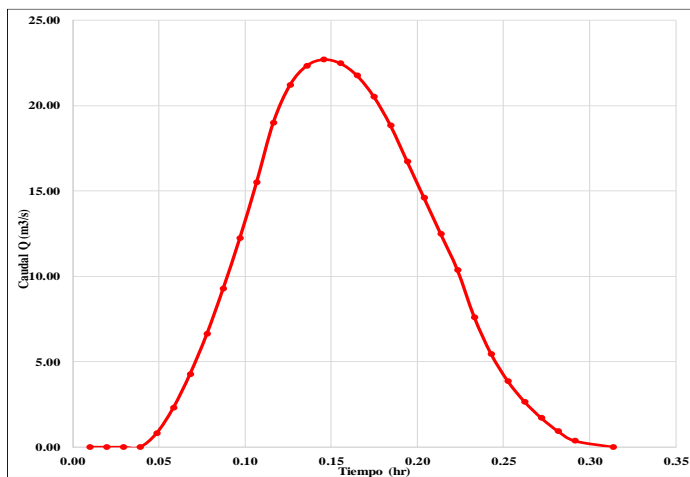


Figura 73: Hidrograma de avenida para T=100 años-Sector 03

Las figuras del 64 al 73 muestran las variaciones de los hietogramas de precipitación que se generan por cada periodo de retorno, así como la fluctuación de los histogramas de avenida en función al caudal pico generado.

4.4. Riesgo de inundaciones

Para la determinación del riesgo de inundaciones se utilizó el Manual Básico de Estimación de riesgo establecido por el Instituto Nacional de Defensa Civil, utilizando la ficha de identificación de peligros y análisis de vulnerabilidad, en donde se determinó el peligro principal que es la inundación en los 03 sectores en estudio. Así mismo en función a las vulnerabilidades: Física, económica y social, determinadas en las tablas 23,28 y 33 se evaluó el nivel de riesgo para las zonas de estudio.

Análisis de Peligro

Para efectuar el análisis de peligro se efectuó visitas a las zonas identificadas para evaluar la ubicación de la población, el número de familias, tenencia de servicios básicos como agua, luz y desagüe, características del terreno, tipo de suelo y características del peligro. En donde se aplicó la ficha de identificación de peligros y análisis de vulnerabilidad la misma que se encuentra dentro del manual básico para la estimación de riesgo, elaborado por Instituto Nacional de Defensa Civil.

Haciendo uso del mapa de peligros geológicos e hidrológicos elaborado por el INDECI los 03 sectores se encuentran en un nivel de peligro ALTO.

Tabla 130

Caracterización del Peligro de Inundación por sectores

Sectores	Peligro Inundación	Valor 51 a 75 %	Caracterización
Sector 01	Alto	3	Por lluvias extraordinarias.
Sector 02	Alto	3	Por lluvias extraordinarias.
Sector 03	Alto	3	Por lluvias extraordinarias.

Fuente: PROYECTO INDECI PNUD PER /02/051 2011

Análisis de Riesgo

El análisis de riesgo se evaluó teniendo en consideración la matriz de peligro y vulnerabilidad descrita en la tabla 3 así como los resultados de las vulnerabilidades física económica y social descritas en las tablas 23, 28 y 33, teniendo los resultados siguientes:

Tabla 131

Evaluación de riesgo

Sectores	Peligro	Valoración Vulnerabilidad Total	Nivel de vulnerabilidad	Riesgo= P x V	Valoración Riesgo
Sector 01	Alto	3.16	Alto	Alto	3
Sector 02	Alto	3.09	Alto	Alto	3
Sector 03	Alto	3.46	Alto	Alto	3

Fuente: Elaboración propia

Concluyendo que los 03 sectores en estudio presentan un riesgo alto de sufrir un proceso de inundación por el incremento de la escorrentía superficial.

4.5. Prueba de Hipótesis

1. Existe una relación directa entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

Para efectuar la contratación de la hipótesis se realizó teniendo en cuenta las tablas 19 y 23 para el sector 01, tablas 24 y 28 para el sector 02, tablas 29 y 33 para el sector 03, en donde se utilizó el Rho de Spearman, con el grado de relación según coeficiente de correlación siguiente:

Tabla 132

Grado de relación según coeficiente de correlación

Rango	Relación
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Fuente: Basada en Hernández et al., 2014

Planteando la hipótesis

$H_0: \rho = 0$ (No existe una relación directa entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo)

$H_a: \rho \neq 0$ (Existe una relación directa entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo)

Tabla 133

Correlación entre Escorrentía y Vulnerabilidad Total-Sector 01

			ESCORRENTIA	VULNERABILIDAD TOTAL
Rho de Spearman	ESCORRENTIA	Coefficiente de correlación	1.000	,834**
		Sig. (bilateral)		.001
	VULNERABILIDAD TOTAL	N	12	12
		Coefficiente de correlación	,834**	1.000
		Sig. (bilateral)	.001	
		N	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

El valor de $\rho = 0.834$ con un nivel de significancia de 0.01 (02 colas), el cual de acuerdo a la tabla 132 significa que existe una correlación positiva muy fuerte entre la escorrentía superficial y la vulnerabilidad total, por lo que se acepta la hipótesis alterna H_a .

Tabla 134
Correlación entre Escorrentía y Vulnerabilidad Total-Sector 02

			ESCORRENTIA	VULNERABILIDAD TOTAL
Rho de Spearman	ESCORRENTIA	Coefficiente de correlación	1.000	,828**
		Sig. (bilateral)		.001
	VULNERABILIDAD TOTAL	Coefficiente de correlación	,828**	1.000
		Sig. (bilateral)	.001	
		N	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

El valor de $\rho = 0.828$ con un nivel de significancia de 0.01 el cual significa que existe una correlación positiva muy fuerte entre la escorrentía superficial y la vulnerabilidad total en el sector 02, por lo que se acepta la hipótesis alterna H_a .

Tabla 135
Correlación entre Escorrentía y Vulnerabilidad Total-Sector 03

			ESCORRENTIA	VULNERABILIDAD TOTAL
Rho de Spearman	ESCORRENTIA	Coefficiente de correlación	1.000	,858**
		Sig. (bilateral)		.001
	VULNERABILIDAD TOTAL	Coefficiente de correlación	,858**	1.000
		Sig. (bilateral)	.001	
		N	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

El valor de $\rho = 0.858$ con un nivel de significancia de 0.01 el cual significa que existe una correlación positiva muy fuerte entre la escorrentía superficial y la vulnerabilidad total en el sector 03, por lo que se acepta la hipótesis alterna H_a .

Corroborándose la hipótesis, que existe una relación directa entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

2. La esorrentía superficial tiene una relación positiva con el incremento de volúmenes máximos en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

Para contrastar la hipótesis se efectuó el nivel de comparación entre los coeficientes de esorrentía de los años 2005 y 2018 para los 03 sectores, con la finalidad de determinar el coeficiente de correlación de Pearson.

Planteando la hipótesis

$H_0: r = 0$ (La esorrentía superficial no tiene una relación positiva con el incremento de volúmenes máximos en sectores priorizados de la provincia de Huancayo).

$H_a: r \neq 0$ (La esorrentía superficial tiene una relación positiva con el incremento de volúmenes máximos en sectores priorizados de la provincia de Huancayo).

Tabla 136

Coeficiente de correlación Pearson-Sector 01

Año	Coeficiente de esorrentía	Volumen (m ³)	Coeficiente de correlación-Pearson
2018	0.664	1,455.66	1.000
2005	0.660	1,446.82	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 136 muestra un coeficiente de correlación de 1.00 el cual significa que existe una correlación positiva perfecta entre la esorrentía superficial y el incremento de volúmenes máximos, por lo que se acepta la hipótesis alterna H_a .

Tabla 137

Coeficiente de correlación Pearson-Sector 02

Año	Coeficiente de esorrentía	Volumen (m ³)	Caudal (m ³ /s)	Coeficiente de correlación-Pearson
2018	0.608	9,482.57	11.87	1.000
2005	0.544	8,494.14	10.61	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 137 muestra el coeficiente de correlación de Pearson para el sector 02 el cual es de 1.00, el cual significa que existe una correlación positiva perfecta entre la escorrentía superficial y el incremento de volúmenes máximos, por lo que se acepta la hipótesis alterna H_a .

Tabla 138

Coeficiente de correlación Pearson-Sector 03

Año	Coeficiente de escorrentía	Volumen (m ³)	Caudal (m ³ /s)	Coeficiente de correlación-Pearson
2018	0.660	2,041.85	4.99	
2005	0.579	1,792.01	4.38	1.000

Fuente: Elaboración propia

La tabla 138 muestra el coeficiente de correlación de Pearson para el sector 03 el cual es de 1.00, el cual significa que existe una correlación positiva perfecta entre la escorrentía superficial y el incremento de volúmenes máximos, por lo que se acepta la hipótesis alterna H_a .

Corroborándose la hipótesis, que la escorrentía superficial tiene una relación positiva con el incremento de volúmenes máximos en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

3. Existe una relación positiva entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

Planteando la hipótesis

H_0 : $r = 0$ (No existe una relación positiva entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores priorizados de la provincia de Huancayo)

H_a : $r \neq 0$ (Existe una relación positiva entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores priorizados de la provincia de Huancayo)

Tabla 139
Coefficiente de correlación Pearson-Sector 01

PP efectiva (mm)	Caudal Punta (m ³ /s)	Coefficiente de correlación-Pearson
0.186	0.213	1.000
0.566	0.648	
0.512	0.586	
0.417	0.478	
0.378	0.433	
0.410	0.469	
0.389	0.446	
0.359	0.411	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 139 muestra un coeficiente de correlación de Pearson de 1.000 para el sector 01, el cual indica que existe una correlación positiva perfecta entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta por lo que se acepta la hipótesis alterna H_a .

Tabla 140
Coefficiente de correlación Pearson-Sector 02

PP efectiva (mm)	Caudal Punta (m ³ /s)	Coefficiente de correlación-Pearson
0.227	0.836	1.000
0.611	2.246	
0.541	1.989	
0.437	1.608	
0.395	1.451	
0.426	1.567	
0.404	1.485	
0.372	1.368	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 140 muestra un coeficiente de correlación de Pearson de 1.000 para el sector 02, el cual indica que existe una correlación positiva perfecta entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta por lo que se acepta la hipótesis alterna H_a .

La tabla 141 muestra un coeficiente de correlación de Pearson de 1.000 para el sector 03, el cual indica que existe una correlación positiva perfecta entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta por lo que se acepta la hipótesis alterna H_a .

Tabla 141
Coefficiente de correlación Pearson-Sector 03

PP efectiva (mm)	Caudal Punta (m ³ /s)	Coefficiente de correlación-Pearson
0.205	0.397	1.000
0.587	1.135	
0.526	1.017	
0.427	0.825	
0.386	0.746	
0.418	0.807	
0.396	0.766	
0.365	0.706	

Fuente: Elaboración propia

Corroborándose la hipótesis, que existe una relación positiva entre la esorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

4. La esorrentía superficial se relaciona positivamente con el riesgo de inundaciones en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

La determinación del riesgo a inundaciones se realizó en función al Manual Básico de Estimación de riesgo establecido por el Instituto Nacional de Defensa Civil, utilizando la ficha de identificación de peligros y análisis de vulnerabilidad, en donde se determinó el peligro principal la inundación en los 03 sectores en estudio, evaluando las vulnerabilidades: Física, económica y social. De los resultados obtenidos se tiene que los 03 sectores presentan un riesgo ALTO de sufrir un proceso de inundaciones por la ubicación en la que se encuentran y por los eventos climáticos que se presentan cada año.

Por lo que se concluye que la esorrentía superficial se relaciona positivamente con el riesgo de inundaciones en sectores priorizados de la provincia de Huancayo.

4.6. Propuesta de mitigación al riesgo de inundaciones

4.6.1. Propuesta de diseño de canal rectangular en el Sector 01

La imagen 7 nos muestra el punto donde fue modificada la sección de canal; la sección del canal que viene de la quebrada es de 2.00 x 1.70 m, la misma que sufre un proceso de estrangulamiento en el punto de descarga A con una sección de 0.80 m x 1.00 m, para luego continuar con el conducto cerrado por el Jr. Géminis hasta el Jr. Centauro, haciendo un total de 210 metros, para luego continuar por el canal de tierra.



Foto 1: Curso de quebrada por un canal de concreto-Sector 01



Foto 2: Curso de quebrada por canal estrangulado en su sección-Sector 01

La foto 2 muestra como el curso de la quebrada fue alterada con la disminución de la sección del canal, razón por la cual en el punto de descarga A, el agua de escorrentía pluvial es excedido en su capacidad provocando la inundación de las viviendas aledañas a la Urbanización Alto La Merced y la Asociación de Vivienda Los Libertadores.



Foto 3: Trayecto de la escorrentía de la quebrada por canal de Concreto-Sector 01

La foto 3 muestra el trayecto de la escorrentía por el canal de concreto, el cual se encuentra deteriorado, con basura, piedras, ladrillos, cables, sedimento de tierra, el cual no cuenta con ningún tipo de mantenimiento.



Foto 4: Canal de tierra de quebrada que continua hasta el río Florido

El canal de concreto circula por el Jr. Géminis culminando la trayectoria en el Jr. Centauro, continuando el curso mediante un canal de tierra hasta desembocar en el cauce principal del río Florido, debido a que está quebrada constituye uno de sus afluentes, el cual fue modificado por el afán urbanizador de las construcciones que actualmente se encuentran en la zona.

Dimensionamiento de canal de concreto de quebrada 01

A. Ecuación de Manning

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{2}{3}} \dots\dots (42)$$

Donde:

Q= caudal o gasto, en m³/s

A= área de la sección transversal

R= radio hidráulico, en m

S= pendiente de la línea de energía, en m/m

n= coeficiente de rugosidad

La fórmula para máxima eficiencia hidráulica para un canal rectangular viene dada por:

$$b = 2 * y \dots\dots (43)$$

Tomando en cuenta los datos obtenidos en los cuadros 88 y 89 se procedió a efectuar el diseño de un canal rectangular.

Datos:

Q= 3.00 m³/s

S= 2‰

n= 0.016

t_c= 8.09 min

g = 9.81 m/s²

Solución:

$$3.00 = \frac{1}{0,016} * 0,002^{0,5} * \frac{(2*y^2)^{\frac{5}{3}}}{(4*y)^{\frac{2}{3}}}$$

Por lo tanto:

$$y = \mathbf{0.94\ m}$$

Constructivamente:

$$y = \mathbf{1.00\ m}$$

Calculando la base (b) en función al tirante (y) en función a la ecuación 35.

$$b = \mathbf{2.00\ m}$$

Por lo tanto, el área hidráulica será:

$$\mathbf{Area\ hidráulica = 2.00\ m^2}$$

$$B.L = \mathbf{0.30\ m} \quad \dots\dots (44)$$

Calculando la velocidad del canal:

$$V = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots (45)$$

$$V = \frac{\mathbf{3.00\ m^3/s}}{\mathbf{2.00\ m^2}}$$

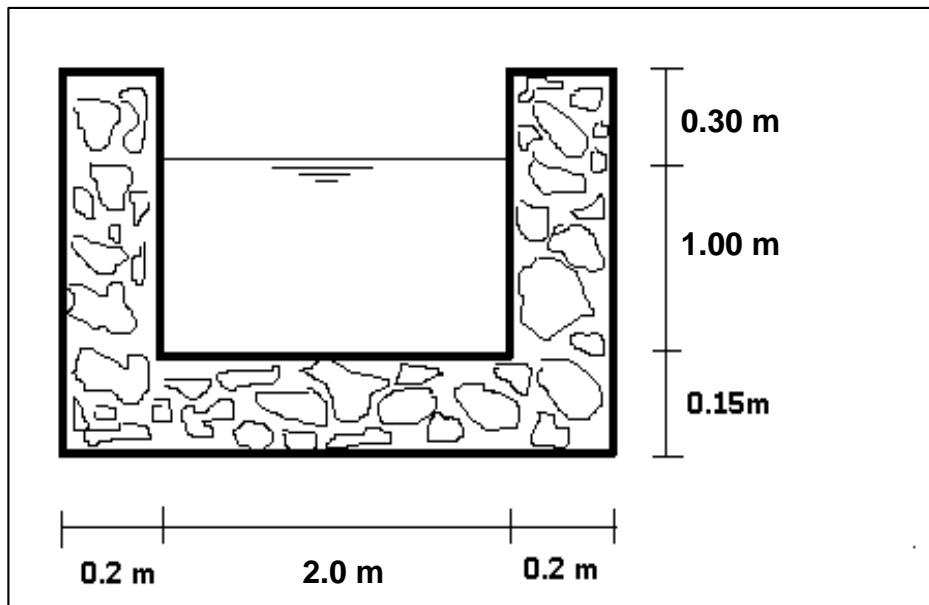
La velocidad debe estar comprendida entre 0.6 m/s a 3 m/s para que sea auto limpiante.

$$V = \mathbf{1.50\ m/s}$$

Calculando el Número de Froude para verificar que el flujo del canal es subcrítico $NF < 1$.

$$N = \frac{V}{\sqrt{(g * y)}} \quad \dots\dots (46)$$

$$N = \mathbf{0.479}$$



Determinándose que para el caudal de escorrentía de $3.00 \text{ m}^3/\text{s}$ que debe de transportar la quebrada 01 del sector 01, el canal de concreto debe de tener la siguiente dimensión $2.0 \text{ m} \times 1.30 \text{ m}$.



Imagen 10: Recorrido de la escorrentía de la quebrada con la construcción de canal de concreto-Sector 01

4.6.2. Propuesta de diseño de canal rectangular en el Sector 02

La foto 5 nos muestra que la quebrada 01 fue encauzada mediante la construcción de un canal de concreto de sección de 1.50 m x 1.00 m, la misma que se une en las inmediaciones de la Av. Alameda y el Jr Galaxia con el otro canal de drenaje que es derivada de las quebradas 2.



Foto 5: Curso de quebrada 01 por un canal de concreto-Sector 02



Foto 6: Construcción de canal de concreto de quebrada 01-Sector 02

La foto 6, muestra la construcción del canal de concreto de la quebrada 01 la misma que circula por el Jr. Galaxia y el Jr. Antares, hasta La Av. Alameda y Jr. Galaxia, cuenta con una dimensión de 1.50 m x 1.00 m.

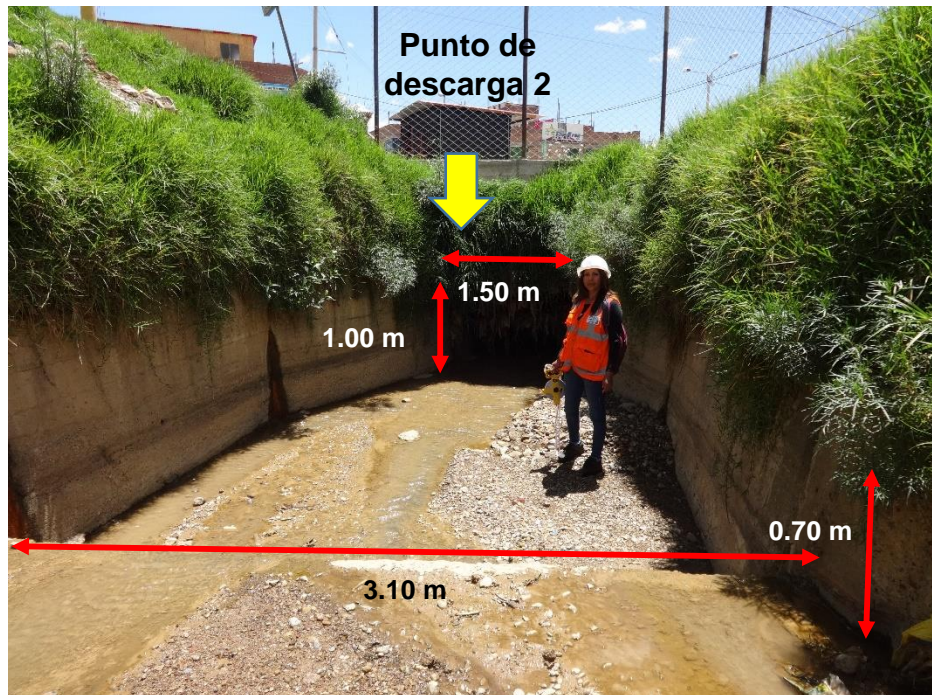


Foto 7: Punto de descarga 2 de 05 quebradas agrupadas

La foto 7 muestra el punto de descarga 2, la cual reúne los caudales de 05 quebradas la misma que cuenta con una sección de 1.50 m x 1.00 m por la cual debe de pasar un caudal de 10.35 m³/s.



Foto 8: Punto de descarga de la quebrada 3



Foto 9: Punto de descarga 4 de todas las quebradas.

