

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



TESIS

**“INFLUENCIA HIDROLÓGICA Y GEOTECNIA EN LA INSTALACIÓN DEL PUENTE
MODULAR TASPA DEL DISTRITO CHALACO, PROVINCIA DE MORROPÓN,
DEPARTAMENTO DE PIURA.”**

PRESENTADO POR:

Bach. KENY HENRY MONTOYA TAPIA

Bach. MIRELLA ROSARIO GUERRERO MEDINA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

SALUD Y GESTION DE LA SALUD

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

HUANCAYO- PERÚ

2021

“INFLUENCIA HIDROLÓGICA Y GEOTECNIA EN LA INSTALACIÓN DEL PUENTE
MODULAR TASPА DEL DISTRITO CHALACO, PROVINCIA DE MORROPÓN,
DEPARTAMENTO DE PIURA

PRESENTADO POR:

Bach. KENY HENRY MONTOYA TAPIA

Bach. MIRELLA ROSARIO GUERRERO MEDINA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Julio Cesar Llallico Colca', enclosed in a thin black rectangular border.

Dr. Ing. JULIO CESAR LLALLICO COLCA
ASESOR

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a Dios por guiar nuestros pasos; a nuestros padres por la formación y el apoyo incondicional que siempre nos dieron; y a nosotros, por ser el incentivo para seguir adelante con este objetivo

- Keny Henry Montoya Tapia
- Mirella Rosario Guerrero Medina

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por la vida. A nuestras familias por su apoyo y confianza constante en nuestra formación personal y profesional.

- Keny Henry Montoya Tapia
- Mirella Rosario Guerrero Medina

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS



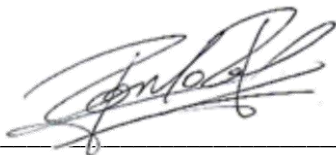
Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA

PRESIDENTE



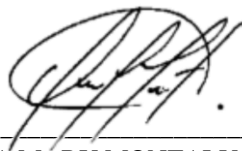
Mg. JESÚS IDEN CÁRDENAS CAPCHA

JURADO



Mg. RANDO PORRAS OLARTE

JURADO



Ing. DAYANA MARY MONTALVAN SALCEDO

JURADO



Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA

SECRETARIO DOCENTE

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la construcción de puentes ha constituido un logro importante; ya que esta estructura ayuda a incentivar el comercio, turismo, trabajo, integración, el crecimiento social y de infraestructura en cuanto a vías de comunicación se refiere, además de otros beneficios que contribuyen al desarrollo económico y social de cualquier población. Por ello, la construcción de puentes debe realizarse de manera funcional para garantizar la factibilidad del tránsito de vehículos y peatones.

Cabe destacar que la hidrología e hidráulica conforman un importante elemento muy vital porque permite determinar la cota de fondo en el panel del puente, caudal máximo de diseño y profundidad de socavación para así poder estipular obras de protección en los apoyos.

Aunado a ellos las grandes consecuencias que ha sufrido recientemente nuestro territorio estas provocadas por el fenómeno del niño costero, por lo que varios puentes fueron afectados estructuralmente, aquejando principalmente a las zonas rurales del norte del país. Es por ello que para un desarrollo óptimo de puentes se debe tener en cuenta que muchas veces la presencia de máximas avenidas y/o fallas por socavación puede generar un colapso y falla total en dichas estructuras. Para evitar este tipo de fallas es necesario realizar un correcto estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, comportamiento en la cuenca y en el cauce del río, así permitirá conocer su actuación en diferentes situaciones, como inundaciones y/o crecidas del río que generan un debilitamiento en la estructura del puente. Por lo que esta investigación tiene como objetivo principal evaluar la influencia de la hidrología y la geotecnia en el lugar donde se emplazará el puente. De la misma manera, se desarrollarán los objetivos específicos que serán fundamentales para la formulación de la tesis.

En el desarrollo de esta tesis especial de grado. El primer capítulo aborda el planteamiento del problema, especificando aspectos generales, objetivos de la investigación. El segundo capítulo aborda el marco teórico, en el que se desarrollan los antecedentes y la parte conceptual. En el tercer capítulo se detallan las hipótesis y variables de la investigación. El cuarto capítulo describe la metodología del diseño en la investigación. El capítulo cinco detalla la recopilación de datos, esto incluye la información cartográfica, evaluación hidrológica y evaluación de estudio de suelos, se presentó todos los cálculos realizados tanto para la hidrología como la geotecnia. Posterior a ello, el resultado final que es la cota mínima de fondo de viga de tablero y la cota máxima para cimentaciones, las conclusiones y recomendaciones para futuros proyectos similares.

Contenido

| | Pág. |
|---|-------------|
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática..... | 1 |
| 1.1.1. Delimitación del problema..... | 2 |
| 1.2. Formulación del problema | 3 |
| 1.2.1. Problema General..... | 3 |
| 1.2.2. Problemas Específicos. | 3 |
| 1.3. Justificación | 3 |
| 1.3.1. Social..... | 3 |
| 1.3.2. Teórica. | 3 |
| 1.3.3. Metodológica. | 4 |
| 1.4. Objetivos | 4 |
| 1.4.1. Objetivo General. | 4 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos..... | 4 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | |
| 2.1. Antecedentes | 5 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales. | 8 |
| 2.1.3. Antecedentes Locales..... | 11 |
| 2.2. Bases teóricas o científicas | 11 |
| 2.2.1. Puentes | 11 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 2.2.2. Puentes Modulares..... | 19 |
| 2.2.3. Hidrología..... | 21 |
| 2.2.4. Marco Geológico..... | 35 |
| 2.2.5. Marco Geotécnico..... | 50 |
| 2.2.6. Metodología del Cálculo..... | 56 |
| 2.3. Marco conceptual..... | 62 |

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

| | |
|---|----|
| 3.1. Hipótesis General..... | 64 |
| 3.2. Hipótesis Específicos..... | 64 |
| 3.3. Variables..... | 64 |
| 3.3.1. Definición conceptual de la variable..... | 64 |
| 3.3.2. Definición operacional de las variables..... | 65 |
| 3.3.3. Operacionalización de variables..... | 66 |

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

| | |
|--------------------------------------|----|
| 4.1. Método de la investigación..... | 68 |
| 4.2. Tipo de la investigación..... | 68 |
| 4.3. Nivel de la investigación..... | 68 |
| 4.4. Diseño de investigación..... | 69 |
| 4.5. Población y muestra..... | 69 |
| 4.5.1. Población..... | 69 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5.2. Muestra | 69 |
| 4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 69 |
| 4.6.1. Técnicas | 70 |
| 4.6.2. Instrumentos..... | 70 |
| 4.6.3. Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 71 |
| 4.6.4. Aspectos éticos de la investigación..... | 71 |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS | 72 |
| 5.1. Información básica de la zona de estudio | 72 |
| 5.1.1. Ubicación..... | 72 |
| 5.1.2. Accesibilidad..... | 74 |
| 5.2. Estudio hidrológico en instalación del puente modular Taspá | 76 |
| 5.2.1. Características principales de la cuenca..... | 76 |
| 5.2.2. Análisis de datos hidrológicos | 92 |
| 5.2.3. Periodo de retorno..... | 103 |
| 5.2.4. Determinación de tormenta de diseño..... | 105 |
| 5.2.5. Hietograma de diseño | 109 |
| 5.2.6. Tiempo de concentración | 111 |
| 5.2.7. Estimación de caudales máximos | 112 |
| 5.2.8. Cálculo de caudales de diseño | 113 |
| 5.3. Estudio hidráulico en instalación del puente modular Taspá..... | 115 |

| | |
|---|------------|
| 5.3.1. Características del modelo hidráulico | 115 |
| 5.3.2. Características del puente propuesto..... | 118 |
| 5.3.3. Estudio de socavación..... | 135 |
| 5.4. Estudio de suelos y geotecnia en instalación del puente modular Taspá..... | 140 |
| 5.4.1. Ensayos de laboratorio..... | 140 |
| 5.4.2. Clasificación de suelos y parámetros del terreno..... | 140 |
| 5.4.3. Descripción del perfil estratigráfico..... | 141 |
| 5.4.4. Registros de Nivel Freático..... | 146 |
| 5.4.5. Ensayo De Corte Directo | 147 |
| 5.4.6. Profundidad de Cimentación..... | 147 |
| 5.4.7. Capacidad de Carga Admisible (Q_{adm}) | 148 |
| 5.4.8. Análisis Comparativo entre el puente modular y el puente definitivo..... | 150 |
| ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 153 |
| CONCLUSIONES..... | 155 |
| RECOMENDACIONES | 157 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 158 |
| ANEXOS..... | 159 |

Índice de tablas

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1 Clasificación de pendiente de cauce principal..... | 28 |
| Tabla 2 Columna Estratigráfica del Área de estudio..... | 41 |
| Tabla 3 Sismos históricos ($MR \geq 7.2$)- Piura. | 45 |
| Tabla 4 Probabilidad de ocurrencias de sismos. | 48 |
| Tabla 5 Parámetros del suelo de la zona de estudio. | 50 |
| Tabla 6 Operacionalización de variables. | 66 |
| Tabla 7 Distancias a la zona de estudio. | 75 |
| Tabla 8 Características geográficas del puente Taspá. | 76 |
| Tabla 9 Características físicas de la cuenca. | 78 |
| Tabla 10 Clasificación de la cuenca según el valor de K. | 79 |
| Tabla 11 Clasificación de la cuenca según el valor de Ff..... | 79 |
| Tabla 12 Áreas parciales y acumuladas. | 81 |
| Tabla 13 Áreas parciales entre curvas de nivel..... | 83 |
| Tabla 14 Cálculo del índice de pendiente..... | 85 |
| Tabla 15 Clasificación de pendiente media de la cuenca Taspá..... | 87 |
| Tabla 16 Clasificación de pendiente media de la cuenca Taspá..... | 88 |
| Tabla 17 Perfil longitudinal del río..... | 88 |
| Tabla 18 Orden de los ríos..... | 90 |
| Tabla 19 Pendiente de la red hídrica..... | 91 |
| Tabla 20 Resumen de registro de precipitación en 24 horas de Estación Morropón..... | 93 |
| Tabla 21 Resumen de parámetros estadísticos para datos dudosos. | 95 |
| Tabla 22 Valor atípico de precipitación máxima en 24 horas. | 96 |
| Tabla 23 Resumen de prueba de ajuste de Smirnov- Kolmogorov. | 101 |
| Tabla 24 Relación entre precipitaciones..... | 103 |
| Tabla 25 Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno..... | 104 |
| Tabla 26 Resumen de criterios de periodo de retorno. | 105 |
| Tabla 27 Valores para hietograma de diseño para un $Tr=100$ años- Modelo Dick Peschke..... | 106 |
| Tabla 28 Valores para hietograma de diseño para un $TR= 100$ años- Modelo de Frederich Bell. | 107 |
| Tabla 29 Resumen de cálculos para curvas I-D-T- Modelo Dick Peschke. | 109 |
| Tabla 30 Resumen cálculo de tiempo de retardo:..... | 111 |
| Tabla 31 Resumen de cálculo de caudal en punta de hidrograma unitario..... | 111 |
| Tabla 32 Valores de tiempo de concentración..... | 111 |
| Tabla 33 Valores de tiempo de concentración..... | 112 |
| Tabla 34 Valores considerados para el coeficiente de Manning según Cowan..... | 114 |
| Tabla 35 Resumen de características de modelo hidráulico en HEC- RAS..... | 117 |
| Tabla 36 Características de la sección 0 actual..... | 119 |
| Tabla 37 Características de la sección 0 para $Tr=100$ años..... | 120 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tabla 38 | Características de la sección 0 para $Tr=500$ años. | 122 |
| Tabla 39 | Características de la sección 547 actual. | 123 |
| Tabla 40 | Características de la sección 547 para $Tr=100$ años: | 125 |
| Tabla 41 | Características de la sección 547 para $Tr= 500$ años. | 127 |
| Tabla 42 | Características de la sección 867.42 actual. | 128 |
| Tabla 43 | Características de la sección 867.42 para $Tr= 100$ años. | 130 |
| Tabla 44 | Características de la sección 867.42 para $Tr= 500$ años. | 131 |
| Tabla 45: | Resumen de cálculo de socavación en fondo del cauce | 136 |
| Tabla 46 | Resumen de cálculo de socavación en estribo margen izquierdo. | 138 |
| Tabla 47 | Resumen de cálculo de socavación en estribo margen derecho. | 139 |
| Tabla 48 | Clasificación SUCS de calicatas. | 141 |
| Tabla 49 | Coordenadas C- 01. | 141 |
| Tabla 50 | Composición C- 01. | 143 |
| Tabla 51 | Descripción C- 01. | 143 |
| Tabla 52 | Resultados C- 01. | 143 |
| Tabla 53 | Coordenadas C- 02. | 144 |
| Tabla 54 | Composición C- 02. | 145 |
| Tabla 55 | Descripción C- 02. | 145 |
| Tabla 56 | Resultados C- 02. | 146 |
| Tabla 57 | Nivel freático. | 146 |
| Tabla 58 | Resultados de ensayos de corte directo. | 147 |
| Tabla 59 | Resistencia cortante y cohesión. | 147 |
| Tabla 60 | Resultado de capacidad admisible. | 149 |
| Tabla 61 | Asentamiento. | 149 |
| Tabla 62 | Resultados de cálculos de capacidad admisible por servicio. | 150 |
| Tabla 63 | Análisis comparativo entre puente modular y puente definitivo. | 151 |
| Tabla 64. | Matriz de consistencia | 160 |
| Tabla 65 | Registro de precipitación máxima en 24 horas en estación Bigote. | 162 |
| Tabla 66 | Registro de precipitación máxima en 24 horas en estación Morropón. | 164 |
| Tabla 67 | Registro de precipitación máxima en 24 horas en estación San Pedro. | 166 |
| Tabla 68 | Registro de precipitación máxima mensual en estación Bigote. | 168 |
| Tabla 69 | Registro de precipitación máxima en estación Morropón. | 170 |
| Tabla 70 | Registro de precipitación máxima en estación San Pedro. | 172 |
| Tabla 71 | Registro de precipitación máxima en 24 h elegidas. | 174 |
| Tabla 72 | Resumen de precipitación máxima en 24 h, por año de estación elegida. | 176 |
| Tabla 73 | Primera prueba de datos dudosos. | 178 |
| Tabla 74 | Pruebas de datos corregidos. | 180 |
| Tabla 75 | Distribución normal. | 182 |
| Tabla 76 | Distribución lognormal 2 parámetros. | 185 |
| Tabla 77 | Distribución lognormal 3 parámetros. | 187 |
| Tabla 78 | Distribución Gamma 2 parámetros. | 189 |
| Tabla 79 | Distribución Gamma 3 parámetros. | 192 |
| Tabla 80 | Distribución Logperson tipo III. | 194 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 81 Distribución Gumbel. | 196 |
| Tabla 82 Distribución LogGumbel. | 199 |
| Tabla 83 Precipitaciones para método de Dicks Peschke. | 201 |
| Tabla 84 Intensidades para método de Dicks Peschke. | 202 |
| Tabla 85 Valores finales para curva IDT según Método de Dicks Peschke. | 202 |
| Tabla 86 Precipitaciones para Método de Fredrich Bell. | 203 |
| Tabla 87 Intensidades para método de Frederich Bell. | 203 |
| Tabla 88 Valores finales para curva IDT según Método de Dicks Peschke. | 204 |
| Tabla 89 Cálculos de análisis de doble masa. | 206 |

Índice de figuras

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1: Vista de una viga cabezal | 14 |
| Figura 2: Pila o columna de un puente | 15 |
| Figura 3: Apoyo elastomérico de un puente | 16 |
| Figura 4: Estribos de un puente | 17 |
| Figura 5: Forma de la cuenca..... | 22 |
| Figura 6: Orden de la cuenca | 26 |
| Figura 7: Perfil longitudinal de un cauce y líneas a considerar para el cálculo de la pendiente media y la pendiente media ponderada..... | 27 |
| Figura 8: Medición de precipitación..... | 30 |
| Figura 9: Perfil estratigráfico del cuadrángulo de Morropón | 40 |
| Figura 10: Unidad lito estratigráfica..... | 42 |
| Figura 11: Unidad lito estratigráfica..... | 44 |
| Figura 12: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas | 47 |
| Figura 13: Generación de espectros sísmicos | 49 |
| Figura 14: Superficie de falla asumida por Terzaghi..... | 57 |
| Figura 15: Factor de resistencia..... | 59 |
| Figura 16: Constantes elásticas..... | 60 |
| Figura 17: Gráfica envolvente de falla | 62 |
| Figura 18: Región de Piura en el mapa peruano | 72 |
| Figura 19: Provincias de Piura..... | 73 |
| Figura 20: Distrito de Morropón..... | 73 |
| Figura 21: Ubicación final del puente Taspá..... | 75 |
| Figura 22: Puente Taspá Chalaco, Distrito de Morropón, Piura..... | 76 |
| Figura 23: Delimitación de la cuenca Río Claro..... | 77 |
| Figura 24: Áreas parciales y acumuladas de la cuenca río claro | 80 |
| Figura 25: Curva Hipsométrica de la cuenca Taspá | 82 |
| Figura 26: Polígonos de frecuencias de áreas parciales de la cuenca Taspá | 84 |
| Figura 27: Pendiente del río claro..... | 89 |
| Figura 28: Pendiente del río claro..... | 90 |
| Figura 29: Histograma de registro de precipitación máxima en 24 horas | 94 |

| | |
|--|-----|
| Figura 30: Distribución normal para la estación Morropón | 97 |
| Figura 31: Distribución normal para 2 parámetros para la estación Morropón..... | 97 |
| Figura 32: Distribución LogNormal de 3 parámetros..... | 98 |
| Figura 33: Distribución gamma para 2 parámetros para la estación Morropón | 98 |
| Figura 34: Distribución gamma para 3 parámetros para la estación Morropón | 99 |
| Figura 35: Distribución Pearson para 3 parámetros para la estación Morropón | 99 |
| Figura 36: Distribución Gumbel para la estación Morropón..... | 100 |
| Figura 37: Distribución LogGumbel para la estación Morropón | 100 |
| Figura 38: Comparación de distribuciones teóricas..... | 102 |
| Figura 39: Hietograma de diseño para un TR=100 AÑOS- Modelo Dick Peschke | 109 |
| Figura 40: Curvas I-D-T para modelo de Dick Peschke..... | 110 |
| Figura 41: Eje del río claro | 116 |
| Figura 42: Perfil del río claro..... | 117 |
| Figura 43: Sección transversal en estación 0+867.42..... | 133 |
| Figura 44: Sección transversal en estación 0+547.00..... | 134 |
| Figura 45: Sección transversal en estación 0+000.00..... | 134 |
| Figura 46: Perfil estratégico C-01- Margen derecha | 142 |
| Figura 47 Ensayo de laboratorio de suelos – Margen izquierda..... | 145 |
| Figura 48 Análisis de consistencia..... | 205 |
| Figura 49: Curva doble masa | 208 |
| Figura 50: Ensayos de Granulometría, Margen Derecha según NTP 339..... | 215 |
| Figura 51: Ensayo de Limites, Margen Derecha según ASTM D4318-17..... | 216 |
| Figura 52: Ensayo de Contenido de Humedad, Margen Derecha según ASTM 2216-19..... | 217 |
| Figura 53: Perfil Estratigráfico, Margen Derecha según NTP 339.150..... | 217 |
| Figura 54: Ensayo de Corte Directo, Margen Derecha según NTP 339.171 | 219 |
| Figura 55: Ensayo de Corte Directo, Margen Derecha según NTP 339.171 | 220 |
| Figura 56: Ensayos de Granulometría, Margen Izquierda según NTP 339 | 221 |
| Figura 57: Ensayos de Limites, Margen Izquierda según ASTM D4318-17 | 222 |
| Figura 58: Ensayo de Contenido de Humedad, Margen Izquierda según ASTM D2216-19 | 223 |
| Figura 59: Perfil Estratigráfico, Margen Izquierda según NTP 339.150..... | 224 |
| Figura 60: Ensayo de Corte Directo, Margen Izquierda según NTP 339.171 | 225 |
| Figura 61: Ensayo de Corte Directo, Margen Izquierda según NTP 339.171 | 226 |
| Figura 62: Ensayo de diámetro medio de lecho de río según NTP 339..... | 227 |
| Figura 63: Cálculo de capacidad admisible, Margen Derecha | 228 |
| Figura 64: Cálculo de capacidad admisible, Margen Izquierda..... | 229 |
| Figura 65: Certificación de INACAL del Laboratorio de Suelos..... | 230 |
| Figura 66: Modelo de presupuesto, puente modular Taspá | 240 |
| Figura 67: Modelo de presupuesto, Puente Modular Taspá | 241 |
| Figura 68: Modelo de presupuesto, Puente definitivo | 242 |
| Figura 69: Modelo de presupuesto, puente definitivo | 243 |
| Figura 70: Modelo de presupuesto, puente definitivo | 244 |

Índice de fotografías

| | |
|--|-----|
| Fotografía 1: Zona de estudio para el puente Taspá, distrito Chalaco..... | 74 |
| Fotografía 2 Toma de perfil, puente Taspá..... | 77 |
| Fotografía 3: Levantamiento topográfico de la zona de estudio del puente Taspá..... | 115 |
| Fotografía 4: Calicata C-01 – Margen derecha..... | 142 |
| Fotografía 5: Calicata C- 02 – Margen izquierda | 144 |
| Fotografía 6: Zona de estudio aguas abajo donde se localiza el puente modular Taspá | 246 |
| Fotografía 7: Estado actual del Puente Taspá, se observa socavación en margen derecha | 246 |
| Fotografía 8: Puente Taspá, Chalaco, Morropón en estado de emergencia por colmatación y huaycos | 247 |
| Fotografía 9: Levantamiento topográfico en la zona donde se proyectará el Puente Modular Taspá..... | 247 |
| Fotografía 10: Excavación de Calicata C-01 en margen derecha N:9441003.00 E:635262.22 Z:1802 m.s.n.m | 248 |
| Fotografía 11: Calicata N° 01 en margen derecha N:9441003.00 E:635262.22 Z:1802 m.s.n.m | 248 |
| Fotografía 12: Excavación de Calicata C-02 en margen izquierda N:9440984.00 E:635256.00 Z:1806 m.s.n.m | 249 |
| Fotografía 13: Calicata N° 02 en margen izquierda N:9440984.00 E:635256.00 Z:1806 m.s.n.m | 249 |
| Fotografía 14: Inspección de muestra de lecho de río aguas abajo del Puente Modular Taspá . | 250 |
| Fotografía 15: Toma de muestra de lecho de río aguas arriba del Puente Modular Taspá..... | 250 |
| Fotografía 16: Preparación de muestra para determinar límite plástico según NTP 339 | 251 |
| Fotografía 17: Ensayo para determinar límites de Atterberg según NTP 339 | 251 |
| Fotografía 18: Tamizado de muestra en el laboratorio según NTP 339 | 252 |
| Fotografía 19: Ensayo de corte directo según NTP 339 | 252 |

Índice de mapas

| | |
|---|-----|
| Mapa 1 Mapa de Ubicación de la cuenca del Puente Taspá..... | 210 |
| Mapa 2 Mapa de Estaciones Hidrológicas..... | 211 |
| Mapa 3 Mapa de Cuenca y Parámetros Morfológicos de la cuenca del Puente Taspá | 212 |
| Mapa 4 Mapa de Orden y Perfil del Río Claro | 213 |
| Mapa 5 Mapa Geológico Local de Calicatas | 232 |
| Mapa 6 Mapa Geológico Regional de Calicatas | 233 |

Índice de planos

| | |
|---|-----|
| Plano 1 Plano Topográfico | 235 |
| Plano 2 Plano Planta y Perfil de Río..... | 236 |
| Plano 3 Plano de secciones transversales | 237 |
| Plano 4 Plano de Parámetros Hidráulicos y Geotécnicos | 238 |

Resumen

La presente tesis se basó en realizar un estudio hidrológico, hidráulico y geotécnico para el diseño del puente Taspá, este estudio partió de la necesidad para determinar una serie de factores en proyectar el puente de manera eficaz, evaluar la influencia hidrológica y geotécnica en la zona de emplazamiento, se buscó especificar y analizar las características geotécnicas del suelo. Se presentó un método cuantitativo, con procesamiento de datos para realizar el modelado hidrológico e hidráulico, usando programas y software. Conociendo el marco geológico, características, propiedades físicas y mecánicas del suelo donde se establecerá el puente, considerando la capacidad admisible con cimentaciones calculadas en ancho y profundidad, margen derecha, izquierda. Los caudales para periodos de retorno en base a 100 y 500 años. Así, la hidrología y la geotecnia influyen significativamente para el diseño del puente modular Taspá, se recomendó llegar hasta la cota del terreno estable que soporte la carga de diseño.

Palabras claves: puente, capacidad portante, caudal, gálibo, socavación.

Abstract

This thesis was based on conducting a hydrological, hydraulic and geotechnical study for the design of the Taspá bridge, this study was based on the need to determine a series of factors in effectively projecting the bridge, evaluating the hydrological and geotechnical influence in the area location, it was sought to specify and analyze the geotechnical characteristics of the soil. A quantitative method was presented, with data processing to perform hydrological and hydraulic modeling, using programs and software. Knowing the geological framework, characteristics, physical and mechanical properties of the soil where the bridge will be established, considering the admissible capacity with foundations calculated in width and depth, right bank, left bank. Flow rates for return periods based on 100 and 500 years. Thus, hydrology and geotechnics significantly influence the design of the Taspá modular bridge, it was recommended to reach a stable ground level that supports the design load.

Keywords: bridge, capacity lifting, of great volume, pattern, undermining

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial, toda infraestructura vial es totalmente esencial para el desarrollo de una sociedad, además de permitir el desarrollo político y económico entre países (Cain y Arcos, 2016).

De acuerdo a Montenegro (2014) manifiesta “La evolución de la infraestructura es una cadena de eventos que se relacionan entre sí. Es por esto que los diferentes elementos infraestructurales de una ciudad están vinculados unos con otros” (p.7).

Lamentablemente la falta de interés y control, no permite la ejecución de obras públicas de calidad en nuestro país, es por ello que se recomienda tomar en consideración la buena planificación, ejecución y control de cualquier estructura.

“Los puentes, son aquellas estructuras de total importancia, es por ello que hoy en día, se plantean llevar a cabo una gestión de puentes, como conjunto de acciones que garantizan la calidad y seguridad de servicio de las estructuras que se llevan a cabo, además de tener la finalidad de optimizar los recursos necesarios” (Pecho, 2017).

De acuerdo a Aguilar, Perdomo, Piracoca y Prieto (2014), manifiestan que “los puentes Bailey es una serie de paneles prefabricados que permiten combinarse de una manera exitosa garantizando una resistencia de hasta 40 ton. De peso. Además de su gran importancia al ser instalados de manera rápida y fácil, siendo necesario contar con una pequeña cuadrilla, empleando herramientas manuales comunes” (p.3).

Al ser considerados de total importancia, se debe tomar en cuenta los estudios básicos que se desarrollan previamente a realizar la elaboración de un proyecto, puesto que la topografía, el estudio geológico y estudio hidráulico e hidrológico contiene información valedera sobre aspectos de la zona. En el caso del diseño de un puente, requiere disponer esencialmente de su información

hidrológica para obtener parámetros fundamentales del diseño requerido para calcular la socavación y dimensiones de este mismo.

“La socavación es un fenómeno natural que puede surgir a largo plazo, desarrollándose en las cuencas hidrográficas donde se origina a consecuencia de una elevada capacidad de arrastre de su corriente y su velocidad del agua. Este fenómeno puede llevarse a cabo en un puente que no ha considerado parámetros hidráulicos necesarios” (Colorado, 2014).