Dimensionamiento de canales de concreto del Sector 02

En base a las ecuaciones 42, 43, 44, 45 y 46 se procedió a calcular las dimensiones de los canales de drenaje que permitan conducir adecuadamente la escorrentía de las quebradas del sector 02.

Datos generales:

$S = 2\%$

$n = 0.016$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Tabla 142

Dimensiones de canal de concreto de quebradas del sector 02

DESCRIPCIÓN	Q (m ³ /s)	(b) m	Tirante (y)	(BL) (m)	H Total (m)	Área hidráulica (m ²)	Número de Froude N _F	Velocidad (m/s)	Tipo de Flujo
Quebrada 01	1.10	1.40	0.70	0.3	1.00	0.98	0.428	1.12	Sub crítico
Quebradas 02	10.35	3.00	1.50	0.3	1.80	4.50	0.599	2.30	Sub crítico
Quebrada 03	0.42	1.00	0.50	0.3	0.80	0.50	0.379	0.84	Sub crítico
Pto descarga 04	11.87	3.20	1.60	0.3	1.90	5.12	0.585	2.32	Sub crítico

Fuente: Elaboración propia

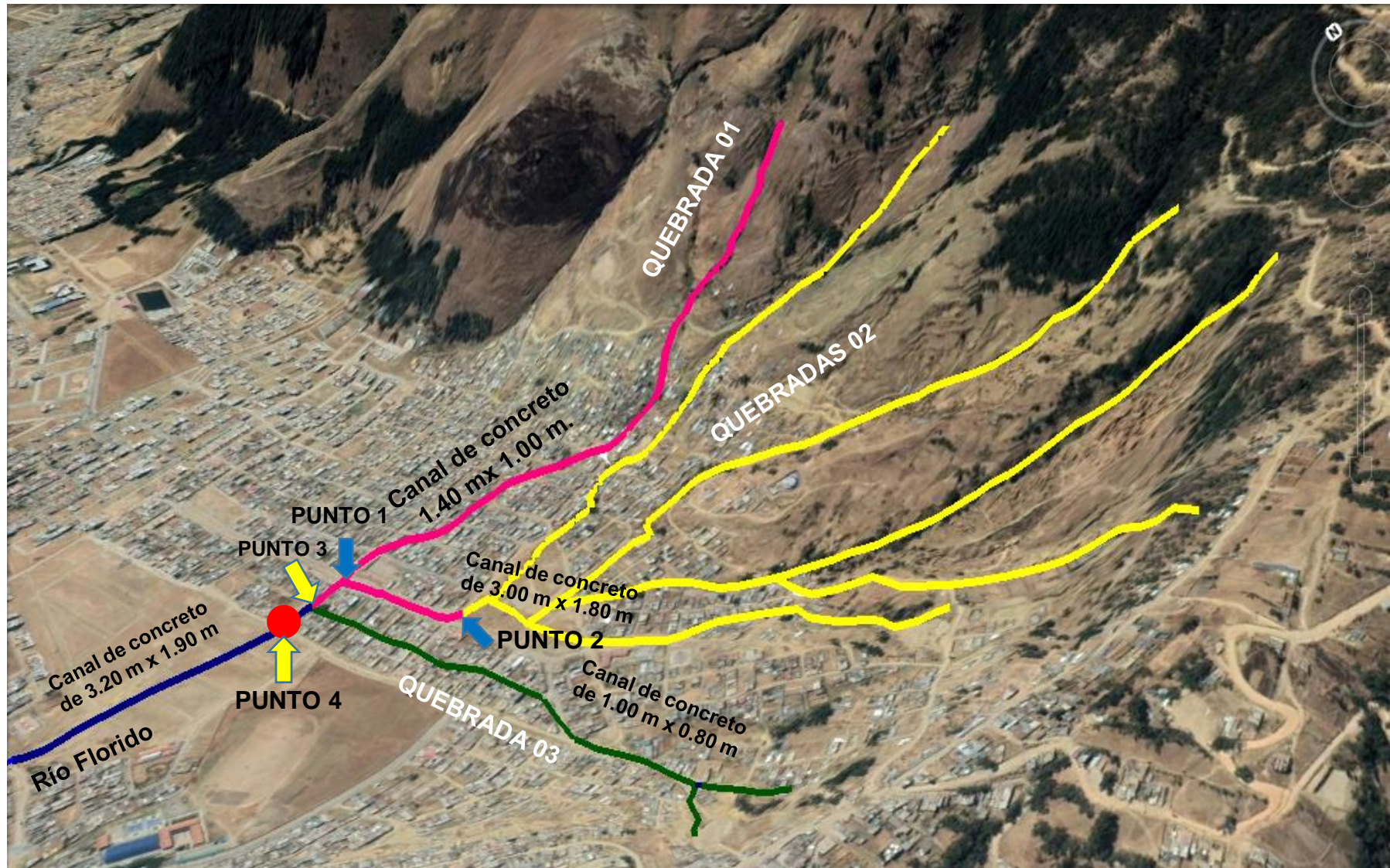


Imagen 11: Dimensiones calculadas en base a caudales reales de las quebradas del sector 02

4.6.3. Propuesta de diseño de canal rectangular en el Sector 03

La foto 10 nos muestra la unión de la quebrada 01 y 02, para luego continuar su trayectoria como un afluente del río Ali. La quebrada 01 tiene sectores encauzados mediante concreto armando los cuales hacen un total de 100 metros, sin embargo, la mayor trayectoria es mediante un canal de tierra. Por otro lado, la quebrada 02 ha sido encauzada 250 metros de concreto de dimensiones variables.



Foto 10: Punto de descarga 3 de todas las quebradas.

Dimensionamiento de canales de concreto del Sector 03

En base a las ecuaciones 42, 43, 44, 45 y 46 se procedió a calcular las dimensiones de los canales de drenaje que permitan conducir adecuadamente la escorrentía de las quebradas del sector 03.

Datos generales:

$$S = 2\%$$

$$n = 0.016$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Tabla 143

Dimensiones de canal de concreto de quebradas del sector 03

DESCRIPCIÓN	Q (m ³ /s)	(b) m	Tirante (Y)	(BL) (m)	H Total (m)	Área hidráulica m ²	Número de Froude N _F	Velocidad (m/s)	Tipo de Flujo
Quebrada 01	1.82	1.60	0.80	0.3	1.10	1.28	0.508	1.42	Sub crítico
Quebradas 02	3.17	2.00	1.00	0.3	1.30	2.00	0.506	1.59	Sub crítico
Punto 03	4.99	2.40	1.20	0.3	1.50	2.88	0.505	1.73	Sub crítico

Fuente: Elaboración propia



Imagen 12: Dimensiones calculadas en base a caudales reales de las quebradas del sector 03

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Efectos vulnerables

El sector 01 presenta una vulnerabilidad alta en las tres dimensiones evaluadas. Física, económica y social, haciendo un ponderado final de vulnerabilidad total ALTA de 3.16.

El sector 02 presenta una vulnerabilidad media en la dimensión física y vulnerabilidad alta en las dimensiones económica y social, cuyo valor ponderado final es de 3.09 como vulnerabilidad total ALTA.

El sector 03 presenta un nivel de vulnerabilidad alto en las dimensiones física, económica y social, siendo un valor de vulnerabilidad total ALTA de 3.46. (De Jesús et al. 2011), en el trabajo de investigación desarrollado “Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta, Bogotá, Colombia”, concluyen que la cuenca baja del río Gaira cíclicamente sufrió en los últimos cinco años inundaciones, producto de acciones antrópicas. Las recientes construcciones civiles en áreas inadecuadas, la deficiente planificación urbana, el desconocimiento de planes de emergencia y la débil capacitación de la población, son factores que incidieron en la alta vulnerabilidad de la cuenca baja, la cual alcanzó un 69.5% y un valor promedio de 2.78. Las vulnerabilidades técnica y educativa presentaron valores promedios de 3.37 y 3.23 y valoraciones de 84.26% y 80.90%, teniendo una vulnerabilidad Muy Alta. Asimismo, las vulnerabilidades ideológica y social obtuvieron promedios de 1.75 y 1.98 y valoraciones de 43.73% y 49.48%, alcanzando un índice de caracterización Medio.

4.2. Incremento de volúmenes de escorrentía

Para la determinación de la precipitación promedio de las zonas en estudio se utilizaron 04 estaciones meteorológicas (Huayao, Santa Ana, Shullcas y viques), en donde se efectuaron la completación y extensión de datos faltantes de algunas estaciones meteorológicas tomando como estación base la estación de Huayao cuyo periodo de análisis fue de 1980 al 2018, se utilizaron diversos criterios de confiabilidad como el cálculo del estadístico t y el cálculo del t_t valor crítico con un nivel de significación del 5%, en donde se utilizaron las tablas t de Student con un 95% de probabilidad. Por otro lado, para verificar si la información de precipitación era confiable se utilizó el análisis de consistencia mediante el análisis doble masa y el análisis estadístico teniendo como resultado que las medias y desviación estándar eran estadísticamente iguales, por lo que no necesitaban ningún tipo de corrección. Al efectuar el análisis estadístico de la información hidrológica se tuvo como resultado que los datos de las estaciones de Santa Ana, Viques y Shullcas se ajustan a la distribución normal con una probabilidad del 95% y un nivel de significación del 5%. Una vez culminada con el análisis estadístico se procedió al cálculo de la precipitación promedio de los sectores en estudio cuyo resultado es de 834.58 mm la misma que fue efectuada mediante el polígono de Thiessen. Por otro lado, para efectuar el cálculo de los caudales de escorrentía se determinó las precipitaciones máximas en 24 horas (mm) de las estaciones de Santa Ana y Huayao cuyo periodo de análisis fue de 1992-2018. El análisis estadístico utilizado fue el modelo de distribución Gumbel debido a que como menciona (Villón, 2002) que la ley Gumbel se aplica cuando se trata de valores extremos como en este caso son las precipitaciones máximas anuales. En tal sentido se procedió al cálculo de las precipitaciones máximas probables para diferentes periodos de retorno de 2, 10, 15, 25, 50, 100 y 500 años, así como de las intensidades máximas en los sectores de estudio.

Se determinaron los coeficientes de escorrentía para los 03 sectores en estudio, comparando entre los años 2005 y 2018, el sector 01 tuvo un incremento de 0.61% en donde el mayor aporte del incremento es a causa

de la cobertura sin ningún tipo de vegetación, el sector 02 tuvo un incremento del coeficiente de escorrentía de 11.76% cuyo aporte principal se debe al uso del suelo para la construcción de viviendas, el cual se ha efectuado de manera acelerada en los últimos años, ello está permitiendo que se impermeabilicen los suelos y se modifiquen el cauce de las quebradas intermitentes, con el consiguiente riesgo de sufrir eventuales riesgos de inundaciones, como el ocurrido el día 30 de enero del 2019, en donde diversas viviendas fueron inundadas por el caudal producido por las lluvias de la temporada. El sector 03 tuvo un incremento del coeficiente de escorrentía de 13.99% el cual también se ha producido por el incremento de la construcción de viviendas en toda la ladera del cerro; éstos datos pueden corroborarse con el estudio realizado por (Vidal & Romero, 2010) “Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos bíobío y andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción”, en la cual concluyen que en cuanto a los coeficientes de escorrentía (CE) se observa un aumento de dicho indicador en el área estudiada, los que se incrementan entre un 72 y un 31%. Esto se debe al proceso de urbanización y la mayor presencia de usos y coberturas de suelo impermeables. Así las cuencas con mayores indicadores de CE, presentan entre el 38 y 30% de su superficie total ocupada por coberturas altamente impermeables, tales como: vialidad, puertos, zonas de alta densidad residencial e industrias y grandes construcciones. Las superficies impermeables reemplazan a sectores de vegetación natural y humedales. Se determinaron los incrementos de volúmenes de escorrentía para diferentes tiempos de concentración y periodos de retorno. El sector 01 presenta un tiempo de concentración de 8.09 minutos y para un periodo de retorno de 25 años se tiene un caudal de 3.00 m³/s y un volumen de 1,455.66 m³, en este sector cuentan con un canal de concreto de 2.00 m de ancho x 1.70 metros de alto, estrangulada en la parte final a una dimensión de 0.80 m de ancho x 1.00 m de alto, la cual provoca que el exceso de escorrentía rebalse e inunde a los sectores aledaños. El sector 02 presenta un tiempo de concentración de 14.18 minutos y para un periodo de retorno de 25 años tiene un caudal de 11.87 m³/s y un

volumen de 9,482.57 m³, en el punto de concentración de las demás quebradas sin embargo llega al punto de descarga y tiene una estrangulación de un área de 1.00 x 1.50 m, provocando un rebose excesivo inundando la parte baja de la cooperativa Santa Isabel.

El sector 03 presenta un tiempo de concentración de 7.29 minutos, para un periodo de retorno de 25 años 4.99 m³/s y un volumen de 2,041.85 m³, en el punto de reunión de las quebradas intermitentes del sector. (Henríquez, Azócar & Aguayo, 2006), en el trabajo de investigación realizado “Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile”, concluyeron que la magnitud e irreversibilidad del proceso urbanización afecta no solo el aumento de la escorrentía superficial sino también otros aspectos ambientales como pérdida de suelo agrícola, fragmentación del paisaje, cambio en las temperaturas superficiales, entre otros. Los eventos de precipitación extrema en corto tiempo que producen violentos desbordes de ríos y quebradas que destruyen viviendas, infraestructura e incluso vidas humanas, son un claro ejemplo del desconocimiento del funcionamiento natural de las cuencas urbanas. Una adecuada planificación de usos de suelo y evaluación ambiental estratégica constituyen una enorme oportunidad para mitigar y reducir los impactos ambientales asociados al aumento de la escorrentía producto del acelerado cambio de uso de suelo urbano y sus proyecciones futuras.

4.3. Aumento de caudal punta

La determinación del caudal punta se realizó mediante el método de las abstracciones y mediante el hidrograma sintético SCS, en la cual se evaluó las avenidas máximas cuya magnitud sea tan grande que genere desbordes e inundaciones en los sectores en estudio, se realizó utilizando los datos de precipitación determinadas por el modelo de distribución Gumbel, calculando los caudales pico para diferentes periodos de retorno y tiempos de concentración. Se hallaron los CN en función al tipo de suelo y al uso del suelo, los valores de infiltración potencial S, abstracciones

iniciales, tiempo base, tiempo pico, el caudal pico unitario y por último el caudal punta.

El sector 01 presenta suelos ML-CL limo arcillosa, con una carga admisible $< a 2 \text{ kg/cm}^2$, presenta un CN de 79.36, una infiltración potencial inicial de 66.07 mm dando como resultado 13.21 mm de abstracción inicial la cual significa que el escurrimiento ocurre cuando se ha superado este valor, en este caso se produce a los 3.33 minutos de iniciado el evento lluvioso para un periodo de retorno de 2 años, el tiempo base es de 13.8 minutos y el tiempo pico de 5.17 minutos. El caudal pico unitario tuvo un valor de $1.14 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{mm}$; culminando con un caudal pico máximo de $3.05 \text{ m}^3/\text{s}$. Al efectuar la estimación de caudales pico con cada periodo de retorno e incremento de las precipitaciones los caudales fueron aumentando de $3.05 \text{ m}^3/\text{s}$ con un periodo de retorno de 2 años hasta $18.32 \text{ m}^3/\text{s}$ en un periodo de retorno de 500 años. Situación que se torna preocupante dado que a la fecha ya se tiene problemas de desborde de la lluvia por el canal de drenaje y al ir incrementándose según periodos de retorno se hará cada vez más incontrolable los episodios de rebose del caudal de escorrentía y por ende la inundación de las viviendas aledañas.

El sector 02 cuenta con suelos SM arena limosa, ML-CL limo arcilloso con una carga admisible de 2 a 4 kg/cm^2 y de $< a 2 \text{ kg/cm}^2$, presenta un CN de 79.17 con una capacidad de infiltración potencial de 64.36 mm, la abstracción inicial tiene el valor de 12.87 mm la misma que estará saturada a los 5.83 minutos, a partir de la cual iniciará el escurrimiento superficial. Para un periodo de retorno de 2 años el tiempo base es de 24.16 minutos y el tiempo pico de 9.06 minutos. El caudal pico unitario alcanzado es de $3.68 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{mm}$, logrando un caudal pico máximo de $10.36 \text{ m}^3/\text{s}$. Los diversos caudales pico hallados para diferentes periodos de retorno tienen un incremento considerable que van desde los $10.36 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 2 años y de $60.42 \text{ m}^3/\text{s}$ para 500 años.

El sector 03 cuenta con suelos SM arena limosa una carga admisible $< a 2 \text{ kg/cm}^2$, presenta un CN de 79.56 con una capacidad de infiltración potencial de 65.24 mm, la abstracción inicial tiene el valor de 13.05 mm la misma que estará saturada a los 2.92 minutos, a partir de la cual iniciará el

escurrimiento superficial. Para un periodo de retorno de 2 años el tiempo base es de 12.34 minutos y el tiempo pico de 4.65 minutos. El caudal pico unitario alcanzado es de 1.93 m³/seg/mm, logrando un caudal pico máximo de 5.26 m³/s. Los diversos caudales pico hallados para diferentes periodos de retorno tienen un incremento considerable que van desde los 5.26 m³/s para un periodo de retorno de 2 años y de 31.20 m³/s para 500 años. Estos aspectos se corroboran con lo que menciona (Tucci, 2007) en el libro “Gestión de inundaciones urbanas” que el escurrimiento superficial provoca inundaciones por el efecto de la impermeabilización de los suelos, obstrucciones a la escorrentía y canalizaciones, cuyos efectos son diversos como las pérdidas materiales, disminución de las actividades económicas cuando ocurre el evento, contaminación por desborde de los desagües y acumulación de basura. A medida que las poblaciones crecen como urbanizaciones, los caudales máximos se incrementan hasta 7 veces, por consiguiente, existirá un incremento de sedimentos por carencia de protección de las superficies. En cuanto a la abstracción inicial determinada en los 03 sectores en estudio de 13.21 mm, 12.87 mm, 13.05 mm; puede corroborarse con el estudio realizado por (Quillatupa & Cárdenas, 2006) “Relación precipitación, infiltración y escorrentía para la época de lluvia en la microcuenca Yanango Chanchamayo”, en donde concluyeron que la abstracción inicial (Ia) en la microcuenca del río Yanango es de 33.95 mm, la cual consta de componentes como la intercepción por la vegetación, almacenamiento en depresiones e infiltración inicial, el cual indica que será necesario superar 33.95 mm de precipitación acumulada para poder generar escorrentía superficial; por lo que en nuestros sectores en estudio son mucho menores lo cual significa que sólo debe pasar un mínimo de tiempo para que se dé inicio a la escorrentía superficial. Por otro lado (Moscoso, 2007), en su trabajo de investigación “Cambios en los usos y coberturas de suelo y sus efectos sobre la escorrentía urbana. Valparaíso y Viña del Mar, período 1980-2005”, concluye que la urbanización en áreas de pendientes inclinadas y su relación con el Coeficiente de Escorrentía, se establece que, a mayor gradiente se experimenta un mayor coeficiente de escorrentía y por lo tanto todas las cuencas, en la medida en que

impermeabilicen más las quebradas y los sectores con mayores pendientes incrementarán en mayor medida su escurrimiento superficial.

4.4. Riesgo de inundaciones

El riesgo ALTO que presentan los 03 sectores en estudio es debido al nivel de exposición a la que se encuentran por estar asentados en áreas de cauces naturales y en algunos casos fueron modificados por la acción de hombre con el afán de urbanizar sectores en riesgo. El mapa del plan de uso del suelo ante desastres identifica al sector 01 como suelo urbano ocupado en riesgo sujeto a reglamentación especial, el sector 02 como zona de protección ambiental de agentes hídricos y el sector 03 como suelos urbanos ocupado en riesgo sujeto a reglamentación especial. Sin embargo a la fecha se siguen efectuando construcciones en los mencionados sectores sin ningún tipo de restricciones, se ha podido evidenciar que en la cabecera del asentamiento humano Los Libertadores se encuentran en proceso de lotización de una urbanización, la misma que presenta una pendiente más pronunciada, de construirse viviendas en esa área se provocará el incremento del escurrimiento superficial, ocasionando que las viviendas de la parte baja tengan mayor riesgo de sufrir inundaciones. El sector 03 se encuentra ocupando toda la ladera del cerro, se encuentran conglomerados poblacionales sin una debida planificación urbana, las personas se trasladan por pequeñas calles empinadas con viviendas precarias y dentro del curso de algunas quebradas intermitentes, situación que agudiza el riesgo que presentan.

CONCLUSIONES

1. La escorrentía superficial tiene una relación directa con los efectos vulnerables en sectores priorizados de la provincia de Huancayo, respecto a las vulnerabilidades física, económica y social; obteniéndose en el sector 01 una vulnerabilidad total ALTA de 3.16, el sector 02 una vulnerabilidad total ALTA de 3.09 y el sector 03 una vulnerabilidad total ALTA de 3.46.
2. La escorrentía superficial presenta una relación positiva con el incremento de volúmenes máximos, determinándose 02 periodos de análisis 2005 y 2018, en donde el sector 01 tuvo un incremento del volumen máximo de 1,446.82 m³ a 1455.66 m³ equivalente a un 0.61%; el sector 02 tuvo un incremento del volumen máximo de 8,494.14 m³ a 9,482.57 m³ equivalente a un 11.64% y el sector 03 tuvo un incremento del volumen máximo de 1,792.01 m³ a 2,041.85 m³ equivalente a un 13.94%.
3. La escorrentía superficial tiene una relación positiva con el aumento de caudal punta; estimándose caudales pico por cada periodo de retorno, los caudales fueron aumentando, tal es así que el sector 01 para un periodo de retorno de 2 años tuvo un caudal de 3.05 m³/s la misma que se vio incrementada en 18.32 m³/s en un periodo de retorno de 500 años. El sector 02 obtuvo un caudal de 10.36 m³/s para un periodo de retorno de 2 años y de 60.42 m³/s para 500 años. El sector 03 desde 5.26 m³/s para un periodo de retorno de 2 años y de 31.20 m³/s para 500 años.
4. Se determinó una relación positiva entre la escorrentía superficial y el riesgo a inundaciones; estableciéndose que las poblaciones de los 03 sectores se encuentran muy cerca a los cauces de las quebradas

intermitentes por lo que se tiene un peligro ALTO, obteniéndose un riesgo ALTO para los 03 sectores en estudio.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las instituciones públicas como el Gobierno Regional de Junín, Municipalidad Provincial de Huancayo y Municipalidad Distrital de Chilca, se tomen acciones urgentes respecto al mejoramiento de los sistemas de drenaje de los sectores 01, 02 y 03, con la finalidad de frenar las constantes inundaciones que se generan cada temporada de lluvias.
2. En el sector 01 se sugiere ampliar la sección del canal de drenaje conforme de detalla en la propuesta de mitigación descrita en el ítem 4.6; con la finalidad de evitar las constantes inundaciones producidas. En la parte alta se sugiere la construcción de desarenadores con la finalidad de frenar el transporte del sedimento el cual ocasiona que los cauces se encuentren llenos de material disminuyendo la sección de conducción.
3. En el sector 02 se debe de efectuar la construcción de desarenadores en las partes altas y mejorar el canal de conducción desde el punto de descarga mayor cuya sección del drenaje es insuficiente para todo el caudal de agua. Por otro lado, la Municipalidad Provincial de Huancayo debe de hacer cumplir las leyes y frenar el incremento de construcciones de viviendas pues ello permitirá que los volúmenes de escorrentía se incrementen por la impermeabilización de los suelos.
4. En el sector 03, se debe de efectuar un sistema de tratamiento integral de las aguas pluviales, debido a que se encuentra en una pendiente, además se debe de aplicar la normatividad de que no se sigan permitiendo la construcción de más viviendas por el constante riesgo en el que se encuentran.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México, D.F: Limusa.
2. Bejar, R.D. (2008). *Metodología de investigación*. Shalom.
3. Breña, A. & Jacobo, M. (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*. Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana, Tlalpan, D.F. México.
4. Cahuana, A. & Yugar, W. (2009). *Material de apoyo didactico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología*. Cochabamba, Bolivia.
5. Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Perú:San Marcos.
6. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2013). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*. Lima
7. Cervantes, R. (1999). *Disminución de la escorrentía superficial debido a a variaciones en el uso de suelo*. Costa Rica.
8. Chereque, M. W. (1989). *Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil*. Pontifica Universidad Católica del Perú. Lima
9. Chow *et al.* (1994). *Hidrología aplicada*. Santafé de Bogotá, Colombia:McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A
10. De Jesús *et al.* (2011). *Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta, Bogotá*. Colombia.
11. Espinoza, H. (1989). *Balance hídrico y necesidades de agua para los cultivos más importantes en la cuenca del río Ciénega*. PNUD, FAO.Bolivia

12. Henríquez, Azócar & Aguayo. (2006). *Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile*. Chile.
13. Hernández et al. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill/ Interamericana editores, S.A. DE C.V.
14. Instituto Nacional de Defensa Civil (2011). *Mapa de peligros, plan de usos de suelo ante desastres y medidas de mitigación*. Huancayo.
15. Instituto Nacional de Defensa Civil (2006). *Manual básico para la estimación del riesgo*. Lima.
16. Juncosa, R. (2018). *Hidrología I. Ciclo hidrológico*. Universidad de la Coruña. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, canales y puertos.
17. Lobato, R. (2015). *Escorrentía de una cuenca mediante la aplicación de un simulador de lluvia. caso: río chanta, la encañada-cajamarca, 2015*. Cajamarca.
18. Martínez, A. (2006). *Método de los coeficientes de escorrentía*. Escuela Universitaria en Universidad de Valladolid.
19. Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
20. Ministerio de transportes y comunicaciones. (2008). *Manual de hidrología hidráulica y drenaje*. Lima
21. El Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2015). *Plan de desarrollo urbano de huancayo, 2015-2025*, Huancayo
22. Moscoso, C. (2007). *Cambios en los usos y coberturas de suelo y sus efectos sobre la escorrentía urbana valparaíso y viña del mar, periodo 1980-2005*. Santiago de Chile
23. Predes. (2008). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos*. Lima
24. Quillatupa & Cárdenas. (2006). *Relación precipitación, infiltración y escorrentía para la época de lluvia en la microcuenca Yanango Chanchamayo*. Huancayo
25. Reglamento Nacional de Edificaciones. (2016). *Norma OS.060 drenaje pluvial urbano*. Lima: Megabyte s.a.c

26. Tucci, C. E. (2007). *Gestión de inundaciones urbanas*. Porto alegre
27. Vásquez, A. & otros. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Primera ed. Lima: UNAL.
28. Vidal, C. & Romero, H. (2010). *Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos biobio y andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de concepción*. Concepción.
29. Villón, M. (2002). *Hidrología*. Segunda ed. Lima-Perú: Villón.
30. Villón, M. (2002). *Hidrología Estadística*. Segunda ed. Lima Perú: Villón.
31. Villón, M. (2007). *Hidráulica de canales*. Segunda ed. Lima Perú: Villón.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

Anexo 02: Operacionalización de las variables

Anexo 03: Instrumento de investigación

Anexo 04: Información proporcionada por senamhi

Anexo 05: Procesamiento de datos

Anexo 06: Mapa de clasificación de suelos-INDECI

Anexo 07: Panel fotográfico

Anexo 08: Polígono de Thiessen

Anexo 01: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE FACTORES DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y SUS EFECTOS VULNERABLES EN SECTORES PRIORIZADOS DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO				
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la relación que existe entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores prioritizados de la Provincia de Huancayo?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la relación que existe entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores prioritizados de la Provincia de Huancayo.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Existe una relación directa entre la escorrentía superficial y sus efectos vulnerables en sectores prioritizados de la Provincia de Huancayo.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Escorrentía superficial</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Precipitación • Tipo y uso de suelo • Pendiente 	<p>Método: Científico. Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo correlacional Diseño: Correlacional</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Donde: O1: Variable Independiente O2: Variable Dependiente M: Muestra r: Correlación entre variables</p> <p>Población: 10 sectores críticos Muestra: 03 sectores urbanizados agrupados</p> <p>Técnicas e instrumentos: -Método de regresión lineal simple</p>
<p>Problemas específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué relación existe entre la escorrentía superficial y el incremento de volúmenes máximos en sectores prioritizados de la Provincia de Huancayo? 2. ¿Qué relación existe entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores prioritizados de la Provincia de Huancayo? 3. ¿De qué manera se relaciona la escorrentía 	<p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar la relación que existe entre la escorrentía superficial y el incremento de volúmenes máximos en sectores prioritizados de la Provincia de Huancayo. 2. Identificar la relación que existe entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores prioritizados de la Provincia de Huancayo. 3. Establecer cómo se relaciona la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones en sectores 	<p>Hipótesis específica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La escorrentía superficial tiene una relación positiva con el incremento de volúmenes máximos en sectores prioritizados de la Provincia de Huancayo. 2. Existe una relación positiva entre la escorrentía superficial y el aumento de caudal punta en sectores prioritizados de la Provincia de Huancayo. 3. La escorrentía superficial se relaciona positivamente con el riesgo de inundaciones en sectores 	<p>Variable Dependiente:</p> <p>Efectos vulnerables</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incremento de volúmenes máximos • Aumento de caudal punta. • Riesgo de inundaciones 	

<p>superficial y el riesgo de inundaciones en sectores priorizados de la Provincia de Huancayo?</p>	<p>priorizados de la Provincia de Huancayo.</p>	<p>priorizados de la Provincia de Huancayo.</p>		<ul style="list-style-type: none"> -Análisis estadístico de datos hidrológicos. -Mapa de clasificación de suelos-INDECI y Mapa de uso de suelos-INDECI. -Método racional. -Método SCS para abstracciones -Hidrograma sintético SCS. -Ficha de identificación de peligros y análisis de vulnerabilidad-INDECI
---	---	---	--	--

Anexo 02: Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento
<u>Variable Independiente</u> Escorrentía superficial	Precipitación	Cantidad de agua caída	mm	-Datos de precipitación de 04 estaciones meteorológicas. SENAMHI -Método de regresión lineal simple -Análisis doble masa. -Análisis estadístico de datos hidrológicos. -Mapa de clasificación de suelos-INDECI -Mapa de uso de suelos-INDECI.
	Tipo y uso del suelo	-Textura de suelo -Ocupación de suelos	-Clasificación SUCS o Sistema AASHTO - % de uso de suelos	
	Pendiente	Pendiente promedio de la cuenca	m/m	
<u>Variable Dependiente</u> Efectos vulnerables	Incremento de volúmenes máximos	Coeficiente de escorrentía	$0 \leq C \leq 1$	-Manual de conservación del agua y suelo. - Método racional para abstracciones. -Hidrograma sintético SCS. -Ficha de identificación de peligros y análisis de vulnerabilidad-INDECI.
		Intensidad máxima de lluvia	mm/hr	
	Aumento de caudal punta	Número de curva de escorrentía	$0 \leq CN \leq 100$	
		Período de elevación o tiempo hasta el caudal pico	hr	
		Tiempo desde el caudal pico hasta el final del escurrimiento directo.	hr	
Riesgo de inundaciones	Estratificación bajo, medio, alto y muy alto	1 a 100% (1 a 4)		

Anexo 03: Instrumento de investigación

FICHA PARA LA IDENTIFICACION DE PELIGROS Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD

PELIGRO 2: INUNDACION (*)

A. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL

REGION O DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CENTRO POBLADO (Anexo, barrio, sector, etc.)	
NUMERO DE VIVIENDAS	NUMERO DE FAMILIAS	NUMERO PROMEDIO DE HIJOS POR FAMILIA		
SERVICIOS BÁSICOS	AGUA	DESAGUE	ENERGÍA	OTROS

B. PELIGROS DE MAYOR IMPACTO

PELIGRO	FECHA DE OCURRENCIA	TIEMPO DE DURACION	DAÑOS	CAUSAS	EFFECTOS SECUNDARIOS

C. CARACTERISTICAS DEL TERRENO

PENDIENTE:

MUY ALTA ALTA MEDIA BAJA PLANA

TIPO DE COBERTURA VEGETAL				
BOSQUE	PURMA	CULTIVOS PERMANENTES	CULTIVOS EN LIMPIO	OTROS

TIPO DE SUELO

Limoso Arcillosos Arenoso-limoso

Arenoso Limo-arenoso Arenoso-arcilloso

Otro.....
(especifique)

Ubicación del terreno:
(Croquis)

D. CARACTERISTICAS DEL PELIGRO

Causas de ocurrencia	Meses de ocurrencia	Velocidad de ocurrencia o intensidad (*)	Frecuencia (*)
Acumulación de agua			
Derrumbes			
Deslizamientos			
Otros			

(*) Lenta (L) o violenta (V)

(**) Alta (A), Media (m) y Baja (B)

E. CARACTERÍSTICAS DE LA VULNERABILIDAD

Vivienda y Población		Características u Observaciones
Total de viviendas en el área		Material predominante utilizado en la construcción de las paredes, techos y pisos
Nro de Viviendas a ser afectadas		
Total de Familias en el área		Si es común la familia nuclear o extensiva
Número de familias a ser afectadas		
Nro. Promedio de hijos por familia		Si es común tener a otros miembros de la familia, como sobrinos, yernos, nueras, etc.

Establecimiento		Características u Observaciones
Número de Instituciones Educativas		Material predominante utilizado en la construcción de las paredes, techos, pisos, número de alumnos y docentes, así como pacientes y personal médico y para médico
Número de centros o Puestos de Salud		
Número de mercados o Centros Comerciales		

Infraestructura	
Tipo de infraestructura	Descripción de Infraestructura
Fuente de abastecimiento de agua y desagüe	
Fuente de abastecimiento de energía	
Centrales telefónicas	
Canales de riego	
Carreteras	
Caminos	
Fuentes	
Otros	

Unidades de producción		
Tipo de Producción	Area afectable (Ha.)	Observaciones

Instituciones y Organizaciones sociales de base		
Instituciones y Organizaciones	Características o nivel de representatividad de Autoridad o Dirigente	
Municipalidad		
Prefectura o Gobernación		
Juzgado de paz		
Comisaría		
parroquia		
Comedor Popular		
Vaso de Leche		
Otros		

F. ACCIONES DE PREVENCIÓN

Acciones		Instituciones
Obras civiles		
Reforestación		
Capacitación		
Sistemas de Alerta		
Estudios de Vulnerabilidad		
Zonas seguras		
Defensas ribereñas		
Simulacros o imulación		
Otros		

G. IDENTIFICACION DEL PROFESIONAL

Observaciones:
Elaborado por (Nombres y Apellidos):
Prefesión:
Cargo:
Unidad Orgánica:
Institución:
Fecha:

(*) Esta Ficha, al igual que la anterior, es un modelo referencial que se adapta de acuerdo a la realidad y al tipo de peligro

Fuente: INDECI 2006

RESUMEN DE MATRIZ DE DATOS PROCESADOS-SECTOR 01

MESES	Vulnerabilidad física				PROM.	Vulnerabilidad Económica		PROM.	Vulnerabilidad social				PROM.	VULNERAB. TOTAL PROMEDIO	PELIGRO	RIESGO (P x V)
	Material de construcción	Localización de las viviendas	características geológicas, calidad y tipo de suelo	Leyes existentes		Condiciones de vivienda	Nivel de ingresos		Nivel de organización	Participación de la población en trabajos comunitarios	Grado de relación entre las organizaciones e instituciones locales	Tipo de integración entre organizaciones e instituciones locales				
ENERO	2.44	4.00	3.00	3.00	3.11	3.23	3.16	3.23	3.00	3.09	2.58	4.00	3.17	3.16	3.00	3.00
FEBRERO	2.44	4.00	3.00	3.00	3.11	3.23	3.16	3.23	3.00	3.09	2.58	4.00	3.17	3.16	3.00	3.00
MARZO	2.44	4.00	3.00	3.00	3.11	3.23	3.16	3.23	3.00	3.09	2.58	4.00	3.17	3.16	3.00	3.00
ABRIL	2.44	4.00	3.00	3.00	3.11	3.23	3.16	3.23	3.00	3.09	2.58	4.00	3.17	3.16	3.00	3.00
MAYO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
JUNIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
JULIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
AGOSTO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
SETIEMBRE	2.44	4.00	3.00	3.00	3.11	3.23	3.16	3.23	3.00	3.09	2.58	4.00	3.17	3.16	3.00	3.00
OCTUBRE	2.44	4.00	3.00	3.00	3.11	3.23	3.16	3.23	3.00	3.09	2.58	4.00	3.17	3.16	3.00	3.00
NOVIEMBRE	2.44	4.00	3.00	3.00	3.11	3.23	3.16	3.23	3.00	3.09	2.58	4.00	3.17	3.16	3.00	3.00
DICIEMBRE	2.44	4.00	3.00	3.00	3.11	3.23	3.16	3.23	3.00	3.09	2.58	4.00	3.17	3.16	3.00	3.00

Fuente: Elaboración propia-Observación in situ

RESUMEN DE MATRIZ DE DATOS PROCESADOS-SECTOR 02

MESES	Vulnerabilidad física				PROM.	Vulnerabilidad Económica		PROM.	Vulnerabilidad social				PROM.	VULNERAB. TOTAL PROMEDIO	PELIGRO	RIESGO (P x V)
	Material de construcción	Localización de las viviendas	características geológicas, calidad y tipo de suelo	Leyes existentes		Condiciones de vivienda	Nivel de ingresos		Nivel de organización	Participación de la población en trabajos comunitarios	Grado de relación entre las organizaciones e instituciones locales	Tipo de integración entre organizaciones e instituciones locales				
ENERO	2.25	4.00	2.40	3.00	2.91	2.89	3.15	3.02	3.00	3.70	2.70	4.00	3.35	3.09	3.00	3.00
FEBRERO	2.25	4.00	2.40	3.00	2.91	2.89	3.15	3.02	3.00	3.70	2.70	4.00	3.35	3.09	3.00	3.00
MARZO	2.25	4.00	2.40	3.00	2.91	2.89	3.15	3.02	3.00	3.70	2.70	4.00	3.35	3.09	3.00	3.00
ABRIL	2.25	4.00	2.40	3.00	2.91	2.89	3.15	3.02	3.00	3.70	2.70	4.00	3.35	3.09	3.00	3.00
MAYO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
JUNIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
JULIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
AGOSTO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
SETIEMBRE	2.25	4.00	2.40	3.00	2.91	2.89	3.15	3.02	3.00	3.70	2.70	4.00	3.35	3.09	3.00	3.00
OCTUBRE	2.25	4.00	2.40	3.00	2.91	2.89	3.15	3.02	3.00	3.70	2.70	4.00	3.35	3.09	3.00	3.00
NOVIEMBRE	2.25	4.00	2.40	3.00	2.91	2.89	3.15	3.02	3.00	3.70	2.70	4.00	3.35	3.09	3.00	3.00
DICIEMBRE	2.25	4.00	2.40	3.00	2.91	2.89	3.15	3.02	3.00	3.70	2.70	4.00	3.35	3.09	3.00	3.00

Fuente: Elaboración propia-Observación in situ

RESUMEN DE MATRIZ DE DATOS PROCESADOS-SECTOR 03

MESES	Vulnerabilidad física				PROM.	Vulnerabilidad Económica		PROM.	Vulnerabilidad social				PROM.	VULNERAB. TOTAL PROMEDIO	PELIGRO	RIESGO (P x V)
	Material de construcción	Localización de las viviendas	características geológicas, calidad y tipo de suelo	Leyes existentes		Condiciones de vivienda	Nivel de ingresos		Nivel de organización	Participación de la población en trabajos comunitarios	Grado de relación entre las organizaciones e instituciones locales	Tipo de integración entre organizaciones e instituciones locales				
ENERO	3.21	4.00	3.00	3.00	3.30	3.57	3.47	3.52	3.00	3.80	3.40	4.00	3.55	3.46	3.00	3.00
FEBRERO	3.21	4.00	3.00	3.00	3.30	3.57	3.47	3.52	3.00	3.80	3.40	4.00	3.55	3.46	3.00	3.00
MARZO	3.21	4.00	3.00	3.00	3.30	3.57	3.47	3.52	3.00	3.80	3.40	4.00	3.55	3.46	3.00	3.00
ABRIL	3.21	4.00	3.00	3.00	3.30	3.57	3.47	3.52	3.00	3.80	3.40	4.00	3.55	3.46	3.00	3.00
MAYO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
JUNIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
JULIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
AGOSTO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	2.00
SEPTIEMBRE	3.21	4.00	3.00	3.00	3.30	3.57	3.47	3.52	3.00	3.80	3.40	4.00	3.55	3.46	3.00	3.00
OCTUBRE	3.21	4.00	3.00	3.00	3.30	3.57	3.47	3.52	3.00	3.80	3.40	4.00	3.55	3.46	3.00	3.00
NOVIEMBRE	3.21	4.00	3.00	3.00	3.30	3.57	3.47	3.52	3.00	3.80	3.40	4.00	3.55	3.46	3.00	3.00
DICIEMBRE	3.21	4.00	3.00	3.00	3.30	3.57	3.47	3.52	3.00	3.80	3.40	4.00	3.55	3.46	3.00	3.00

Fuente: Elaboración propia-Observación in situ

Anexo 04: Información proporcionada por Senamhi

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: HUAYAO/000635/DZ11

ALT 3360 MSNM
LAT: 12° 2' 18"