La presente investigación se encarga de determinar la influencia de la evaluación hidrológica e hidráulica y del estudio geológico en la zona de estudio del puente Taspá ubicado en el distrito de Chalaco, provincia de Morropón, departamento de Piura, por considerarse de total importancia el desarrollo de estos estudios básicos de ingeniería para la elaboración de nuevas propuestas de estructuras sobre un río, siendo uno de los factores hidráulicos de mayor importancia, la socavación.

1.1.1. Delimitación del problema.

1.1.1.1. Espacial. Esta investigación se centra en el estudio del puente Taspá ubicado en distrito de Chalaco, provincia de Morropón del departamento de Piura.

1.1.1.2. Temporal. La evaluación de la influencia hidrológica y geotecnia en la instalación del puente modular Taspá se desarrolló a partir del mes de diciembre 2019 al mes de abril del 2020.

1.1.1.3. Económica. La delimitación económica comprende el estudio básico de ingeniería que fue necesario desarrollar, se considera como delimitación económica por comprender un costo significativo en el desarrollo de esta investigación. El estudio básico fue el estudio de suelos mediante la evaluación de sus propiedades de las muestras obtenidas de las calicatas realizadas en la zona de estudio.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General.

¿Cómo influye la hidrología y geotecnia en la instalación del puente modular Taspá del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura?

1.2.2. Problemas Específicos.

1. ¿De qué manera interviene la hidrología en la instalación del puente modular Taspá del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura?

2. ¿De qué manera Contribuye la geotecnia en la instalación del puente modular Taspá del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura?

1.3. Justificación

1.3.1. Social.

Los puentes son considerados estructuras de total importancia social, las cuales son evidentes en el crecimiento y desarrollo de una población, por ello es esencial realizar correctos diseños, para ello, se deben desarrollar diversos estudios básicos de ingeniería para determinar sus condiciones actuales de la zona en su geometría, propiedades de su suelo, entre otras características que sirven para el diseño de un puente. En general, el incorrecto desarrollo de un estudio geológico e hidráulico de la zona de estudio, provocaría un mal diseño y por ende podría implicar pérdidas de propiedades, vidas humanas e interrupción del servicio por un colapso de este mismo.

3.3.1. 1.3.2. Teórica.

Esta investigación se justifica teóricamente por encargarse de aplicar las teorías de hidrología, hidráulica, geología y geotecnia en el tramo de estudio del Río donde se estableció la

instalación de un puente modular. Es importante mencionar que dentro de los criterios esenciales que se requiere para un diseño o ejecución del mismo proyecto, se requiere determinar la profundidad de socavación en puentes para así evitar futuros problemas o inconvenientes por un mal estudio básico.

1.3.3. Metodológica.

La investigación se justifica en el aspecto metodológico, por desarrollar de manera ordenada la recopilación de información técnica esencial para determinar la influencia que presenta la evaluación geológica e hidráulica en la instalación de puentes modulares, específicamente este estudio se centra en el puente modular Taspá del distrito de Chalaco, provincia de Morropón del departamento de Lambayeque; lo cual podrá ser utilizado por otros investigadores y ser aplicado en escenarios distintos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Evaluar la influencia de la hidrología y geotecnia en la instalación del puente modular Taspá del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura.

1.4.2. Objetivos Específicos.

1. Determinar los parámetros hidrológicos que intervienen en la instalación del puente modular Taspá del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura.

2. Evaluar los parámetros geotécnicos que contribuyen en la instalación del puente modular Taspá del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En la presente tesis, se ha tomado en consideración algunas investigaciones relacionadas al tema seleccionad, sobre la influencia de la evaluación geotécnica, hidrológica e hidráulica en la instalación de puentes modulares. Estos aportes resaltan por su gran importancia brindados a la sociedad, las cuales serán mencionadas a continuación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Carrillo y López (2004), en su investigación “Aplicaciones de puentes metálicos modulares en el Salvador” en la Universidad de El Salvador en San Salvador.

Tuvo como objetivo principal, el aplicar diversos puentes metálicos modulares en El Salvador, obteniendo como resultados de los estudios básicos de ingeniería en determinadas de El Salvador, se puede determinar que este tipo de puentes, suelen caracterizarse por ser más rápido en su instalación y ligereza. Llegando a la conclusión que este tipo de puentes metálicos modulares denominados también “Puentes Bailey”, son aquellas nuevas estructuras, que permite las cargas actuantes sobre esta misma inicialmente.

Troncoso (2009), en su investigación “Simulación hidrológica del efecto del cambio de uso del suelo sobre el caudal de la cuenca del Río Cruces” en la Universidad Austral de Chile

Tuvo como objetivo principal, el simular los efectos del cambio de uso de suelos sobre el caudal en la cuenca del río Cruces, obteniendo como resultados del análisis de escenarios, la sensibilidad de la respuesta hidrológica de los efectos que suceden al cubrir la cuenca ante los cambios en el uso del suelo. Es importante también mencionar que el investigador concluyó que el modelo es capaz de caracterizar el comportamiento del flujo con un nivel bueno de ajuste, pese

a no arrojar datos exactos para predecir los caudales máximos diarios, al ser subestimados por el modelo.

Orío (2011), en su investigación “Estudio Hidrológico e hidráulico del Barranco Torres a su paso bajo Puente del Tranvía Villajoyosa- Benidorm” en la Universidad Politécnica de Valencia.

Tuvo como objetivo principal, el realizar el estudio hidrológico e hidráulico del Barranco Torres a su paso bajo puente del Tranvía Villajoyosa- Benidor. Obteniendo como resultados, un tiempo de concentración de 2.70 hrs, 2.06 hrs y 1.59 hrs en las cuencas Torres, determinando así que la cuenca del tramo de estudio es pequeña al presentar tiempos de concentración menores a 6 horas, un caudal pico en el punto de desagüe para un periodo de retorno de 100 años, es 54 m³/s. Llegando a la conclusión, que las condiciones más desfavorables que puede presentar este proyecto, es la alta humedad previa y caudal con un periodo de 500 años, para ello, se consideró conveniente las escolleras en pilas con un diámetro de 0.37 m, además de haberse identificado subcuencas del Barranco Torres, definiéndose como características más importantes hidro morfológicas.

Malo (2013), en su investigación denominada “Proceso constructivo de Puente 1 Supervía Poniente” en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Tuvo como objetivo principal, el evaluar el proceso constructivo necesario para llevar a cabo la ejecución del puente 1 Supervía Poniente. Obteniendo como resultados, que la Supervía por ser considerada una vía rápida en la ciudad de México, presentan una longitud de 7 km. Aproximadamente, las cuales 3km tienen la presencia de puentes y túneles, mientras que los 4 km restantes son de tramo elevado por su orografía accidentada. Llegando a la conclusión, que la

Supervía poniente fue una de las obras más necesarias, permitiendo así la reducción de manera significativa de tiempos de transporte de carga y personas, ofreciendo una alternativa eficiente para el sur- poniente de la ciudad.

Porras y Serrano (2013), en su investigación denominada “Estudio Hidrológico-Hidráulico - Diseño de puente sobre la quebrada Padre José” del Ministerio de Agricultura y Ganadería- Programa de Desarrollo Sostenible de la Cuenca Binacional del Río Sixaola en Talamanca.

Tuvo como objetivo principal, el desarrollar el estudio hidrológico e hidráulico para el diseño del puente sobre la quebrada Padre José en la carretera Sixaola- Gandoca de Sixaola, cantón de Talamanca, provincia de Limón. Obteniendo como resultados de las simulaciones en el modelo HEC- HMS para su sitio del puente sobre la quebrada Padre José, un caudal de 5.5 m³/s para 1 año de periodo de retorno, 12.7 m³/s para un periodo de retorno de 5 años, y para un periodo de 100 años, un caudal de 30.2 m³/s, para ello, se determinaron los siguientes parámetros geométricos, una luz libre de 20.0 m, luz efectiva de 19.10 m., taludes de sección interna 2H:1V, un nivel de rasante calle del puente 20.71 msnm, nivel inferior de viga 19.60 msnm y el nivel mínimo de fondo de cauce 15.45 msnm, además una altura entre fondo de cauce y fondo de viga de 4,15 m y 3.9m de ancho mínimo de fondo de cauce. Llegando a la conclusión, que la propuesta cumple con los parámetros hidrológicos e hidráulicos, determinando que no estima potencialmente la socavación en el puente debido que la estructura no genera un estrechamiento del flujo, pese a ello, se recomienda proveer a estas estructuras de protecciones superficiales mediante escolleras con un talud de 1.5H : 1V o más tendidos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Vargas (2016), en su investigación “Experiencia en la gestión y construcción del puente Vilca sobre el río Chancay: Carretera Huaral- ACOS” en la Universidad de Piura.

Esta investigación presentó como objetivo general de identificar y diagnosticar las condiciones y situación legal / física. De esta manera, se lograron la obtención de los siguientes resultados, sobre la falta de liberación de predios durante el plazo contractual, llevando así considerables a una empresa privada y al Estado. Llegando a la conclusión, que el control y buen manejo de recursos, permite la optimización de su costo y tiempo, resaltando una reducción de S/ 16,895.24 en la construcción del puente evaluado, al presentar oportunas propuestas y soluciones ingenieriles y de construcción que permite la construcción de manera adecuada del puente Vilca.

Enciso (2015), en su investigación denominada “Estudio hidráulico y estimación de socavación en el puente Interconexión Muyurina- Ayacucho” en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de Ayacucho.

Esta investigación presentó como objetivo general, el fijar y desarrollar los fundamentos para la estimación de socavación máxima, estimada a partir del desarrollo de modelos determinísticos para el puente Muyurina, obteniendo como resultados, un área de cuenca de 409.22 km², una longitud de 34.91 km, dentro de los caudales del hidrograma, se determinó para un tiempo de retorno de 30 años, un caudal máximo de 122.1 m³/s., para un periodo de retorno de 50 y 100 años, un caudal máximo de 139.40 m³/s. y 164.10 m³/s., para un periodo de retorno 200 m³/s., 250 m³/s. y 500 m³/s., se obtuvieron caudales máximos de 189.40, 197.70 y 223.90 m³/s respectivamente. Finalmente, se concluyó que después de la determinación de socavación local en estribos del puente Muyurina, emplea un ancho de 3.10 m, una longitud de 39.00 metros y una

altura de 5.00 m. Mientras que, dentro de los resultados de la estimación de socavación, para un periodo de retorno de 200 años resultó un caudal de 460 m³/s, mientras que, para los modelos empíricos, se determinó un caudal de 189.4 m³/s.

Puelles (2015), en su investigación denominada “Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y El Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes provocado por la crecida del río, mediante el uso de los modelos matemáticos HEC-HMS Y HEC-GEORAS.” en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Esta investigación presentó como objetivo general, el elaborar un análisis hidráulico e hidrológico de la quebrada Alto Perú y El Porvenir con la finalidad de diseñar estructuras tipo defensas ribereñas a lo largo de la quebrada. De esta manera, se logró la obtención de los siguientes resultados de la quebrada Alto Perú- Tramo II, desde la progresiva k 0+260 a k 0+379 un caudal máximo de 22.0 m³/s para un periodo de retorno de 200 años, en la quebrada El Porvenir- Tramo I, desde la progresiva 0+290 hasta una longitud de 150 metros aguas arriba, con un caudal máximo de 21.81 m³/s para 200 años como periodo de retorno, finalmente la quebrada Alto Perú- Confluencia tramo III, un caudal máximo de 43.81 m³/s. Llegando a la conclusión, que mediante el software HEC- HMS para poder modelar la Cuenca Alto Perú y El Porvenir y obtener la respuesta que tendrá la cuenca del río relacionado a su escurrimiento superficial, se determinó que en el proyecto para un tiempo de retorno de 100 años, en la quebrada Alto Perú, se obtuvo un caudal máximo de 15.4 m³/s y para la quebrada El Porvenir, un caudal máximo de 15.1 m³/s.

Bardales y Concepción (2014), en su investigación denominada “Modelamiento hidrológico e hidráulico aplicado al cálculo de socavación en puentes potrero (km 165 + 527.00)

y Maygasbamba (km 197 + 688.15), ubicados en carretera Chota – Bambamarca – Hualgayoc” en la Universidad Privada Antenor Orrego.

Tuvo como objetivo general, el realizar estudios de ingeniería básica (hidrología e hidráulica) para los puentes Potrero (km 165+527.00) y Maygasbamba (km 197+688.15) de la carretera Chota, Bambamarca. Obteniendo como resultados, de las precipitaciones máximas en 24 horas para periodos de 2, 10, 20, 50, 100 y 500 años son de 55.19 para la Estación Bambamarca y 100.83 para la Estación Chota para un periodo de retorno de 100 años, mientras que, para 500 años, se obtuvieron 65.04 y 139.77 respectivamente. Además, se determinó que las profundidades de socavación son de 1.85 (Ys left) y de 0 (Ys right) para un periodo de retorno de 100 años, mientras que, para 500 años, se determinaron 4.07 y 1.39 respectivamente para el puente Potrero. Llegando a la conclusión del modelamiento en el software HEC- HMS, se obtuvieron diagramas de salidas para los cuales lograron obtener los caudales máximos de diseño para los 100 y 500 años de periodo de retorno, para el puente Maygasbamba 117.60 m³/s y 183.61 m³/s, y para el puente Potrero 68.50 y 138.84 m³/s respectivamente.

Colorado (2014), en su investigación denominada “Estudios hidrológico e hidráulico para el diseño del puente Santa Rosa de Jaípe” en la Universidad Nacional de Ingeniería.

Tuvo como objetivo principal, el desarrollar el estudio hidrológico y diseño hidráulico del puente Santa Rosa de Jaípe. Se hizo empleo del programa HEC- HMS para determinar los caudales de diseño y el programa HEC- RAS para determinar los niveles de agua ante una estructura en su cauce, determinando así la profundidad de socavación ante una estructura en su cauce. Llegando a la conclusión, la importancia que presenta disponer de toda la información hidrológica necesaria para obtener parámetros de diseños requeridos para el cálculo de la socavación y dimensionamiento de un puente.

2.1.3. Antecedentes Locales.

Neyra (2019), en su investigación denominada “Estudio geológico geotécnico y mecánica de suelos para la construcción del Puente Malvas – Malvitas Distrito de Suyo – Provincia de Ayabaca – Departamento de Piura” en la Universidad Nacional de Piura.

Tuvo como objetivo principal, determinar las características físicas mecánicas de la formación, a través de una evaluación geológica-geotécnica, de este modo evaluar las condiciones en la que se encuentra la cimentación de la zona del proyecto en la Comunidad Campesina Pampa Larga entre los Caseríos Malvas – Malvitas. Los elementos que se deben tener en cuenta al momento de analizar y diseñar un puente está el estudio geotécnico que determina las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo y establece el tipo de cimentación ya que conforma la raíz de esta estructura pues sostiene el peso estructural, y un mal diseño podría ocasionar daños importantes como la socavación que es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca y acarrea el material del lecho y de las bancas del cauce.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Puentes

2.2.1.1. Definición. “El puente es una estructura de hormigón, acero, cemento, piedra, madera o ladrillo, con la finalidad de brindar continuidad en el ancho transversal de un camino que presenta un obstáculo como ríos, brazos de mar carreteras u otros, que impide el pase directo” (Garita y Madrigal, 2003, p. 5).

Rodríguez (2012) afirma que “los puentes son considerados una obra que son construidas con la finalidad de salvar un obstáculo en una vía para la continuación de una determinada vía”.

Los puentes constan de dos partes fundamentalmente, las cuales son la superestructura (tablero, armaduras, vigas, cables, arcos, entre otros que transmitan las cargas del tablero a los apoyos) y subestructura (apoyos centrales o pilares, apoyos extremos o estribos y cimientos, que transmiten los esfuerzos al terreno)

2.2.1.2. Clasificación de puentes. Rodríguez (2013) afirma “que los puentes pueden ser clasificados según su función, materiales de construcción y tipo de estructura”, las cuales se detallarán a continuación:

- Según su función

“Dentro de esta clasificación, podemos encontrar a los puentes peatonales, carreteros y ferroviarios” (Rodríguez, 2012, p.2).

- Según los materiales de construcción

“Los puentes según los materiales de construcción, pueden clasificarse como puentes de madera, acero estructural, mampostería, concreto presforzado, concreto armado y sección compuesta” (Rodríguez, 2012, p.2).

- Según el tipo de su estructura

“Los puentes según el tipo de estructura, pueden clasificarse como simplemente apoyados, simples de tramos múltiples, continuos, colgantes, pontones (puentes flotantes permanentes), atirantado (utilizando cables rectos que atirantan el tablero), levadizos y cantiléver” (Rodríguez, 2012, p.2).

Zigurat (2018) determina “una clasificación de puentes adicional a los anteriores mencionados brindados por el Ing. Arturo Rodríguez, la cual son tipos de puentes según su sistema estructural”, detallado a continuación.

- Según el sistema estructural

Dentro de esta clasificación, podemos encontrar a los puentes de losa, puentes de viga, puentes tipo cercha o celosía, puentes segmentales o puentes tipo arco (Zigurat, 2018).

2.2.1.3. Ubicación y elección del tiempo de puente. Rodríguez (2013), afirma que “los puentes son obras que requieren realizar un estudio detallado de diversos aspectos que influyen en la sección de la ubicación y tipo de puente necesario para realizar” (p.2).

- Localización de la estructura, alineamiento, pendientes, rasante de la ubicación de sitio.
- Forma geométrica, dimensiones, accesos disponibles, cauce de corriente, fundaciones, la superestructura e infraestructura de un puente.
- Tipo de puente que resulte más adecuado para el sitio elegido, considerando su seguridad, economía, funcionalidad y estética en una determinada zona.
- Tipo de puente que resulte más adecuado para el sitio elegido, considerando su seguridad, economía, funcionalidad y estética en una determinada zona.
- Obras complementarias como drenajes de calzada, barandas, protección de márgenes, si fuera necesario, la iluminación o forestación de taludes.
- Y en caso de puentes especiales, conviene recomendar sistemas constructivos, etapas de construcción, equipos y todo lo necesario brindando la información suficiente para una buena ejecución de obra (Rodríguez, 2012).

2.2.1.4. Componentes de un puente.

- Infraestructura de puentes

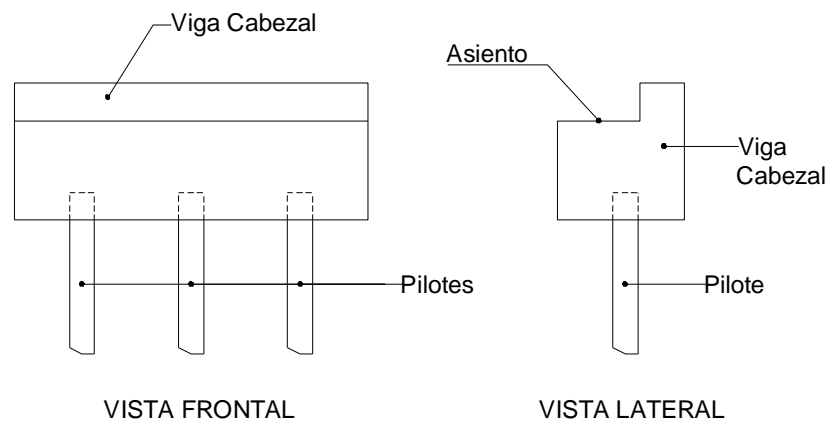
La infraestructura de puentes está conformada por miembros estructurales que tienen la finalidad de soportar las acciones que son transmitidas por la superestructura, transmitiendo así cargas al terreno de cimentación.

Dentro de los miembros que forman parte de la infraestructura de un puente podemos encontrar a las vigas cabezales de las pilas, columnas o pilas, apoyos, estribos y cimentaciones (Zigurat, 2018).

- Vigas cabezales de las pilas

Es aquel componente que puede presentar cualquier sección transversal cuadrada o rectangular, sobre el cual serán apoyados el sistema de tablero de un puente, como se puede visualizar en la siguiente figura.

Figura 1:
Vista de una viga cabezal



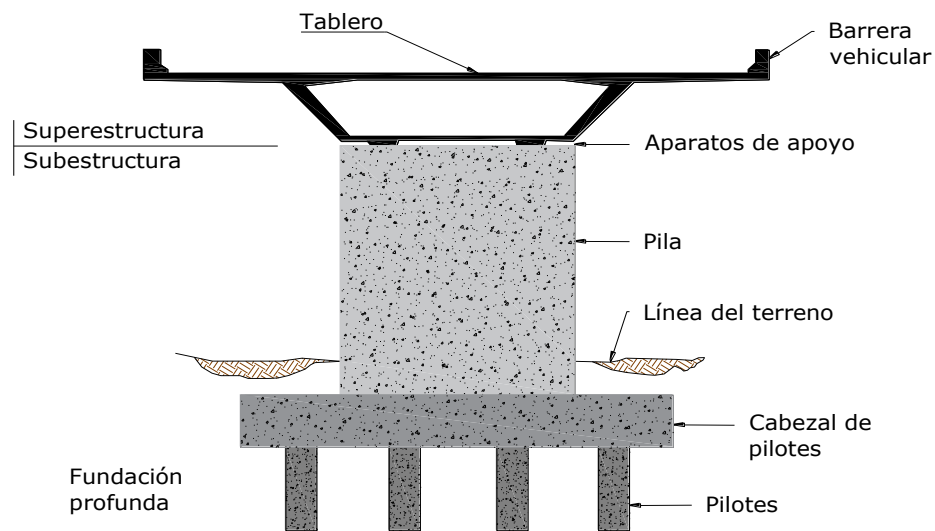
Nota: En la figura se muestra al esquema que presenta una viga cabezal desde una vista frontal y lateral. Fuente: (Tecnológico Costa Rica- TEC, 2016).

- Columnas o pilas

“Las columnas o pilas son aquellas estructuras que permiten el apoyo intermedio a una superestructura. Estas suelen construirse de concreto reforzado, y muy pocos casos de acero, madera o concreto preesforzado” (Cain y Arcos, 2016, p.19).

Figura 2:

Pila o columna de un puente



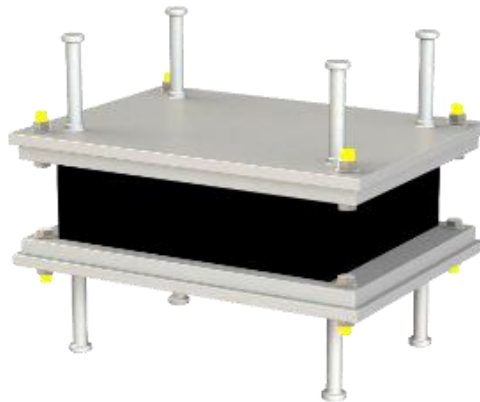
Nota: Se muestra a un pilar o también denominado columna de un puente que permite el apoyo intermedio de una superestructura. *Fuente: (Google Imágenes, 2015)*

- Apoyos

Cain y Arcos, (2016), “los apoyos son sistemas mecánicos que transmiten las cargas verticales de la superestructura a la subestructura, siendo instalados con la finalidad de asegurar una buena transferencia de reacciones a la infraestructura de un puente” (p.17).

Estos apoyos, pueden clasificarse según su material, considerándose algunos metálicos y elastomérico (Zigurat, 2018).

Figura 3:
Apoyo elastomérico de un puente



Nota: Este es el apoyo elastomérico que se utiliza en un puente para transmitir las cargas verticales de la superestructura a la subestructura como se puede visualizar en la imagen. *Fuente: (Importaciones Neoplast S.A.C, 2019)*

- Cimentaciones

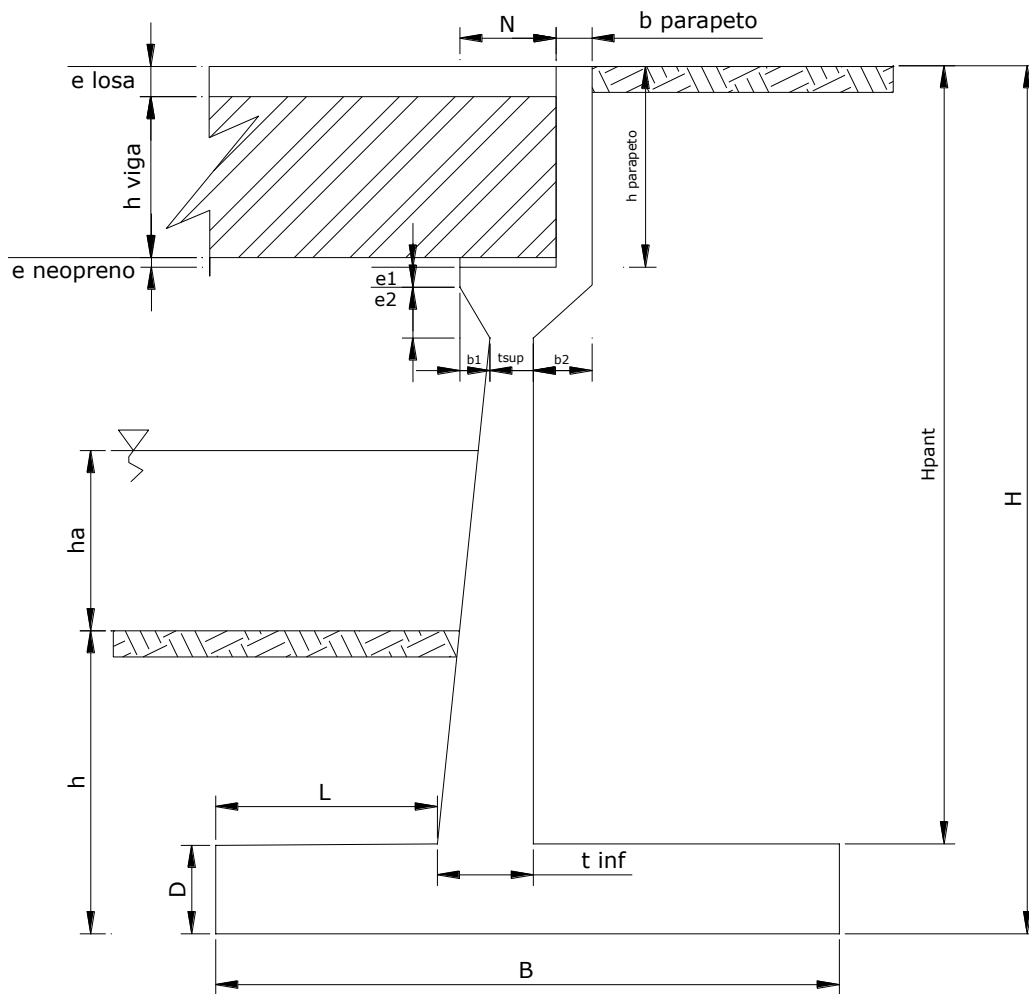
Las cimentaciones son aquellos miembros estructurales que tiene la función de transmitir las cargas al terreno de la cimentación que han sido obtenidos de la superestructura e infraestructura del puente.

- Estribos

“Esta es la parte del puente que tiene como función el soportar el peso del tablero y transmitirlo a la cimentación, además de presentar la función de unir la estructura a las vías de acceso” (Cain y Arcos, 2016).

Nota: Los estribos de un puente como se muestra en la imagen anterior, es aquella estructura vertical que tiene la finalidad de transmitir las cargas a la cimentación. *Fuente: (BiblioCAD, 2018)*

Figura 4:
Estribos de un puente



- Superestructura de puentes

La superestructura de un puente está conformada por diversos componentes, las cuales se detallarán a continuación:

- Componentes de una losa

Dentro de estos componentes, podemos encontrar a la losa de tablero, vigas longitudinales, diafragmas, etc.

“Es importante mencionar que la superestructura va a depender también del tipo de puentes, es por ellos, que se cree conveniente especificar los componentes de la superestructura de vigas, superestructura de cercha, superestructura de arco, superestructuras suspendidas” (Cain y Arcos, 2016, p. 15).

2.1.2.5. Estudios básicos de ingeniería para diseño de puentes. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC] 2018, p.43) “los estudios básicos de ingeniería para el diseño de puentes cumplen un rol esencial para la realización del diseño, garantizando así la seguridad y funcionalidad de esta estructura”.