LONG: 75° 20' 17"
DPTO: JUNIN

- HR101 HUMEDAD RELATIVA MEDIA DIARIA
- PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)
- TM101 TEMPERATURA MEDIA DIARIA (°C)
- TM102 TEMPERATURA MAXIMA DIARIA (°C)
- TM103 TEMPERATURA MINIMA DIARIA (°C)

Variable	Mes	Dia	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
PT101	1	1	0	S/D	0	1.3	0	2	0.5	3	0.3	1.5	1	0	1	0.3	1.8	1.8	2.5	0	13.5	1	3.3	1.5	0	1.5	3.8	1	4.3	0.2	0	7.5	0	0	8	0	0	6.7	0.8	15.1	0	
PT101	1	2	0	S/D	2.5	1	21.8	2	S/D	2.3	0.3	0.6	0	2.5	14.5	1.8	S/D	3.3	4.9	0	1	0	12.4	0.5	0	1	1.8	0.3	0	1.3	4	0.5	0	2.7	0	2.1	0	1.1	0	10.9	6.9	
PT101	1	3	0	S/D	6.1	0	0	0.8	0	7.9	14	7.6	S/D	0	S/D	0	6.4	1	8.9	3	4.4	0	0	0.5	0	13	3.8	0.9	0.4	0	0	23.3	1	2.9	1.8	0	0	3.3	0	2.5	0	
PT101	1	4	0	S/D	4.8	0	9.1	S/D	0	0.3	3.5	0.3	5.6	0.3	0	0	0	0	0.8	2	3.8	0	1	5.8	0	14.7	3.5	3	4.9	0	0.9	6.8	2.9	0	0	1.7	0	1.5	2.2	13.8	0	
PT101	1	5	0	S/D	5.3	5.3	2	0.5	1	1	0.3	3.3	0.8	0	2.5	0.8	0	0.5	1.8	0	0	0	1.3	6.1	1	0	1	0	3	0	5.6	2.6	9.5	2.7	2.5	2.7	2	4	3.8	0.6	4	
PT101	1	6	1.5	S/D	0	0.8	2.3	0.8	2.8	15.8	4.6	4.1	11.5	1.6	5.8	0	7.6	0	0	0	8.4	0.5	0.5	15.2	0.8	0	9.9	0	0.1	0.1	1.3	0	0.1	0.8	0.2	1.8	8.5	2.5	1.3	5.8	0.6	
PT101	1	7	0	S/D	0	0.8	0.3	3.3	24.4	1.3	10.7	2	7.6	0	4.6	0	0	0.8	0	0	0	3.8	5.6	0	5.9	0	0	0.3	0	0	13.1	0.9	1.5	7.9	14.1	0.3	0	1.7	0	1.5	2.2	13.8
PT101	1	8	0	S/D	0	0	10.9	3.3	1.5	S/D	0	2	3.5	0	2.6	1.5	15.2	0	2.3	1	3.1	1.5	2.8	4.3	0	0	0	0	6.1	7.1	8	0	7.4	4.1	6.1	0	3.9	1.6	0	2.2	1.8	
PT101	1	9	0.8	S/D	1.8	16.5	2	0.3	7.9	0	3.6	0	1.8	S/D	0.5	1.3	2.5	13.8	0	0	0	10.7	2.8	3	1	0.8	0	0.9	0.2	0	0.4	4.9	6.1	1.9	1.1	3.6	2.7	4.1	0	1.6	0.8	
PT101	1	10	0.3	S/D	8.1	0	21.3	16.5	3.8	4.6	0	0.5	0	4	S/D	1.5	S/D	2.8	0	13	16.6	2.5	3.1	4.1	1.3	3.3	0	2.3	1.2	2.4	0	0	13.9	0	0.9	0	2.7	4.8	3.6	0.6	2.9	
PT101	1	11	3	S/D	4.3	1.3	1.3	3.6	16.8	2.3	9.7	3.1	16.2	1	0	0	11.2	0	0	10.6	0	0	2.5	3.8	2.3	0.5	0	0.6	2.9	2	4.4	0	7.1	12.5	2	3.3	3.7	0	3.8	1.4	23.6	
PT101	1	12	0	S/D	2.3	0	0	0	S/D	1	1.5	2.5	5.4	0	5.1	0	17.3	0.5	2.3	5.8	4.6	9.9	7.4	5.3	17.3	12.2	1.8	0.9	2.2	5.2	3.3	1.7	0	1.4	0.3	8.6	1.3	0	2.1	7.4	2.3	
PT101	1	13	2.3	S/D	8.6	5.1	0	2.3	17.5	8.4	S/D	0	7.6	0	1.8	20.9	0	9.6	0	12.8	1.8	0	0.5	3.3	1.5	1.3	0	0	21.1	14.3	0.4	3.2	0	0.9	0.9	0	2	0	0	1.7	3.2	
PT101	1	14	1	S/D	0	11.7	0	0	2.5	7.1	1.8	S/D	5.6	0	16	9.7	0	0	0.3	1.3	0	6.6	2.5	5.1	0	9.4	1.8	22.4	0	8.8	1.2	0.6	3.6	11	7.3	3.2	2.5	0	0	4.5	3.4	
PT101	1	15	2.3	S/D	0.8	19.3	3.3	11.9	2	8.9	17.3	2.5	9.1	0	S/D	S/D	1.3	0	0	0	1	5.8	0	5.9	0.8	0	0	0	0	0.6	2.5	0	17.1	2	0	6.9	5.7	0	0	12	2.7	
PT101	1	16	1.8	S/D	1.5	13	2	0.3	0	0.6	5.3	0.8	1.3	0	0	3.8	0	3.8	0.5	5.1	0	0	0.5	22.9	0	2.8	3.8	0	7.2	0	2.9	1.5	25.8	0.8	0	10.8	10.6	0	0	4.3	30.9	
PT101	1	17	5.1	S/D	8.1	5.8	1	0	2.5	15.2	8.6	4.6	1.3	4.6	0	8.6	0.8	5.8	7.6	3.8	0	11.4	1	24.9	25.1	9.9	6.1	0	14	0	0	12	7.4	0	1.6	14.1	0	0	0	18.1	31.8	
PT101	1	18	0	S/D	10.4	3	0	0	10.9	9.7	11.2	11.4	2	17.3	0.3	2.8	0	1.8	1.5	11.7	S/D	0	14.5	3.1	12.7	0	0	4	8.7	2.3	1.8	0.6	5.5	0	5.5	4.9	0	0	1.2	2	8.5	
PT101	1	19	0	S/D	4.1	0.8	1.5	10.4	15.2	5.9	0.3	9.2	0.5	8.6	0	5.9	0.3	0	9.4	0.3	7.6	8.2	2	6.1	3	0	0	0	0	0	2.4	3.2	0.9	6.1	2	0	14	7	3.3	18.5	7.2	
PT101	1	20	2.3	S/D	1.3	9.9	0	2.3	8.9	2.3	2	2.5	5.6	0.5	0.3	6.4	0.3	0	19.3	7.4	6.4	2	0.5	1	4.6	0.3	0.5	0	0	0	0.3	2.1	5.9	1.8	10.4	14.1	0	7.3	5	4.1	0.8	
PT101	1	21	0	S/D	8.9	3.8	11.4	0.3	2	4.3	2.6	6.4	1.3	0.5	6.4	0.3	14.5	5.6	0	2.8	16.2	8.9	0	8.4	6.6	0.5	3	2.9	26.2	5	1.7	0.7	8.2	0	0	22.3	0	3.7	0.6	1.7	3.6	
PT101	1	22	9.7	S/D	15.5	0.8	1.3	0	3	S/D	1.8	0.3	2.1	2.3	10.2	5.8	1	0.3	0.8	0.5	3.6	7.1	0	9.9	0.3	0	0	0	1.4	0	15.8	0	4.9	21.2	1.9	11.3	2.2	7.4	0	13.7	3.6	
PT101	1	23	0.8	S/D	1	1.8	8.1	0.8	1.3	0	1.8	3	0	1.5	2	S/D	1.3	1.3	2	1.3	5.9	0	0.3	8.4	0	7.6	1.3	0	0.7	1.6	1.5	1.7	0	0.9	0	7.2	6.5	0	0	1.1	1.7	
PT101	1	24	1.8	S/D	1.5	0	7.6	0	5.3	1.8	41.7	6.1	4.6	2	2	4.6	3.8	0	1	1.3	18.8	0	7.3	0.5	0	11.7	0	0	14.3	32.4	17.9	10.4	13.2	6.3	0.3	0	0.6	0	0	20.8	0	
PT101	1	25	0.3	S/D	8.6	20.3	10.7	6.4	11.9	2.5	5.3	0.3	2.5	0.3	0	17.3	8.9	3.8	26.2	0	4.9	4.3	11.7	6.1	0.5	4.3	4.8	0	14.5	0.3	7.8	1.3	2.5	14.1	0	3.1	0	6	0	3.3	0	
PT101	1	26	7.6	S/D	5.8	0	2.5	2.5	4.1	31.5	22.4	0.5	4.8	0	0	12	3.8	2.8	14.2	0.5	10.2	0.8	10.2	0.5	1.5	10.4	2.6	0.5	1	0	0.2	0	0.2	6.3	0	1.8	0	7.2	1.8	17.5	5.6	
PT101	1	27	2.8	S/D	3.6	0	1	1.5	6.6	2.5	16.5	1.1	0	2.5	0	14	2.3	0	7.4	12.2	15.7	18.8	1.8	1.3	4.6	6.6	0	0	6.1	0	1.2	0	20.3	7.6	16.3	8.6	5.6	0	0.3	4.5	0	
PT101	1	28	16.5	S/D	1	0	20.8	0	0.8	1	8.9	0	6.9	7.4	S/D	2.8	0.8	5.1	1	0.3	0.3	2.3	1	0	3.6	1	0	0	11.9	0.4	10.7	1.6	0	10.1	2.2	0	10.5	1.6	3.2	0	0	
PT101	1	29	0	S/D	0.3	0	0	0.8	0	13.5	8.7	8.1	3.3	7.1	S/D	0	2.8	0	3	0.5	1.3	4.1	10.4	1.8	1.5	0	0	0.3	5	0	7.8	3.8	0	19.8	2.9	3.6	0	5.4	0.8	0	2.5	
PT101	1	30	0	S/D	0	1	19.8	1.5	0.8	S/D	0.3	9.1	0	2	1.8	12.7	13	3	S/D	4.9	0.5	0	2.8	0.8	5.6	9.6	1.5	12.1	0	0.3	0.2	1	2.2	3.5	2.6	0.6	17.3	8.3	3.9	0	4.5	0
PT101	1	31	0	S/D	1.8	1.5	8.9	4.3	3	1.3	4.4	3.1	7.1	4.9	0	4.9	0.8	1.5	3.6	1.8	0	1.3	2.8	0	0	5.3	0.8	0	0	0	1.8	0	0	1.8	0	14.6	9	10.2	0.8	S/D	0	
PT101	2	1	0	S/D	8.9	1.5	7.6	5.8	4.1	2	6.9	S/D	0.5	15.7	0	17	7.1	0.3	14.5	0	0	0.8	2.8	1.8	7.1	0	0	0	5.5	0	0	0	0	0	12.4	22.4	0.3	9.9	5.5	0	3.5	0
PT101	2	2	0.8	S/D	2.8	0	5.3	10.2	5.1	10.2	2	1.3	0	4.8	0	1.5	5.1	4.1	0	0	7.9	0	0.8	4.3	2.8	3.3	0	2.9	1.4	0	0	0.9	0	36.5	3.2	0	12.3	0	15.8	0	0.7	
PT101	2	3	4.1	S/D	0	0	4.1	1.8	20.6	24.2	3.3	36.3	24.6	0	0	3.6	6.9	1.5	0	4	3	0	4.5	4	1.5	0.8	3.1	0.2	0	0.1	2.6	4.3	0	0	12	7.2	0.9	0	8.6	0	2.7	
PT101	2	4	0	S/D	0.8	0	7.6	S/D	14.5	19.3	26.9	6.9	1	0	0	16.3	2.3	1.3	0	0.6	1.5	3	1.5	1	7.9	0	5.3	0	0.1	2.2	0.8	2	1.8	5.5	15	0.2	0	0	1.3	4.9	3.8	
PT101	2	5	0	S/D	1	0	6.4	S/D	16	S/D	0.8	4.1	1.8	0	8.9	4.3	2.6	7.6	1.3	1.8	13.2	27.7	0.8	4.1	12.2	0	6.1	7.2	1.1	3.1	0.5	4.3	8.5	10	0.3	10.3	2.1	0.7	0.3	0.5	0.7	
PT101	2	6	4.6	S/D	7.6	0	19.3	0.3	0	5.3	0.8	12.2	0.5	0	0	7.9	11.9	0	4.1	1.5	5.8	1	0	1	17.8	5.1	21.3	2.7	2.4	0.4	0											

PT101	2	12	0	S/D	0	1.5	1.5	5.6	4.1	1.5	S/D	2.5	0	0.8	0	3	39.4	0.3	4.8	4.1	0	0	0	0	5.3	0	1.3	0	8.9	5.1	4.4	1.3	0	23.7	9.8	0.8	0.6	1	2.4	7.5	2.5	
PT101	2	13	11.4	S/D	0	0	0.3	10.9	0.5	S/D	4.8	0.3	36.1	0.5	S/D	1.3	1.3	0	3.6	1.3	0	0.8	10.9	16.5	0.5	7.1	0	0.3	3.6	0.3	0	1	2.8	5.8	1.1	3.1	0	4.7	0	33.7	0.7	
PT101	2	14	5.3	S/D	0	0	1.3	18.3	3.8	0	0	0	1.8	0	0	0	2.3	1.5	3	2.1	S/D	5.1	1.3	13	0	2.5	0	5.2	2.7	6.5	1.8	3.3	2.1	20.1	0	5.6	0.8	42.7	0	0	7.2	
PT101	2	15	3	S/D	0	11.9	0.3	6.9	0.8	1	0.5	6.9	18.5	0	S/D	0.5	0.3	28	5.8	3.6	0	11.2	16	3.3	1.5	4.1	0	0.8	0	0	3	0	1	14	0	15.1	0.9	4.9	0	0	2	
PT101	2	16	31.2	S/D	1	6.4	38.1	0	1.5	9.7	0.3	1	0.3	2	0	0.8	10.2	2.1	0	3.6	0.5	9.2	10.2	6.9	7.4	1.6	0	0.9	0	0	3	0	24	0	0	1.3	5	0	2.3	18.3	7.6	
PT101	2	17	1	S/D	4.3	2.3	2.5	0	1.3	5.1	0	5.9	0	0	0.3	2.1	7.4	0.3	3	4.8	0	14.5	2.3	0	30.3	1.8	27.4	2.5	1.6	0	5.3	0.7	3.7	20.5	6.3	2.8	0.3	0.5	0.5	5.6	8.4	
PT101	2	18	1.5	S/D	2.5	0.8	9.1	10.4	12.7	11.4	1.1	5.3	0	1.9	2.5	0.8	32.5	16.5	0.8	10.7	9.4	9.6	5.6	0	3.8	0	20.6	1	0.8	0	0	2.9	0	2	3.5	13.6	0.4	4.8	0.3	0.4	0.1	
PT101	2	19	2.3	S/D	4.1	1.5	16.8	2	3	0.3	11.2	0	0	S/D	2.8	0	6.4	13.4	3.3	6.1	2.3	2.1	0.8	0	10.7	1.3	6.6	6.8	0	0	1.9	0	0.6	3.6	1.3	0	0	0	6.7	6.8	0	
PT101	2	20	0	S/D	3.8	0	1.8	4.8	4.1	S/D	2.5	30.5	0	0	0	S/D	0	3.8	1.3	1.3	16	0	4.9	6.8	0.5	2.3	8.2	37.6	11.2	0.2	1.3	1.2	1.4	0	2.2	4.7	13.7	0	0	4.8	1.1	1.7
PT101	2	21	1	S/D	5.1	0	11.7	2.5	6.6	0	14.5	10.2	0	0	5.3	0.3	0	6.3	3.3	4.3	7.9	2.8	8.7	1	1	2.1	2.3	3	0	0	1.3	1.3	6.2	19.4	4.5	0.6	0.8	13.9	0	1.6	10.7	
PT101	2	22	0.3	S/D	7.1	1.3	14.2	21.3	16	2	0.3	3	7.1	0.3	0.5	0	3.6	2.5	0	6.8	1.8	7.9	6.6	3	1.5	0.5	0	0.4	0	0	3.2	0	5.6	8.5	2.2	7.4	0.7	0	1.5	14.9	0.7	
PT101	2	23	0	S/D	0	0	1.3	13.5	4.1	7.6	0.8	0	0	S/D	4.6	0	S/D	0	16	5.6	0	7.1	5.1	1.8	0.8	9.1	0	1.8	0.8	0	4.6	7.1	3.1	9.8	0.4	0	4.5	15.6	4.1	13.6	0.2	
PT101	2	24	0	S/D	11.7	2.8	0.8	13.5	13	0	S/D	5.9	0	0	22.4	11.7	0	25.4	1	10.4	21.3	8.1	3.3	3	4.3	1	0.8	0	0.4	4.2	1.5	13.8	2.9	7.2	2.4	3.3	5.8	9.6	21.3	0	1	
PT101	2	25	12.7	S/D	2.8	1	0	0.3	11.2	0.8	0	39.8	0	0	S/D	2.3	3.8	0.3	5.6	2.8	1	3	4	5.3	4.1	3.8	0	0	0	1.2	2.4	13.7	13.4	7	0.2	0.7	0	1.5	3.7	1	1.5	
PT101	2	26	0	S/D	3	13.7	10.9	5.3	9.1	7.6	0	0	S/D	0	9.2	1.8	0	0.5	8.6	2.5	1.5	4.6	0.5	0	0	12.5	0.5	0	4.5	0.4	0	1.2	0.8	9.7	7.5	8.5	6.4	0.3	4.4	18.3	11.1	
PT101	2	27	0	S/D	1	5.6	0.8	8.6	1	7.1	13.9	2.8	7.1	3	12.9	4.6	0	1.3	0	0.5	10.9	6.1	17.7	0	4.3	1	0.5	1	0.5	5.3	4.8	16.7	3.5	4.9	3.2	6.5	1.7	6.5	1.7	0.3	1.2	
PT101	2	28	0	S/D	3	0	2	4.3	24.4	0	0	0.3	8.4	9.1	13.9	21.8	10.9	3.6	3.3	0	4.3	5.5	1.3	16.5	2.1	0.8	1	0	0.3	0	0	0.8	0.2	1.8	23.4	0.7	0	10	12.7	S/D	S/D	
PT101	2	29	0	S/D	S/D	S/D	13.5	S/D	S/D	S/D	0	S/D	S/D	S/D	0.5	S/D	S/D	S/D	1	S/D	S/D	S/D	5.3	S/D	S/D	S/D	0.5	S/D	S/D	S/D	12.4	S/D	S/D	S/D	1.8	S/D	S/D	S/D	0	S/D	S/D	
PT101	3	1	0	S/D	1.3	0	11.4	3	2.3	S/D	0	S/D	7.9	0.5	8.7	6.9	1.8	0.8	6.6	1.5	6.4	1.8	2	12.7	5.3	11.4	2.5	0	4.4	4.9	3.2	0.2	3.2	0	0	6.7	0	0	5.1	1	3.5	
PT101	3	2	17.5	S/D	0	0	0.5	5.6	1.5	0	0.3	6.9	3	5.1	1.3	0.3	25.1	1.3	8.6	2.3	3.5	7.7	0	1.3	0.8	10.5	0	13.1	15.5	0	0	2.6	0	1.5	3.1	1.4	0	1.7	0	0.8	8.9	
PT101	3	3	0.8	S/D	3.8	7.6	4.6	6.6	9.4	0	9.4	4.1	0	0.3	15	5.1	4.6	3	10.7	8.1	2	9.7	0.5	1.8	3.8	8.3	0	0	8.1	9.6	1.4	3.6	1	2.7	11.3	0.5	22.8	0	0.8	4.2	3.7	
PT101	3	4	12.7	S/D	0	12.2	1	0	S/D	1.3	0	0.3	1.8	S/D	2.8	S/D	11.4	10.9	6.6	6.6	0	0	1.3	3	6.9	3.3	0	0	1.7	3.1	0	0	6.3	0	10.7	6.5	0.7	18.8	0	0	5.1	
PT101	3	5	0.5	S/D	0	1.3	0	S/D	4.8	0	0	11.2	1.5	S/D	2.5	5.8	0	1	3.6	6.4	0	1.8	0	7.1	0.3	12.2	1	0	4.6	1.3	0.6	5.6	0	0.5	5	0.8	11.2	19.1	0	0.6	9.5	
PT101	3	6	2.5	S/D	0	8.1	2.5	1.3	5.6	2.5	1	S/D	1.8	37.3	0	3	0	11.5	8.6	5.6	0	0	24.2	0.8	0	10.7	1.3	0	0.3	14.9	3.9	1.6	3.1	4.8	0.4	0	0	0.9	3	1.2	5.3	
PT101	3	7	14.5	S/D	0	29.7	0.5	8.4	7.9	22.7	13.2	15.2	5.8	0.6	1.3	3.6	6.4	5.6	0.5	0.3	0	0.5	6.6	0.5	2.3	25.7	4.1	0.6	0	4.2	1.9	2.6	0.2	0.3	13.8	2.9	4.6	0	11.3	10.5	0	
PT101	3	8	3.6	S/D	0	0	1	13.5	22.1	S/D	14.2	3.6	7.1	S/D	5.1	2.3	S/D	14	0	2.3	0.3	2	5.1	1.8	0.8	9.1	0	8.5	0	0	0.4	5.1	7.8	3.5	2.6	5.7	2	0.8				
PT101	3	9	0	S/D	0	3.8	2.5	0	7.6	0	0.3	5.6	4.6	13.7	4.8	2.5	0.8	12	0	12.7	0	1.3	0.8	1	0.8	0	0	0	0	11.1	2.1	2.2	0	1.8	0.8	1.1	0.9	0	13.9	4	1	
PT101	3	10	8.6	S/D	0	1.5	12.2	7.9	9.1	0	0	0.5	8.9	13	3	8.1	0.3	4	0	0	0	0	14.5	19.1	10.2	0	0.8	0	0	1.2	0.4	6.4	1.7	0	1.1	0	0.2	0.9	2.7	0	3.9	15.5
PT101	3	11	0.3	S/D	8.6	14.2	17.8	0	0	0	0	2.3	4.6	0	13.2	2	2.8	3	5.3	0	6.4	2	2	12.7	4.8	1	0	16.6	1.5	0	12.5	0	0	0.6	0	0	0.3	0	8	10.8		
PT101	3	12	13	S/D	2.3	4.3	6.6	0	3.8	0	9.4	4.5	3.8	10.2	1.6	3.1	0	16.5	1.3	0	4.6	1.5	2.3	0.3	5.1	0	15.5	2	0	0	0.5	2.7	3.3	2.4	1.1	0	5.4	0	0.2	0	10	
PT101	3	13	8.1	S/D	4.8	5.1	1	5.3	0.5	0	1	9.9	1.1	4.3	1.3	1.8	S/D	3	0	0	6.6	4.3	4.9	1	2.5	1	1.3	6.9	0	2.7	4.9	17	13.1	11.6	1.2	0	14	3.9	4.9	5.3	5.1	
PT101	3	14	5.8	S/D	0.3	1.3	7.1	0.5	2	3.8	0.3	9.4	0	32.8	0	0	0.8	5.3	0	6.8	0.5	4.4	9.9	3.8	11.4	8.1	2.8	1.3	1.2	2	0	10	7.6	3.5	0	0	0.4	0	0.2	1.9	9.8	
PT101	3	15	1.5	S/D	13.7	5.6	1	0	7.7	5.3	2.5	11.7	0	4.6	0	5.1	0	0.5	0	4.4	2.1	0	1	14.2	0	0	0.5	0	4.7	5.2	0.2	0	3.7	1.6	10.2	4.1	0.9	0	0	0	2.1	
PT101	3	16	0.3	S/D	7.9	5.1	0	0	S/D	7.6	3.3	0.3	0	0.8	9.4	0	11.2	0	11.2	0	1.6	0	0	13.7	6.6	1	1.3	0	2.2	6.3	0	0	1.8	0	0	8.2	23.5	0.5	0	1.5	2.3	
PT101	3	17	9.1	S/D	2.3	0	1	0	15.7	0	2.8	3	S/D	2	0.8	5.8	10.7	0	0	1.8	5.1	1.5	6.4	0	11.9	7.6	0	0	0	0.4	0.1	0	0	1.3	0	1.3	5	0	0	4.6	15	
PT101	3	18	11.4	S/D	2	0	1.8	2	2.3	0.5	1	2.8	0	S/D	0.3	0.3	5.1	0.5	0	1.3	1.3	0	0	1	10.2	5.8	0	2.3	3.6	2.1	0	0	6.9	0.3	0	2.2	5.4	1.5	0	0	3.1	
PT101	3	19	7.4	S/D	0	3.3	1.5	1.5	1.1	0	3.8	13.7	S/D	0	7.9	0	7.1	0	8.7	0	1.3	1.3	3.3	3	1.8	1.3	0	0.8	0	10.3	0	2.9	0	1.5	0.1	0	10.1	0	0	4.3		
PT101	3	20	3.3	S/D	0	0	14	2.8	14.6	0	0	1.8	0	0	S/D	0	14.7	3.3	2.5	0	5.8	1.5	2.6	8.6	3.9	0	1.5	0.6	0	0	0	0.2	0	1.6	4.3	0	9.1	2.4	15.4	0	0	
PT101	3	21	30.7	S/D	2.5	7.1	2.8	8.3	4.5	17.8	0.5	0.8	9.4	1.5	0	2	2.8	8.6	0	0.6	8.9	7.9	4.1	17.5	0	0	1.5	11.2	2.4	12.2	0	18.7	0	27	0	0	8.8	9.4	0.8	0	0.3	
PT101	3	22	3	S/D	0	0	0	2.5	1.5	6.1	0	0	0	2.5	1.5	1.3	0	0	1.																							