2.1.2.6. Estudios topográficos. Es importante conocer la zona de estudio, el levantamiento topográfico general de la zona, ubicación e indicación de las cotas de puntos referenciales, levantamiento catastral de zonas aledañas al puente (MTC, 2018).

Los estudios topográficos de la zona donde se ubicará el puente deberán estar bien detallado mediante planos con curvas de nivel, registros digitales, informes, fotografías, entre otros datos importantes de la zona.

2.1.2.7. Estudios de hidrología e hidráulicos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC] (2018), p.44) “el estudio hidrológico e hidráulico tiene como finalidad establecer los caudales de diseño, los factores hidráulicos fluviales importantes que permite una real apreciación del comportamiento hidráulico del río, permitiendo estos parámetros la definición final de un puente”.

2.1.2.8. Estudios geológicos y geotécnicos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC] (2018), p.49) “Los estudios geológicos y geotécnicos tienen como objetivo el establecer las características geológicas que presente la zona donde se ubicará el puente. Es importante

alcanzar la zonificación geológica de la zona, identificación de fallas geológicas, propiedades y características mecánicas y físicas de los suelos o rocas, entre otro aspecto importante referente al suelo presente en la zona de estudio”.

Dentro de los estudios importantes para el diseño de un puente, podemos determinar a los estudios de riesgo sísmico, estudios de impacto ambiental, estudios de tráfico, estudios complementarios, estudios de tráfico y diseño vial de los accesos y estudios de alternativas a nivel de anteproyecto.

2.2.2. Puentes Modulares.

2.2.2.1. Definición. Se les definen a los puentes modulares, como aquellos cuerpos compuestos de módulos, siendo estos módulos, un cuerpo o armadura básica de una estructura completa.

Garita y Madrigal (2003), los puentes modulares se caracterizan por presentar: “la longitud total de la estructura siempre un múltiplo de la longitud del módulo base” (Garita y Madrigal 2003, p. 5).

Los puentes metálicos son elementos fabricados en base de acero con la finalidad de formar una estructura resistente concebida bajo las normas más rigurosas en el mercado internacional. Estos puentes modulares pueden alcanzar hasta una luz de 60 metros sin la necesidad de pilares centrales, en caso de necesitar una luz mayor, se tendrían que agregar los pilares intermedios (*PeruVias*, 2012, p. 8).

2.2.2.2. Puentes Bailey. “Los puentes “Bailey” fueron desarrollados inicialmente en Inglaterra, distribuidos a nivel mundial desde 1974. Estos puentes “Bailey”, “Mabey” o “Acrow”,

son estructuras prefabricadas de metal constituidos por estructuras reticuladas, portátiles, modulares conformadas por aceros de alta resistencia” (Garita y Madrigal, 2003, p. 7).

2.2.1.2.1. Puentes Bailey en el Perú. En el Perú, el uso de puentes modulares ha ido incrementando al paso de los años. Si bien es cierto, este tipo de puentes Bailey, tenían la misión de facilitar el transporte durante la Segunda Guerra Mundial, por ser esta, una estructura fácil y rápida de armar, se ha convertido ahora, en una de las mejores soluciones para restablecer el tránsito, permitir la comunicación y continuidad de una vía ante una emergencia convirtiéndose en muchas ocasiones, estas estructuras provisionales en permanentes (Revista Perú Construye, 2019).

García (2019), quien participó como proyectista y consultor en el desarrollo del sistema de puentes modulares en la Empresa ESMETAL, manifestó que “el desarrollo de este sistema de puentes modulares tipo Bailey se ha realizado de acuerdo con las normas del MTC y las normas americanas AASHTO-LRFD.” (p.4).

La Empresa Metal Metálico Estructuras en el Perú, indica lo siguiente:

“La construcción de un puente Bailey depende en el Perú del Gobierno central, a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Se almacenan en diferentes puntos del país para su rápido uso en situaciones de emergencia, como la que se vive por la emergencia climática que golpea especialmente el norte por el Fenómeno del Niño Costero.” (p.3)

Es por ello, que, en nuestro país, se considera que existen un gran número de proyectos realizados haciendo la implementación de puentes modulares Bailey, por sus características que permite el beneficio de manera rápida para una población.

2.2.3. Hidrología.

Villon, (2002), sugiere que “la Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos”. (p. 15).

Cahuana, (2009), sugiere que “es la ciencia que trata de los procesos que rigen el agotamiento y recuperación de los recursos de agua en las áreas continentales de la tierra y en las diversas fases del ciclo hidrológico”. (p. 02).

2.2.3.1. Cuenca Hidrológica. Según (Villon, 2002), la cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de recorrido.

En la tesis “Evaluación de la Disponibilidad del Recurso Hídrico En la Microcuenca del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017” (Ispilco, 2017), concluye que: El funcionamiento de la cuenca se asemeja al de un colector, que recibe la precipitación pluvial y la convierte en escurrimiento. Esta transformación presenta pérdidas de agua, situación que depende de las condiciones climatológicas y de las características físicas de la cuenca, es por ello que cuencas vecinas sometidas a las mismas condiciones climáticas, pueden tener regímenes de flujo totalmente distintos, situación debida principalmente a los parámetros geomorfológicos.

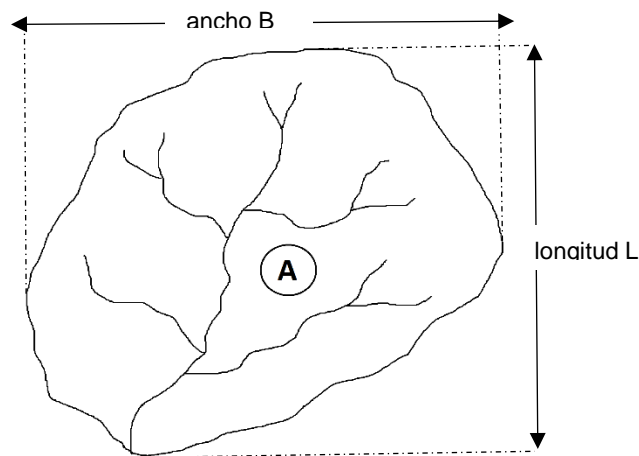
1. Características Físicas de la cuenca.

- Área de la cuenca: Cahuana, (2009), “Es el área plana en proyección horizontal, de forma muy irregular, obtenida después de delimitar la cuenca; se reporta en kilómetros cuadrados, excepto las cuencas pequeñas que se expresan en hectárea”.

También se puede calcular utilizando las coordenadas del punto de inicio de la cuenca mediante el programa ArcGis10.8.

- **Perímetro:** Villon, (2002), “se refiere al borde del contorno (limite exterior) de la forma irregular de la cuenca proyectada en un plano horizontal, obtenida una vez delimitada la cuenca, para calcularlo se puede usar los mismos paquetes computacionales que para el área”.
- **Forma de la cuenca:** Parámetro adimensional, introducido por Horton, que denota el efecto combinado de la cuenca y la configuración neta del drenaje. Valores del índice de Gravelius cercanos a la unidad (forma redondeada de la cuenca hidrográfica) dan origen a menores tiempos de concentración de la cuenca receptora-colectora, produciendo continuamente ondas de crecidas súbitas instantáneas mayores, creando condiciones de muy alta vulnerabilidad a las inundaciones, (López cadenas de Llano, 1998).

Figura 5:
Forma de la cuenca



Fuente: Máximo Villon, 2002

$$F = \frac{A}{L^2} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

F = forma de la cuenca

A = área de la Cuenca

L = longitud de la Cuenca.

1. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca

Cahuana, (2009), afirma que “La geomorfología de una cuenca queda definida por su forma, relieve y drenaje, para lo cual se han establecido una serie de parámetros, que, a través de ecuaciones matemáticas, sirven de referencia para la clasificación y comparación de cuencas”. (p. 19).

- Coeficiente de Gravelius: El coeficiente de compacidad o índice de Gravelius, se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una cuenca teórica circular que tiene igual área que la cuenca (Gravelius, 1914).

$$K = \frac{\textit{Perimetro de la Cuenca}}{\textit{Perimetro de un circulo de igual Area}}$$

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots (2)$$

- Tiempo de Concentración Según (Cahuana, 2009), Tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe. Comúnmente el tiempo de concentración se define como, el tiempo que tarda una partícula de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta la salida del desagüe. Además (Marco y Reyes, 1992) debe tenerse en claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante; según, aunque muy ligeramente depende, de la

intensidad y la precipitación. Por tener el concepto de tiempo de concentración una cierta base física, han sido numerosos los autores que han obtenido formulaciones del mismo, a partir de características morfológicas y geométricas de la cuenca.

- A continuación, se muestran algunas de esas fórmulas empíricas:

Kirpich : $T_c = 0.06626 * (L_p^2 / S)^{0.385}$ (3)

Temez: $T_c = 0.126 * (L_p / S_p)^{0.35}$ (4)

Pasini : $T_c = 0.023 * (A * L_p / S_p)^{0.5}$ (5)

Pizarro : $T_c = 13.548 * (L^2 / H)^{0.77}$ (6)

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (hr)

L_p = Longitud del curso principal (Km)

S_p = Pendiente del curso principal

H = Diferencia de cotas entre el punto más alto y el de estudio (m)

A = Área de drenaje (área de la cuenca) (Km²)

- Altura promedio de la cuenca: Cahuana Andia, (2009) indica que es la altitud media correspondiente a la media de la abscisa del histograma de frecuencia de altitudes. Gráficamente la elevación media de la cuenca se obtiene, entrando con el 50 % del área en el eje X, trazando una perpendicular por este punto hasta interceptar a la curva hipsométrica, y por este punto trazar una horizontal hasta cortar el eje Y.
- Pendiente media de la cuenca: En la tesis “Evaluación de la Disponibilidad del Recurso Hídrico En La Microcuenca Del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017”, Julcamoro, (2017) indica que, la pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial,

la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.

$$S = \frac{D * L}{A} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

S: Pendiente de la Cuenca

D: Desnivel constante entre curvas de nivel, en Km.

L: Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en Km.

A: Área de la cuenca en Km².

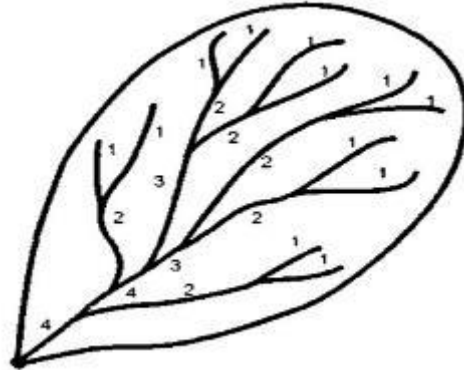
- Longitud del cauce principal: Según (Fuentes, 2004) menciona que es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, medidos desde la parte más alta de la cuenca hasta la salida.

2. Parámetros de la Red Hidrográfica de la Cuenca

2.2.3.2. Orden del cauce principal: Horton (1932), señala que al iniciar la categorización de una red en las confluencias más alejadas donde concurren dos cauces, sólo uno de ellos es de primera categoría (orden 1), mientras el otro es de segunda categoría (orden 2). El curso de primer orden o categoría queda determinado por el que haga mayor ángulo en el punto de confluencia, respecto del tramo siguiente.

(Ortiz Vera, 2014), menciona que “una vez terminada la categorización de toda la red de drenaje, el cauce que ostenta la mayor jerarquía viene a constituir el curso principal del sistema hidrológico y, por ende, la categoría la cuenca”.

Figura 6:
Orden de la cuenca



Fuente: Máximo Villon, 2002

2.2.3.3. Longitud de la red principal: Este parámetro se puede entender de dos formas distintas: como el máximo recorrido de la escorrentía de la cuenca o como la distancia entre la fuente más lejana y el nudo.

2.2.3.4. Pendiente del cauce principal (Sm): Se pueden definir varias pendientes del cauce principal, la pendiente media, la pendiente media ponderada y la pendiente equivalente. La pendiente media (Sm): relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima, Hmax menos cota mínima, Hmin) y la longitud del mismo.

$$Sm = \frac{Hmax - Hmin}{L} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

Sm : Pendiente Media

Hmax : Cota Máxima

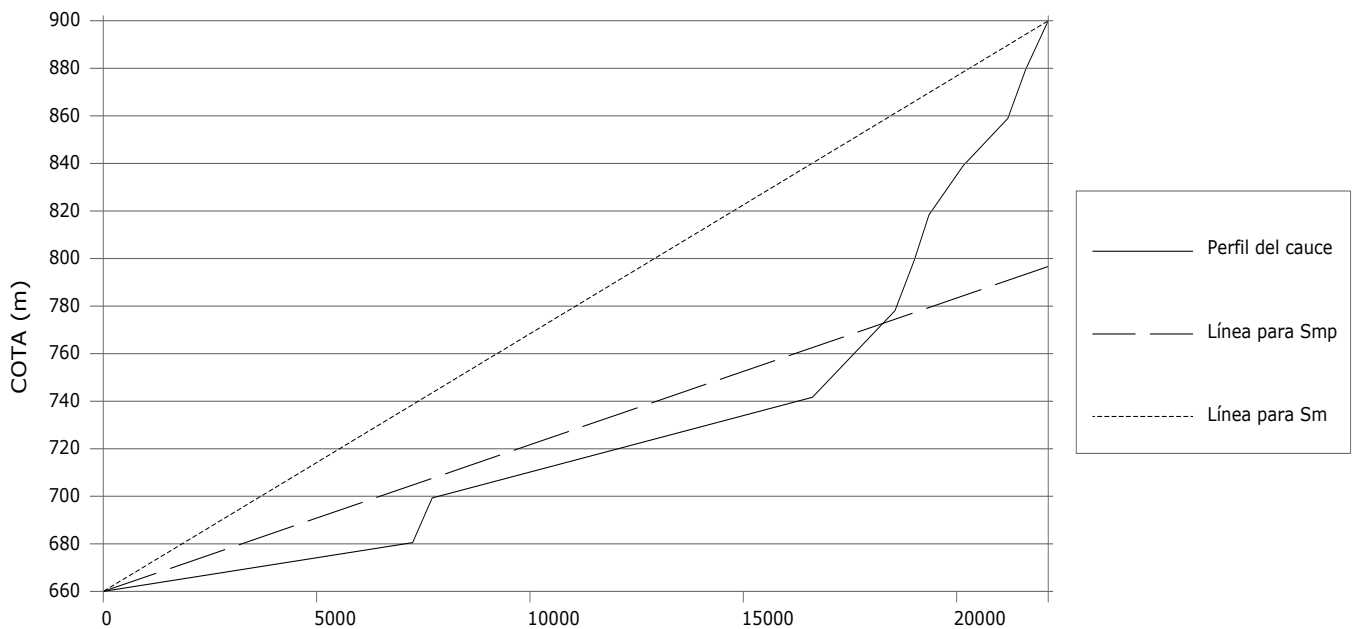
Hmin : Cota Mínimo

L : Longitud del mismo Cauce.

2.2.3.5. La Pendiente Media Ponderada (Smp): (Cahuana, 2009), indica que la Pendiente de la hipotenusa de un triángulo cuyo vértice se encuentra en el punto de salida de la cuenca y cuya área es igual a la comprendida por el perfil longitudinal del río hasta la cota mínima del cauce principal, como se indica en la Figura 7.

Figura 7:

Perfil longitudinal de un cauce y líneas a considerar para el cálculo de la pendiente media y la pendiente media ponderada



Fuente: Cahuana Andia, 2009

- Clasificación de pendiente en el cauce Principal: La pendiente del cauce principal se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos. De acuerdo al valor de la pendiente, se puede clasificar la topografía del terreno de la siguiente manera (propuesto por R. Heras R.)

Tabla 1
Clasificación de pendiente de cauce principal.

| Pendiente (%) | Tipo de terreno |
|----------------------|-------------------------|
| 2 | Llano |
| 5 | Suave |
| 10 | Accidentado medio |
| 15 | Accidentado |
| 25 | Fuertemente accidentado |
| 50 | Escarpado |
| >50 | Muy escarpado |

Fuente: Cahuana Andía, 2009

Densidad del drenaje: (Londoño, 2001), “la longitud total de los cauces dentro de una cuenca hidrográfica, dividida por el área total de drenaje, define la densidad de drenaje o longitud de cauces por unidad de área”.

Horton, (1945), “definió la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total de los cauces pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca”:

$$Dd = \frac{L}{A} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

Dd : Densidad de drenaje (Km / Km²)

L : Longitud total de corrientes (Km)

A : Área de la cuenca (Km²)

- Altura del cauce principal: Es el valor más alto que llega el cauce de mayor orden.

- Pendiente del cauce principal: La pendiente del cauce principal se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos.

3. Precipitación

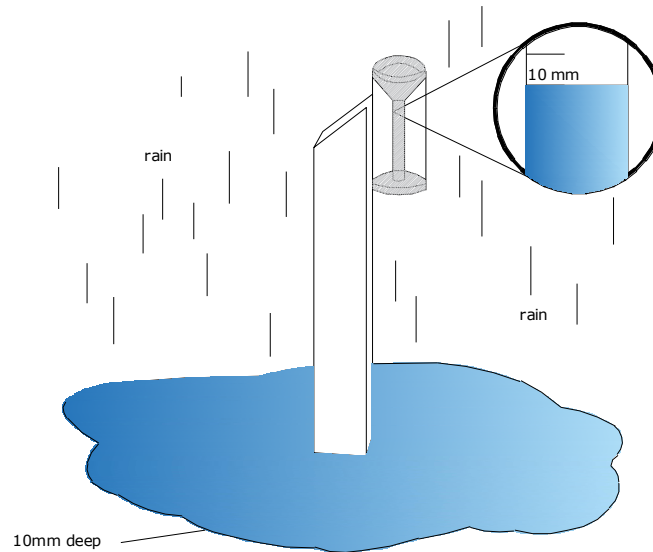
Villon, (2002), “es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo en forma de”:

- Lluvias: Gotas de agua con diámetro mayor a 0.5 mm.
- Llovizna: Pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.1 y 0.5 mm, las cuales tienen velocidades de caídas muy bajas.
- Granizadas: Precipitación en forma de bolas o formas irregulares de hielo, que se producen por nubes convectivas, pueden ser esféricas, cónicas o de forma irregular, su diámetro varía entre 5 y 125 mm.
- Escarcha: Capa de hielo por lo general transparente y suave pero que usualmente contiene bolsas de aire.
- Nevadas: “Compuesta de cristales de hielo blanco traslucido, principalmente de forma compleja. Para” (Heras, 1949), 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 precipitación puede ser en forma líquida (lluvia, rocío), o en forma sólida (nieve, granizo). La forma más común, y la que mayor interés tiene en la ingeniería, es la lluvia que viene a ser la causa de los más importantes fenómenos hidrológicos y su cuantificación correcta es uno de los desafíos que el hidrólogo o el ingeniero enfrentan.

4. Medición de Precipitación.

Villon, (2002), “la precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de Lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó”.

Figura 8:
Medición de precipitación



Fuente: Cahuana Andia, 2009

Villon, (2002), “los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones en pluviómetros y pluviógrafos”.

- Pluviómetro: Para (Villon, 2002), “consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20 cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la sección de la tapa”.

- Pluviógrafo: Para (Villon, 2002), “es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas”.

Cabe resaltar que, en Perú, los registros de precipitación son registrados y procesados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), mediante su red de estaciones meteorológicas distribuidas en todo el territorio peruano.

Análisis de homogeneidad y consistencia: (Cahuana, 2009) “menciona que consiste en realizar un análisis de la información disponible, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que ha podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre”

2.2.3.5. Análisis de los Datos de Precipitación.

2.2.3.5.1. Estimación de datos faltantes. Cahuana, (2009), indica que Muchas veces las estaciones pueden dejar de registrar información en algunos periodos de tiempo, debido a fallas en los instrumentos o por ausencia del observador. Esta información dejada de registrar puede ser indispensable para el análisis de fenómenos que involucren la precipitación, por tanto, se han desarrollado algunos métodos sencillos para la estimación de la información pluviométrica faltante. En general, los datos de precipitaciones faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas. Para ello se utilizan los datos de las estaciones que si tienen los datos de los registros completos (“estaciones índices”), y se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio. Según (Cahuana, 2009), En general, los datos de precipitaciones faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas. Para ello se utilizan los datos de las estaciones que si tienen los datos de los registros completos

23 (“estaciones índices”), y se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio.

Estimación de registros diarios y mensuales faltantes.

Entre los métodos de estimación de registros diarios y mensuales faltantes se tienen:

- Método del promedio aritmético.
- Método de la regresión normalizada.
- Método del U. S. Nacional Weather Service.
- Método Racional Deductivo.
- Método de la regresión normalizada.

Cahuana, (2009), La precipitación media anual (o mensual) de cualquiera de las estaciones auxiliares difiere en más de un 10% de la medida en la estación incompleta, el dato faltante será determinado por el método de la regresión normalizada. El dato faltante anual o mensual P_x será igual a:

$$P_x = \frac{1}{n} * \left(\frac{N_x}{N1} * P1 + \frac{N_x}{N2} * P2 + \dots + \frac{N_x}{Nn} * Pn \right) \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

N_x = precipitación media anual o mensual en la estación incompleta, (mm).

$N1, N2, \dots, Nn$ = precipitación media anual (o mensual) en las estaciones auxiliares 1, 2 y n, (mm).

$P1, P2, \dots, Pn$ = precipitación anual (o mensual) observada en las estaciones 1, 2, ... y n para la misma fecha que la faltante, (mm). Cuando el método es aplicado para estimar datos mensuales, los valores de $N1, N2$ y Nn corresponden al mes que se estima.

2.2.3.5.2. Análisis de Consistencia. Villon, (2002), menciona que “el hidrólogo o especialista que desea desarrollar un estudio hidrológico debe buscar la información de la cuenca en estudio en las instituciones encargadas de su recopilación”, pero una vez obtenido ésta, una de las interrogantes que se debe hacer, ¿es confiable la información disponible?

Piérola (1993) menciona que “es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológica. Antes de utilizar la serie histórica para el moldeamiento es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente”.

2.2.3.5.3. Precipitación Media. Cálculo de la precipitación media sobre una zona: Según Villon, (2002), afirma que “la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Los pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en la que está instalada el aparato. Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual”.

(Villon, 2002) menciona que:

- Altura de precipitación diaria: Es la suma de las lecturas observadas en un día.
- Altura de precipitación media diaria: Es el promedio aritmético de las lecturas observadas en un día.
- Altura de precipitación mensual: Es la suma de las alturas diarias, ocurridas en un mes.
- Altura de precipitación media mensual: Es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.

- Altura de precipitación anual: Es la suma de las alturas de precipitación mensual, ocurridas en un año.
- Altura de precipitación media anual: Es el promedio aritmético de las alturas de precipitación anual, correspondiente a un cierto número de años.

Según (Villon, 2002), para calcular la precipitación media de una tormenta o la precipitación media anual, existen tres métodos de uso generalizado:

1. Promedio aritmético: Consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de las precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona:

$$P_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

P_{med} = Precipitación Media de la Zona o Cuenca.

P_i = Precipitación de la Estación i

n = Número de Estaciones dentro de la Cuenca.

- La precisión de este criterio, depende de la cantidad de estaciones disponibles, de la forma como están localizadas, y de la distribución de la lluvia estudiada. Es el método más sencillo, pero solo da buenos resultados cuando el número de pluviómetros es grande.

2. Polígono de Thiessen: Para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que, para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones.

El método consiste en:

- Ubicar las estaciones, dentro y fuera de la cuenca.

- Unir las estaciones formando triángulos, procurando en lo posible que estos sean acutángulos (ángulos menores de 90°).
- Trazar mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos.
- Definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedara rodeada por las líneas del polígono (en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca). El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.
- Calcular el área de cada estación.
- Calcular la precipitación media, como el promedio pesado de las precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, es decir:

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

Pmed = Precipitación Media

AT = Área Total de la cuenca

Ai = Área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación i.

Pi = precipitación de la estación i.

n = número de estaciones tomadas en cuenta.

2.2.4. Marco Geológico.

La geología en base a la información obtenida de la Memoria Descriptiva de la Revisión y Actualización De Los Cuadrángulos De Morropón, hoja (11-d), del Instituto Geológico, minero y Metalúrgico (INGEMMET,2000), las cuales conforman las distintas unidades ubicadas alrededor del área en evaluación.

2.2.4.1. Geología regional de Piura.

2.2.4.1.1. Neo-Proterozoico.

2.2.4.1.1.1. *Complejo Olmos NP-co.* Se ha denominado Complejo de Olmos a una secuencia de esquistos, de naturaleza predominantemente pelítica desarrollados en el nivel estructural inferior, con un grado de metamorfismo menor que el Complejo del Marañón antes descrito; se encuentra mejor representado en el área de Olmos.

Los afloramientos más extensos están circunscritos a los sectores suroccidental y oriental del área de estudio, tales como el río Canchis (límite con Ecuador), partes altas de Pacaipampa, sector de Morropón, valles del Alto Piura, Huancabamba y Olmos; de este Último se prolongan hasta el río Chochope (Cuadrángulo de Jayanca).

El grado de alteración de estas rocas está en función del clima; así en la vertiente del Pacífico, de clima relativamente seco, el intemperismo se limita a una leve coloración gris-marrón, pero a partir de la Divisoria Continental hacia el este, donde el clima es más húmedo, la alteración de los minerales máficos ha imprimido a estos terrenos un matiz rojizo intenso.

2.2.4.1.2. Paleozoico.

2.2.4.1.2.1. *Grupo Salas Oi-s.* Esta denominación se ha dado a una secuencia de rocas metamórficas, predominantemente formada por filitas y tobas pizarrosas que, en las cercanías de Salas (Cuad.de Jayanca), yace en discordancia angular sobre el complejo de Olmos; mostrando un conglomerado basal que contiene elementos de esquistos previamente metamorfizados (WILSON, inédito), En la región estudiada, esta relación no es fácilmente observable debido a la gruesa cobertura cuaternaria y la espesa vegetación de la zona; en cambio el contacto con la Formación Rio Seco, suprayacente, es gradacional, por cuanto los materiales pelíticos de ambas unidades

tienen las mismas características litológicas. Litológicamente está constituido por filitas argiláceas gris marronesa gris-violáceas, intercaladas con cineritas verde pálidas o gris brunáceas; este tipo de paquetes se intercalan con capas delgadas de cuarcitas de grano fino, blanco-grisáceas, afectadas por una marcada esquistosidad de fractura. Sin embargo, a lo largo de la faja Huarmaca-Canchaque-Los Ranchos y en el valle del Huancabamba, el Grupo Salas, contiene grandes paquetes de material lávico, consistente en meta-andesitas que, en ciertos casos, están transformadas a anfibolitas.

2.2.4.1.2.1. Formación Rico Seco D-rs. Bajo este nombre se describe a una secuencia epimetamórfica~ predominantemente cuarcítica que yace concordantemente sobre el Grupo Salas; su tope no se conoce y se encuentra bien expuesta en el caserío Rio Seco (carretera Morropón-Huancabamba), Desde esta localidad los afloramientos se extienden a los valles del curso superior del río Piura así como a sus tributarios cubriendo parte de los cuadrángulos de Morropón Chulucanas y Olmos; delgadas fajas de esta unidad se presentan en el curso superior del río Huancabamba.

Litológicamente la formación Río Seco, consiste en bancos de 3 a 4 m de cuarcitas, gris oscuras a negruzcas~ bastante recrystalizadas y con abundantes segregaciones de cuarzo lechoso que rellenan fracturas; los paquetes de cuarcitas los conforman capas de 30 a 60 cm. destacando. En el curso superior de Rio Seco un banco de 3 m, de grosor de cuarcita blanca que de línea en forma sobresaliente a la estratificación. Intercaladas a los paquetes de cuarcitas se presentan filitas lustrosas gris blanquecinas a blanco amarillentas, así como pizarras negras lustrosas, cuyas fracturas están alteradas a matices blanquecinos, de formas arborescentes.