PT101	4	6	0	S/D	3.6	10.7	0	14.5	3.5	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0.8	1.3	1	0	11.2	1	0.6	4.8	4	0	0.8	4	1	0	0.6	0	8.9	0	0	S/D					
PT101	4	7	0	S/D	0.5	0.5	0.8	4.1	S/D	0	0	0	0	9.2	0.8	0.8	28.7	6.8	0.3	12.7	0	0	12.2	2	0.5	0	0	0	8.3	0.4	2.1	5.5	0	0	0	0	0.8	S/D					
PT101	4	8	0	S/D	0	2.8	9.9	0.4	0	S/D	S/D	0	0	S/D	0	13.2	0	0.3	0	0	2.5	2.8	0	0	6.1	8.6	0	2.8	9.3	0	1.9	0.4	4	0	5.2	7.2	3.1	7.9	8.6	S/D			
PT101	4	9	0	S/D	10.4	0	0	0	1.8	0	S/D	0	1.3	4.1	0	11.4	2	0	0	2.6	0	0	0	0	12.9	0	0	0	5	0	1.4	11.6	0	0.8	7.6	11.2	8.4	S/D					
PT101	4	10	0	S/D	0	0	0.8	1.5	1.3	0	0	0	0	4.9	0	S/D	6.6	0	1.3	0	10.9	1	0	0.5	0	0	0	3	0	3.3	2.3	0	7.2	0	0.3	4.1	0.3	2.2	S/D				
PT101	4	11	0	S/D	0	1.8	0.3	0	0	0.3	S/D	0	0	0	0	1.8	0.5	0.3	0	0.5	2.8	0	0.5	0.5	0	17	0	0	0.4	2.6	0	0	40.7	0	0	7.7	7.6	0	0	S/D			
PT101	4	12	0	S/D	0	0	0	2.3	0	0	1.5	0	2.5	19.6	S/D	0.8	0	0	0	2.3	25.7	1.3	0	1	1	21.8	1	0	0	0	1.3	0	0	1	1.5	0	0	0.2	0	6.5	S/D		
PT101	4	13	1.5	S/D	0	0	0	0	0	0.5	S/D	0	0	1.8	8.6	3.6	0.5	0	0.8	2.8	3.8	3.3	0.3	0	0.8	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	3.9	0	0.6	S/D				
PT101	4	14	0	S/D	0	5.8	0	0	0	S/D	0.5	0	1.3	0	21.6	1.3	0	5.6	0	0	0	0	0	12.9	0	0.5	0.8	0	1.8	0	0	0	0.4	0	1.5	1.5	4.3	0	27.5	0	0	S/D	
PT101	4	15	0	S/D	0	0	0	0.5	14.5	39.4	0	0.8	0	0	1.5	0	8.7	1.8	0	1.1	0.8	0	0.5	0	2.8	7.9	2.5	0.1	3.3	0	13.3	0	0	0	0	0	0	0	0	S/D			
PT101	4	16	7.6	S/D	0	0	0	18.3	3.3	19.1	0.3	0	0.5	0	0	0	5.6	0	0	2.5	0	0	0	0	2.5	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	4.2	0	0	2.2	0	0	S/D		
PT101	4	17	0	S/D	1.5	0	0	0	5.8	0	5.1	0.8	0.8	0	2.3	7.1	2.3	1	0.3	1.3	0	4.1	1	0.8	0	0	6.9	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	12.9	0	0	2.8	S/D		
PT101	4	18	1.3	S/D	0	1.5	5.1	2.3	2.5	0.8	0	14.9	16	4	0	S/D	1.8	0	2	0	0	7.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.2	1.4	1.8	0.5	0	0.8	S/D				
PT101	4	19	0	S/D	0	5.1	0	0.5	6.9	0	0	2.3	0.8	2.8	0	1.8	1.3	0	3.8	0	0	0	0	0	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.6	7.1	0	S/D				
PT101	4	20	0	S/D	5.8	0	0	0.5	0	5.1	0	S/D	0	4.1	0	0	0	0	0	4.1	0	2	0.5	0	2	1.5	0	0	0	0	0	0	10.2	0	4.8	0	0	S/D					
PT101	4	21	0	S/D	0.8	1.5	0	0	0	1.3	7.6	0	0	0	0	15.3	0	0	0	0	2.3	0	0.5	2.5	0.3	0	5.4	0	6.9	2	0	0	0	0.8	0.3	0	4	0	0	S/D			
PT101	4	22	0	S/D	0	0.3	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	7.9	0	0	0	0	0.5	0.8	0.3	0	5.8	3.3	0	2.2	0	0	0	0	0	0	8.2	0	0	8.9	0	0	S/D		
PT101	4	23	0	S/D	10.2	0	0.3	5.3	7.9	0	0	25.4	0	S/D	0	S/D	0.5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6.3	0	0	0	0	0.2	0	0	7.9	0	1	1.4	8.2	4.8	S/D		
PT101	4	24	0.3	S/D	13	0	1	0	0	0	2.3	8.6	8.1	0	0	1	S/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1	1	0	0	S/D				
PT101	4	25	0	S/D	10.7	0.3	9.9	0	0	0.8	0	0.8	S/D	0	0	0.5	0.3	0	0	0	1.3	0	1	0	0	0	0	5.1	0	0.6	0	1.2	0.9	0	0.5	0.7	0	0	S/D				
PT101	4	26	0	S/D	0.5	0	0	0	4.8	0	0	0.8	0.8	0	1	1.6	0	0	0.8	0	0	0	0	2.3	0	0.3	0	2	0.5	0	0.3	0	0	7	0	0	0.2	0	0	4.5	S/D		
PT101	4	27	0	S/D	0.5	0	0	0	15.3	0	2.3	0.5	0	0	7.6	S/D	14.5	0	0	0	0	1.5	3.8	1.5	0	3	0.2	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	2.9	S/D				
PT101	4	28	9.4	S/D	0.3	0	0	0	5.1	0	0	1.8	0	1.3	0	0	0.6	0	0	0	0	0	2	0	1.5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.8	S/D			
PT101	4	29	0	S/D	0	0.8	0	0	0	0	0.3	0	5.1	0	6.3	0	0	1.5	0	1.8	0	1	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.8	0	0	4.6	S/D					
PT101	4	30	0	S/D	0	0	0	1.5	14.5	0	0	0	0	0.5	0	11.4	0	0	0	0.5	1.3	0	0	0	0	12.1	0	0	0	0	0	4.7	0	0	0	0	0	0	1.7	S/D			
PT101	5	1	0	S/D	0	0	2	5.4	0	0	S/D	1	9.7	S/D	0.3	S/D	0	3.3	0	0	2	0	0	0	0	1.3	0	0	0	0.6	0.8	0.6	2.2	0	0	0.5	0	0	S/D				
PT101	5	2	0	S/D	0	0.3	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	3	1	19.9	0	0	0	1.3	2.5	0	0	0	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S/D			
PT101	5	3	0	S/D	0	0	0	0	S/D	0.5	0	0	0	5.3	0	0	0.3	0	0	0.3	0	0	0.3	0	0	3	0	2	0	0.8	0	0	1.7	0	0	0	13.8	0	0	1	0	0	S/D
PT101	5	4	0	S/D	0	15.5	3	1.3	1.5	S/D	0	S/D	0	S/D	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0	0.3	0	0	1.2	0	0	0	0	0	0.3	45.5	3.5	0	0	S/D			
PT101	5	5	0	S/D	0	0	0	0	0	S/D	0	0.5	0	1.3	S/D	0	0.3	0	0	0	0	0	0	1	0	0.5	0	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	S/D			
PT101	5	6	0	S/D	0	2.5	3	0	0	0.8	0	0	0	2.3	0	0	2.3	0	0	0	0	0	2.6	0	1	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1	S/D			
PT101	5	7	0	S/D	0	0	1.5	0	0	2	1	0	0	3.8	1.5	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	4.9	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	S/D			
PT101	5	8	0.3	S/D	0	0	0.8	0	0	2	S/D	0	0	9.7	0	0	11.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	3.4	1.1	0	S/D			
PT101	5	9	0	S/D	0	0	0	0	1.8	0	0.3	0	0	S/D	0	0	5.1	0	0	1	0	0	0.5	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	S/D				
PT101	5	10	0	S/D	0	0	0.3	1.8	1.3	4.8	0	S/D	0	1.3	0	0	0.8	1.8	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0	9.1	0	0	0.7	S/D			
PT101	5	11	0	S/D	0	3.3	4.1	0.5	0	0	9.4	0	0	0.8	0	1.3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2.8	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	S/D				
PT101	5	12	0	S/D	0	1.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	5.3	0	0	S/D	0	0	0	3.3	0	1.8	0	0.8	0	3.1	0	1	0	0	0	5.4	2.7	0	0	0	S/D				
PT101	5	13	2.3	S/D	0	0	0	0	0	0	0	0	S/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	1.3	1	1	0	6.9	0	0.9	0	0	0	4.3	0	0	0	0	0	S/D				
PT101	5	14	12.7	S/D	0	0	0	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	0	1.3	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	1.9	0	0	0	S/D					
PT101	5	15	0	S/D	0	0	0	1.3	0	0	11.7	0	0	0	S/D	1	0	0	0	0	S/D	0	0	0	0.3	0	3.8	0	0	0	0	0	0	1.9	0	0	0	1.8	S/D				
PT101	5	16	2.5	S/D	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1	1.3	0	0	0.3	0	3.7	0	0.3	0	0.2	0	0	0	0.8	S/D				
PT101	5	17	0	S/D	0	0	8.9	0	0	0	0.5	0	1.8	0	0	6.9	0	1.3	0	0.3	0	0	4.1	0	2.5	0	0	0	0	0	0	2.4	7.2	0	0	0	0	S/D					
PT101	5	18	0	S/D	0	0	0	0	0	0.8	0	0	7.6	0	0	S/D	0	0.5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.9	0	0	1.1	2.4	0	4	0	1.2	S/D				
PT101	5	19	0	S/D	0	0	0	0	0	0	0	0	6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0.3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S/D				
PT101	5	20	0	S/D	0	0.5	0.8	7.4	0	0	0.3	0	S/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3.6	0	0	0	0	0.2	0	0	0	4.9	0	0	2	0	S/D				
PT101	5																																										

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: SANTA ANA/000477/DZ11

ALT: 3295 MSNM

LONG: 75° 13' 15"

LAT: 12° 0' 15"

DPTO: JUNIN

HR101 HUMEDAD RELATIVA MEDIA DIARIA

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)

TM101 TEMPERATURA MEDIA DIARIA (°C)

TM102 TEMPERATURA MAXIMA DIARIA (°C)

TM103 TEMPERATURA MINIMA DIARIA (°C)