2.2.4.1.3. Mesozoica.

2.2.4.1.3.1. *Grupo Goyllarisquizga Ki-g.* Se da esta denominación a una secuencia de ambiente epicontinental de cerca de 300m., compuesta predominantemente por cuarcitas bastante tectonizadas, que se expone principalmente en el sector suroccidental del área estudiada (parte de los cuadrángulos de Olmos, Chulucanas y Morropón). Se le ha denominado, en forma general, Grupo Goyllarisquizga por no haberse establecido si se trata de las cuarcitas Chimú, del valle de Chicama, o del equivalente occidental de la Formación Farrat. del sector oriental, diferencialmente metamorfozada y comprimida; dicha imprecisión se debe mayormente a que sus contactos son fallados. Las cuarcitas, que han sido el agente activo en el desarrollo de la estructura alóctona del sector occidental, realmente, está en gran parte, en contacto anormal y se encuentran prácticamente "flotando" sobre el basamento paleozoico por efectos de despegue tectónico (décollément). Varios autores, anteriormente, han considerado a esta unidad como mucho más antigua.

2.2.4.1.3.2. *Formación Chignia Ki-chig.* Se denomina así, a una secuencia de composición calcáreo-piroclástica, que se encuentra restringida al núcleo del sinclinorio de la localidad homónima, de rumbo promedio N45°E comprendido entre la quebrada de Querpón (c. de Olmos) y los alrededores de Mamayaco (c. de Morropon).

El contacto inferior, con el Grupo Goyllarisquizga, es una aparente concordancia; su contacto superior no se conoce, pero se le calcula un grosor promedio de 400 m. Esta unidad está intensamente comprimida, conjuntamente, con la unidad infrayacente de manera que los estratos se encuentran estirados y ciertos niveles afectados por una marcada esquistosidad de fracturar semejante a la que exhibe el Grupo Salas.

2.2.4.1.4. Depósitos Cenozoicos

2.2.4.1.4.1. *Depósitos aluviales Qh-al.* Los depósitos aluviales mejor desarrollados se encuentran al pie de las estribaciones de la Cordillera Occidental y en los flancos de los grandes cursos fluviales; en algunos sectores están parcialmente cubiertos por depósitos eólicos. Los más importantes depósitos se encuentran al oeste de los cuadrángulos de Olmos, Chulucanas y Las Lomas, donde conforman llanuras aluviales.

2.2.4.1.4.2. *Depósitos glaciares Q-gl.* Estos tipos de depósitos están restringidos a los sectores más septentrionales de la Cordillera Occidental y de la de Sallique por el hecho de que esta parte de los Andes se encuentra a altitudes por encima de los 3,600 m,s.n,m; en cambio hacia el sector sur, los terrenos han sufrido una mayor erosión, por lo que esta clase de depósitos si fueron emplazados; han sido completamente destruidos. Estos depósitos son reconocidos en las esquinas de empalme de los Cuadrángulos de San Antonio Huancabamba y Morropón donde las morrenas embalsan lagunas glaciares como las de Prieto Arrebiatadas. Las Huaringas Shimbe etc. En la Cordillera de Sallique las lagunas de Polombe Mazín y Coyona son de origen glaciar, pero las morrenas están cubiertas por la vegetación exuberante de la zona.

2.2.4.1.4.3. *Depósitos eólicos Q-eo.* Los depositas eólicos cubren gran parte de los desiertos de Sechura y Olmos cuya migración ha sido detenida por las estribaciones de la Cordillera Occidental y por río Piura; en este último caso el movimiento de los mantos de arena de sur a norte y de suroeste a noroeste ha originado la desviación del cauce del río Piura hacia el norte, como se observa actualmente a partir de Chulucanas.

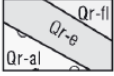


En el cuadrángulo de Olmos y parte de Chulucanas, los mantos de arenaeólica se han depositado en gran volumen debido a la superposición de dunas que se encuentran estabilizadas

por la vegetación; se observa que estos depósitos han sufrido una erosión fluvial de sistema dendrítico que da al terreno un paisaje de tierras malas. En cambio, más al norte estos materiales no están consolidados por lo que las dunas están en constante movimiento.

2.2.4.1.4.4. *Depósitos fluviales Q-fl.* Son los depósitos acumulados en el fondo de los grandes cursos fluviales; están constituidos por conglomerados no consolidados, arenas sueltas y materiales limo-arcillosos; estos depósitos tienen mayor amplitud en los tramos de valle y llanura y son más importantes en el río Piura, desde las localidades de Huabal, Mamayacu y Barrios.

Figura 9:
Perfil estratigráfico del cuadrángulo de Morropón

LEYENDA

| ERATEMA | SISTEMA | SERIE | PISO | UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS | ROCAS INTRUSIVAS | |
|--------------|-----------------------|--|--|---|---|---|
| CENOZOICO | CUATERNARIO | RECIENTE | | Depósitos fluviales eólicos y aluviales Disc.ang. ~~~~~  | Granitos indiferenciados  |  |
| | | TERCIARIO | MEDIO | Volc. Porculla Disc.ang. ~~~~~ Tim-vp | | |
| | INFERIOR | | Volc. Llama Disc.ang. ~~~~~ Ti-vll | | | |
| MESOZOICO | CRETACEO | SUPERIOR | | | | |
| | | MEDIO | Cenomaniano | Volc. Lancognes ? ? ? ? Km-vl | | |
| | | | Albiano | Fm. Chignia Km-chi | | |
| INFERIOR | Aptiano Neocomiano | Gpo. San Pedro y Gpo. Goyllarisquizga Disc.ang. ~~~~~ Ki-sp Ki-g | | | | |
| PALEOZOICO | ORDOVICIANO | | | Fm. Huichinga Pi-rs | | |
| | | | | Gpo. Salas Disc.ang. ~~~~~ Pi-s | | |
| PRECAMBRIANO | | | | Complejo de Olmos Pe-co | | |

Fuente: (INGEMMET, 2000)

2.2.4.2. Geología local. Litológicamente está conformada por el CENOZOICO a continuación, se muestra la columna estratigráfica del área en estudio:

Tabla 2

Columna Estratigráfica del Área de estudio.

| Eratema | Sistema | Serie | Unidad | Simbología |
|---------------------------|----------------|--------------|-----------------|-------------------|
| litoestratigráfica | | | | |
| CENOZOICO | Neógeno | Mioceno | Roca Pamparumbe | KP-am-tn, di |

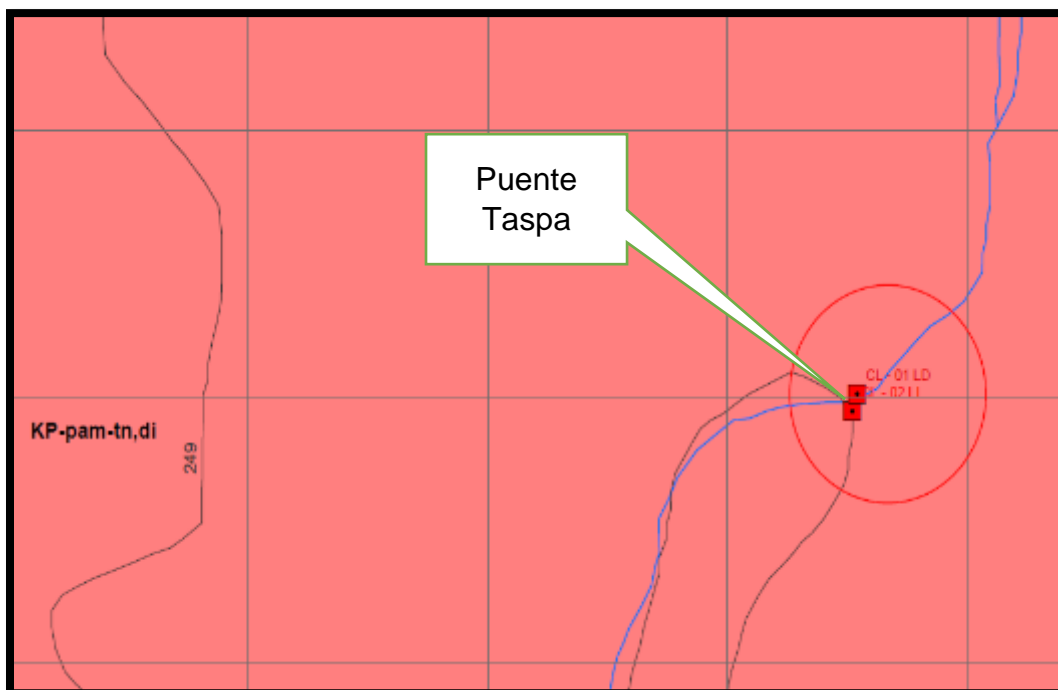
Fuente: INDECI, INEI, INGEMMET, MINAM.

2.2.4.2.1. Grupo Goyllarisquizga. Entre las quebradas Sambumbal (c. de Huancabamba) y Huabal (c. de Pomahuaca), esta unidad que puede corresponder a la formación Farrat. Además, se tienen dos afloramientos pequeños, uno en las cercanías de Chalaco, (c. de Morropón) y otro en la parte alta de Tabaconas. El contacto inferior en la faja tectonizada antes mencionada, es una aparente concordancia con la Formación Tinajones. Más al norte, en Chalaco, donde los afloramientos no son buenos, parece suprayacer al Grupo San Pedro, en Tabaconas yace directamente sobre el basamento precambriano. Su litología, en el sector sur de la localidad de Pucará, está constituida por bancos masivos de areniscas y cuarcitas bien clasificadas, de grano fino a medio, de coloración rojiza por intemperismo; se intercalan con capas delgadas de limolitas y lodolitas abigarradas. Edad y correlación: Al no contener restos paleontológicos por su posición estratigráfica, se le ubica en el Neocomiano-Aptiano. Su correspondencia con las cuarcitas cretáceas del sector suroccidental todavía no está precisada.

2.2.4.2.2. Tonalita Altamisa. La denominación se ha tomado de la localidad de Altamisa, a unos 8 km al este de Chalaco (c. de Morropón). Litológicamente, se una tonalita gris clara, de

grano medio, su principal característica es el contenido de grandes placas de biotita negra. Probablemente la roca se emplazó por intrusión forzada, ya que marginalmente presenta una marcada foliación que le da un aspecto de gneis; en las partes centrales, la roca tiene, más bien, características de una roca plutónica, manteniendo su misma composición mineralógica.

Figura 10:
Unidad lito estratigráfica



Fuente: (GEOCATMIN)

2.2.4.3. Geología estructural. Desde el punto de vista tectónico, la región estudiada se encuentra ubicada en una de las zonas más críticas de los Andes; está afectada por la llamada Flexión de Huancabamba donde la estructuración NNO-SSE característica de los Andes Centrales varía a la dirección NNE-SSO, propia de los Andes Septentrionalés a Colombo - venezolanos (GANSSER, 1973).

De acuerdo a los trabajos regionales de AUBOUIN y BORELLO (1966), VICENTE (1970), AUBOUIN (1972, AUBOUIN y otros (1973) y GM-SSER (1973), consideran que dicha flexión coincidía con el reemplazo axial existente entre dos cadenas que habían evolucionado durante el Mesozoico; una de tipo andino o liminar (de posición continental o intracratónica) y otra de tipo alpino o geosinclinal (de posición intercontinental). Sin embargo, dicho cambio geológico no se observa en el área del presente trabajo, sino mucho más al norte, cerca del golfo de Guayaquil.

Los eventos tectónicos que controlaron la estructuración y levantamiento de los Andes ocurrieron principalmente entre el Cretáceo y el Terciario (siendo la más importante la fase "incaica" del Eoceno superior) WILSON(1970) ha descrito el desarrollo paleotectónico regional del noroeste del Perú durante el Mesozoico (Cretáceo), aunque los macizos paleozoicos o precambrianos se formaron con orogenias más antiguas jugando probablemente, un rol muy importante al controlar o modificar después el tectonismo andino.

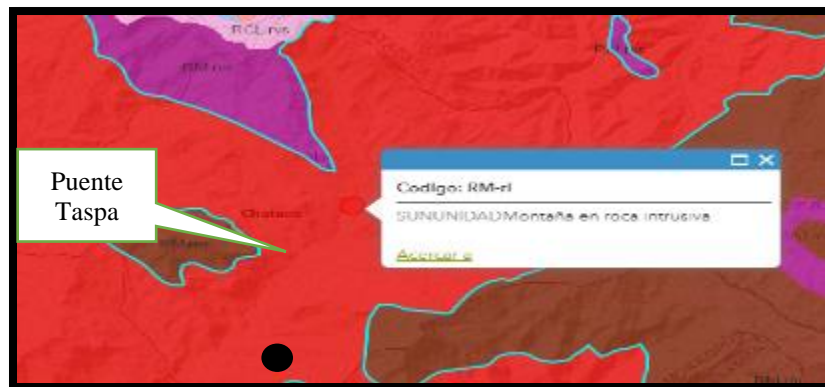
2.2.4.4. Geomorfología. Los rasgos morfológicos que presenta el área estudiada son el resultado de una larga evolución producida principalmente por el tectonismo, el plutonismo y la erosión, factores que modelaron dicha región hasta alcanzar el actual paisaje morfo-estructural. A continuación, se describen las principales unidades geomorfológicas, teniendo en cuenta su evolución de la más joven a la más antigua. En el cuadrángulo de estudio se presenta:

- Valles
- Depresión Para-andina
- Colinas Sub-andina
- Superficie Puna

- Cordillera de Sallique
- Cordillera Occidental

A continuación, se describe la unidad geomorfológica donde se encuentra ubicada el área del proyecto en estudio según el GEOCATMIN:

Figura 11:
Unidad lito estratigráfica



Fuente: (GEOCATMIN)

2.2.4.4.1. Montaña en roca intrusiva RM-ri. Subunidad geomorfológica conformado por laderas de topografía abrupta, con pendiente mayores a 45°. Los cuerpos ígneos intrusivos se encuentran constituidos por granodiorita.

2.2.4.5. Geodinámica externa

a) Sismicidad y riesgo sísmico

- Sismicidad

El sector del Nor-oeste del Perú se caracteriza por su actividad neotectónica muy tenue, que es una característica de la conformación geológica de la zona, sin embargo, los tablazos marinos demuestran considerables movimientos radiales durante el pleistoceno, donde cada

tablazo está íntimamente relacionado a levantamientos de líneas litorales, proceso que aún continúa la actualidad por emergencia de costas.

Debido a la confluencia de las placas tectónicas de Cocos y Nazca, ambas que ejercen un empuje hacia el Continente, a la presencia de las Dorsales de Grijalvo y Sarmiento, a la presencia de la Falla activa de Huaypirá se pueden producir sismos de gran magnitud como aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 3
Sismos históricos (MR ≥7.2)- Piura.

| Fecha | Magnitud Escala de Richter | Hora Local | Lugar/consecuencias |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------|---|
| 09-07-1587 | | 19:30 | Sechura destruida, número de muertos no determinado |
| 01-02-1645 | | | Daños moderados en Piura |
| 20-08-1657 | | | Fuertes daños en Tumbes y Corrales |
| 24-07-1912 | 7.6 | | Parte de Piura fue destruida |
| 12-12-1953 | 7.7 | 12:31 | Fuertes daños en Tumbes y Corrales |
| 07-12-1964 | 7.2 | 04:36 | Daños en Talara y Tumbes |
| 09-12-1970 | 7.6 | 23:34 | Daños en Tumbes, Zorritos, Máncora y Talara |

- Riesgo sísmico

El riesgo sísmico, según la definición propuesta en 1980 por la U.N.E.S.C.O. en la publicación "*Terremotos*", se expresa según la siguiente expresión:

$$RIESGO \acute{S}ISMICO = PELIGROSIDAD ** VULNERABILIDAD ** COSTO.$$

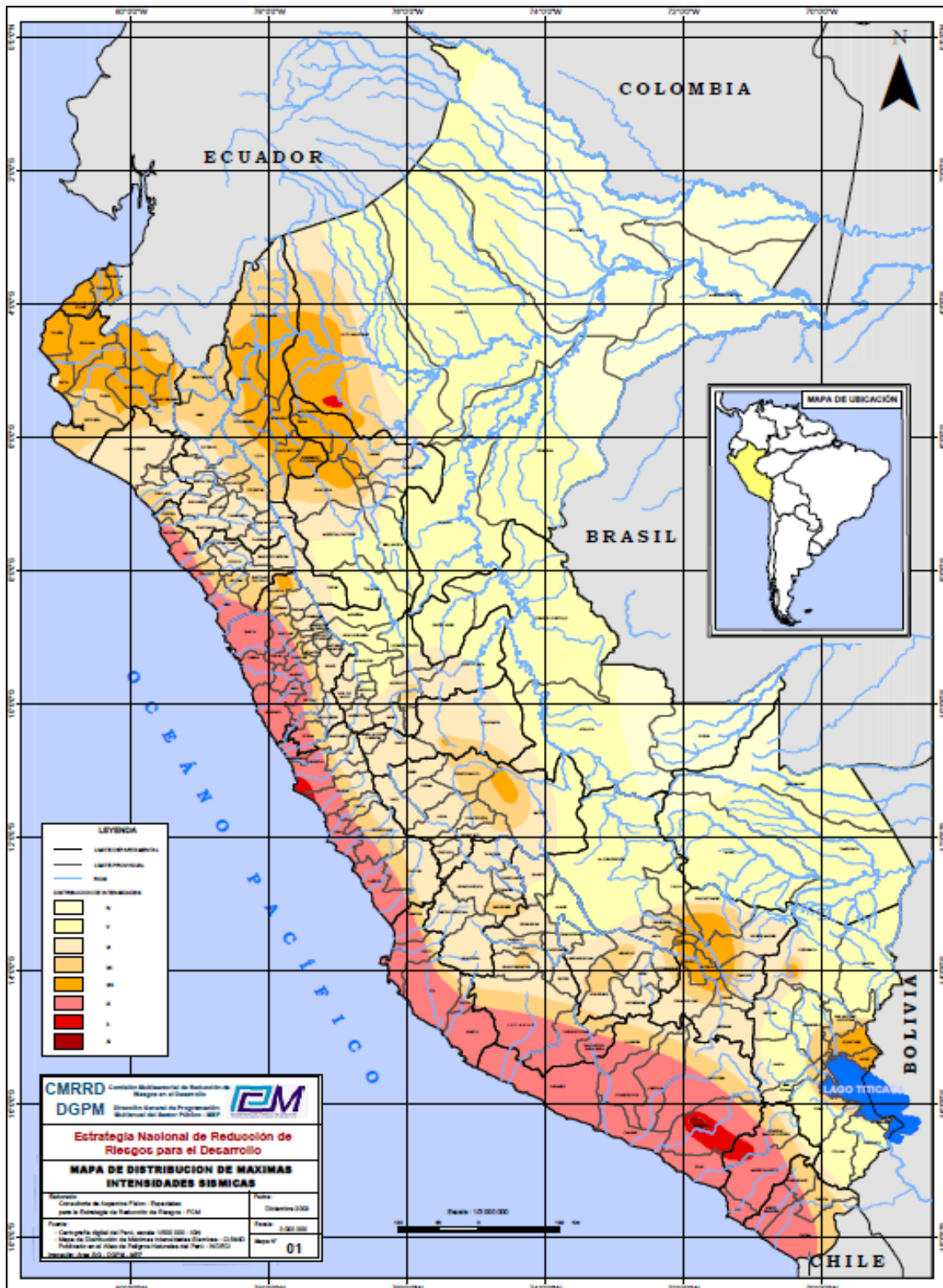
2.2.4.6. Riesgo Sísmico (Seismic Risk): Es la probabilidad de que las consecuencias sociales o económicas producidas por un terremoto igualen o excedan valores predeterminados, para una localización o área geográfica dada.

Según datos basados en el trabajo de CIASA-Lima (1971) usando una "lista histórica" se ha determinado una ley de recurrencia de acuerdo con Gutenberg y Richter, que se adapta "realísticamente" a las condiciones señaladas, es la siguiente:

$$\text{Log } N = 3.35 - 0,68m. 30$$

En principio, esta ley parece la más apropiada frente a otros, con la que es posible calcular la ocurrencia de un sismo $M \geq 8$ para periodos históricos. Atribuyendo a la estructura una vida operativa de 50 años, es recomendable elegir el terremoto correspondiente al periodo de 50 años, el cual corresponde a una magnitud $M_b = 7.5$. Para fines de cálculo se ha tomado también el de $M_b = 8$, correspondiente a un periodo de retorno de 125 años. De acuerdo con Lomnitz (1974), la probabilidad de ocurrencia de un sismo de $M_b = 7.5$ es de 59% y la de un sismo de $M_b = 8$ es de 33%.

Figura 12:
Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas



Fuente: Consultoría de aspectos físico-espaciales para la estrategia de reducción de riesgos- PCM

Las limitaciones impuestas por la escasez de información Sísmica en un periodo estadístico representativo, limita el uso del método probabilístico y la escasez de datos tectónicos restringe el uso del método determinístico, sin embargo, un cálculo basado en la aplicación de tales métodos, aporta criterios necesarios para llegar a una evaluación previa del riesgo sísmico en el Norte del Perú. J.F. Moreano S. (UNP, 1994) establece la siguiente ecuación mediante la aplicación del método de los mínimos cuadrados y la ley de recurrencia: $\text{Log } n = 2.08472 - 0.51704 \pm 0.15432$ M. Una aproximación de la probabilidad de ocurrencia y el periodo medio de retorno para sismo de magnitudes de 7.0 y 7.5 Mb se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 4
Probabilidad de ocurrencias de sismos.

| Magnitud Mb | Probabilidad de ocurrencia | | | Periodo medio de retorno (años) |
|----------------|----------------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|
| | 20 (años) | 30 (años) | 40 (años) | |
| 7.0 | 38.7 | 52.1 | 62.5 | 40.8 |
| 7.5 | 23.9 | 33.3 | 41.8 | 73.9 |

b) *Parámetros para diseño sismo-resistente*

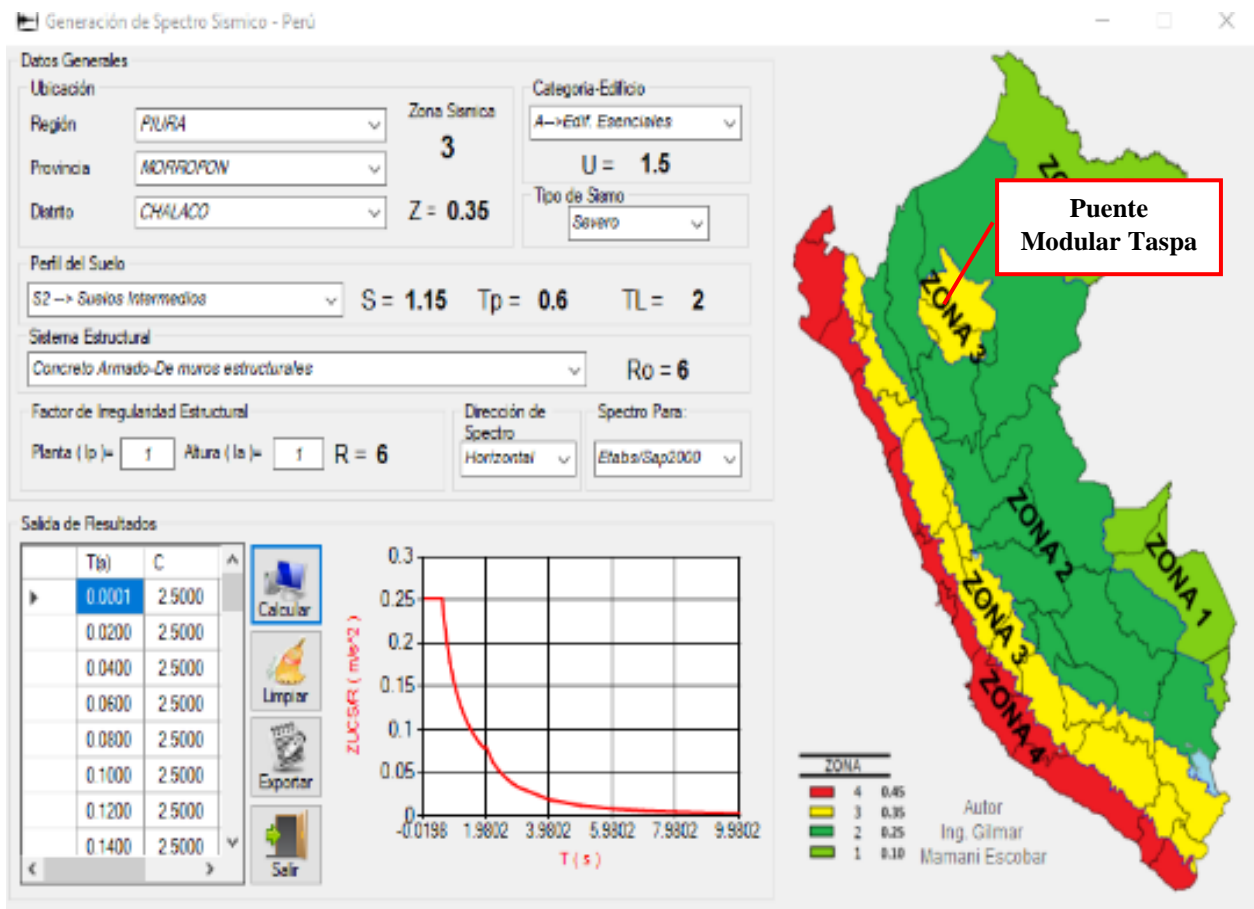
De acuerdo al Mapa de Zonificación sísmica para el territorio peruano (Normas Técnicas de edificaciones E.030 para Diseño Sismo – resistente) del reglamento nacional de edificaciones, el área de estudio se ubica en la zona 03.

El mayor Peligro Sísmico de la Región está representado por 4 tipos de efectos, siguiendo el posible orden (Kusin, 1978)

- Temblores Superficiales debajo del océano Pacífico.
- Terremotos profundos con hipocentro debajo del Continente.
- Terremotos superficiales locales relacionados con la fractura del plano oriental de la cordillera de los Andes occidentales.
- Terremotos superficiales locales, relacionados con la Deflexión de Huancabamba y Huaypirade actividad Neotectónica.

De la Norma Técnica de edificaciones E.030 para Diseño Sismo - resistente se obtuvieron los parámetros del suelo en la zona de estudio.

Figura 13:
Generación de espectros sísmicos



Fuente: Escobar ingenieros

Tabla 5
Parámetros del suelo de la zona de estudio.

| Factores | Valores |
|-----------------------------------|----------------|
| Parámetros de zona | Zona 03 |
| Factor de zona | Z=035 |
| Tipo de suelo | S-2 |
| Amplificación del suelo | S=1.15 |
| Periodo predominante de vibración | TP=0.6 |
| | TL=2 |

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones.

2.2.5. Marco Geotécnico

El reconocimiento geotécnico tiene como objetivo lo siguiente:

- Definir la tipología y dimensiones de cimentaciones y obras de contención, de tal forma que las cargas generadas por estructuras, excavaciones y rellenos, o las cargas soportadas por empujes del terreno, no produzcan situaciones de inestabilidad o movimientos excesivos de las propias estructuras o del terreno, que haga peligrar la obra estructural, o funcionalmente.
- Determinar los problemas.
- Determinación del volumen, localización y tipo de materiales que han de ser excavados, así como la forma y maquinaria adecuada para llevar a cabo dicha excavación.

- Localización y caracterización de materiales para préstamo.
- Problemas relacionados con el agua: Profundidad del nivel freático, Riesgos debidos a filtraciones, arrastres, erosiones internas, etc., influencia del agua en la estabilidad y asiento de las estructuras.

2.2.5.1. Técnicas De Reconocimiento. Para el reconocimiento geotécnico del terreno pueden utilizarse desde la básica inspección visual, hasta técnicas de campo o laboratorio.

Dentro de estas últimas, se puede establecer la siguiente clasificación:

- Prospecciones manuales o mecánicas
- Calicatas.
- Sondeos manuales o mecánicos.
- Ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas
- Pruebas de penetración.
- Métodos geofísicos.