Variable	Mes	Dia	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PT101	1	1	S/D	0.8	0	0.9	2	S/D	7.3	0	3.6	0.2	0	0	1.7	2.3	5.2	1.5	2.5	5	0	0	4.8	0	0	9.6	S/D	9	0.7
PT101	1	2	S/D	3.3	0	2.1	1.1	S/D	2.7	0.7	7.5	1.6	0	3.3	1.8	6.4	0	0	7.5	0.6	1.6	2.4	0	0.4	0	3.2	S/D	5	6
PT101	1	3	S/D	0	0	0.9	8.8	S/D	3.1	0	0	0.1	0	0	0.5	1.4	1.5	0.3	0	14.5	10	0	0.3	0	1.5	6.1	S/D	6.9	0
PT101	1	4	S/D	0	0	0	0.4	S/D	4.5	0	0	4.3	0	5.1	20	12.3	1.2	0	3.3	13.3	3.2	0	1.2	0.8	28.7	9.5	S/D	14	0
PT101	1	5	S/D	1.6	0	0	0.6	S/D	0	0	1.1	2.9	0	0	3	0.6	6.4	1.7	2.6	10	4.8	1.6	12.4	1.7	2.7	4.7	S/D	0	0
PT101	1	6	S/D	0	4.6	0	0	S/D	3.8	0.7	0	14.6	0.8	0	15.6	0	2.2	0	2.6	1.6	1.4	5.5	2.8	14	7.2	7.6	S/D	0.4	2.8
PT101	1	7	S/D	0	0	1.6	0	0	2.1	5.3	0	0.8	0	0	0	0	0	9.5	3.3	2	0	13.4	2.4	0.4	1.8	3.5	S/D	0.8	19.1
PT101	1	8	S/D	0	25	0	0.4	7	2.8	0	2.2	7	0	7.7	0	0	0	12	0.5	0	7.5	3.3	4.4	1.7	12	0.7	S/D	0.2	0.2
PT101	1	9	S/D	0	7.4	9.2	0	5.8	0	10.2	1.2	0	0	3.9	0	2.9	0	1.3	0	5.1	1.4	2.5	0.4	3.5	4	S/D	2.4	5.1	
PT101	1	10	S/D	0	0	0.9	0	10.2	0	2.9	6.6	4.2	0	6.6	0	3.7	6.7	3.3	0.5	0	7.2	0	0	2.8	4.6	7.2	S/D	9.6	3.1
PT101	1	11	S/D	0	1.8	0.3	0	18	0	0	1.3	7.2	1	0	1.3	0.8	2.8	5	0	1.9	4.2	0.6	3	5.2	2.1	S/D	4.5	10.5	
PT101	1	12	S/D	0.9	0	1.9	7	2.9	8.8	1.6	5.9	0	7.7	8.7	2.7	8.7	0	13.2	2.4	1	0	1.2	0	3.2	2	0	S/D	10.8	7.7
PT101	1	13	S/D	2.1	0	12.9	0	16.6	3.8	0	0.9	4.9	0	2.8	0	0.3	25.5	10.8	2.2	9.4	0	11.7	1	0	1.9	6.5	S/D	4.2	4
PT101	1	14	S/D	10.1	0	0	0.6	1.3	1.5	6.1	1.1	9.2	0	6.9	0.7	4.4	1	5.6	1.3	0	7	8.9	7	5.3	7.5	0.4	S/D	2.7	8.1
PT101	1	15	S/D	9.3	0	0	0	4	2.1	0.4	0	6.2	2.3	0	0	0	1.6	1.9	4.2	9	15.1	1	15.8	5.6	0	S/D	15.1	2.4	
PT101	1	16	0	9.8	0	8.9	S/D	0	0	0.8	0.2	7.1	4.7	2.6	14.4	0	12.3	0	2.6	0.3	22	3	0	7.8	21.8	0	S/D	3.7	28.5
PT101	1	17	0	10.8	1.4	3.8	5.7	1.7	0	11.5	3.6	14.9	2.1	1.4	5.7	0	16.8	0	0.2	4.2	0	0	8.5	13.3	0.2	0.4	S/D	7.2	20
PT101	1	18	0	1.1	0	1.5	3.2	12.2	0	0	6.7	2.7	2.1	0	0	0.3	8.6	2.9	0	3.7	8.6	1.2	15.3	5.8	2.5	0	S/D	0	7.3
PT101	1	19	0.3	10.5	0	0	4.8	0	16	8.5	0.8	1	0	0	0	0	1.6	6.6	0.9	2.6	3.5	0	1.7	12	0.7	S/D	17.5	8.4	
PT101	1	20	0	7.6	0	0	32.5	10.3	2.1	0.6	0	5.6	4.3	2.2	0	0	0.7	2.1	1.5	4.5	0	14.2	3.8	2.5	3	S/D	3.6	5.3	
PT101	1	21	0	2.4	0	4.9	0.9	0	22.2	6	0.4	5.4	9.1	1.2	0	0	7.1	7.8	25	0.2	0.6	0	0.4	11.5	0	2	S/D	1.2	6.1
PT101	1	22	6.4	9.5	0	0.2	0.5	0	5.1	6.3	0	0.6	1.5	0	0	0.3	9.9	0	6.2	0	7.7	14.1	7	8.4	0.7	2.8	S/D	2.6	2.1
PT101	1	23	1	0	6.4	S/D	2.6	4.8	8.2	1.3	4.4	3.7	0	1.2	0	0	9.6	0	0.2	0	1.9	1.5	0	4.9	6.7	0	S/D	2.7	1.1
PT101	1	24	3.4	2.4	11.6	0	2.5	5.6	35.5	3.1	1.4	0.6	0	15	0	0	11.9	18.7	4.3	1.5	7	10.1	0	0	1.6	0.6	S/D	12.5	0
PT101	1	25	0	6.8	0	0.8	7.5	0	14.5	4.5	19.2	1.8	0.9	3.9	2.4	0	8	0	3.9	3.5	15	16.3	0	4.4	0	0	S/D	4.2	0
PT101	1	26	S/D	8.4	4.4	14	12.7	4.6	7	1.6	5.1	1.5	1	1.6	0	2	3	1.1	1.2	3.8	2.4	10	0	6.8	0	12.9	S/D	12.3	3.5
PT101	1	27	0	3.3	0	0	8.2	11.4	22.3	1.4	6	0.2	11.2	10.5	1.4	0	2.3	7.3	3.3	0	10.1	9.5	6.6	2.2	7.6	5.3	S/D	7.4	0
PT101	1	28	0	1.5	6.2	1.8	2.5	0	0.5	2.4	1	0.7	8.5	0	0	1	25.5	0.7	12.8	2.8	0	12.6	0	0.2	0	2.8	S/D	0	0
PT101	1	29	0	0.4	5.4	1.2	2.2	2.2	4	6.6	1.7	2.4	0	0	0	0	4.2	0	15.1	1.7	0	30	10	14.4	3.6	2.3	S/D	0	9.3
PT101	1	30	3.9	0	8.2	8.8	0.7	2.3	2.4	1.1	0.8	2.8	3.8	6.6	1	5.6	5.1	2.5	0.6	3.3	3.5	2.9	2.2	1.5	12.5	10.8	S/D	0	3.3
PT101	1	31	0	9.4	18	1	6.3	0	0	6.9	0.6	0	3.3	0.4	0.2	0.6	0	0	0	0	9.7	0.3	25.5	3.3	1.2	S/D	0	0	
PT101	2	1	0	9.8	3.6	0	7.2	0	0	2.2	3.3	1.8	2.3	2.2	0.4	0.4	4.6	0	0	0	0.6	10.5	0	1.8	3.6	S/D	0	48	
PT101	2	2	0	0.8	2.8	3.3	0.3	0	16.5	0	5.5	4.7	1.6	0	0	4.6	1.3	0	0	7.1	0	34	4.1	0	16.5	0	S/D	3	0.3
PT101	2	3	1	0	10.8	0	0	8.7	0	0	4.6	4.8	2.4	3	7.2	0.2	0.8	0	7.1	0	4.4	0	10	6.8	10.1	0	S/D	0	0
PT101	2	4	0	0	3.8	0.8	0	0	4.1	4.2	0	1.9	7.1	0	8.3	1	0.5	9.4	5.5	0	4.5	7.6	5	0	0	0	S/D	0	3.2
PT101	2	5	4.2	11	3.8	6.4	5	1.8	11.5	1.7	0.4	1	5	0	4	12.4	9.2	6.3	1.1	0	19.7	9.7	2.7	0.6	2.3	0	S/D	2.7	0
PT101	2	6	0	0	3.8	0.8	2.8	17.5	18.7	3.4	0	0.9	13.4	7.7	18.8	10.8	0.3	3.7	1.1	0	5	2.5	11.4	5.3	7.3	0.6	S/D	3.8	1
PT101	2	7	11.2	14.6	4.6	0	7.2	1.1	5.3	3.4	0	0.3	6.6	1	0	7.6	10.8	0	0	6	0	6.1	5.6	5.2	10.3	8.2	S/D	0	0
PT101	2	8	S/D	0.8	0	0	5.9	22.9	8.8	1	3.1	0.3	3	4.4	12.9	0.6	7.5	0	0	2.5	0	3.7	2.5	4.3	4.5	6	S/D	8.7	21.4
PT101	2	9	0	17.8	0	0	3.9	0	1.7	3.4	7.2	0	1	16.1	8.5	20.8	3.8	1.7	7.6	6.6	0	19.6	4.8	9.8	4	11.6	S/D	1.2	1.1
PT101	2	10	2.7	13.3	7.2	8.4	2.6	5.2	1	1.5	9	2.5	17.2	2	13.7	3.9	8.1	7.4	1.7	0	0	17	0.8	6.7	0.3	19.8	S/D	2.6	0
PT101	2	11	0	2.1	2.2	0	3.5	4.2	16.8	5	0	0	3.7	5	5.1	0	9.7	4.8	5.5	3.7	0	6.6	6.6	9.4	0.4	6	S/D	16.7	3.1
PT101	2	12	0	0.6	8.2	0	5.4	7	0	1.2	0	1.2	5	0.6	1	0	9.8	6.7	4.5	0.9	0	31	4.8	5.5	3.4	1.2	S/D	11.6	8.1
PT101	2	13	4.6	0.4	7.6	0	3.8	0	0	2.1	12.7	16.8	0	3	0	2.1	14	0.7	0	6.1	0	1.1	3.2	S/D	0.6	9.4	S/D	9.8	0.8
PT101	2	14	0	0.3	S/D	0.7	S/D	0	0	4.2	0.6	19.9	0	2.5	0	12.9	0.6	7.3	0	4	10.7	17.4	0	2.5	0.7	17.8	S/D	0	7.6
PT101	2	15	0	0	2.4	5.9	0	2.6	0	12.1	5	1.9	1.1	4.2	0	0.6	0	0	3.5	0	8.7	8.7	0	2.5	6.6	1.4	S/D	0	1.6
PT101	2	16	0	9	1.4	8.7	0	2.3	1	11.2	2	19.3	2.8	2.5	0	0.3	0	0	7.3	0	36.4	0	0	7.8	4.6	2.1	S/D	20	9
PT101	2	17	1.4	0	2.2	0	3.2	2.3	0	19	2.2	0.5	13.4	0	7.4	7.9	0	0	0.5	2.2	4	17.3	6.6	0.8	1	0	S/D	8.1	10.7
PT101	2	18	8	0	3.4	12.8	1.1	3.3	9.1	13.7	3.2	0	4.6	0	1.4	0.5	0	0	0.7	3.3	3.7	11.1	9.6	0.6	0.3	S/D	0.2	0	
PT101	2	19	5	0	6.6	9.2	2.4	8.2	0	3.5	0	0	3.7	5.2	5.5	0	0	0.9	3.8	1.2	2.9	3.2	0.6	0	0	S/D	22.5	0	
PT101	2	20	0.3	0	1.6	6.5	0.8	16.6	0	1.3	10	0	4	13.7	33.5	13.6	0.5	3.7	7.5	5.4	0	5.2	4.8	12.6	2.5	0	S/D	0	4.6
PT101	2	21	5.9	2.1	0	4.5	2.4	3	5.3	0.8	3.4	0.9	0	1.5	2	6	0	0	2.7	7.6	18.5								

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: VIQUES/000608/DZ11

ALT: 3186 MSNM

LONG: 75° 14' 7"

LAT: 12° 9' 47"

DPTO: JUNIN

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)

Variable	Mes	Dia	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PT101	1	1	6.7	0	0	8.2	0	0	0	3.4	0	2.3	13.7	8.1	0	0	3.8	0	0	10.1	4.2	S/D	0
PT101	1	2	2.2	0	0	1.9	0	9.1	0	0	0	0	0	7.3	8.8	0	5.7	0	0	0.9	2.8	S/D	10.2
PT101	1	3	1.2	8.7	0	0	0	4.1	0	0.6	0	0	0	9.4	2.5	0	1.1	0	1.5	5.2	0	S/D	1.3
PT101	1	4	2.2	0	14.3	0	0	0	5.5	3.4	12.4	0	4.5	7.8	8.5	0	0	0	20.2	8.6	0	S/D	0
PT101	1	5	0	0	0	14.3	0	23	0	6.7	9.7	0	2.1	0	4.8	0	8.8	4.2	6.4	5.5	0	S/D	3.6
PT101	1	6	9.9	3.8	0	0	0	0	0	0	4.2	0	2.7	9.7	1	17.5	0.9	0	16.1	1.8	63.7	S/D	0
PT101	1	7	2.1	4.3	0	26.1	0	0	0	2.3	0	17.9	3.1	3.1	0	17.3	0	0	2.3	1.4	1.2	S/D	10.6
PT101	1	8	4.7	0	7.4	9.2	0	0	0	0	0	5.7	0	4.6	0	8.9	5.9	0	13.7	2.6	0	S/D	0.4
PT101	1	9	0	8.6	0	0	0	3.6	0	2.4	0	2.3	0	0	14.5	0	1	0	16.8	0.8	0	S/D	0
PT101	1	10	0	0	4.6	6.6	0	8.7	0	6.4	0	4.5	5.7	0	13.1	0	0	0	14.9	0	2.2	S/D	7.3
PT101	1	11	1.6	11.3	0	9.3	0	0	0	2.6	6.8	2.6	2.4	2.1	7.7	0	4.6	7.5	1.9	0	0	S/D	0
PT101	1	12	3.2	3.8	3.1	2.8	16.8	5.6	0	0	0	10.6	2.4	2.7	0.7	0	0	0	0	0	0	S/D	4.3
PT101	1	13	3.1	0	8.9	0	15	0	0	2.3	9.8	0	6.3	0	0	9.4	1.5	0	0	6.8	0	S/D	0.8
PT101	1	14	0	5.7	0	10.4	6.5	2.1	0	3.2	9.2	12.3	1	0	0	14.8	0	5.6	6.8	0	0	S/D	0
PT101	1	15	0.8	8.5	0	3.9	0	0	0	0	0	0.6	2.6	0	9.5	0	0	8.2	6.7	0	0	S/D	2.2
PT101	1	16	0	3.7	0	10.2	7.2	0	0	0	4.6	1.7	1.6	0	25.4	6.7	7.1	7.5	4.2	0	0	S/D	18.6
PT101	1	17	0	3.1	3.2	23.4	0	0	0	0	17.9	0	0	2.6	3.2	0	2.5	13.4	0	0	0	S/D	16.8
PT101	1	18	0	5.7	2.4	8.4	8.3	0	0	2.3	11.4	0	0	11.7	15.5	0	4.6	1.7	2.3	0	0	S/D	11.2
PT101	1	19	11.5	5.3	0	2.4	0	0	0	0	3.8	0	6.5	3.7	0	0	4.7	0	20.9	8	19.7	S/D	1.7
PT101	1	20	2.6	0	0	5.6	8	0	0	0	0	0	9.4	6.5	5.9	0	24.3	12.6	1.9	5.1	0	S/D	5.5
PT101	1	21	14.9	2.9	1.2	0	4.5	0	0	0.5	0	6.9	0	0	5.4	0	2.8	18.7	0	3.8	0	S/D	9.5
PT101	1	22	6	0	0	1.7	7.6	0	0	0	0	0	0	0	11.6	11.6	9.1	7.1	0	5.3	0	S/D	4
PT101	1	23	4.4	7.5	0	8.3	2.5	6.9	0	0	0	0	0	0	2.4	7.4	0	8.2	5.8	0	0	S/D	4.7
PT101	1	24	11.7	0	7.7	2.5	6.3	0	0	0	11.6	10.7	12.6	0	1.2	13.5	0	0	0	0	0	S/D	0
PT101	1	25	6.4	0	8.8	6.8	5.9	4.1	10.2	5.4	11.1	2.4	4.1	0	4.7	14.3	0	3.6	0	0	0	S/D	0
PT101	1	26	7	6.5	1.6	1.7	9.3	2.3	3.6	0	2.1	0	9.7	0	0	10.4	0	0	0	10.9	3	S/D	15.9
PT101	1	27	0	0	9.3	0	6.1	3.8	0	0.4	3.2	0	7.6	0	0	13.1	13.5	3.2	3.9	6.8	0	S/D	0
PT101	1	28	19.4	0	0	0	5.3	0	0	2.9	9.2	0	14	2.1	0	12.5	5.6	0	0	3.1	0	S/D	8.3
PT101	1	29	1.7	0	3.5	0	0	0	0	0	0	0	8.1	0	0	32.6	6.7	0	2	2.6	0	S/D	7.2
PT101	1	30	0	0	1.8	0	7.6	2.1	0	9.3	4.7	3.6	0	6.4	3.6	8.4	1.3	2.4	17.6	14.3	4.7	S/D	13.5
PT101	1	31	0	0	4.5	0	4.5	0	2.7	0	0	0	3.7	0	0	4.2	0	1.5	7.5	0	13.2	S/D	0
PT101	2	1	0.5	0	0	0	6.9	0	0	0	0	0	0	0	3.4	0	19.6	0	12.1	0	3.6	0	0
PT101	2	2	0	3.6	4	21.3	5.2	8.1	0	2.4	7.3	0	0	0	0	14.6	1.7	0	9.4	0	23	0	2.4
PT101	2	3	0	0	6.6	6.8	12.3	0	1.6	0	0	0	2.3	0	0	6.4	8.1	6.9	0	0	3.8	0	1.2
PT101	2	4	0	0	2.2	0	9.5	0	3.5	0	0	7.3	0	0	1.8	6.9	4.6	0	0	0	0	0	0
PT101	2	5	6.2	6.5	0	0	8.3	13.2	0	0	0	0	3.7	0	4.6	30.3	4.1	5.5	15.1	0	3.6	6.4	0
PT101	2	6	20.9	0	0	0	10.6	6.5	0	6.2	17.3	5.3	0	0	2.4	13.2	30.1	0.3	8.9	3.4	0	2.6	0
PT101	2	7	28.1	0	0	0	9.2	17.3	11.5	4.6	0	0	0	0	0	21.2	7.3	4.6	4.7	5.1	8.3	0	0
PT101	2	8	6.6	16.9	0	0	0	7.5	6.6	1.6	7.5	0	0	0	0	4.1	6.2	0	0.5	11.5	9.7	4.8	5.3
PT101	2	9	1.5	4.3	6.2	0	0	14.8	0	9.6	2.4	0	3.9	14.2	0.6	2.1	0	31.2	36.9	13.7	7.8	3	0
PT101	2	10	0	5.7	5.9	0	6.2	3.7	29.6	1.4	11.7	3.6	2.1	2.4	0	26.4	3.3	5.1	2.5	16.8	12.8	2.9	14.5
PT101	2	11	17.6	9.4	0	0	0	5.3	0	2.2	0	0	2.6	4.7	7.9	2.9	0	9.4	12.1	0	6.3	0	0
PT101	2	12	0	11	0	0	4.7	9.4	1.5	0	6.1	5.2	0	2	0	37.1	4.1	6.5	3.4	1.7	5.6	13.2	7.1
PT101	2	13	0	6.8	9.4	13.4	0	0	0	7.2	0	0	0	0	6.5	0	5	11.7	0	4.6	0	7.2	0
PT101	2	14	0	3.9	0.2	15.7	0	14.8	0	4.8	0	0	0	2.7	2.1	7.5	0	4.5	0	19.3	0	0	9.6
PT101	2	15	1.9	12.7	13.5	12.3	0	6.5	0	0	0	0	5.2	0	0	2.1	0	3.7	8.5	0	0	0	1.3
PT101	2	16	0	9.3	3.8	9.8	0	10.2	0	0	0	0	10.1	0	0	0	0	1.9	0.4	0	0	13.6	12.1
PT101	2	17	3.9	6.8	0	0	20.1	0	7.7	1.4	0	0	0	0	3.2	23.3	5.5	15	0	0	0	3.6	3.5
PT101	2	18	0	12.6	2.4	0	2.8	5.4	12.5	0	0	0	3.7	0	0	0	6.2	12.1	0	0	0	0	0
PT101	2	19	0	34.5	0.8	0	6.4	0	16.8	0	0	0	0	1.3	11.6	9.3	1.6	0	0	0	13.6	26.4	1.6
PT101	2	20	0	0	4.7	0	2.1	6.9	34.6	21.1	0	9.7	0	0	6.3	22.4	3.3	8.1	1.7	0	17.4	0	11.8
PT101	2	21	3.7	0	11.3	0	3.7	8.3	4.1	4.9	0	0	0	0	6.2	10.8	0	0.9	0	0	5.5	0.9	2.4
PT101	2	22	1.6	0	9.3	4.1	5.2	0	0	0	0	0	10.7	0	3.2	5.6	10.8	7.1	2.1	4	5.7	5.1	2.1
PT101	2	23	0	0	0.9	0	8.6	0	0	1.2	0	0	3.2	6.6	9.5	13.2	0	0	11.2	13.1	6	18.7	0.7
PT101	2	24	21.7	4.6	3.3	5.6	3.7	7.6	0	0	0	0	18.2	11.9	4.7	8.4	0	0	0.8	3.8	8.4	1.8	0
PT101	2	25	2.3	1.8	0	3.2	0	9.1	0	0	0	1.5	2.3	11.4	2.4	6.4	0	12.9	4.3	1.6	0	3.5	2.9
PT101	2	26	0	3.2	0	0	0	11.3	0	0	6.7	0	0	2.4	4.2	4.5	2.4	10.6	2.6	2	5.8	11.6	5.8
PT101	2	27	6.7	13.4	14.5	0	2.4	5.7	0	0	0	0	4.5	0	5	16.4	0	3	0	2.6	0	1.3	1.7
PT101	2	28	0	0	0	11.6	0	0	0	9.8	0	9.5	14.2	0	7.1	0	19.2	0.8	0	1.4	9.7	4.7	13.9
PT101	2	29	S/D	S/D	0	S/D	S/D	S/D	0	S/D	S/D	S/D	25.1	S/D	S/D	S/D	7.4	S/D	S/D	S/D	0	S/D	S/D
PT101	3	1	0	0	0	0	4.6	6.5	2.6	0.3	0	0	4.3	18.7	2.6	0	1.4	6.9	0	0	2.2	3.4	9.3
PT101	3	2	0	0	2.6	0	0	9.1	0	2.9	6.9	0	0	21.3	1.6	0	6.6	0	6.5	2.7	0	0	5.7
PT101	3	3	0	0	0	0	2.7	16.7	0	0	0	0	0	0	8.5	12.3	5.6	0	18.4	2.1	0	5.2	1.9
PT101	3	4	0	4.3	0	0	0	5.9	0	0	23.6	0	3.2	0	3.6	0	3	0	1	23.7	0	0.8	3.5
PT101	3	5	4	0	11.8	0	4.5	9.3	0	0	4.5	0	6.7	4.1	3.1	0	1.4	1.9	0	8.7	0	1.3	0
PT101	3	6	0	0	15	0	0	15.2	6.9	0	0	13.5	0	0	0	4.1	5.3	6.9	0.6	2.8	2.8	2.7	0
PT101	3	7	0	6.7	2	0	0	14.9	0	0	0	0	0	2.1	1.7	19.4	11	3					

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: SHULLCAS/155480/DZ11

ALT: 3750 MSNM

LONG: 75° 10' 0"

LAT: 12° 0' 0"

DPTO: JUNIN

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)

Variable	Mes	Día	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PT101	1	1	4.2	4.3	0	5.5	0	18.8	0	0	19.3	1.5	12.7	8
PT101	1	2	0	15.7	6.8	0	0	5.8	7.3	0	5.6	6.6	11.1	6.5
PT101	1	3	2.8	4.2	12.2	6.7	11	4.6	0	4.5	16	2.4	11.1	2.2
PT101	1	4	0	0	18.4	9.6	0	0	0	23.2	20.4	0	8	5.1
PT101	1	5	0	3.6	4.2	1.7	7.9	9.3	1.9	5.2	11.7	1.3	2	3.8
PT101	1	6	4	12	10.1	8.5	0	5.4	8.2	12	8.2	5.6	5.6	12.4
PT101	1	7	3.2	1.2	4.3	5.5	16	0	0	3	6	6.8	16.2	10.4
PT101	1	8	9.1	S/D	0	1.8	8.1	9	0	9.4	1.2	0	0	1.4
PT101	1	9	4.5	15.6	0	0.2	3.2	6.3	5.2	11.7	2.6	0	3.6	0
PT101	1	10	4.8	5.7	0	10.4	2.6	2.6	2.1	9.9	1.5	0.6	3.1	2.8
PT101	1	11	2.8	S/D	0	7.7	12	0	5.3	0	9.4	5.3	2	3.1
PT101	1	12	18.5	9.2	1.6	6.8	7.6	0	5.5	3.4	0	14.7	1.6	6.4
PT101	1	13	2.5	9.2	S/D	5.5	12.8	0	0	0	9	1.5	0	2.3
PT101	1	14	5.2	5.4	S/D	32.1	16.4	0	6.9	0.4	25.2	0.3	10.7	4.7
PT101	1	15	0	5.4	0	10.7	6.8	0	10.1	10.5	0	5.1	11.3	6.4
PT101	1	16	0	2.3	4.2	18.8	6.4	0	21.9	13.4	0	3.9	2.8	22.3
PT101	1	17	0	1	1.7	3.3	0	3.2	6.1	0.3	0.9	0.4	1.2	24.6
PT101	1	18	1.2	0	13.6	7.3	0	0	1.5	4.3	3.4	6.8	15.2	1.2
PT101	1	19	1.3	10.7	12.4	3.2	0	2.3	0.3	17.7	0.5	9.9	13.3	8.3
PT101	1	20	0	15.6	1.4	8.3	0	3.6	3.8	7	2.8	0	4.6	0
PT101	1	21	1.4	8	0	14	0	0	15.3	1.9	3.7	2.6	0.6	4.9
PT101	1	22	0	9.2	0	13.2	9.6	10.2	7.7	4	3.8	0	4.5	6.6
PT101	1	23	4.6	8.1	0	2.8	10.5	0	4.2	0	0.2	0.1	2.7	4.4
PT101	1	24	5.3	2.6	1.5	19.1	12.2	0	0.5	4.7	0	0.3	5.4	0
PT101	1	25	0.7	15	0	6.4	17.3	0	1.4	1.2	0.6	8.5	9.5	1.7
PT101	1	26	0	5.9	0	2	15.1	1.3	12.6	0	15.4	13.2	14.9	6
PT101	1	27	3.6	16.3	0	7.8	14.3	8.5	3.1	7.2	9.9	10	0	0
PT101	1	28	0	8.6	S/D	0	9.5	0	0.4	7.9	5	5	0	0
PT101	1	29	0	8.8	4.1	7.8	21.2	10	9.1	8.2	5.4	5	0	17.5
PT101	1	30	9.6	8.4	S/D	5.4	12.4	0	21.2	12.1	15.8	0.2	3	9.2
PT101	1	31	S/D	0	0	0.8	10.4	0	3.5	4.4	12.2	0	0	0.9
PT101	2	1	0	0	2.2	0	0	5.6	16.6	6.2	0.5	0.7	0	8.1
PT101	2	2	0	0.8	5.9	0	5.7	0	0	6.4	0	1.5	0	0
PT101	2	3	0	S/D	7.3	0	7.5	14.9	0.4	3.5	0	18.4	2.4	1
PT101	2	4	1.3	0	3.8	14	12.2	10	0.4	1.3	0	0	0	2.8
PT101	2	5	8	2.4	0	24.6	15.3	3.4	0	0.9	1.3	12	0	0
PT101	2	6	16.5	S/D	0	9.9	10	10	14.2	9.2	4.7	2.3	0.9	0
PT101	2	7	S/D	0	S/D	3.2	13.2	14.8	8.5	7.5	11.6	6.2	5.2	3.8
PT101	2	8	3.4	0	4.4	0	13.6	0	2	6.4	5.2	4.7	0	5.8
PT101	2	9	0	8.8	27.3	0	14.4	12.8	6	14.9	9.5	4.8	0	13.2
PT101	2	10	0	0	1.3	8.5	6.4	9.7	3.5	0	8	2.6	0.5	7.4
PT101	2	11	11.2	5.3	4.3	1	17.2	9.9	9.6	2.4	8.4	16.5	3	0
PT101	2	12	14.3	12.3	3.5	3.6	18.1	9.4	13.2	5.1	0.7	1.8	17	8
PT101	2	13	5.8	8.5	1.5	1.1	4.6	4.9	13.4	4	4.5	1	3.4	1.8
PT101	2	14	11.6	0	15	7.1	8.2	0	6.5	2.8	24.6	0	2.6	4.5
PT101	2	15	0	3.2	3.5	0.5	4.5	0	2.8	8.3	2.3	1	0	3.5
PT101	2	16	0	16	0	20.3	16.2	0	11.2	0.8	4.4	2.4	18	0
PT101	2	17	0	3.8	9.3	15.9	4.8	7.8	1	10	1.5	5.4	0	10.9
PT101	2	18	0	0	S/D	7.3	1.4	7.9	9.1	4.2	2	6.3	3	3.2
PT101	2	19	3.8	1.3	0	6	9.8	7.8	3.4	0.6	0	7	13.7	0
PT101	2	20	7.1	0.7	6.5	0	12.1	0	8.1	0	0.5	21.8	0	13.4
PT101	2	21	S/D	2.7	4.7	27	14.2	4.6	11.5	0	2	9.4	5.2	5.2
PT101	2	22	1.4	15.2	S/D	10.5	8.2	13.4	8.2	2.4	2.7	6.5	1.4	2.8
PT101	2	23	0	5.4	18.8	7.2	11.9	0	0	3	8.2	4	2.6	3.2
PT101	2	24	0	2.2	20.9	5.5	7.4	0	2.3	4.6	5.7	6.3	1.2	3
PT101	2	25	0	3.2	21.2	6.8	0	0	1.6	0.5	2	1	2.4	2.3
PT101	2	26	5.6	12.3	4	6	4.4	14.4	9.6	0	2.5	6.8	8	4.7
PT101	2	27	19.2	6	1.4	8.6	5.8	2.1	1.1	3.9	0	6	7.5	3.1
PT101	2	28	3.5	10.4	2.4	S/D	1.2	33.2	0.8	0	2.6	15.8	4.2	10.2
PT101	2	29	S/D	11	S/D	S/D	S/D	5.7	S/D	S/D	S/D	0	S/D	S/D
PT101	3	1	1	4.6	3.8	6.8	0	9.2	2.9	0	2.9	7.5	8.6	7.5
PT101	3	2	9.2	S/D	8.4	13.8	0	5.6	5.7	0	5.6	0	0.7	4.4
PT101	3	3	7.7	4.7	S/D	11.7	4.2	10.5	0	19.2	1.6	0.6	2.8	0
PT101	3	4	3.1	0	1.2	7.3	1.2	3.8	0	8	14.3	0	2.5	8.5
PT101	3	5	8.1	8.4	3.8	14.2	0	6.5	11.6	0	9.4	0.7	3	3.4
PT101	3	6	13	4	0	9.4	12.6	7.3	0.5	0	6.2	0	6.4	4.2
PT101	3	7	0.8	S/D	0	0	11	13.6	3	7.2	0.3	7.3	9.2	0.3
PT101	3	8	10.2	2	0	0	0	11	8.5	10	0.4	3.1	6.4	2
PT101	3	9	2.2	0.9	3.2	0	11.5	1.3	6.1	0	0.8	15	8	1.7
PT101	3	10	0	0	2.1	0	3.6	4.7	2.6	8.6	1.3	3.2	14.4	9
PT101	3	11	S/D	9.8	S/D	0	1	6	2.8	0.7	0	4.1	0	7.2
PT101	3	12	S/D	S/D	S/D	1.5	3.8	14.1	9.2	12.2	0	2.2	0	21.3
PT101	3	13	4.1	2.3	5.6	5.2	8.2	0.6	7.6	3.8	0	6.1	5.8	3.5
PT101	3	14	3.5	5.3	2.2	3.4	18.1	2.7	2.9	10.7	1.6	0.3	0	6.5
PT101	3	15	12.6	0.8	0	1.7	3.3	8.9	3.4	4.2	2.8	0	6.2	2.2
PT101	3	16	8.6	0	0	4.9	1.3	9	12.4	5.6	0	0	6.7	8.1
PT101	3	17	7.3	1	0	1	0	1.2	0.5	7.5	0	0	0	4.5
PT101	3	18	1.9	0	0	14.5	0	0	3.7	10.1	0.1	0	0	7.8
PT101	3	19	S/D	0	3.4	0	5.2	2.4	0.7	33	1.3	0	0	9.2
PT101	3	20	S/D	2.4	4.5	0	1.4	5.2	0	0.5	2.6	0.8	0	0
PT101	3	21	1.8	S/D	1.7	0	7.4	0	3.5	7.7	6.3	4.9	1.2	4
PT101	3	22	0	0	32.8	5.3	2.1	0	3.5	0	0	0	0	7
PT101	3	23	1	2.2	21.2	3.1	8.3	0.5	0	13.1	3.4	2.5	2.2	13.5
PT101	3	24	0	0	3.7	3.8	0	3.5	0	0.8	2.5	0	22	1.2
PT101	3	25	0	0	S/D	0	0	3.1	0.2	1.3	7.2	1.4	24.6	5.7

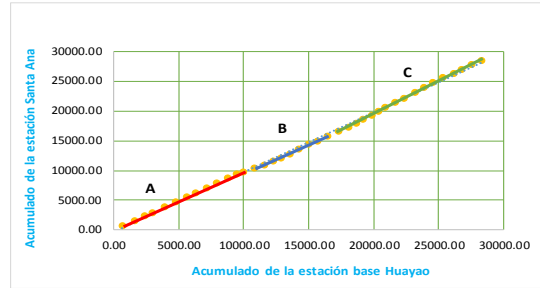
PT101	3	26	S/D	0	14.2	0	10.1	3.4	8.1	6	0	0	4	0
PT101	3	27	2.5	0	S/D	0	12	1.1	11.5	0	1.6	0	4.2	0
PT101	3	28	3	0	19.2	1	14.3	1.2	3.8	4.8	12.4	0	1.8	9
PT101	3	29	14.2	0	1.9	1.5	32	1.9	0.2	0	2.5	0	0.6	16
PT101	3	30	1	0	S/D	0	4.2	2.9	0	0	2	0	3.4	0
PT101	3	31	6.6	5.4	4.8	0	7.5	0	S/D	0	1	0	0	0
PT101	4	1	8.9	0	0	0	18.6	0	S/D	0	0.6	0	0	0
PT101	4	2	S/D	2.4	0	0	0	0	S/D	2.2	1	0	2	0
PT101	4	3	6.2	0	0	2.4	8.6	6.9	S/D	3	0	0.8	11.4	2.9
PT101	4	4	0	0	0	3.2	13.6	9.2	S/D	3.2	0.2	3.2	2.4	0
PT101	4	5	4.1	6.3	0	0	13.4	6.1	S/D	0	3.4	0	0	1.6
PT101	4	6	3.4	0	0	4.9	3.9	0	S/D	0	5.5	0	0	0
PT101	4	7	0	0	2.3	0	5	6.5	S/D	0	10.2	0	5	0
PT101	4	8	1.9	0	12	0	0	0	S/D	3.8	0.8	3.4	16.4	0.8
PT101	4	9	S/D	0	8	0	0	1.5	S/D	2.8	5.7	14.7	1.6	3
PT101	4	10	5.5	0	1.2	3.5	0	1.3	S/D	10.4	3	4.7	8	0
PT101	4	11	0	0	17.4	0	0.6	14.7	S/D	0	4.5	0.2	0	0
PT101	4	12	9.2	0	S/D	0	4.6	6.8	S/D	0	6	0.5	0	0.8
PT101	4	13	S/D	0	0	0	0	1.4	S/D	0	8.7	0	0	8
PT101	4	14	0	0	3.5	0	0	1.8	S/D	0	6.3	0	0	0.5
PT101	4	15	0	9.8	0	0	0	2.7	S/D	0	6.5	1.7	0	0
PT101	4	16	0	S/D	0	3.3	0	9.9	S/D	0	2	4	0	0
PT101	4	17	0	7	0	3.2	3.4	6.2	S/D	0	0	1	0	0
PT101	4	18	0	S/D	0	0	0	1.2	S/D	0.5	1	1	0	0
PT101	4	19	0	0	0	0	0	0	S/D	0	1.8	5	0	0
PT101	4	20	0	0	0	0	0	0	S/D	0	1	2.6	0	0
PT101	4	21	2.6	8.8	0	0	0	1.3	S/D	0	3.3	0	0	0
PT101	4	22	S/D	0	0	0	0	10.6	S/D	0	0.4	7.7	2	0.4
PT101	4	23	S/D	2.1	S/D	0	0	0	S/D	1.5	3.5	1.4	7	2.2
PT101	4	24	0	0	1.3	0	0	3.2	S/D	6	0.2	0	2.8	3.6
PT101	4	25	8.5	0	0	0	0	6.1	S/D	1.5	0.3	0	0	6.5
PT101	4	26	1.1	3.4	0	0	0	0	S/D	0.2	0.2	0	5.4	0
PT101	4	27	1.6	S/D	0	1.5	1	0	S/D	0	0.5	0	2.8	0
PT101	4	28	2.8	0	0	0	0	0	S/D	0	12.6	0	2.2	5
PT101	4	29	0	0	0	2.2	2	0	S/D	8	0	0	3	0
PT101	4	30	0	0	0	7.4	0	S/D	S/D	2	2.3	0	0	0
PT101	5	1	0	0	0	10.5	0	S/D	S/D	0	0.3	0	0.8	4.5
PT101	5	2	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	5	3	S/D	0	0	0	0	0	S/D	S/D	1.8	6.6	0	0
PT101	5	4	1.7	0	0	0	0	S/D	S/D	3.6	0.3	0	0.5	4.8
PT101	5	5	1.6	0	0	0	0	S/D	S/D	1	7.2	0	1.6	0.8
PT101	5	6	S/D	0	0	0	0	S/D	S/D	1.8	7	5	0	0
PT101	5	7	6.3	0	0	0	0	S/D	S/D	0	7.3	0	0	1.6
PT101	5	8	11.3	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	7.7	0	0.4
PT101	5	9	0	7.6	0	0	0	S/D	S/D	0.5	0	0	0	0
PT101	5	10	0	2.8	0	0	0	S/D	S/D	1	3.1	0	0	0
PT101	5	11	S/D	2.2	S/D	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	5	12	0	2.9	0	0	2.9	S/D	S/D	0.2	1	0	0	1.2
PT101	5	13	0	0	0	0	5.2	S/D	S/D	0	8.7	0	0	0
PT101	5	14	0	0	0	0	0	S/D	S/D	2.8	2.2	0	0	0
PT101	5	15	0	0	0	0	1.5	S/D	S/D	0.5	0	0	3.8	0
PT101	5	16	2.4	0	0	0	0	S/D	S/D	6.4	0.3	0	0.8	0
PT101	5	17	0	0	S/D	0	0	S/D	S/D	7.2	0	1.6	2.1	1.5
PT101	5	18	0	0	3	0	0	S/D	S/D	0.3	4	0	2.4	0
PT101	5	19	0.8	0	S/D	0	0	S/D	S/D	0	3.7	0	1.6	0
PT101	5	20	0	0	0	0	0	S/D	S/D	4.2	0	2	8.8	0
PT101	5	21	0	0	3.2	0	0	S/D	S/D	0	0.4	0.8	0	0
PT101	5	22	0	0	0	0	2.1	S/D	S/D	0	0	4.8	2.1	0
PT101	5	23	S/D	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	8.1	0.6	0
PT101	5	24	0	0	S/D	0	0	S/D	S/D	0	3	2.2	0	0
PT101	5	25	0	0	0	0	9.2	S/D	S/D	0	0.3	0.2	0	0
PT101	5	26	0	0	20.1	0	0.8	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	5	27	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0.3	0
PT101	5	28	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0.4	0
PT101	5	29	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	5	30	2.3	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0.2	0	0	0
PT101	5	31	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	1.2	0	0	0
PT101	6	1	S/D	0	0	0	0	S/D	S/D	0	1.1	0	0	0
PT101	6	2	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	2.1	0	0	2.6
PT101	6	3	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	4.1	0	0	4.7
PT101	6	4	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0.8
PT101	6	5	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	6	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	7	0	0	4.6	0	0	S/D	S/D	0	0	0.2	0	0
PT101	6	8	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	9	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	1.5	0	0
PT101	6	10	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	11	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	12	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0.5	0	0	0
PT101	6	13	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	2	0
PT101	6	14	0	8.2	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	15	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	16	S/D	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	17	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	18	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0.2	0	0	0
PT101	6	19	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	1.5	0	0	0
PT101	6	20	0	0	0	0.5	0	S/D	S/D	0	0.2	0	0	0
PT101	6	21	0	0	0	0	1	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	22	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	23	0	0	18.4	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	24	0	0	S/D	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	25	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0	0	0
PT101	6	26	0	0	0	0	0	S/D	S/D	1.2	0	0	0	0
PT101	6	27	0	0	0	0	0	S/D	S/D	0	0	0.4	0	0

Anexo 05: Procesamiento de datos

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA ESTACION SANTA ANA

2. ANÁLISIS DE DOBLE MASA

AÑO	PP ESTACION HUAYAO (mm)	PP ESTACION SANTA ANA (mm)	PP ACUM. HUAYAO	PP ACUM. SANTA ANA
1980	665.70	684.71	665.70	684.71
1981	969.60	911.67	1635.30	1596.38
1982	743.00	732.92	2378.30	2329.30
1983	574.60	617.45	2952.90	2946.75
1984	961.70	939.28	3914.60	3886.03
1985	812.20	782.97	4726.80	4668.99
1986	890.60	874.78	5617.40	5543.78
1987	723.70	725.69	6341.10	6269.47
1988	801.60	786.10	7142.70	7055.57
1989	790.20	794.07	7932.90	7849.64
1990	873.60	841.00	8806.50	8690.64
1991	639.90	662.97	9446.40	9353.61
1992	498.60	421.19	9945.00	9774.80
1993	850.30	621.10	10795.30	10395.90
1994	833.40	513.90	11628.70	10909.80
1995	666.80	609.70	12295.50	11519.50
1996	599.80	617.40	12895.30	12136.90
1997	654.00	694.80	13549.30	12831.70
1998	726.20	813.90	14275.50	13645.60
1999	715.80	711.10	14991.30	14356.70
2000	675.70	607.00	15667.00	14963.70
2001	828.30	770.20	16495.30	15733.90
2002	813.50	798.80	17308.80	16532.70
2003	775.80	801.60	18084.60	17334.30
2004	618.00	657.30	18702.60	17991.60
2005	522.30	643.70	19224.90	18635.30
2006	619.30	728.60	19844.20	19363.90
2007	563.40	613.00	20407.60	19976.90
2008	493.90	619.30	20901.50	20596.20
2009	735.00	796.10	21636.50	21392.30
2010	673.00	682.90	22309.50	22075.20
2011	912.10	1069.80	23221.60	23145.00
2012	691.70	845.40	23913.30	23990.40
2013	660.00	741.50	24573.30	24731.90
2014	786.00	894.50	25359.30	25626.40
2015	824.40	747.09	26183.70	26373.50
2016	606.20	594.32	26789.90	26967.82
2017	785.40	795.70	27575.30	27763.52
2018	732.00	770.20	28307.30	28533.72



3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Evaluación de la sección A y B

ANÁLISIS DE SALTOS

1. Consistencia de la media

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i \qquad \bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j$$

$$s_1(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \qquad s_2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$n_1 = 13$

$n_2 = 9$

$$(x_i - \bar{x}_1)^2 \qquad (x_j - \bar{x}_2)^2$$

$\bar{x}_1 = 751.91 \qquad \bar{x}_2 = 662.12$

$s_1(x) = 137.99 \qquad s_2(x) = 93.29$

b. Cálculo del t calculado (tc), según

$$t_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S_{\bar{d}}}$$

$$S_{\bar{d}} = S_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$S_p = \left(\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$S_p = 122.0922956$

$S_{\bar{d}} = 52.94277108$

$t_c = 1.695903298$

c. Cálculo del t tabular (tt)

Probab=	95%
NS	5%
$\alpha/2$	0.025
G.L	$v = n_1 + n_2 - 2$
G.L	20
t_t	2.086

d. Comparación del tc con t_t

t_c	<	t_t
1.696	<	2.086

Por ser las medias $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ estadísticamente, no se efectuará ningún proceso de corrección

2. Consistencia de la desviación estándar

a) Cálculo de las varianzas de ambos periodos

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

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

$$S_1^2(x) = 19,042$$

$$S_2^2(x) = 8,702.9$$

b) Cálculo del F calculado F_c

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)} \quad \text{Si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)} \quad \text{Si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

$$F_c = 2.19$$

c) Cálculo del F tabular

Probab	95%
α	0.05

G.L.N	$n_1 - 1$	Si	$S_1^2(x) > S_2^2(x)$
G.L.D	$n_2 - 1$		

G.L.N	$n_2 - 1$	Si	$S_2^2(x) > S_1^2(x)$
G.L.D	$n_1 - 1$		

G.L.N	12
G.L.D	8

$$F_t = 3.28$$

d) Comparacion del F_c con el F_t

F_c	<	F_t	La información no se corrige
2.19	<	3.28	

Evaluación de la sección A,B con la sección C

1. Consistencia de la media

a. Cálculo de la media y de la desviación estándar

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j$$

$$s_1(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad s_2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$n_1 = 22$$

$$n_2 = 17$$

$$\bar{x}_1 = 715.18 \quad \bar{x}_2 = 752.93$$

$$s_1(x) = 127.43 \quad s_2(x) = 119.06$$

b. Cálculo del t calculado (tc), según

$$t_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S_d}$$

$$S_d = S_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$S_p = \left(\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$S_p = 123.88$$

$$S_{\bar{d}} = 40.00$$

$$t_c = -0.943744297$$

c. Cálculo del t tabular (tt)