2.2.5.2. Método de Exploración Geotécnica

a) Excavación a cielo abierto o calicatas

El trabajo de campo incluye las siguientes actividades

- Selección de lugares para excavación de calicatas, ubicadas en las estructuras de apoyo del puente a proyectarse, los cuales se indican en el plano de ubicación de calicatas, para así diferenciarlas cuando se realice el procesamiento de las muestras en el laboratorio.
- Excavación, registro y muestreo de las excavaciones.

2.2.5.2.1. Calicatas. La exploración del subsuelo se realizó con un total de 02 calicatas o excavaciones a cielo abierto, ubicadas en zonas respectivas del área de estudio, para así determinar sus características y perfil estratigráfico; y llevar muestras al laboratorio para su ensayo.

Se presenta el cuadro de resumen de ensayos de laboratorio y las unidades alcanzadas en cada una, así con certificaciones de los ensayos de laboratorio para clasificaciones de suelos.

2.2.5.2.2. Profundidad P mínima a alcanzar en cada calicata. Para cimentación superficial la norma E-050 establece: Para el caso de los puentes proyectados el Manual de Puentes especifica que para cimentación superficial la profundidad de exploración debe ser lo suficientemente grande como para atravesar totalmente suelos no adecuado para cimentación. La Norma E. 050 establece que En ningún caso P será menor de 3 metros, excepto si se encontrase roca, bloques de gran magnitud o nivel de capa freática antes de alcanzar la profundidad mínima.

Por lo tanto:

$P \geq 3.00$ metros

$P = 3.00$ que es el mínimo requerido para calicatas a nivel de cimentación, Considerándose que en estas profundidades se ubican las fuerzas que desarrollan las zonas de falla (activa, transición y pasiva) establecido por Terzaghi y otros autores.

NOTA 1: En ningún caso será menor de 3m, excepto si se encontrase roca, bloques de gran magnitud o nivel de capa freática antes de alcanzar la profundidad mínima.

- Distribución de los puntos.

Las calicatas fueron ubicadas uniformemente dentro del área en estudio, considerando que no existan fallas de los estratos durante y después de las excavaciones de las calicatas.

- Variabilidad del Suelo.

Es importante tener siempre en cuenta la variabilidad de la composición y el estado de consolidación de los depósitos de suelos naturales; por lo tanto, se requiere aplicar un juicio basado en el sentido común y la experiencia al establecer los resultados de las pruebas y saber cuánto se debe confiar en estos o descartarse.

- Número y tipo de muestras a extraer.

De la excavación realizada se han tomado las muestras de tipo Mab (muestra alterada en bolsa plástica), las mismas que fueron conducidas al laboratorio para los ensayos respectivos. Asimismo, durante los sondeos de campo se realizan las primeras aproximaciones para definir los tipos de cimientos y las profundidades de desplante. Los trabajos de sondeo se realizaron con herramientas manuales consistentes en picos y lampas.

NOTA 2: Los trabajos de campo, así como excavación de calicatas, extracción de muestras y toma de datos de campo fueron realizados por personal designado por solicitante quien es el responsable de la veracidad de los resultados obtenidos en laboratorio.

2.2.5.3. Muestreo. Se tomaron muestras alteradas representativas de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de laboratorio.

2.2.5.3.1. Lectura de Perfiles Estratigráficos. En cada calicata se realizó la identificación y lectura de los perfiles estratigráficos, observándose los diferentes tipos de suelos; información importante para correlacionar las diferentes capas y la preparación de cortes para una mayor objetividad al momento de realizar los diseños.

2.2.5.3.1.1. Registro De Excavaciones. Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como espesor de estrato, color, humedad, compacidad, plasticidad, etc.

2.2.5.4. Estudio Geotécnico. Debe entenderse a la geotecnia como la aplicación de la Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas y Geología de Ingeniería a los problemas del uso de los Macizos Terrosos y Rocosos. (Meza, 1998)

Según el Manual de Puentes (MTC, 2018), permite establecer las características geotécnicas, es decir, la estratigrafía, la identificación y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el diseño de cimentaciones estables.

1. Alcance:

El estudio debe considerar exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, cuya cantidad será determinada en base a la envergadura del proyecto, en términos de su longitud y las condiciones del suelo que permitan determinar los parámetros geotécnicos. Los estudios deberán comprender la zona de ubicación del puente, estribos, pilares y accesos. (MTC, 2018).

2.2.5.4.1. Los estudios geotécnicos comprenderán:

- Ensayos de campo en suelos y/o rocas.
- Ensayos de laboratorio en muestras de suelo y/o rocas extraídas de la zona.
- Descripción de las condiciones del suelo, estratigrafía e identificación de los estratos de suelo o base rocosa.
- Definición de tipos y profundidades de cimentación adecuada, así como parámetros geotécnicos preliminares para diseño del puente a nivel anteproyecto.

- Dependiendo de la envergadura del proyecto y del tipo de suelo se deberán realizar sondajes (perforaciones) complementadas con refracción sísmica, o excavaciones de verificación.
- Presentación de los resultados y recomendaciones sobre especificaciones constructivas y obras de protección.

1. Ensayos de Laboratorio:

Los métodos usados en los ensayos de laboratorio deben estar claramente referidos a normas técnicas especializadas relacionadas con los ensayos respectivos. Pueden considerarse los ensayos de suelos que se listan a continuación (Manual de Puentes [MTC], 2016):

- Contenido de humedad (ASTM D2216)
- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422-NTP 400.012)
- Límites de consistencia (ASTM D4318 - NTP 339.129)
- Peso específico relativo de sólidos (ASTM D854)
- Clasificación SUCS (ASTM D 2487 - NTP 339.134)

2. Interrelación con estudios hidrogeológicos:

Según el Manual de Puentes (MTC, 2016) en caso de puentes sobre cursos de agua, la información sobre la geomorfología y las condiciones del subsuelo del cauce y alrededores son complementarias con aquella obtenida de los estudios hidrológicos. El diseño de elementos de subestructura se realizará tomando en cuenta además la influencia de la socavación y la supresión en el diseño. El nivel de cimentación deberá estar por debajo de la profundidad de socavación estimada.

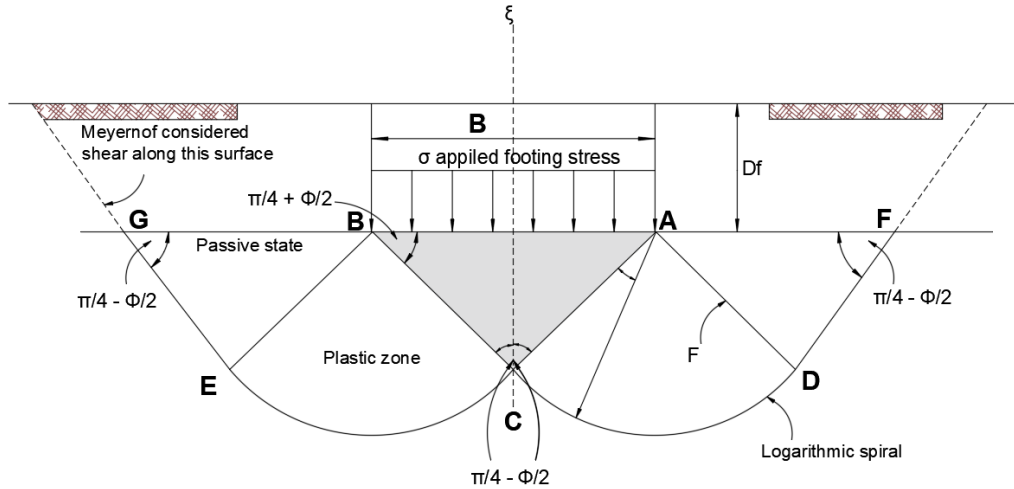
2.2.6. Metodología del Cálculo

2.2.6.1. Diseño en el estado límite de resistencia. Una de las primeras metodologías de cálculo de cimentaciones superficiales corridas fue propuesta por Terzaghi (1943). Su propuesta surgió a partir de ciertas modificaciones realizadas a la propuesta original de Prandtl (1920) que se basaba en la teoría de la plasticidad.

La capacidad de carga de un suelo homogéneo al cual se le aplica una carga vertical a través de una zapata en la superficie, puede ser estimada de modo relativamente fácil por la teoría convencional de Terzaghi (1943), la cual asume las siguientes condiciones:

- El suelo es homogéneo, isotrópico, rígido, plástico y continuo.
- La relación entre la profundidad de cimentación (D_f) y el ancho de la cimentación (B) es pequeña.
- Durante el proceso de carga se produce en la cimentación una Falla General por Corte.
- El ángulo θ en la cuña es el ángulo de fricción del suelo (ϕ). Luego, Vesic (1943) demostró que dicho ángulo es $\theta = 45 + \phi/2$.
- La resistencia al corte del suelo ubicado por encima del nivel de fondo de cimentación no es considerada. Posteriormente, Meyerhof (1951) consideró la resistencia de esta zona.
- El suelo por encima del nivel de fondo de cimentación puede ser reemplazado por el esfuerzo (γD_f).
- Un esquema de la superficie asumida por Terzaghi se muestra en la Figura.

Figura 14:
Superficie de falla asumida por Terzaghi



Fuente: Terzaghi

La capacidad de carga se ha analizado usando la fórmula de Terzagui y Peck (1967) con los parámetros de Vesic (1973).

$$q_u = S_c C N_c + S_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q \gamma D_f N_q$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

Donde:

Qu: Capacidad ultima de carga

Qadm: capacidad admisible de carga

FS: Factor de seguridad igual a 3.

γ : peso unitario del suelo

B: Ancho de la cimentación

L: Longitud de cimentación

C: Cohesión

Df: profundidad de cimentación

Nc, Ny, Nq : Parámetros de capacidad portante en función de ϕ

Sc, Sy, Sq : factres de forma (Vesic, 1979)

ϕ : Ángulo de fricción

$$S_{\gamma} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right); S_q = 1 - tg\phi \left(\frac{B}{L} \right); S_c = 1 + \left(\frac{N_q}{N_c} \right) * \left(\frac{B}{L} \right)$$

Finalmente, tanto el Manual de Puentes del 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones como el Manual de Diseño de Puentes AASHTO LRF 2012 de la American Association o State Highway and Transporttion Officials de los Estados Unidos, determinan que la capacidad de carga nominal de un estrato de suelo (en ksf) se tomará de la siguiente forma:

$$q_n = cN_{cm} + \gamma N_{qm} C_{wq} + 0.5BN_{\gamma m} C_{w\gamma} \quad \text{Ec 2.8.1.3.1.2a-1 Manual de Puentes MTC}$$

En el cual:

- $N_{cm} = N_c S_c i_c$ Ec 2.8.1.3.1.2a-2 Manual de Puentes MTC
- $N_{qm} = N_q S_q d_q i_q$ Ec 2.8.1.3.1.2a-3 Manual de Puentes MTC
- $N_{\gamma m} = N_{\gamma} S_{\gamma} i_{\gamma}$ Ec 2.8.1.3.1.2a-4 Manual de Puentes MTC

La capacidad de carga factorizada Q_r en el Estado Límite de Resistencia se deberá tomar como:

$$q_r = \phi_b q_n$$

Donde:

ϕ_b : factor de resistencia especificado en la Tabla 2.8.1.1.12.6-1

q_n : capacidad de carga nominal (ksf).

Figura 15:
Factor de resistencia

Tabla 2.8.1.1.12.6-1 Factores de Resistencia Geotécnica de Cimentación Superficial en Estado Límite de Resistencia (10.5.5.2.2-1 AASHTO)

| Método / Suelo / Condición | | | Factor de Resistencia |
|----------------------------|-------------|--|-----------------------|
| Capacidad de carga | ψ_b | Método Teórico (Munfakh et al. 2001), en arcilla | 0.50 |
| | | Método Teórico (Munfakh et al. 2001), en arena, usando CPT | 0.50 |
| | | Método Teórico (Munfakh et al. 2001), en arena, usando SPT | 0.45 |
| | | Método Teórico (Munfakh et al. 2001), todos los suelos | 0.45 |
| | | Zapata en roca | 0.45 |
| | | Prueba de placa | 0.55 |
| Deslizamiento | ψ_r | Concreto prefabricado colocado sobre arena | 0.90 |
| | | Concreto llenado en sitio sobre arena | 0.80 |
| | | Concreto prefabricado o llenado en sitio sobre arcilla | 0.85 |
| | | Suelo sobre suelo | 0.90 |
| | ψ_{ep} | Componente de la presión pasiva de la tierra de resistencia al deslizamiento | 0.50 |

Fuente: Documentación (AASHTO, 2019)

2.2.6.2. Diseño en el estado límite de servicio. De acuerdo al Manual de Puentes 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Manual AASHTO LRFD 2012 de la American Association of State Highway and Transportation Officials de los Estados Unidos, los asentamientos en suelos no cohesivos se pueden estimar utilizando los procedimientos empíricos o la teoría de la elasticidad.

El asentamiento de las zapatas apoyadas sobre depósitos de suelos no cohesivos será estimado como función del ancho efectivo de la zapata y considerar también, los efectos de la geometría de la zapata y la profundidad de los suelos.

El método elástico de medio espacio asume que la zapata es flexible y que está soportada por un suelo homogéneo de infinita profundidad. El asentamiento elástico de la zapata en pies, por el método elástico de medio espacio, será estimado como:

$$S_e = \frac{[q_0(1 - \nu^2)\sqrt{A'}]}{144E_s\beta_z}$$

Donde:

q_0 : Esfuerzo Vertical aplicado (ksf)

A' : Área Efectiva de la Zapata (ft²)

E_s : Módulo de Young del suelo, considerando la tabla 2.8.1.2.4.2-1

BZ : Factor de forma como específica la tabla 2.8.1.2.4.2-2

ν : Relación de Poisson como especifica la tabla 2.8.1.2.4.2-1.

Figura 16:

Constantes elásticas

| Tabla 2.8.1.2.4.2-1 Constantes elásticas de diferentes suelos (modificadas de acuerdo con el U.S. Department of the Navy, (1982); Bowles (1988) (Tabla C 10.4.6.3-1 AASHTO) | | |
|---|--|--|
| Tipo de suelo | Rango de Valores Típicos Modulo de Young Valores E_s (Ksi) | Coficiente de Poisson's ν (Adimensional) |
| <u>Arcilla:</u> Blanda sensible Medianamente rígida a rígida Muy rígida | 0.347 – 2.08 2.08 – 6.94 6.94 – 13.89 | 0.4 – 0.5 (no drenada) |
| <u>Loes:</u> Limo | 2.08 – 8.33 0.278 – 2.78 | 0.1 – 0.3 0.3 – 0.35 |
| <u>Arena fina:</u> Suelta Medianamente densa Densa | 1.11 – 1.67 1.67 – 2.78 2.78 – 4.17 | 0.25 |
| <u>Arena:</u> Suelta Medianamente densa Densa | 1.39 – 4.17 4.17 – 6.94 6.94 – 11.11 | 0.20 – 0.36 0.30 – 0.40 |
| <u>Grava:</u> Suelta Medianamente densa Densa | 4.17 – 11.11 11.11 – 13.89 13.89 – 27.78 | 0.20 – 0.35 0.30 – 0.40 |

Fuente: Documentación (AASHTO, 2019)

2.2.6.3. Diseño de Cimentación

2.2.6.3.1. Parámetros De Resistencia Cortante Y Cohesión. Los suelos, como cualquier material, bajo ciertas sollicitaciones, se comportarán como materiales elásticos, pero en muchas veces tendrá deformaciones mayores de las normales, por lo que será un factor predominante el considerar la plasticidad del suelo.

El suelo puede presentar diversos tipos de fallas tales como: disgregamiento, deslizamiento en líneas de rotura o fluencia plástica.

La resistencia al esfuerzo cortante está representada por la ecuación de Coulomb.

$$\tau = c + \sigma_0 \tan \phi$$

En la que:

τ = Resistencia al corte del suelo.

c = Cohesión del suelo.

σ_0 = Esfuerzo normal intergranular.

ϕ = Ángulo de fricción interna del suelo, el cual se supone que es constante.

La cohesión puede ser definida como la adherencia entre las partículas del suelo debida a la atracción entre ellas, producidas por sus fuerzas intergranulares. El ángulo de fricción interna es función de la uniformidad de las partículas del suelo, del tamaño y la forma de los granos y de la presión normal.

2.2.6.3.1.1. Envolvente de falla. En la práctica normal de Ingeniería, esta curva se define como una recta aproximada dentro de un rango seleccionado de esfuerzos, en la cual $s = c + \sigma \tan \phi$

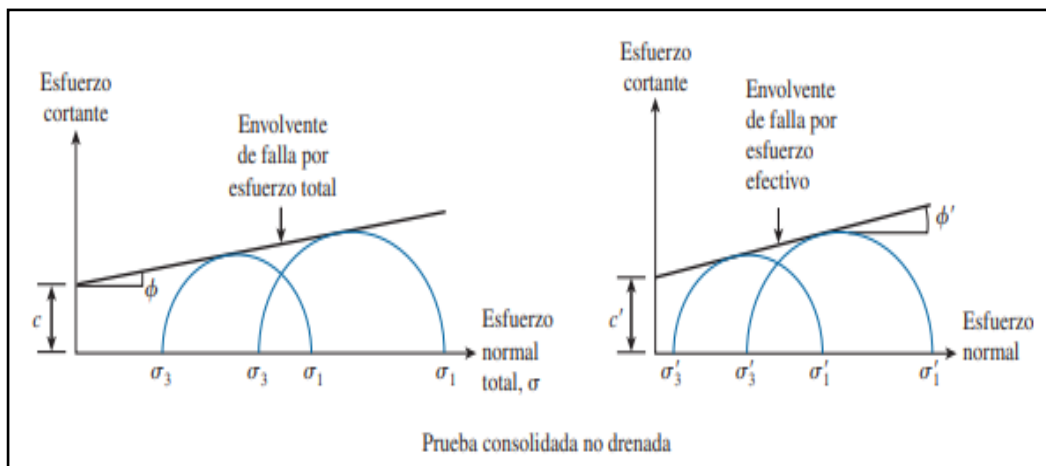
Donde:

c : Ordenada al eje de resistencia (cohesión)

ϕ : Pendiente de la envolvente (ángulo de fricción)

Figura 17:

Gráfica envolvente de falla



Fuente: Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones Braja M. Das

2.3. Marco conceptual

- **Ancho de vía:** Calzada o superficie en la cual permitirá la circulación de vehículos (Cain y Arcos, 2016).
- **Ancho del puente:** Es la sumatoria de todos los anchos que presenta esta estructura, tanto de su calzada, aceras, ciclovías, barandas y/o espaldones (MTC, 2018).
- **Apoyos:** Son elementos sobre los cuales son apoyados el sistema de vigas o losa del tablero, las cuales son generalmente de elastómeros o metálicos y tienen la función de transmitir cargas de la superestructura a la subestructura (MTC, 2018).
- **Armadura:** Estructura que actúa como una viga, las cuales presentan componentes sometidos a esfuerzos axiales, estos componentes o miembros están organizados de manera triangular (Garita y Madrigal, 2003).

- **Calzada:** Espacio destinado para el tránsito vehicular, la cual incluyen los carriles de una vía (Rumiche, 2018).
- **Carga muerta:** La carga muerta es el peso que tiene propiamente de cada componente de la estructura (Cain y Arcos, 2016).
- **Carga viva:** Son aquellas cargas denominadas “temporales” o “provisionales” que se generan con el tráfico vehicular o peatonal sobre la estructura (Rumiche, 2018).
- **Modular:** Todo aquel cuerpo compuesto de diversos módulos que pueden presentarse como armaduras o cuerpos específicos que formen parte de una estructura en conjunto (Garita y Madrigal, 2003).
- **Obras de arte menores:** Son aquellas estructuras que presentan una luz libre entre eje de apoyos menor a 6.00 metros (MTC, 2018).
- **Puente:** Estructura requerida para atravesar un obstáculo presentado de manera artificial o natural y/o accidente geográfico, con luz igual o mayor a 20 ft (6.00 metros), siendo parte un tramo de carretera o localizado sobre o por debajo de la misma (Garita & Madrigal, 2003)
- **Socavación:** Es la remoción de materiales del lecho y de las bancas de un cauce debido a la acción erosiva del flujo de agua alrededor de una estructura hidráulica. Es el producto del desequilibrio entre el aporte sólido que trae el agua a una cierta sección y la mayor cantidad de material que es removido por el agua en esa sección. (Tomas Ocho Rubio, Hidrología, Hidráulica y Socavación en Puentes).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis General.

La hidrología y geotecnia influyen en la instalación del puente modular Taspá del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura. Departamento de Piura.

3.2. Hipótesis Específicos.

1. La hidrología interviene en la instalación del puente modular Taspá del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura, es necesario sus estudios para determinar la socavación y galibo del puente.

2. La geotecnia contribuye en la instalación del puente modular Taspá del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura, para determinar la capacidad admisible y nivel de cimentación de los apoyos.

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual de la variable

3.3.1.1. Intervención hidrológica. Describe los factores que influyen en la obtención de diseños adecuados que garanticen el buen funcionamiento del sistema de drenaje proyectado, acorde a las exigencias hidrológicas de la zona de estudio. (MTC, 2018).

3.3.1.2. Efectos de la Geotecnia. Se encarga de establecer las características geológicas, tanto local como general de las diferentes formaciones geológicas que se encuentran identificando tanto su distribución como sus características geotécnicas correspondientes (MTC, 2018).

3.3.1.3. Puente modular: El puente modular es un puente que está compuesto por módulos que formen parte de una estructura en conjunto. (Garita y Madrigal, 2003)

3.3.2. Definición operacional de las variables.

3.3.2.1. Intervención hidrológica: La intervención hidrológica e hidráulica es el estudio que se realiza con la finalidad de dar a conocer aspectos específicos sobre el agua, precipitaciones, escorrentía, entre otros de un determinado lugar.

3.3.2.2. Efectos de la geotecnia: Permite establecer las características geotécnicas, es decir, la estratigrafía, la identificación y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el diseño de cimentaciones estables y evaluar los supuestos que puede generar este parámetro en la instalación del puente.

3.3.2.3. Puente modular: Un puente modular es un tipo de puente, conjunto de elementos que forman una estructura con la finalidad de brindar provisional o permanentemente el transporte de personas o móviles.

3.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 6
Operacionalización de variables.

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición |
|---|---|--|--|---|--------------------|
| <u>Variable Independiente:</u> Intervención hidrológica | Describe los factores que influyen en la obtención de diseños adecuados que garanticen el buen funcionamiento del sistema de drenaje proyectado, acorde a las exigencias hidrológicas de la zona de estudio. (MTC, 2018). | Da a conocer aspectos específicos sobre el agua, precipitaciones, escorrentía, entre otros de un determinado lugar. | Características hidrológicas e hidráulicas | Precipitaciones | Ordinal |
| | | | | Caudales | Ordinal |
| | | | | Tiempos de concentración | Ordinal |
| | | | | Socavación | Ordinal |
| <u>Variable Independiente:</u> Contribución de la geotecnia | Se encarga de establecer las características geológicas, tanto local como general de las diferentes formaciones geológicas que se encuentran identificando tanto su distribución como sus características geotécnicas correspondientes (MTC, 2018). | Permite establecer las características geotécnicas estables y evaluar los supuestos que puede generar este parámetro en la instalación del puente. | Características geotécnicas | Estratigrafía | Ordinal |
| | | | | Granulometría | Ordinal |
| | | | | Contenido de humedad | |
| | | | | Límites de Atterberg Proctor Modificado CBR | |

| <u>Variable Dependiente:</u> | | | | Propiedades mecánicas | |
|-------------------------------------|--|---|---------------------------|-----------------------|---------|
| Puente modular | <p>Un puente es una estructura que se requiere para atravesar un obstáculo natural o artificial, con una luz libre mayor o igual a 6.00 metros (MTC, 2018).</p> <p>El puente modular es un puente que está compuesto por módulos que formen parte de una estructura en conjunto (Garita y Madrigal, 2003).</p> | <p>Un puente modular es un tipo de puente, conjunto de elementos que forman una estructura con la finalidad de brindar provisional o permanentemente el transporte de personas o móviles.</p> | Levantamiento topográfico | Ubicación | Nominal |
| | | | | Planimetría | Nominal |

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Método de la investigación

Esta investigación presentó un método cuantitativo por realizar la evaluación y estudio de una estructura a base de conocimientos existentes, con datos detallados y principios teóricos de gran valor. No se realizó el descubrimiento alguno, se hizo el empleo de diversos instrumentos existentes que permitió llegar al cumplimiento de los objetivos trazados.

4.2. Tipo de la investigación

La presente investigación se consideró un proyecto de tipo descriptivo - explicativo por hacer empleo de los conocimientos obtenidos o adquiridos, esta investigación netamente se centró en abordar un problema específico, no encontrar variedades de situaciones, sino de explicar o determinar una evaluación hidrológica, geotécnica y su influencia que presentan estas en la instalación de un puente modular, siendo necesario tomar en consideración la valiosa información que se recopiló mediante este estudio.

4.3. Nivel de la investigación

Esta tesis presentó un nivel descriptivo - explicativo, ya que, mediante este nivel de investigación, se recopilaron características, condiciones de la zona de estudio con la finalidad de detallar la influencia directa que presenta el estudio hidrológico e hidráulico en la instalación del puente modular Taspá ubicado en el distrito de Chalaco, provincia de Morropón en el departamento de Piura, además de haber sido considerado esencial la evaluación topográfica, evaluación geológica y geotécnica mediante un estudio de suelos y un impacto ambiental.

4.4. Diseño de investigación

El diseño que fue tomado en cuenta para el desarrollo de esta investigación fue del tipo cuasi experimental puesto que se tuvo como medio la observación y descripción de los resultados obtenidos después de su procesamiento, en este caso tiene relación directa con la descripción de las características, aspectos importantes hidrológicos y geotécnicos que presenta la zona y su influencia que genera en la instalación del puente modular Taspá.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población.

La población en la presente investigación, se determinó a la sub cuenca Corrales y al Puente Modular Taspá, por ser la zona de estudio en general del proyecto.

4.5.2. Muestra.

La presente investigación consideró como muestra a la sub cuenca Corrales y al Puente Modular Taspá, por ser la zona de estudio en general del proyecto, ubicado en el distrito de Chalaco, provincia de Morropón, departamento de Piura, por ser la estructura esencial de estudio.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Dentro de las técnicas e instrumentos que fueron tomados en cuenta para la recolección de datos en la presente investigación fueron los siguientes:

4.6.1. Técnicas

- Observación: Esta técnica es considerada esencial puesto que fue parte del reconocimiento del terreno o zona de estudio, esta técnica permitió la evaluación general del proyecto, tomando en consideración las características o condiciones de la zona elegida.
- Estudio de Mecánica de Suelo: Esta es una técnica ingenieril que se encargó de estudiar la características físicas y mecánicas del suelo presente en la zona de influencia del puente modular Taspá, distrito de Chalaco, provincia de Morropón.
- Análisis de contenido: El análisis de contenido es una técnica metodológica, que permitió la recopilación bibliográfica obtenida en tesis, informes, revistas, libros o medios virtuales que contengan información valiosa y aporte a la presente investigación.

4.6.2. Instrumentos.

- Ficha de observación: Esta ficha fue un instrumento inicial tomado en cuenta para realizar el trabajo de campo en reconocimiento de terreno, permitió llevar a cabo en esta ficha colocar los datos más relevantes de la zona.
- Formatos de laboratorio: Los formatos de laboratorio fueron instrumentos esenciales para llevar a cabo la evaluación de los suelos de la zona, obteniendo así sus características físicas y mecánicas de estas muestras basándose de las Normas Técnicas Peruanas existentes, tanto en su procedimiento como en sus cálculos.
- Guía de análisis de contenido: Esta guía fue un instrumento aplicado para la recopilación de toda información esencial que aporte al desarrollo de nuestra presente investigación.

4.6.3. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para el procesamiento de la información obtenida en la presente investigación fue necesario explicar de manera detallada el procedimiento necesario para el estudio completo de una evaluación hidrológica y geotécnica de un proyecto en específico, en este caso del puente modular Taspá.

Primero, se consideró necesario realizar un reconocimiento de terreno en el distrito de Chalaco ubicada en la provincia de Morropón en el departamento de Piura, para conocer sus condiciones de la zona, y tener en consideración algunas características importantes de la misma.

Seguidamente, un levantamiento topográfico y la extracción de muestras de suelos para su estudio de mecánica de suelos en la zona específica del proyecto puente modular Taspá del distrito de Chalaco.

El estudio hidrológico que fue necesaria para dar viabilidad de un proyecto como el planteado, del puente modular Taspá, en la cual constó de determinar los diversos parámetros hidrológicos que influyen en su zona de estudio.

4.6.4. Aspectos éticos de la investigación.

Para esta investigación, se hizo el empleo del método científico, la cual consistió en la interpretación de todos los resultados obtenidos mediante la recolección de datos, procesando de esta manera la información necesaria para lograr obtener lo deseado, como es en este caso, la investigación necesitó una detallada evaluación geotécnica, hidrológica e hidráulica de la zona de influencia del puente modular Taspá, distrito de Chalaco, provincia de Morropón.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Información básica de la zona de estudio

5.1.1. Ubicación.

El terreno de estudio se encuentra ubicado en la región Piura, provincia de Morropón, distrito de Chalaco, según como se puede visualizar en las siguientes imágenes.

Figura 18:

Región de Piura en el mapa peruano



Fuente: (Google imágenes, 2020)

Figura 19:
Provincias de Piura



Fuente: (Google imágenes, 2020)

Figura 20:
Distrito de Morropón



Fuente: (Google imágenes, 2020)

Fotografía 1:

Zona de estudio para el puente Taspá, distrito Chalaco



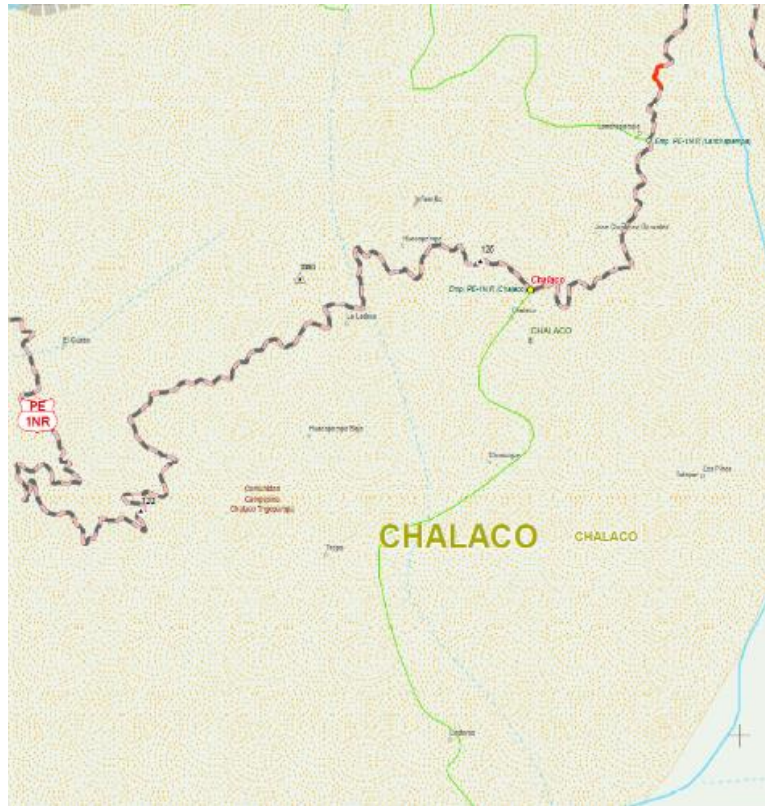
5.1.2. Accesibilidad.

En la actualidad el transporte entre Chalaco y Carpintero se realiza en forma muy limitada utilizando Animales de carga, por cuanto los vehículos de carga pesada no pueden pasar el puente por lo que tienen que realizar permanentemente transbordo de productos de primera necesidad y materiales varios, ocasionando grandes pérdidas de tiempo y dinero a los usuarios.

El acceso principal a la zona de estudio es por vía terrestre y se realiza de la siguiente manera:

Se accede a través de la carretera asfaltada Nacional 1NJ durante 70 km hasta llegar al desvío hacia Huancabamba, de este punto se toma la ruta PE-02A, durante 10.8 km hasta llegar al desvío hacia Morropón, de este punto se toma la ruta PE-1NR durante 56.0 km, hasta llegar al distrito de Chalaco, a partir del Distrito de Chalaco se debe tomar un camino vecinal no conocido, que en un recorrido de 4.2 km nos lleva a la ubicación final del puente Taspá.

Figura 21:
Ubicación final del puente Taspá



Fuente: (MTC, 2017)

Las distancias desde la ciudad de Piura hacia la zona de estudio del puente Taspá, se consideran a los siguientes:

Tabla 7
Distancias a la zona de estudio.

| Ciudades | | Tipo de vía | Distancia (km) |
|-------------|--------------|----------------|----------------|
| De | Hasta | | |
| Piura | Huancabamba | Pav. asfáltico | 70.00 |
| Huancabamba | Morropón | Pav. asfáltico | 18.80 |
| Morropón | Chalaco | Pav. asfáltico | 56.00 |
| Chalaco | Puente Taspá | Afirmado | 4.20 |
| Total | | | 140.00 |

Geográficamente el Puente Taspá se ubica en las Coordenadas UTM WGS84:

Tabla 8

Características geográficas del puente Taspá.

| Características geográficas | |
|-----------------------------|--------------|
| Este: | 635257.00m |
| Norte: | 9440991.00 m |
| Cota: | 1814.00 m |

Figura 22:

Puente Taspá Chalaco, Distrito de Morropón, Piura



Fuente: (Google Earth, 2019)

5.2. Estudio hidrológico en instalación del puente modular Taspá

5.2.1. Características principales de la cuenca.

5.2.1.1. Parámetros físicos. Se definen las características que permitirán conocer las variaciones de los elementos que conforman un estudio hidrológico.

Fotografía 2

Toma de perfil, puente Taspá



5.2.1.2. Delimitación de la cuenca. Se utilizó el programa ArcGIS, para la delimitación de la cuenca del Río Claro y determinar sus parámetros geomorfológicos de dicha cuenca, tal como se muestra a continuación:

Figura 23:

Delimitación de la cuenca Río Claro



5.2.1.3. Área de la cuenca. Se utilizó el programa ArcGIS 10.5 para el cálculo del área obteniendo el siguiente resultado:

$$\text{Área} = 29.11 \text{ km}^2$$

5.2.1.4. Perímetro de la cuenca. Usando los mismos métodos computacionales que para el área, se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Perímetro} = 26.03 \text{ km}$$

La siguiente tabla, muestra el resumen de los parámetros físicos obtenidos con el software ArcGIS 10.5.

Tabla 9
Características físicas de la cuenca.

| Característica | Resultado | Unidad |
|-------------------------|------------------|-----------------|
| Área total de la cuenca | 29.11 | Km ² |
| Perímetro de la cuenca | 26.03 | Km |
| Cota Máxima | 3700.00 | m.s.n.m. |
| Cota Mínima | 1750.00 | m.s.n.m. |
| X - Centroide | 636272.14 | m |
| Y - Centroide | 9444048.17 | m |
| Z - Centroide | 2703.01 | m |

5.2.1.5. Parámetros morfológicos.

5.2.1.5.1. Índice de Gravelius (K). También denominado índice de compacidad. Con el uso de la siguiente fórmula, se obtuvo un valor de K igual a 1.3611.

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 1.3611$$

Fuente: (Villón, 2002)

Debido a que el valor de K se encuentra entre los rangos 1.26 – 1.50, (K = 1.3611), la forma de la cuenca es OVAL REDONDA.

Tabla 10

Clasificación de la cuenca según el valor de K.

| Clase de forma | Índice de compacidad | Forma de la cuenca |
|----------------|----------------------|-------------------------------|
| Clase II | 1.26 - 1.50 | oval - redonda a oval oblonga |

Fuente: Horton, 1932.

5.2.1.5.2. Factor de forma de la cuenca.

Considerando la siguiente fórmula:

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

Fuente: (Villón, 2002)

$$F_f = 0.585$$

Según el valor obtenido, se puede clasificar la forma de la cuenca como ALARGADA, debido a que el valor de Ff se encuentra entre los rangos de 0.22 y 0.30.

Tabla 11

Clasificación de la cuenca según el valor de Ff.

| Valores aproximados | Forma de la cuenca |
|---------------------|--------------------|
| 0.22 - 0.30 | Alargada |

Fuente: Horton, 1932.

5.2.1.5.3. Rectángulo equivalente.

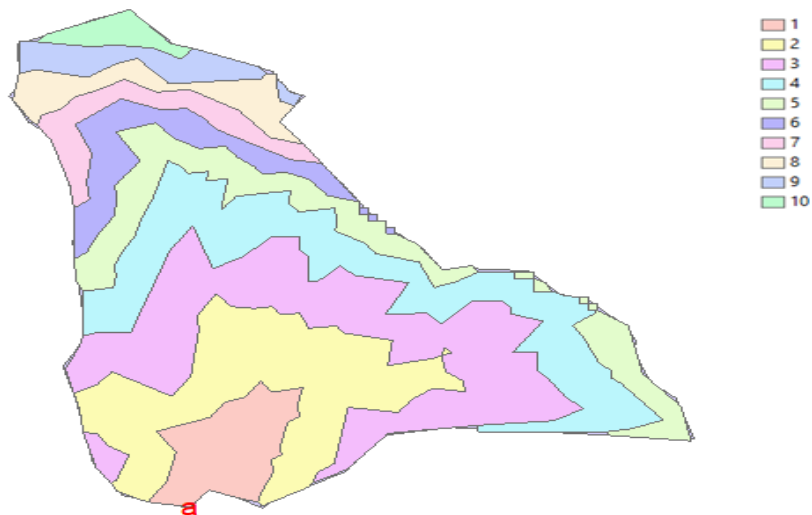
Al convertir geoméricamente el área de la cuenca en un triángulo de igual perímetro, se obtiene:

$$\text{Lado mayor} = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right) = 10.282 \text{ km}$$

$$\text{Lado menor} = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right) = 2.831 \text{ km}$$

Fuente: (Villón, 2002)

Figura 24:
Áreas parciales y acumuladas de la cuenca río claro



5.2.1.5.4. Áreas Parciales y acumuladas de la delimitación de la cuenca.

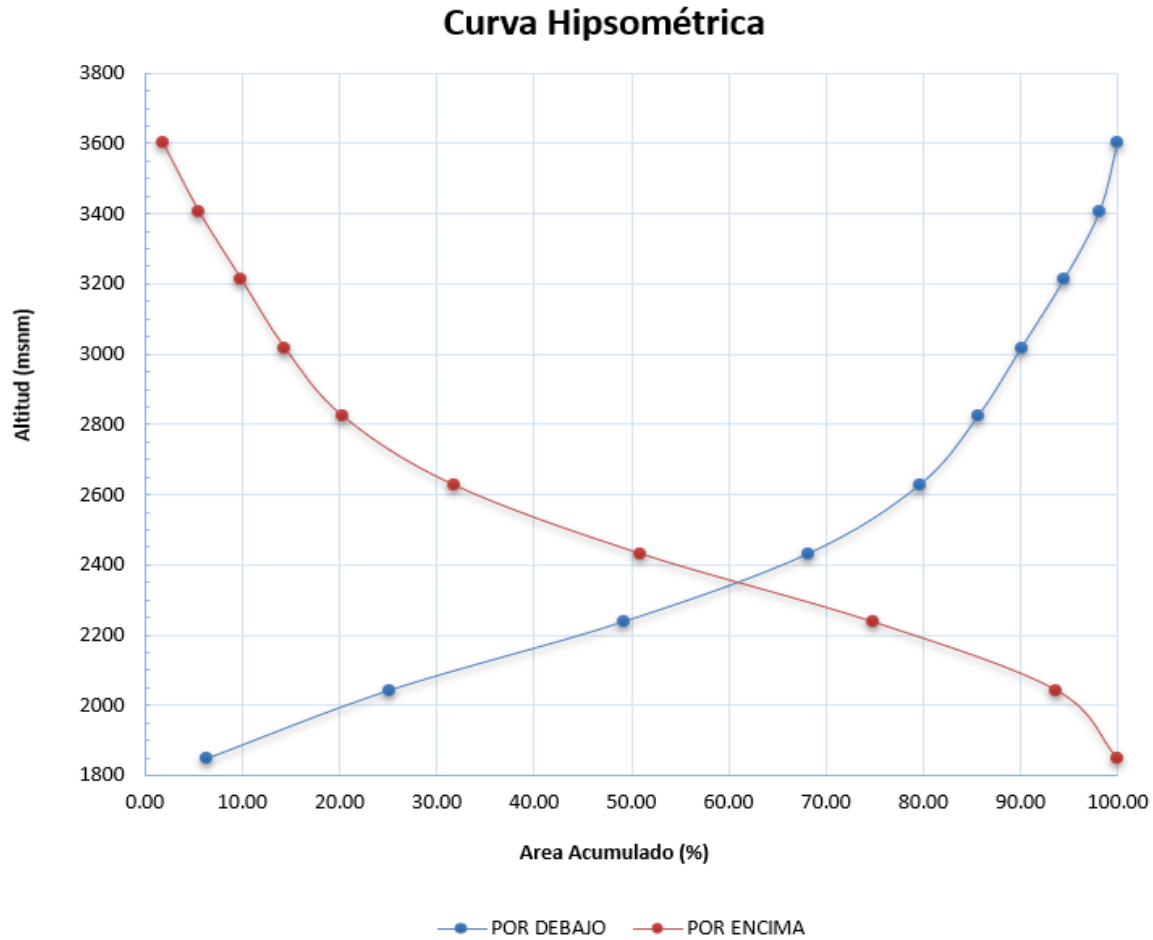
Usando el software ArcGIS 10.5, se obtuvo la distribución de áreas entre curvas de nivel o cotas para la cuenca del Río Claro, tal como se observa en la figura 16.

En la siguiente tabla, se muestra el cuadro de áreas acumuladas junto con sus respectivas cotas de los puntos referenciados.

Tabla 12
Áreas parciales y acumuladas.

| Altitud | | Áreas parciales | | | Áreas acumuladas | | | |
|-------------------|-------------------|-----------------|-------|--------|------------------|--------|------------|--------|
| Punto más bajo | Punto más alto | Promedio | km2 | % | Por debajo | | Por encima | |
| | | | | | km2 | % | km2 | % |
| 1750 | 1945 | 1847.5 | 1.84 | 6.31 | 1.84 | 6.31 | 29.11 | 100.00 |
| 1945 | 2140 | 2042.5 | 5.49 | 18.86 | 7.33 | 25.17 | 27.27 | 93.69 |
| 2140 | 2335 | 2237.5 | 6.99 | 24.01 | 14.31 | 49.18 | 21.78 | 74.83 |
| 2335 | 2530 | 2432.5 | 5.55 | 19.08 | 19.87 | 68.26 | 14.79 | 50.82 |
| 2530 | 2725 | 2627.5 | 3.31 | 11.38 | 23.18 | 79.64 | 9.24 | 31.74 |
| 2725 | 2920 | 2822.5 | 1.74 | 5.99 | 24.93 | 85.63 | 5.93 | 20.36 |
| 2920 | 3115 | 3017.5 | 1.30 | 4.46 | 26.22 | 90.10 | 4.18 | 14.37 |
| 3115 | 3310 | 3212.5 | 1.28 | 4.39 | 27.50 | 94.49 | 2.808 | 9.90 |
| 3310 | 3505 | 3407.5 | 1.07 | 3.69 | 28.58 | 98.18 | 1.60 | 5.51 |
| 3505 | 3700 | 3602.5 | 0.53 | 1.82 | 29.11 | 100.00 | 0.53 | 1.82 |
| Total | | | 29.11 | 100.00 | | | | |

Figura 25:
Curva Hipsométrica de la cuenca Taspá



La curva hipsométrica muestra el perfil característico de la cuenca en estudio. Asimismo, ubicando la intercepción se puede definir la altitud media de la cuenca obteniendo como resultado un valor de 2350 m.s.n.m.

5.2.1.5.5. Altitud media ponderada. Se calcula mediante un promedio ponderado del área y la altitud entre las curvas de nivel que se encuentran incluidas en la delimitación de la cuenca. Para ello, se usarán las siguientes fórmulas:

$$H = \frac{\sum a_i c_i}{A}$$

$$c_i = \frac{(c_i + c_{i-1})}{2}$$

Dónde: a_i = Área parcial de terreno entre curvas de nivel

C_i = Altitud media de cada área parcial entre dos curvas

A = Área de la cuenca

La siguiente tabla, muestra los cálculos y valores necesarios para determinar el valor de la altitud media ponderada:

Tabla 13
Áreas parciales entre curvas de nivel.

| a_i (m ²) | c_i (m.s.n.m.) | $a_i * c_i$ |
|-------------------------|------------------|-------------|
| 1.84 | 1847.5 | 3393.28 |
| 5.49 | 2042.5 | 11213.45 |
| 6.99 | 2237.5 | 15635.58 |
| 5.55 | 2432.5 | 13511.20 |
| 3.31 | 2627.5 | 8702.96 |
| 1.74 | 2822.5 | 4922.52 |
| 1.30 | 3017.5 | 3918.87 |
| 1.28 | 3212.5 | 4109.55 |
| 1.07 | 3407.5 | 3658.07 |
| 0.53 | 3602.5 | 1909.00 |
| $\Sigma = 29.11$ | $\Sigma =$ | 70974.48 |

De la tabla, se obtiene:

$$H = 2,438.41 \text{ m. s. n. m.}$$

5.2.1.5.6. Altitud media simple. Usando la siguiente fórmula, se determina el valor de la altitud media simple:

$$H = \frac{(c_M + c_m)}{2}$$

Dónde: c_M = Cota más alta de la cuenca

c_m = Cota más baja de la cuenca

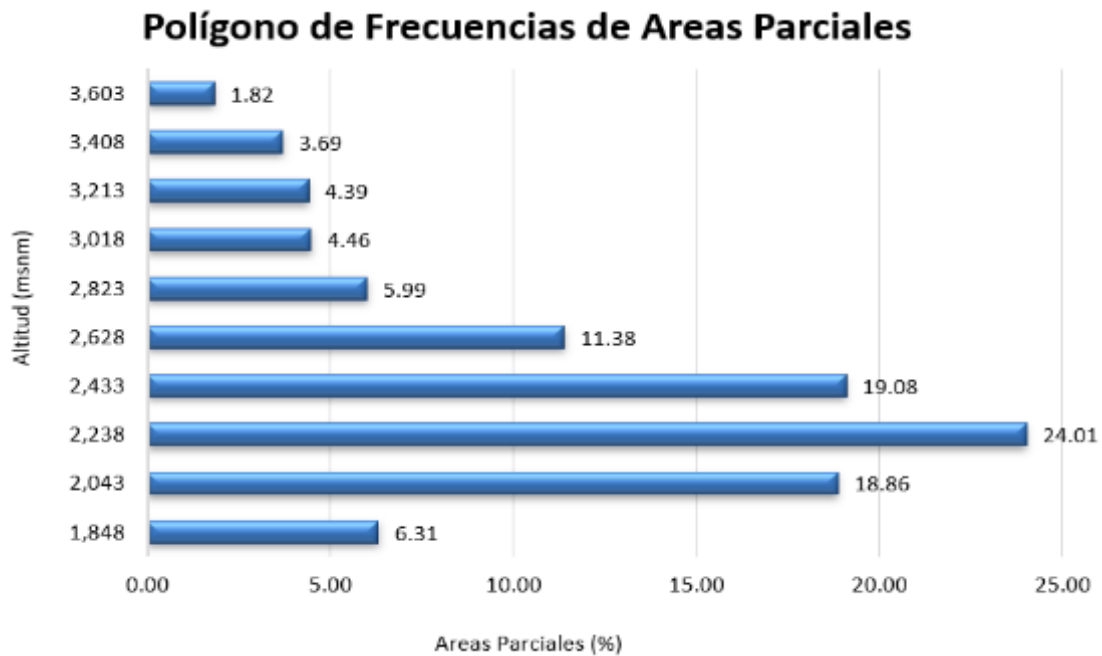
Finalmente, se obtiene como resultado:

$$H = 2,725.00 \text{ m. s. n. m.}$$

Asimismo, con ayuda del polígono de frecuencia de áreas parciales, se estima la variación de elevaciones de la cuenca hidrográfica en estudio, obteniendo la siguiente figura:

Figura 26:

Polígonos de frecuencias de áreas parciales de la cuenca Taspá



5.2.1.5.7. Índice de pendiente. Al ponderar las pendientes con el tramo recorrido se obtiene el valor del índice de pendiente para la cuenca Taspá.

$$I_p = \sum_{i=1}^n \sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})} \frac{1}{\sqrt{L}}$$

$$\beta_i = \frac{A_i}{A_t}$$

Fuente: (Villón, 2002)

Dónde: n = Número de curvas de nivel en rectángulo equivalente

a_i = Cota de la n curvas de nivel

β_i = Superficie total entre cotas

L = Longitud mayor del rectángulo equivalente

En la siguiente tabla, se muestra el cálculo realizado para determinar el índice de pendiente de la cuenca Taspá obteniendo como resultado: $I_p = 0.40520$

Tabla 14

Cálculo del índice de pendiente

| Ai (m2) | At (m2) | Bi | Ai - Ai-1 (m) | L (km) | Ip |
|----------------|----------------|-----------|--------------------------|---------------|-----------|
| 1.84 | 29.11 | 0.06 | 0.20 | 10.28 | 0.035 |
| 5.49 | 29.11 | 0.19 | 0.20 | 10.28 | 0.060 |
| 6.99 | 29.11 | 0.24 | 0.20 | 10.28 | 0.067 |
| 5.55 | 29.11 | 0.19 | 0.20 | 10.28 | 0.060 |
| 3.31 | 29.11 | 0.11 | 0.20 | 10.28 | 0.046 |
| 1.74 | 29.11 | 0.06 | 0.20 | 10.28 | 0.034 |
| 1.30 | 29.11 | 0.04 | 0.20 | 10.28 | 0.029 |

| | | | | | |
|------|-------|------|------|-------|-------|
| 1.28 | 29.11 | 0.04 | 0.20 | 10.28 | 0.029 |
| 1.07 | 29.11 | 0.04 | 0.20 | 10.28 | 0.026 |
| 0.53 | 29.11 | 0.02 | 0.20 | 10.28 | 0.019 |

5.2.1.5.8. Pendiente de la cuenca. La pendiente de la cuenca se determinó mediante el criterio del rectángulo equivalente, el cual se desarrolla a continuación:

$$S = \frac{H}{L}$$

Fuente: (Villón, 2002)

Dónde:

- S = Pendiente de la cuenca
- H = Desnivel total
- L = Lado mayor del rectángulo equivalente

Por lo tanto:

$$S = 18.965\%$$

5.2.1.5.8.1. Pendiente media de la cuenca. Para el cálculo de la pendiente media, basándose en realizar una cuadrícula en el plano de curvas de nivel característico de la cuenca en estudio, se realizó la siguiente tabla, la cual muestra la distribución de las pendientes y su número de ocurrencias, con estos valores, realizando un promedio ponderado, se aplica la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^k (\text{Pendiente promedio} \times N^{\circ} \text{ocurrencia})}{\sum_{i=1}^k N^{\circ} \text{ocurrencia}}$$

Tabla 15*Clasificación de pendiente media de la cuenca Taspá*

| N° | Rango de pendiente | | Pendiente promedio | N° de ocurrencia | N° de ocurrencia x Pendiente promedio |
|----|--------------------|----------|--------------------|------------------|---------------------------------------|
| | Inferior | Superior | | | |
| 1 | 0 | 10 | 5 | 89 | 445 |
| 2 | 10 | 20 | 15 | 401 | 6015 |
| 3 | 20 | 30 | 25 | 833 | 20825 |
| 4 | 30 | 40 | 35 | 698 | 24430 |
| 5 | 40 | 50 | 45 | 432 | 19440 |
| 6 | 50 | 60 | 55 | 237 | 13035 |
| 7 | 60 | 70 | 65 | 119 | 7735 |
| 8 | 70 | 80 | 75 | 59 | 4425 |
| 9 | 80 | 90 | 85 | 35 | 2975 |
| 10 | 90 | 100 | 95 | 10 | 950 |

Se obtiene:

$$S_{media} = 34.423\%$$

Según el valor obtenido, se puede afirmar que la cuenca Taspá presenta una pendiente fuertemente escarpada, debido a que se encuentra entre los rangos 32% - 44%.

Tabla 16*Clasificación de pendiente media de la cuenca Taspa.*

| Porcentaje % | Tipo |
|--------------|-----------------------|
| 32 - 44 | Fuertemente escarpado |

5.2.1.5.9. Pendiente media del cauce. En referencia a las cuencas costeras, naturalmente presentan una pendiente bastante pronunciada en los primeros kilómetros de su desarrollo.

Sin embargo, a medida que el canal se extiende a través de la cuenca; el valor de la pendiente del cauce principal decrece llegando a ser mínima o nula en algunos sectores, en esta zona se forman los denominados remansos y embalses naturales.

A continuación, se muestra una tabla que permite observar el perfil longitudinal del río Claro, junto con la pendiente característica registrada de cada tramo.

Tabla 17*Perfil longitudinal del río.*

| Progresiva | Long. (m) | Long | | | | S |
|------------|-----------|-----------|---------|----------|--------|---|
| | | Acumulada | Cota | Desnivel | | |
| | | (m) | | | | |
| 0+000 | 0.00 | 0.00 | 1800.00 | 0.00 | - | |
| 1+250 | 1250.00 | 1250.00 | 1900.00 | 100.00 | 0.0800 | |
| 2+500 | 1250.00 | 2500.00 | 2000.00 | 100.00 | 0.0800 | |
| 3+750 | 1250.00 | 3750.00 | 2150.00 | 150.00 | 0.1200 | |
| 5+000 | 1250.00 | 5000.00 | 2350.00 | 200.00 | 0.1600 | |
| 6+250 | 1250.00 | 6250.00 | 2500.00 | 150.00 | 0.1200 | |
| 7+500 | 1250.00 | 7500.00 | 2800.00 | 300.00 | 0.2400 | |

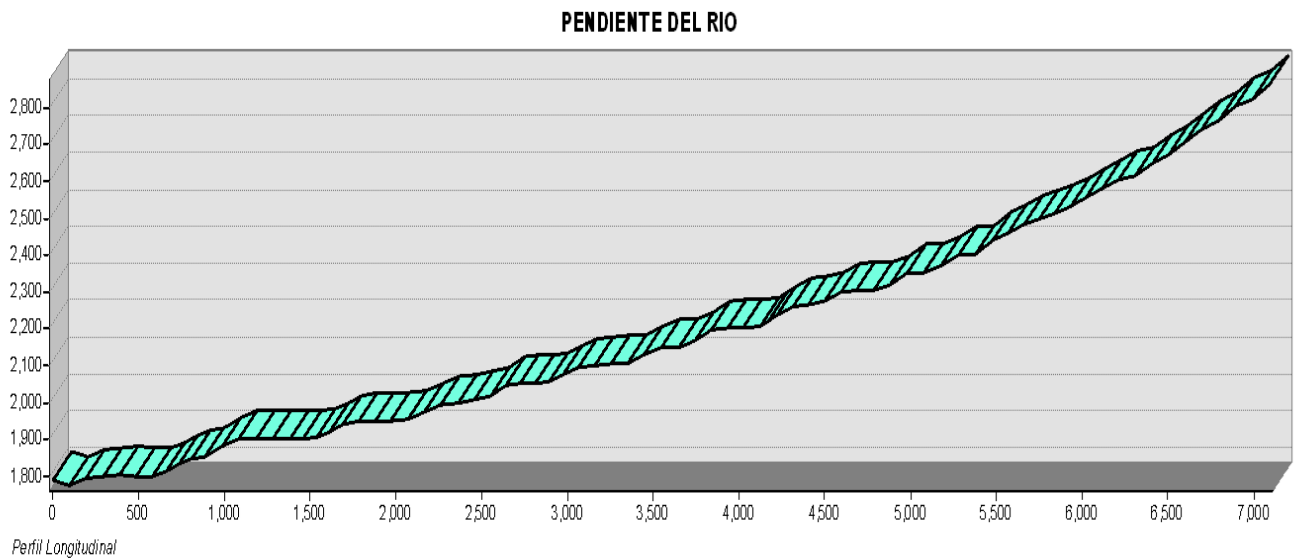
Luego, calculando por el método propuesto por Taylor y Schwartz, para 6 tramos de igual longitud, se obtiene el valor de la pendiente media del cauce:

$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 = 13.33\%$$

Fuente: (Villón, 2002)

Donde: n = Número de tramos
 S_n = Pendiente de tramo
 S = Pendiente de cauce

Figura 27:
Pendiente del río claro



5.2.1.5.10. Parámetros de red de drenaje

5.2.1.5.10.1. Orden de corrientes En esta cuenca se determinó un sistema de ramificación de 3 órdenes, el cual se detalla en la tabla mostrada a continuación:

Tabla 18
Orden de los ríos.

| Orden | N° ríos | Longitud (km) |
|--------------|----------------|----------------------|
| 1 | 8.0 | 9.92 |
| 2 | 6.0 | 8.22 |
| 3 | 1.0 | 0.59 |
| Σ | 15.0 | 18.73 |

Figura 28:
Pendiente del río claro



En la figura 30 se muestra un esquema que representa la ramificación del número de órdenes en la cuenca de estudio.