Probab=	95%
NS	5%
$\alpha/2$	0.025
G.L	$v = n_1 + n_2 - 2$
G.L	37
t_t	1.96

d. Comparación del tc con t_t

$$\begin{matrix} t_c < & t_t \\ -0.944 < & 1.96 \end{matrix}$$

Por ser las medias $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ estadísticamente, no se efectuará ningún proceso de corrección

2. Consistencia de la desviación estándar

a) Cálculo de las varianzas de ambos periodos

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

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

$$S_1^2(x) = 16,238$$

$$S_2^2(x) = 14,175$$

b) Cálculo del F calculado F_c

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)} \quad \text{Si} \quad S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)} \quad \text{Si} \quad S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

$$F_c = 1.15$$

c) Cálculo del F tabular

Probab	95%
α	0.05

G.L.N	$n_1 - 1$	Si	$S_1^2(x) > S_2^2(x)$
G.L.D	$n_2 - 1$		

G.L.N	$n_2 - 1$	Si	$S_2^2(x) > S_1^2(x)$
G.L.D	$n_1 - 1$		

G.L.N	21
G.L.D	16

$$F_t = 2.26$$

d) Comparacion del F_c con el F_t

$$\begin{matrix} F_c < & F_t & \text{La información no se corrige} \\ 1.15 < & 2.26 & \end{matrix}$$

ANÁLISIS DE TENDENCIAS

1. Tendencia en la media

a. Calculando los parámetros

$$T_m = A_m + B_m \cdot t$$

$$A_m = \bar{T}_m - \bar{t} \cdot B_m$$

$$B_m = R \cdot \frac{S_{tm}}{S_t}$$

$$R = \frac{\bar{t} \cdot \bar{T}_m - \bar{t} \cdot \bar{T}_m}{S_t \cdot S_{tm}}$$

$$\bar{T}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{m_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{(t)_i}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\bar{t} \cdot \bar{T}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{m_i}$$

$$S_{T_m} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (T_{m_i} - \bar{T}_m)^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

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

AÑO	t	$X_{(t)_i}$	$t_i \cdot T_{m_i}$	$(T_{m_i} - \bar{T}_m)^2$	$(t_i - \bar{t})^2$
1980	1	684.71	684.71	2202.06	361.00
1981	2	911.67	1823.35	32414.07	324.00
1982	3	732.92	2198.75	1.64	289.00
1983	4	617.45	2469.80	13037.99	256.00
1984	5	939.28	4696.40	43117.30	225.00
1985	6	782.97	4697.81	2635.18	196.00

1986	7	874.78	6123.49	20491.93	169.00
1987	8	725.69	5805.50	35.36	144.00
1988	9	786.10	7074.90	2966.53	121.00
1989	10	794.07	7940.71	3898.43	100.00
1990	11	841.00	9251.03	11961.65	81.00
1991	12	662.97	7955.69	4714.19	64.00
1992	13	421.19	5475.48	96374.61	49.00
1993	14	621.10	8695.40	12217.71	36.00
1994	15	513.90	7708.50	47407.99	25.00
1995	16	609.70	9755.20	14867.84	16.00
1996	17	617.40	10495.80	13049.35	9.00
1997	18	694.80	12506.40	1356.73	4.00
1998	19	813.90	15464.10	6767.74	1.00
1999	20	711.10	14222.00	421.63	0.00
2000	21	607.00	12747.00	15533.57	1.00
2001	22	770.20	16944.40	1487.36	4.00
2002	23	798.80	18372.40	4511.31	9.00
2003	24	801.60	19238.40	4895.28	16.00
2004	25	657.30	16432.50	5525.51	25.00
2005	26	643.70	16736.20	7732.34	36.00
2006	27	728.60	19672.20	9.20	49.00
2007	28	613.00	17164.00	14073.97	64.00
2008	29	619.30	17959.70	12618.87	81.00
2009	30	796.10	23883.00	4155.90	100.00
2010	31	682.90	21169.90	2374.98	121.00
2011	32	1069.80	34233.60	114356.41	144.00
2012	33	845.40	27898.20	12942.76	169.00
2013	34	741.50	25211.00	97.34	196.00
2014	35	894.50	31307.50	26525.42	225.00
2015	36	747.09	26895.35	238.99	256.00
2016	37	594.32	21989.79	18855.44	289.00
2017	38	795.70	30236.60	4104.48	324.00
2018	39	770.20	30037.80	1487.36	361.00
Σ		780.00	28,533.72	573,174.55	4,940.00
Promedio		20.0			

$$\begin{aligned} \bar{t} &= 20.0 \\ \bar{T}_m &= 731.6 \\ \bar{t} \cdot \bar{T}_m &= 14696.8 \\ S_{T_m} &= 123.7 \\ S_t &= 11.4 \\ R &= 0.0455 \\ B_m &= 0.4931 \\ A_m &= 721.77 \\ T_m &= 801.42 - 2.4618 \cdot t \end{aligned}$$

b. Análisis de la tendencia T_m

Cálculo de estadístico t_c

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

$$t_c = 0.2768$$

Cálculo de t_t

$$\begin{aligned} \alpha/2 &= 0.025 \\ \text{G.L} &= 36.0 \\ t_t &= 1.96 \end{aligned}$$

Comparación

$$t_c < t_t \\ 0.2768 < 1.96$$

El coeficiente de correlación R no es significativo
Por lo tanto la tendencia no es significativa y no se tiene que corregir

1. Ajuste a la distribución normal

$$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left(\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \right)}$$

$$\begin{aligned} N &= 39 \\ \bar{P} &= 731.6337503 \\ S &= 123.700232 \end{aligned}$$

2. Ajuste

a) Utilizando la aplicación de Cestadis, se tiene:

m	P=X (mm)	$\frac{P(x)}{n+1}$	$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$	F(Z)	Δ F(Z)-P(x)
1	427.3	0.0250	-2.46	0.00695	0.0181
2	513.9	0.0500	-1.76	0.0392	0.0108
3	602.6	0.0750	-1.04	0.14917	0.0742
4	607.0	0.1000	-1.01	0.15625	0.0563
5	609.7	0.1250	-0.99	0.16109	0.0361
6	613.0	0.1500	-0.96	0.16853	0.0185
7	617.4	0.1750	-0.92	0.17879	0.0038
8	619.3	0.2000	-0.91	0.18141	0.0186
9	621.1	0.2250	-0.89	0.18673	0.0383
10	635.2	0.2500	-0.78	0.2177	0.0323
11	643.7	0.2750	-0.71	0.23885	0.0362

12	657.3	0.3000	-0.60	0.27425	0.0258
13	682.9	0.3250	-0.39	0.34827	0.0233
14	685.9	0.3500	-0.37	0.35569	0.0057
15	694.8	0.3750	-0.30	0.38209	0.0071
16	701.7	0.4000	-0.24	0.40517	0.0052
17	711.1	0.4250	-0.17	0.43251	0.0075
18	726.4	0.4500	-0.04	0.48405	0.0341
19	728.6	0.4750	-0.02	0.49202	0.0170
20	736.1	0.5000	0.04	0.51595	0.0160
21	741.5	0.5250	0.08	0.53188	0.0069
22	745.6	0.5500	0.11	0.5438	0.0062
23	770.2	0.5750	0.31	0.62172	0.0467
24	770.2	0.6000	0.31	0.62172	0.0217
25	779.7	0.6250	0.39	0.65173	0.0267
26	784.6	0.6500	0.43	0.6664	0.0164
27	795.7	0.6750	0.52	0.69847	0.0235
28	796.1	0.7000	0.52	0.69847	0.0015
29	798.8	0.7250	0.54	0.7054	0.0196
30	799.4	0.7500	0.55	0.70884	0.0412
31	801.6	0.7750	0.57	0.71566	0.0593
32	813.9	0.8000	0.67	0.74857	0.0514
33	844.0	0.8250	0.91	0.81859	0.0064
34	845.4	0.8500	0.92	0.82121	0.0288
35	874.1	0.8750	1.15	0.87493	0.0001
36	894.5	0.9000	1.32	0.90658	0.0066
37	902.7	0.9250	1.38	0.91621	0.0088
38	932.6	0.9500	1.62	0.94738	0.0026
39	1069.8	0.9750	2.73	0.99683	0.0218

$$\Delta = \Delta_{\max} = 0.0742$$

$$\Delta_0 \text{ crítico} = 0.2200$$

$$\Delta = \Delta_{\max} < \Delta_0 \text{ crítico}$$

b) Cálculo del $\Delta = \Delta_{\max}$

$$\Delta = \max |F(Z) - P(x)| = 0.0742$$

c) Cálculo de Δ_0 crítico

para $\alpha = 0.05$

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{39}}$$

$$\Delta_0 = 0.22$$

d) Criterio de decisión

$$\Delta = 0.0742 < \Delta_0 = 0.22$$

Se concluye que los datos de las precipitaciones se ajustan a la distribución normal, con un nivel de significación del 5% o una probabilidad del 95%

2. Prueba de Chi-cuadrado (χ^2)

a) La hipótesis será:

H_0 : Frecuencia observada = frecuencia esperada

H_a : Frecuencia observada \neq frecuencia esperada

b) Ordenando los datos de menor a mayor

m	P=X
1	427.3
2	513.9
3	602.6
4	607.0
5	609.7
6	613.0
7	617.4
8	619.3
9	621.1
10	635.2
11	643.7
12	657.3
13	682.9
14	685.9
15	694.8
16	701.7
17	711.1
18	726.4
19	728.6
20	736.1
21	741.5
22	745.6
23	770.2
24	770.2
25	779.7
26	784.6
27	795.7
28	796.1
29	798.8
30	799.4
31	801.6
32	813.9
33	844.0
34	845.4
35	874.1
36	894.5
37	902.7
38	932.6
39	1069.8

c) Cálculo de la frecuencia para datos agrupados

1. Cálculo del número de intervalos de clase, según Yevjevich

$$NC = 1 + 1.33 \ln(N)$$

$$NC = 1 + 1.33 \ln(39)$$

$$NC = 5.87 \approx 6$$

2. Cálculo de la amplitud de cada intervalo

$$\Delta X = \frac{X_{max} - X_{min}}{NC - 1}$$

$$\Delta X = \quad 128.501 \quad 129$$

$$\frac{\Delta X}{2} = \quad 64.500 \quad 65$$

3. Cálculo de intervalos de clase

Intervalos de clase		Marcas de clase	Frecuencia absoluta (Θ)	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	$x_i * f_i$	$(x_i - \bar{X})^2 * f_i$
362.80	491.80	427.30	1	0.0256	0.0256	427.30	90601.00
491.80	620.80	556.30	7	0.1795	0.2051	3894.07	207088.00
620.80	749.80	685.30	14	0.3590	0.5641	9594.15	25886.00
749.80	878.80	814.30	13	0.3333	0.8974	10585.85	96148.00
878.80	1007.80	943.30	3	0.0769	0.9744	2829.89	138675.00
1007.80	1136.80	1072.30	1	0.0256	1.0000	1072.30	118336.00

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i * f_i}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^2 * f_i}{N_1 - 1}}$$

$$\bar{X} = \quad 728.2961218$$

$$S = \quad 133.4495765$$

4. Cálculo de la frecuencia esperada, utilizando la distribución teórica normal

Intervalo de clase		1	2	3	4	5	6	7
Intervalo de clase	Límite de clase	$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$	Area bajo la curva 0 a Z	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta		Frecuencia observada	
362.8	491.8	362.8	-2.739	0.4965				
	491.8	491.8	-1.772	0.4591	0.0375	1.461	1	
491.8	620.8	620.8	-0.806	0.2823	0.1768	6.894	7	
620.8	749.8	749.8	0.161	0.0714	0.3537	13.795	14	
749.8	878.8	878.8	1.128	0.3729	0.3014	11.756	12	
878.8	1007.8	1007.8	2.094	0.4817	0.1088	4.244	4	
1007.8	1136.8	1136.8	3.061	0.4989	0.0172	0.670	1	
						39	39	

5. Cálculo de X_c^2

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i}$$

$$X_c^2 = 0.33333333$$

6. Cálculo de X_t^2

Grados de libertad

$$v = k - 1 - h$$

$$k = \text{Número de intervalos de clase} \quad 6$$

$$h = \text{Distribución normal 2} \quad 2$$

$$v = \quad 3$$

$$\alpha = \quad 0.05$$

De tablas

$$X_t^2 = \quad 7.81$$

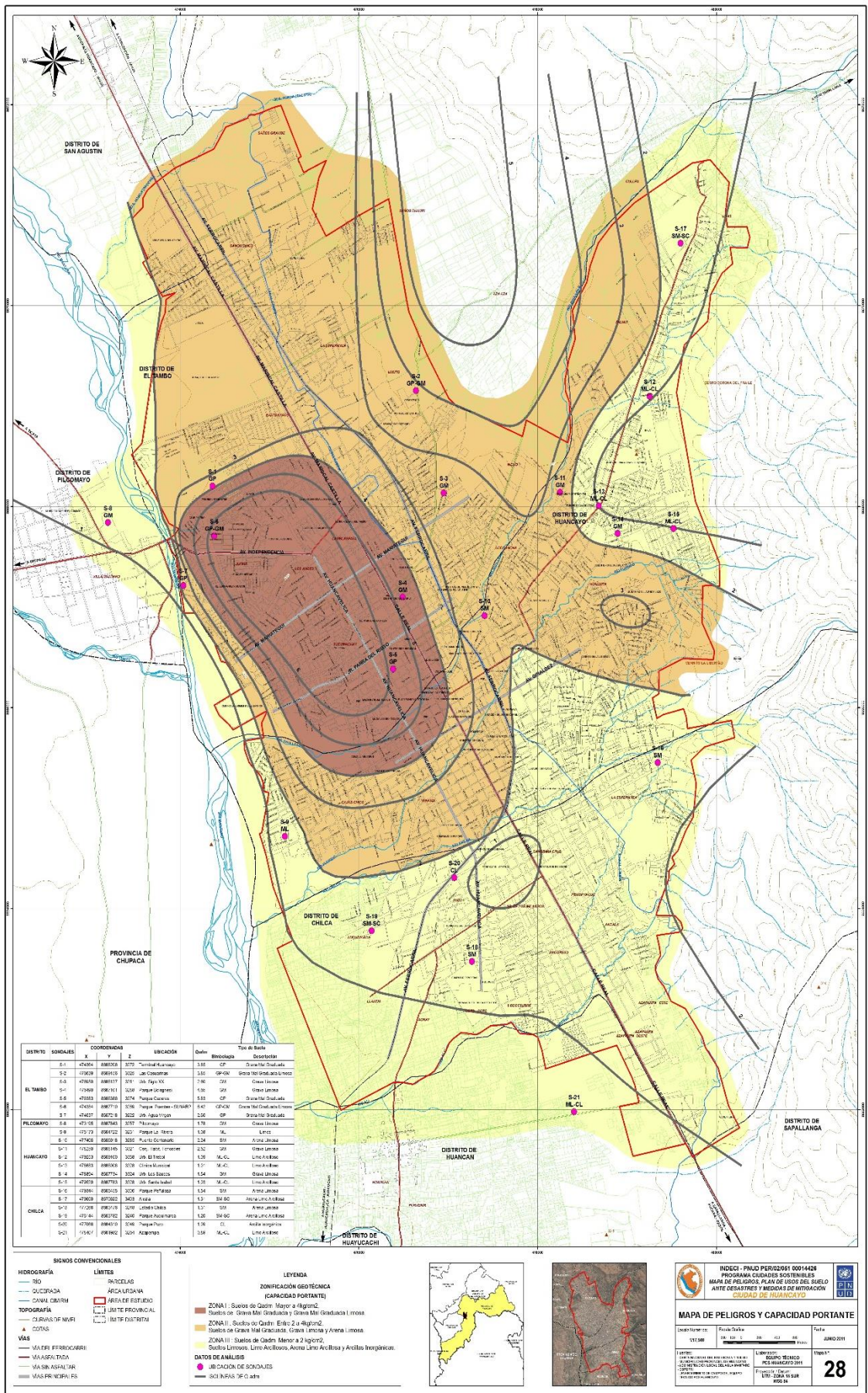
7. Criterio de decisión

$$X_c^2 = 0.33 < X_t^2 = 7.81$$

Se acepta la hipótesis nula Ho

Por lo tanto los datos se ajustan a la distribución normal, con un nivel de significación del 5% o 95% de probabilidad

Anexo 06: Mapa de clasificación de suelos-INDECI



Anexo 07: Panel fotográfico



Foto 11: Canal de drenaje de 2.00 x 1.70 m
Quebrada modificada-Sector 01



Foto 12: Canal de drenaje disminuido 0.80 m x 1.00 m
Sector 01



Foto 13: Esguerrimiento de una quebrada por la
Cooperativa Santa Isabel



Foto 14: Viviendas asentadas al borde de quebradas
Sector 02



Foto 15: Barreras de protección contra lluvias Intensas Sector 02



Foto 16: Sección disminuida a 1.50 x 1.00 m Sector 02



Foto 17: Quebrada intermitente Cooperativa Santa Isabel-Sector 02



Foto 18: Quebrada intermitente-Asociación de vivienda Soto Valle

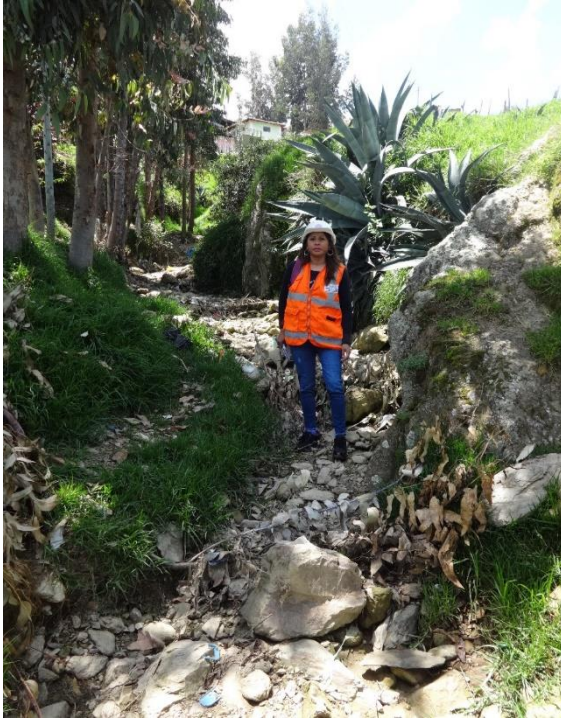


Foto 19: Quebrada 01 transporta agua de escorrentía
Sector 03

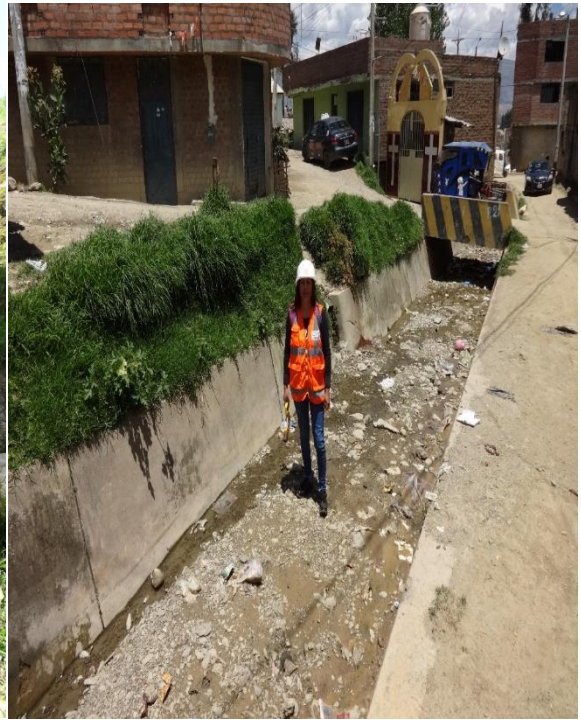


Foto 20: Quebrada 02, encauzada por tramos
Sector 03



Foto 21: Punto de descarga de las 02 quebradas
Sector 03



Foto 22: Acumulación de basura en quebrada 02
Sector 03

Anexo 08: Polígono de Thiessen