5.2.1.5.11. Pendiente de la red hídrica. Se realizó un promedio ponderado de la cantidad de veces que se muestra una pendiente y su valor promedio para todo el sistema de ramificación.

La siguiente tabla muestra un resumen de los cálculos realizados:

Tabla 19
Pendiente de la red hídrica.

| Orden de la Red Hídrica | N° de Veces | Pendiente Promedio (%) | N° de Veces x Pendiente promedio |
|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|---|
| 1 | 104.0 | 2.64 | 275.00 |
| 2 | 84.0 | 2.44 | 205.00 |
| 3 | 4.0 | 2.25 | 9.00 |
| $\Sigma =$ 192.0 | | $\Sigma =$ | 489.00 |

De esta manera, se obtiene una pendiente promedio de la red hídrica igual a 2.55%.

5.2.1.5.12. Densidad de drenaje. Conociendo el valor de la longitud total de los cauces comprendidos en la cuenca Taspá (sumatoria de cauce principal y cauces aportantes) y el área de la cuenca, se determina la densidad de drenaje con la siguiente fórmula:

$$D_d = \frac{L_i}{A} = 0.96 \text{ km/km}^2$$

Fuente: (Villón, 2002)

Dónde:

- D_d = Densidad de drenaje
- L_i = Longitud total de ríos
- A = Área de la cuenca

5.2.1.5.13. Frecuencia de los ríos. Teniendo un total de 15 ríos que conforman la cuenca, se obtiene el valor de la frecuencia de los ríos:

$$F_r = \frac{N^{\circ} \text{ de cauces}}{A} = 0.515 \text{ r/km}^2$$

Dónde: F_r = Frecuencia de los ríos
 A = Área de la cuenca

5.2.1.5.14. Extensión media del escurrimiento superficial.

Mediante la siguiente fórmula:

$$E_s = \frac{A}{4 * L_i} = 0.259 \text{ km}$$

Dónde: E_s = Extensión media de escurrimiento superficial
 A = Área de la cuenca
 L_i = Longitud total de ríos

5.2.2. Análisis de datos hidrológicos

5.2.2.1. Estudio de precipitaciones. Para realizar el estudio de precipitaciones se analizaron tres estaciones meteorológicas que se encuentran aledañas al distrito Chalaco, estas son: estación Morropón, estación Bigote y estación San Pedro. La información usada sobre estas estaciones para el presente estudio ha sido obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI-PIURA) y del estudio de Zonificación Económica y Ecológica de la región de Piura.

En el anexo 3.4.1., se puede observar el registro de precipitación máxima en 24 horas de la estación Bigote, teniendo un máximo de 240.0 mm en el año 1998. Asimismo, el anexo 3.4.4.

Muestra el registro de precipitación máxima mensual de la misma estación, observando un máximo de 868.4 mm en el año 2017.

De igual forma, en el anexo 3.4.2. Se observa el registro de precipitación máxima en 24 horas de la estación Morropón, donde el mayor valor fue 170.9 en el año 1981. Además, el anexo 3.4.5. Registra una precipitación máxima mensual de 1030.7 mm en el año 1983.

Finalmente, para la estación San Pedro, se registró un máximo valor de precipitación en 24 horas igual a 199.3 mm en el año 2002 y un máximo valor de precipitación mensual de 1109.6 mm en el año 1998. Estos registros se muestran en los anexos 3.4.3. y 3.4.6., respectivamente.

Sin embargo, debido a la cercanía con la zona de estudio y según el análisis de consistencia, mostrado en el anexo 3.7, se eligió la información obtenida de la estación Morropón para realizar el estudio hidrológico expuesto en esta investigación.

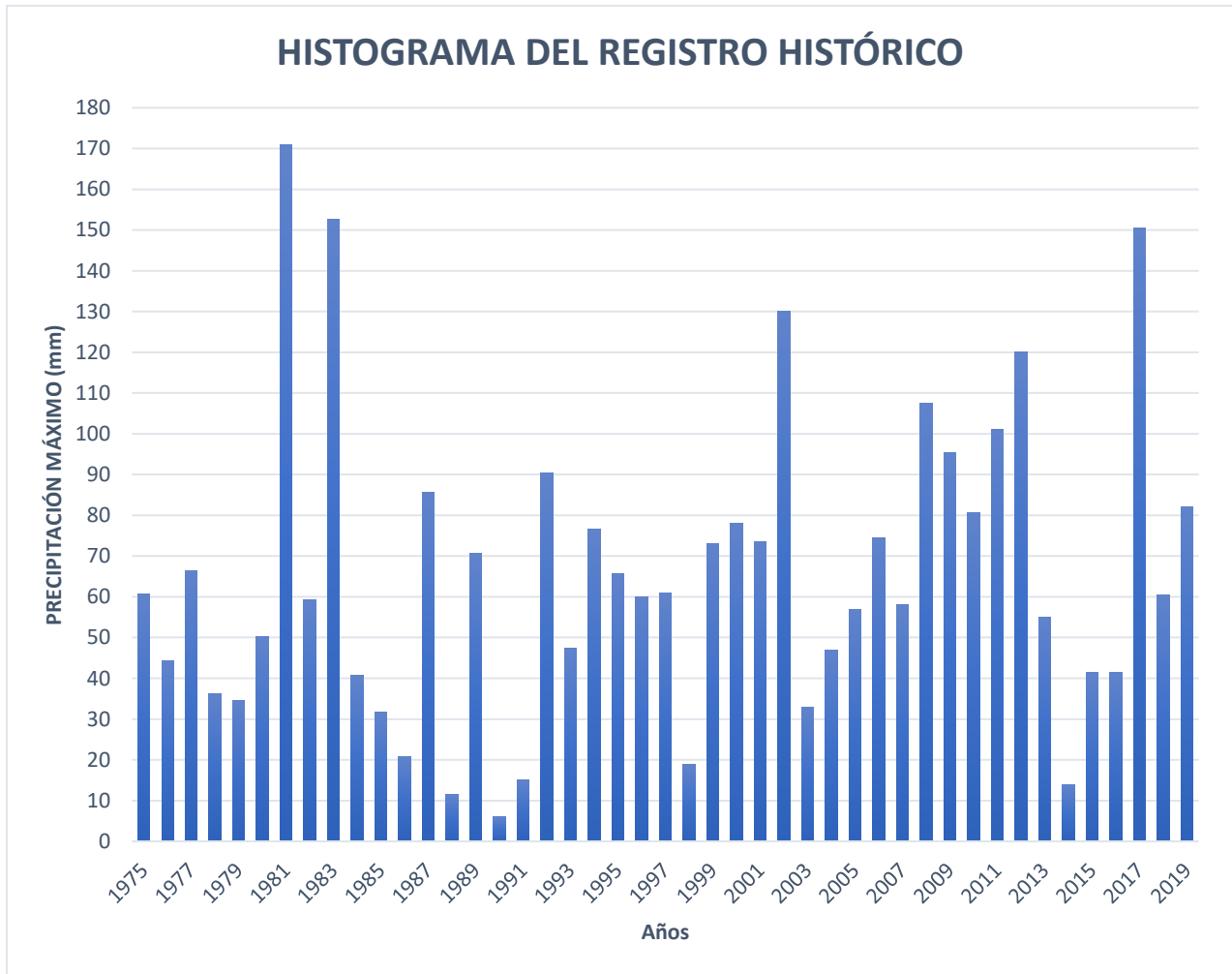
Tabla 20

Resumen de registro de precipitación en 24 horas de Estación Morropón.

| - | Ene. | Feb. | Mar. | Abril | May. | Jun. | Jul. | Agos. | Set. | Oct. | Nov. | Dic. | Ppmax |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| Promedio | 19.3 | 36.2 | 46.5 | 26.6 | 4.5 | 1.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1.8 | 1.2 | 5.4 | 65.6 |
| Desv. Estándar | 30.14 | 34.66 | 36.08 | 32.66 | 11.86 | 5.06 | 0.85 | 0.80 | 0.67 | 2.31 | 1.80 | 12.48 | 37.64 |
| Máximo | 152.7 | 150.5 | 170.9 | 137.1 | 75.1 | 34.0 | 5.6 | 5.0 | 3.0 | 9.5 | 6.8 | 60.9 | 170.9 |
| Mínimo | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.0 |
| N° datos | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |

Figura 29:

Histograma de registro de precipitación máxima en 24 horas



5.2.2.2. Corrección de valores de precipitaciones. Para evitar valores atípicos en los registros de precipitación obtenidos, se realizó la prueba de datos dudosos o test de outliers.

En los anexos. Se observa un cuadro con los valores usados para estos fines, teniendo como resumen la siguiente tabla:

Tabla 21*Resumen de parámetros estadísticos para datos dudosos.*

| Parámetros estadísticos | P24hr | Log(P24hr) |
|--------------------------------|--------------|-------------------|
| Número de datos (N) | 45 | 45 |
| Sumatoria | 2950.96 | 77.96 |
| Valor Máximo | 170.90 | 2.23 |
| Valor Mínimo | 6.00 | 0.78 |
| Media: | 65.58 | 1.73 |
| Varianza: | 1416.98 | 0.09 |
| Desviación Estándar: | 37.64 | 0.30 |
| Coefficiente Variación: | 0.57 | 0.18 |
| Coefficiente de Sesgo: | 0.90 | -1.02 |
| Coefficiente de Curtosis: | 3.99 | 4.59 |

Teniendo los siguientes resultados:

$$N = 45$$

Mediante la tabla de valores de K_n para la prueba de datos dudosos, determinamos el valor de K_n para este estudio.

$$K_n = 2.73$$

Luego, el umbral para datos dudosos altos es:

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s$$

$$x_H = 2.56$$

Aceptando una precipitación máxima igual a:

$$P_H = 10^{x_H}$$

$$P_H = 364.11 \text{ mm}$$

De la misma forma, para el umbral inferior de datos dudosos, se tiene la siguiente fórmula:

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s$$

$$x_L = 0.90$$

De tal manera que la precipitación mínima aceptada es:

$$P_L = 10^{x_L}$$

$$P_L = 8.01 \text{ mm}$$

Según el anexo 3.4.9., para estos valores de precipitación tenemos un valor atípico (6mm) el cual tendrá que ser corregido obteniendo finalmente la tabla mostrada en el anexo 3.4.10. Con estos valores corregidos se realizará la determinación de caudales para el estudio hidrológico.

Tabla 22

Valor atípico de precipitación máxima en 24 horas.

| Precipitación máxima 24 Horas | | | |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-----------------------------|
| N° | Año | P24h(mm) | P24hr corregida (mm) |
| 16 | 1990 | 6.0 | 9.0 |

5.2.2.3. Análisis de distribución de probabilidad. Luego de haber realizado la corrección por datos dudosos, se procede a definir una distribución de frecuencia para los datos obtenidos en la estación Morropón. El anexo 3.5., muestra las distribuciones realizadas para la precipitación corregida. A continuación, se muestra las gráficas obtenidas por estas distribuciones.

Figura 30:

Distribución normal para la estación Morropón

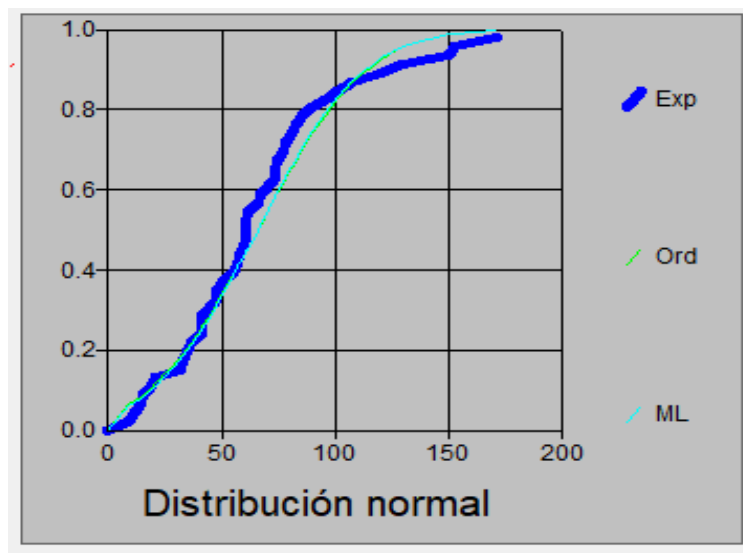


Figura 31:

Distribución normal para 2 parámetros para la estación Morropón

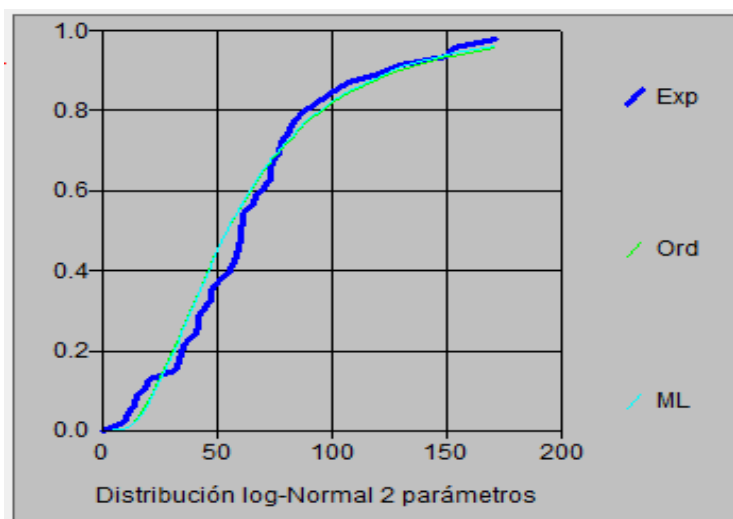


Figura 32:
Distribución LogNormal de 3 parámetros

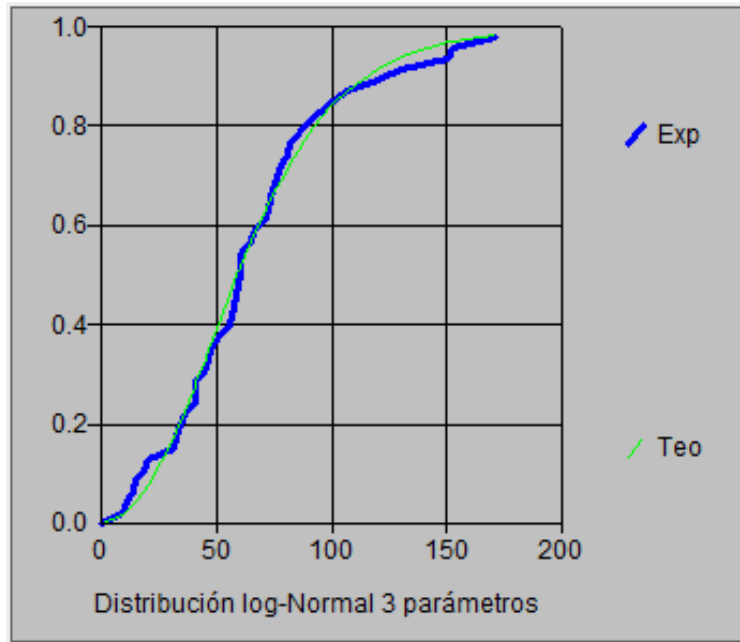


Figura 33:
Distribución gamma para 2 parámetros para la estación Morropón

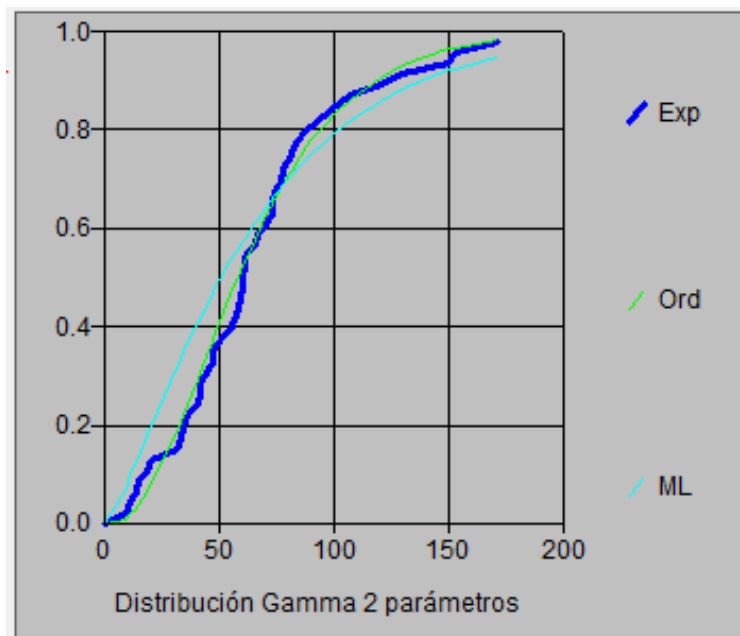


Figura 34:
Distribución gamma para 3 parámetros para la estación Morropón

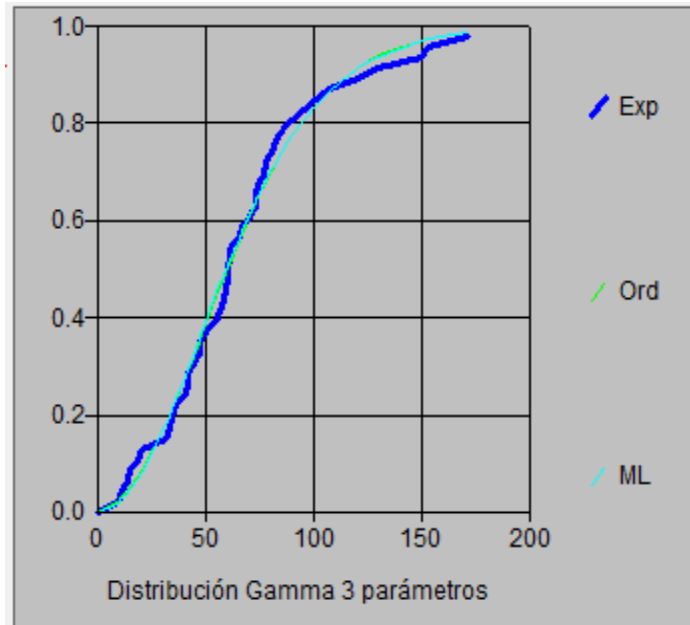


Figura 35:
Distribución Pearson para 3 parámetros para la estación Morropón

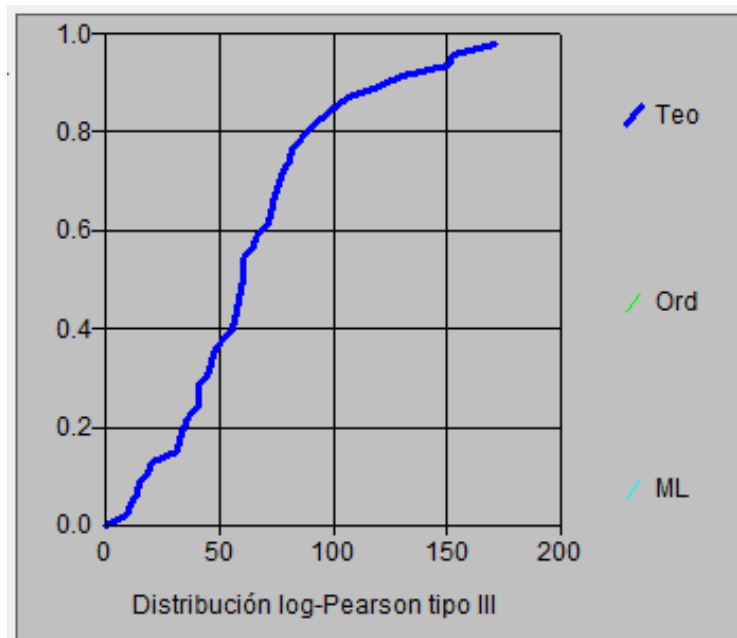


Figura 36:
Distribución Gumbel para la estación Morropón

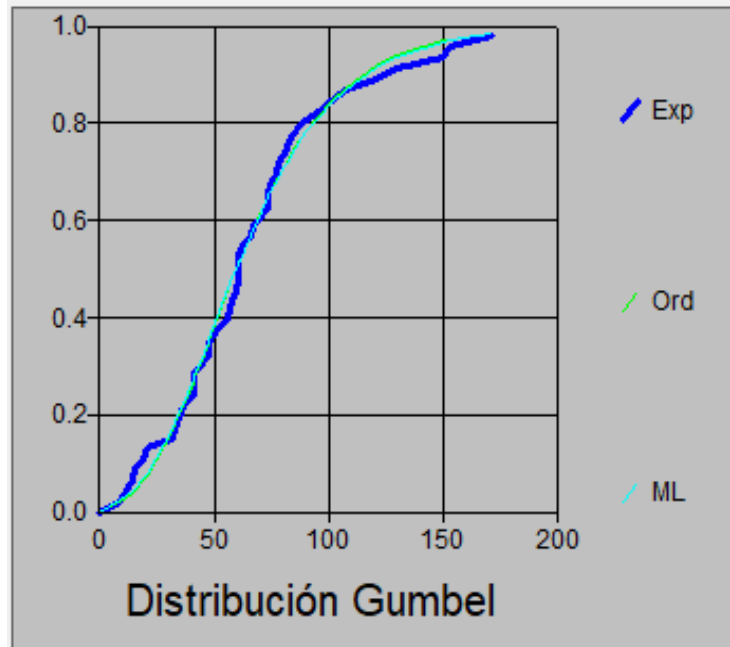
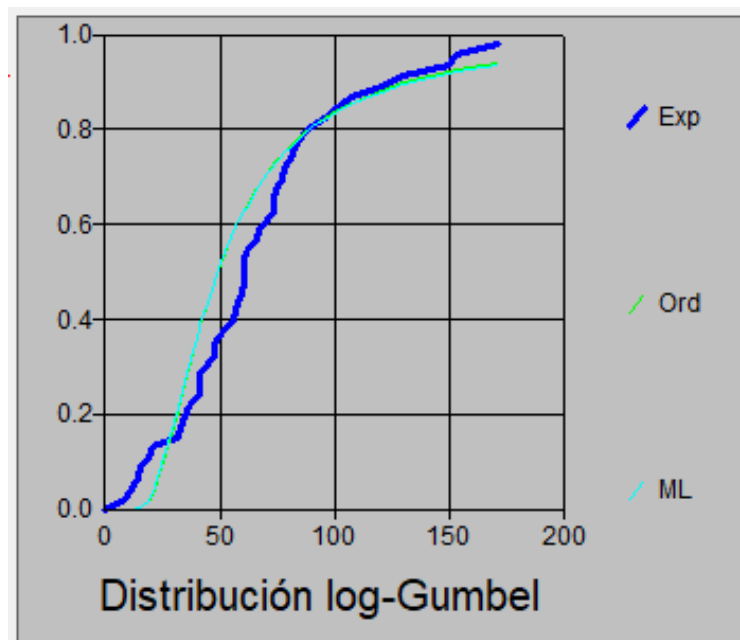


Figura 37:
Distribución LogGumbel para la estación Morropón



5.2.2.4. Pruebas de bondad. Analizando las distribuciones mediante la prueba de ajuste de Smirnov – Kolmogorov, se obtiene

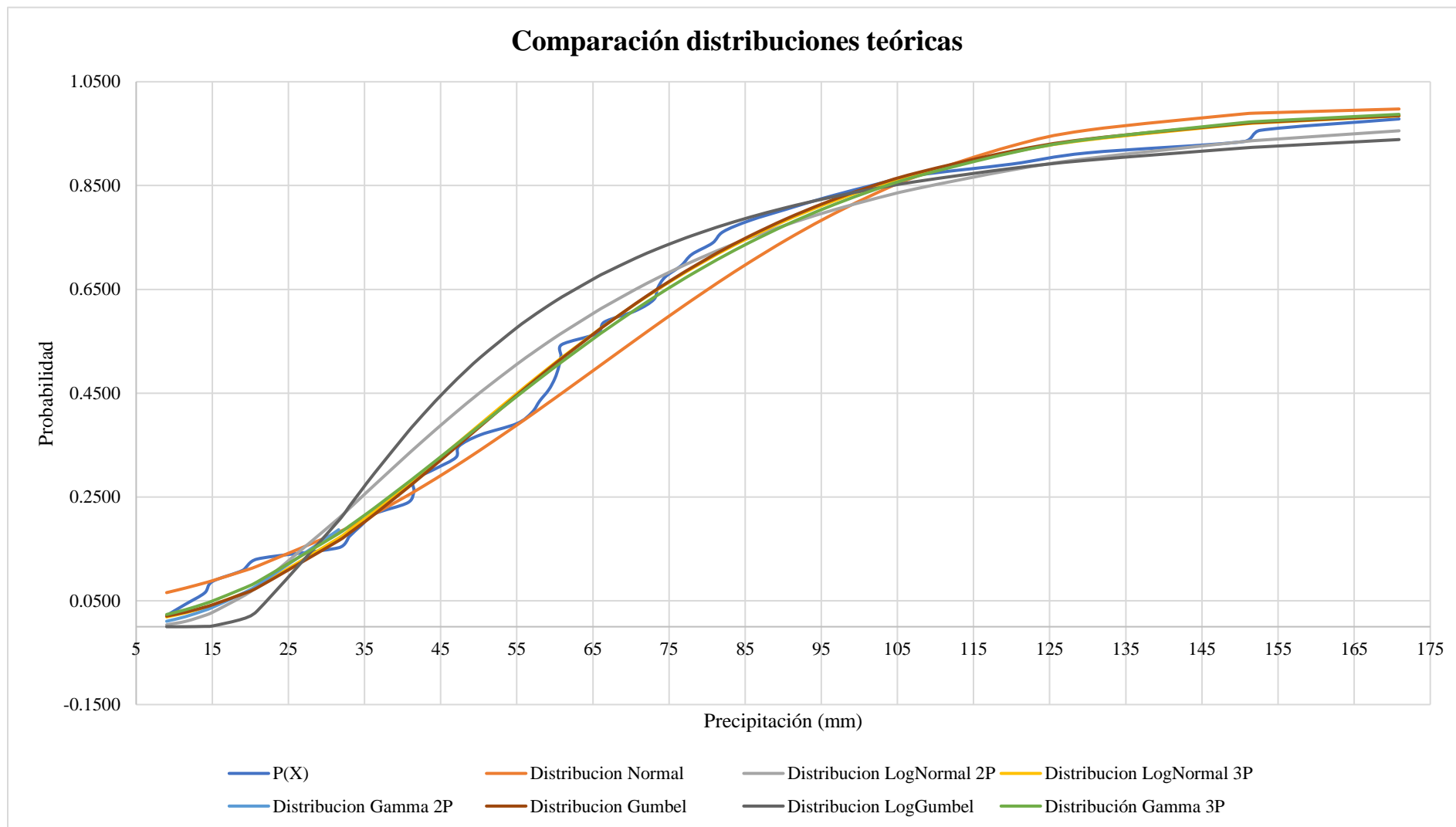
la siguiente tabla con los valores estadísticos obtenidos para cada distribución:

Tabla 23

Resumen de prueba de ajuste de Smirnov- Kolmogorov.

| ATEÓRICO DE LAS DISTRIBUCIONES | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------------|-----------|------------|------------|--------|-----------|
| Δ | DIST. | DIST. | DIST. | DIST. | DIST. | DIST. | DIST. |
| TABULAR | NORMA | LOGNORMAL 2 | LOGNORMA | GAMMA 2 | GAMMA 3 | GUMBEL | LOGGUMBEL |
| | | PARÁMETROS | PARÁMETRO | PARÁMETROS | PARÁMETROS | | |
| 0.2027 | 0.0938 | 0.1143 | 0.06 | 0.0746 | 0.05357 | 0.0573 | 0.1848 |
| MIN Δ | | | | 0.05357 | | | |

Figura 38:
Comparación de distribuciones teóricas



Observando los valores obtenidos en la prueba de ajuste, se determina que la que la distribución que más se ajusta a la frecuencia de la serie de datos es la distribución Gamma 3 parámetros.

5.2.3. Periodo de retorno.

Para definir la probabilidad de un periodo de retorno de T años, se aplica la siguiente fórmula:

$$P = \frac{1}{T}$$

Fuente: (Villón, 2002)

Además, para definir la precipitación máxima para un periodo de retorno se debe tomar en cuenta la relación entre precipitación máxima verdadera y precipitación en intervalos dada por Linsley, Kohler y Paulhus.

La siguiente tabla muestra los valores obtenidos para este estudio:

Tabla 24
Relación entre precipitaciones.

| Relación entre Precipitación máxima verdadera y precipitación en intervalos fijos | |
|--|----------|
| Número de Intervalo de Observación | Relación |
| 1 | 1.13 |

A continuación, se presenta la tabla de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno:

Tabla 25*Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno.*

| T (años) | P | Precipitación (mm) |
|-----------------|----------|-------------------------------|
| 2 | 0.5000 | 67.78 |
| 5 | 0.2000 | 106.71 |
| 10 | 0.1000 | 130.97 |
| 20 | 0.0500 | 153.13 |
| 30 | 0.0333 | 165.44 |
| 50 | 0.0200 | 180.43 |
| 80 | 0.0125 | 193.78 |
| 100 | 0.0100 | 200.01 |
| 140 | 0.0071 | 209.25 |
| 200 | 0.0050 | 218.87 |
| 500 | 0.0020 | 242.85 |
| Δ | 0.2027 | 0.05357 |

Para este estudio, se consideraron los periodos de retorno de 100 años y 500 años para el cálculo de avenidas de diseño. Para los cuales, según la tabla de riesgo admisible para cada tiempo de vida útil de obra, se obtuvieron los valores de riesgo de 19% y 4.5%, definiendo previamente una vida útil de la obra de 20 años al ser una cuenca menor.

Asimismo, para el cálculo de tiempo de recurrencia, usando tabla de tiempo de recurrencia para cada porcentaje de probabilidad de no excedencia, se obtuvieron los valores de 191.18 años y 1661.39 años para los riesgos admisibles de 19% y 4.45%.

Tabla 26

Resumen de criterios de periodo de retorno.

| Tiempo de retorno (años) | Vida útil (años) | Riesgo admisible | Probabilidad de no excedencia | Tiempo de recurrencia |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| 100 | 20 | 19.00% | 81.00% | 191.18 |
| 500 | 20 | 4.45% | 95.55% | 1661.39 |

5.2.4. Determinación de tormenta de diseño.

Con la información pluviográfica obtenida de la estación Morropón, se usarán dos modelos, para la obtención de la curva intensidad-duración-periodo de retorno, así como el hietograma de diseño.

El primer método, propuesto por Dick Peschke, el cual relaciona la precipitación máxima en 24 horas obtenida de la estación en estudio con la duración de la tormenta. En el anexo 3.6. Se muestran las tablas de precipitaciones e intensidades usadas para este modelo, obteniendo como resultado la siguiente ecuación:

$$I_{max} = 1098.1576 * T^{0.38976} * D^{-0.75}$$

A continuación, la siguiente tabla expone los valores calculados para realizar el hietograma de diseño para un $Tr = 100$ años, el cual ha sido considerado en este estudio.

Tabla 27*Valores para hietograma de diseño para un $Tr=100$ años- Modelo Dick Peschke.*

| DURACIÓN | DURACIÓN | INTENSIDAD | PROFUNDIDAD | PROFUNDIDAD | TIEMPO | PRECIPITACIÓN |
|----------|----------|------------|-------------|-------------|--------|---------------|
| (hr) | (min) | (mm/hr) | ACUMULADA | INCREMENTAL | (min) | (mm) |
| 1 | 60 | 317.87 | 317.87 | 317.87 | 0-1 | 7.69 |
| 2 | 120 | 189.01 | 378.01 | 60.14 | 1-2 | 8.25 |
| 3 | 180 | 139.45 | 418.34 | 40.33 | 2-3 | 8.91 |
| 4 | 240 | 112.38 | 449.54 | 31.20 | 3-4 | 9.71 |
| 5 | 300 | 95.07 | 475.33 | 25.79 | 4-5 | 10.70 |
| 6 | 360 | 82.92 | 497.50 | 22.17 | 5-6 | 11.96 |
| 7 | 420 | 73.86 | 517.04 | 19.55 | 6-7 | 13.63 |
| 8 | 480 | 66.82 | 534.59 | 17.55 | 7-8 | 15.98 |
| 9 | 540 | 61.17 | 550.57 | 15.98 | 8-9 | 19.55 |
| 10 | 600 | 56.53 | 565.26 | 14.69 | 9-10 | 25.79 |
| 11 | 660 | 52.63 | 578.89 | 13.63 | 10-11 | 40.33 |
| 12 | 720 | 49.30 | 591.63 | 12.73 | 11-12 | 317.87 |
| 13 | 780 | 46.43 | 603.58 | 11.96 | 12-13 | 60.14 |
| 14 | 840 | 43.92 | 614.87 | 11.29 | 13-14 | 31.20 |
| 15 | 900 | 41.70 | 625.57 | 10.70 | 14-15 | 22.17 |
| 16 | 960 | 39.73 | 635.74 | 10.18 | 15-16 | 17.55 |
| 17 | 1020 | 37.97 | 645.45 | 9.71 | 16-17 | 14.69 |
| 18 | 1080 | 36.37 | 654.74 | 9.29 | 17-18 | 12.73 |
| 19 | 1140 | 34.93 | 663.65 | 8.91 | 18-19 | 11.29 |

| | | | | | | |
|----|------|-------|--------|------|-------|-------|
| 20 | 1200 | 33.61 | 672.22 | 8.57 | 19-20 | 10.18 |
| 21 | 1260 | 32.40 | 680.47 | 8.25 | 20-21 | 9.29 |
| 22 | 1320 | 31.29 | 688.43 | 7.96 | 21-22 | 8.57 |
| 23 | 1380 | 30.27 | 696.12 | 7.69 | 22-23 | 7.96 |
| 24 | 1440 | 29.32 | 703.56 | 7.45 | 23-24 | 7.45 |

El segundo método usado, propuesto por Frederich Bell, indica que, tomando como base un periodo de retorno igual a 10 años y una duración de una hora, se puede calcular la intensidad máxima de un periodo de retorno determinado. El anexo 3.6. Contiene las tablas de precipitaciones e intensidades usadas para este modelo, además, para este caso, se fijó una precipitación igual a 130.97 mm para un $Tr = 10$ años. Con estos valores, se obtiene la siguiente fórmula para la intensidad máxima:

$$I_{max} = 343.8301 * T^{0.2040} * D^{-0.5535}$$

La siguiente tabla. Hace referencia a los valores calculados para el hietograma de diseño del segundo modelo aplicado en este estudio, considerando un $Tr = 100$ años.

Tabla 28

Valores para hietograma de diseño para un TR= 100 años- Modelo de Frederich Bell.

| DURACION (hr) | DURACION (min) | INTENSIDAD (mm/hr) | PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm) | PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm) | TIEMPO (min) | PRECIPITACION (mm) |
|------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | 60 | 91.23 | 91.23 | 91.23 | 0-1 | 7.27 |
| 2 | 120 | 62.16 | 124.32 | 33.09 | 1-2 | 7.65 |
| 3 | 180 | 49.67 | 149.00 | 24.67 | 2-3 | 8.10 |

| | | | | | | |
|----|------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 4 | 240 | 42.35 | 169.42 | 20.42 | 3-4 | 8.63 |
| 5 | 300 | 37.43 | 187.17 | 17.75 | 4-5 | 9.27 |
| 6 | 360 | 33.84 | 203.04 | 15.87 | 5-6 | 10.07 |
| 7 | 420 | 31.07 | 217.51 | 14.47 | 6-7 | 11.09 |
| 8 | 480 | 28.86 | 230.87 | 13.36 | 7-8 | 12.47 |
| 9 | 540 | 27.04 | 243.34 | 12.47 | 8-9 | 14.47 |
| 10 | 600 | 25.51 | 255.06 | 11.72 | 9-10 | 17.75 |
| 11 | 660 | 24.20 | 266.15 | 11.09 | 10-11 | 24.67 |
| 12 | 720 | 23.06 | 276.69 | 10.54 | 11-12 | 91.23 |
| 13 | 780 | 22.06 | 286.76 | 10.07 | 12-13 | 33.09 |
| 14 | 840 | 21.17 | 296.40 | 9.65 | 13-14 | 20.42 |
| 15 | 900 | 20.38 | 305.68 | 9.27 | 14-15 | 15.87 |
| 16 | 960 | 19.66 | 314.61 | 8.94 | 15-16 | 13.36 |
| 17 | 1020 | 19.01 | 323.25 | 8.63 | 16-17 | 11.72 |
| 18 | 1080 | 18.42 | 331.60 | 8.36 | 17-18 | 10.54 |
| 19 | 1140 | 17.88 | 339.70 | 8.10 | 18-19 | 9.65 |
| 20 | 1200 | 17.38 | 347.57 | 7.87 | 19-20 | 8.94 |
| 21 | 1260 | 16.92 | 355.23 | 7.65 | 20-21 | 8.36 |
| 22 | 1320 | 16.49 | 362.68 | 7.46 | 21-22 | 7.87 |
| 23 | 1380 | 16.08 | 369.95 | 7.27 | 22-23 | 7.46 |
| 24 | 1440 | 15.71 | 377.05 | 7.10 | 23-24 | 7.10 |

5.2.5. Hietograma de diseño

Se muestran los hietogramas de diseño generados para ambos modelos realizados en este estudio.

Figura 39:

Hietograma de diseño para un TR=100 AÑOS- Modelo Dick Peschke

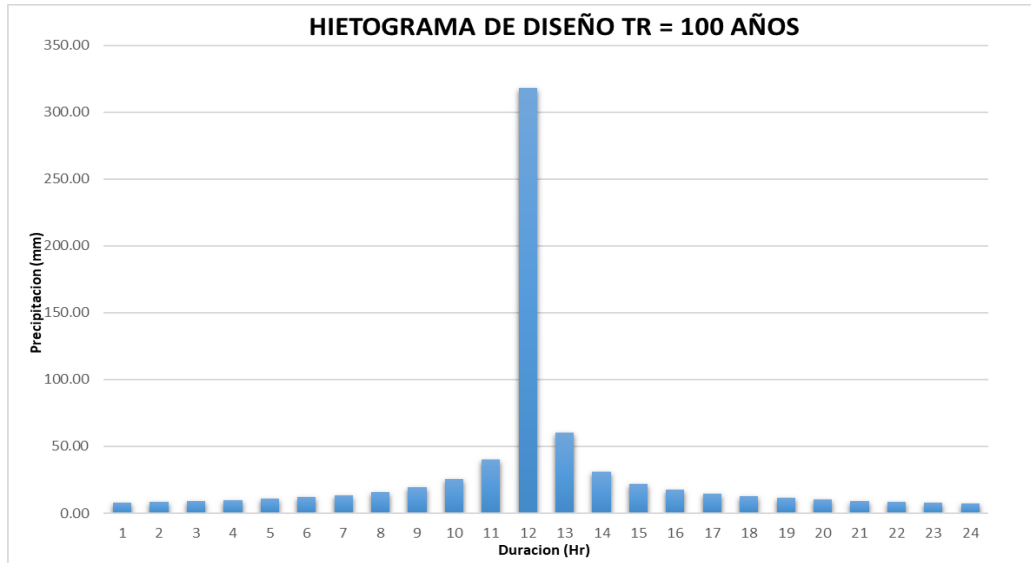


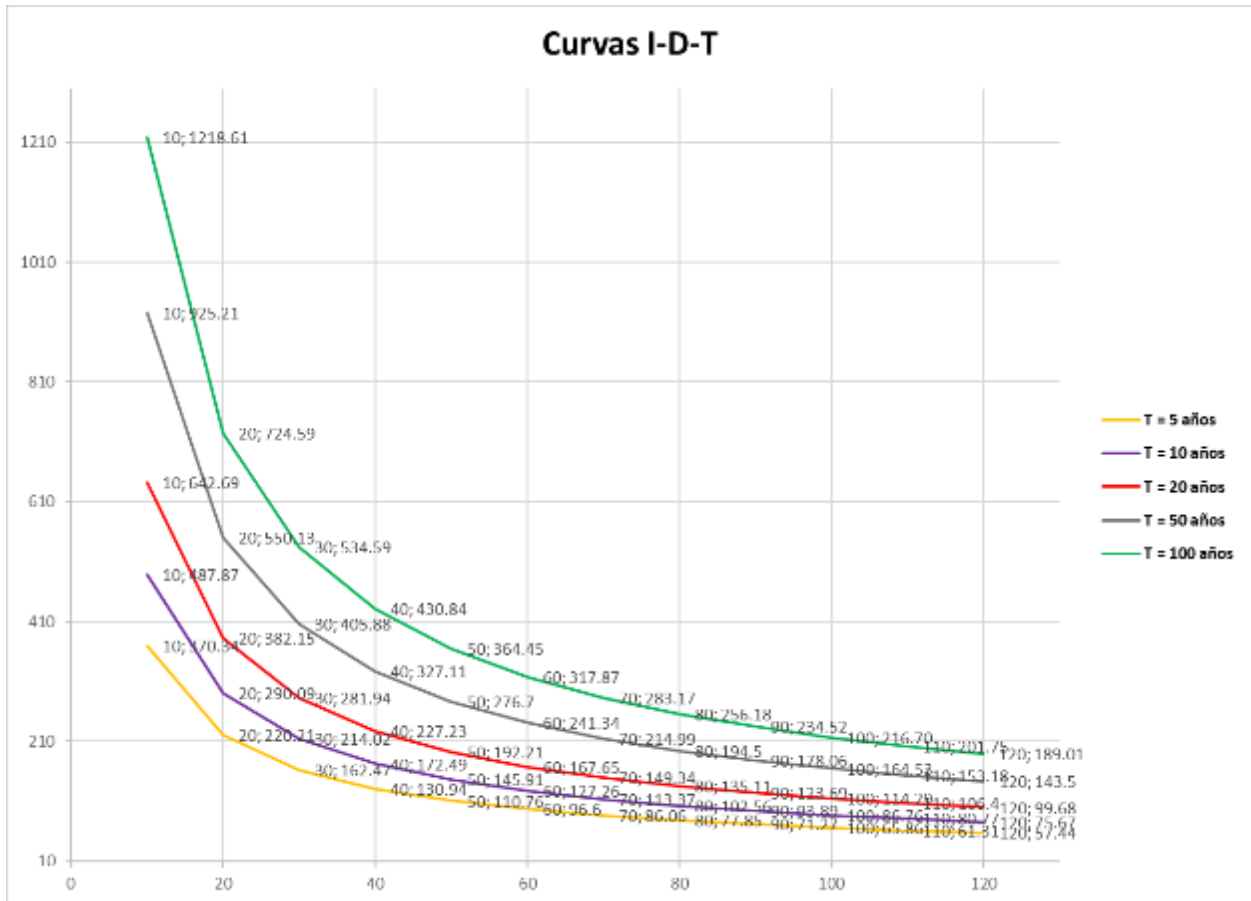
Tabla 29

Resumen de cálculos para curvas I-D-T- Modelo Dick Peschke.

| Duración D | T = 5 | T = 10 | T = 20 | T = 50 | T = 100 |
|------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | años | años | años | años | años |
| 10 | 370.34 | 487.87 | 642.69 | 925.21 | 1218.61 |
| 20 | 220.21 | 290.09 | 382.15 | 550.13 | 724.59 |
| 30 | 162.47 | 214.02 | 281.94 | 405.88 | 534.59 |
| 40 | 130.94 | 172.49 | 227.23 | 327.11 | 430.84 |
| 50 | 110.76 | 145.91 | 192.21 | 276.70 | 364.45 |
| 60 | 96.60 | 127.26 | 167.65 | 241.34 | 317.87 |

| | | | | | |
|-----|-------|--------|--------|--------|--------|
| 70 | 86.06 | 113.37 | 149.34 | 214.99 | 283.17 |
| 80 | 77.85 | 102.56 | 135.11 | 194.50 | 256.18 |
| 90 | 71.27 | 93.89 | 123.69 | 178.06 | 234.52 |
| 100 | 65.86 | 86.76 | 114.29 | 164.53 | 216.70 |
| 110 | 61.31 | 80.77 | 106.40 | 153.18 | 201.75 |
| 120 | 57.44 | 75.67 | 99.68 | 143.50 | 189.01 |

Figura 40:
Curvas I-D-T para modelo de Dick Peschke



Fuente: Elaboración Propia

Para realizar el hidrograma de la cuenca Taspá, se aplicó mediante el método de hidrograma sintético triangular. Con esto, se determinó el tiempo de retardo y el valor del caudal en la punta del hidrograma, aplicando las siguientes fórmulas:

Tabla 30

Resumen cálculo de tiempo de retardo:

| C | L (km) | LA (km) | tr (hr) - según | tr (hr) - según |
|------|--------|---------|-----------------|-----------------|
| | | | Linsley | Chow |
| 1.36 | 9.33 | 10.28 | 1.1659 | 0.7860 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31

Resumen de cálculo de caudal en punta de hidrograma unitario.

| dE (min) | Tr (min) | hpe (mm) | A (km ²) | tbase (hr) | tp (hr) | Qp (m ³ /s) |
|----------|----------|----------|----------------------|------------|---------|---------------------------|
| 50.422 | 72.369 | 91.33 | 29.11 | 192.98 | 47.16 | 27.520 |

5.2.6. Tiempo de concentración

A continuación, la siguiente tabla muestra los valores obtenidos de t_c para los métodos mencionados anteriormente.

Tabla 32

Valores de tiempo de concentración.

| Método Aplicado | Valor de t_c (hr) |
|---|---------------------|
| Según fórmula de Kirpich | 0.8404 |
| $t_c = 0.0195 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$ | |

Según fórmula australiana

$$t_c = \frac{58 * L}{A^{0.1} * S^{0.2}} \quad 2.4750$$

Según fórmula de Rivero

$$t_c = \frac{16 * L}{(1.05 - 0.2P)(100 * S)^{0.004}} \quad 2.4761$$

Según fórmula de SCS

$$t_c = 0.0195 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77} \quad 3.9319$$

5.2.7. Estimación de caudales máximos

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de caudales máximos de diseño para cada método analizado.

Tabla 33

Valores de tiempo de concentración.

| Caudales actuales (m³/s) | |
|--|--------|
| Método de la sección y pendiente | 38.470 |
| Hidrograma Sintético Triangular | 27.520 |
| Método Racional | 21.491 |
| Método de Macmath | 45.718 |
| Fórmula de Burkli.Ziegler | 16.806 |
| Fórmula de Kresnik | 23.700 |
| Método de número de curva | 7.618 |
| Caudal actual (m ³ /s) | 25.903 |

El caudal actual se calcula promediando los resultados de caudales máximos, teniendo como resultado un valor igual a 25.903 m³/s; sin embargo, este valor será analizado para los tiempos de retorno de 100 y 500 años.

5.2.8. Cálculo de caudales de diseño

Para determinar los caudales de diseño, se toman en cuenta los criterios definidos por el periodo de retorno.

Así, aplicando la fórmula de Fuller, se obtendrá el caudal máximo de diseño para los periodos de retorno de 100 años y 500 años.

$$Q = Q_p * (1 + 0.8 * \log T)$$

Donde: Q = Caudal de diseño

Q_p = Caudales actuales promedio

T = Tiempo de recurrencia

Según la tabla 22, para un tiempo de retorno de 100 años, tiempo de recurrencia de 191.18 y caudal promedio de 25.90 m³/s se obtiene un caudal de diseño de 73.18 m³/s. De igual forma, para 500 años, 1661.39 de tiempo de recurrencia y el mismo caudal promedio, el resultado fue de 92.64 m³/s de caudal de diseño.

Luego, para el periodo de retorno de 100 años se obtuvo el valor de la altura de agua para máximas avenidas mediante las fórmulas de Manning y continuidad.

$$Q = \frac{A^{\frac{5}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{P^{\frac{2}{3}} * n}$$

Donde, el valor del coeficiente de Manning (n) se calculó según la tabla de Cowan, considerando los siguientes valores:

Tabla 34

Valores considerados para el coeficiente de Manning según Cowan.

| Condiciones del canal | | Valores | |
|------------------------------------|--------------|----------------------|-------|
| Material del cauce | Gravoso fino | n₀ | 0.024 |
| Grado de irregularidad | Regular | n₁ | 0.010 |
| Secciones variables | Regular | n₂ | 0.005 |
| Efecto de las obstrucciones | Apreciable | n₃ | 0.020 |
| Vegetación | Regular | n₄ | 0.025 |
| Grado de sinuosidad | Considerable | m₅ | 1.300 |

Aplicando la fórmula propuesta por Cowan, se obtiene el siguiente resultado:

$$n = m_5(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

$$n = 0.1092$$

Además, se calculó el coeficiente de Manning según Scobey, el cual se basa en las condiciones del río; para este caso, se consideró un valor de n igual a 0.45, clasificando al río como un cauce con gran cantidad de canto rodado suelto y limpio de sección transversal variable.

Para los cálculos de caudales máximos se ha considerado el menor valor de n, el cual corresponde al valor calculado según Cowan (n=0.1092) ya que esta condición es la más desfavorable.

Finalmente, reemplazando los valores obtenidos se determinó que la cota de la altura de avenidas máximas (N.A.M.E.) incrementó en 1.34 m, luego, se obtuvo la cota final de 1810.034 m.s.n.m.

5.3. Estudio hidráulico en instalación del puente modular Taspá

5.3.1. Características del modelo hidráulico.

Se usó el programa HEC-RAS para realizar el modelo hidráulico del río Claro, basándose en las ecuaciones para un flujo gradualmente variado, este programa determinó las características del flujo para el río Claro dentro de la zona de estudio.

Para esto, se realizó el levantamiento topográfico de la zona, parte esencial para la determinación y ubicación del puente. Con esta información obtenida, se fijaron secciones transversales a 547 m aguas arriba y 330 m aguas abajo del eje donde se encuentra ubicado el puente.

Fotografía 3:

Levantamiento topográfico de la zona de estudio del puente Taspá



Se realizaron un total de 90 secciones cada 10 m a lo largo de la longitud del cauce determinado anteriormente en las características hidrográficas de la cuenca. La figura 36 muestra

el modelo hidráulico desde una vista en planta, en este se puede observar la distribución de las secciones, así como la cota para cada una de ellas.

Figura 41:
Eje del río claro



Según el análisis de las secciones, se puede observar que la pendiente se mantiene en un rango de 0.01% a 0.02%, tanto para aguas arriba como en aguas abajo, manteniendo principalmente un flujo subcrítico a lo largo del río Claro.

Para el cálculo del número de Manning, se realizó bajo especificaciones de Scobey, el cual se basa en las características del río, obteniendo valores que fluctúan entre 0.035 – 0.045 y en casos más atípicos un valor de 0.500. Para la base del cauce se determinó un valor de 0.045 el cual se mantiene a lo largo del río; sin embargo, para los lados los valores son variables en los rangos mencionados dependiendo de la sección analizada.

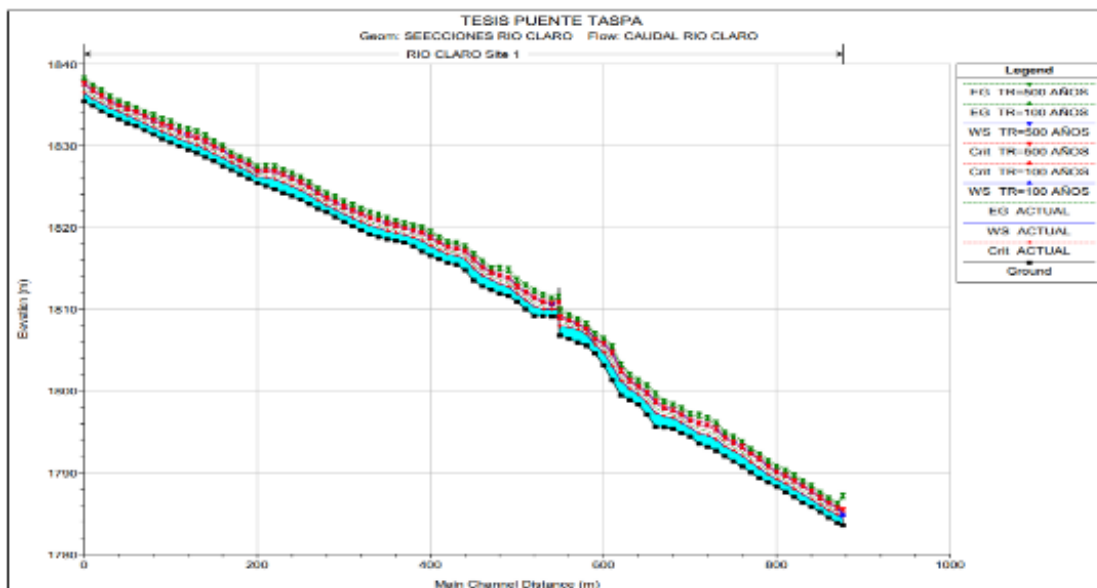
Tabla 35

Resumen de características de modelo hidráulico en HEC- RAS.

| Estaciones | Nº de Secciones | 90 |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| | Primera estación | 0+000.00 |
| | Estación del puente | 0+547.00 |
| | Última estación | 0+867.42 |
| Coeficientes de Manning | Principal | 0.045 |
| | Laterales | 0.035 - 0.500 |
| Caudales | Actual | 25.90 m ³ /s |
| | Tr = 100 años | 73.18 m ³ /s |
| | Tr = 500 años | 92.64 m ³ /s |

Para el modelo hidráulico en HEC-RAS se usaron los valores calculados anteriormente para los caudales, los cuales, según el planteamiento realizado del flujo, son constantes a lo largo del río en estudio.

Figura 42:
Perfil del río claro



5.3.2. Características del puente propuesto

5.3.2.1. Alturas de agua en secciones de control. Para analizar los tirantes máximos obtenidos con el programa HEC-RAS se tomarán como referencia tres puntos de control, a la entrada del canal, salida del canal y estación donde se encuentra ubicado el puente proyectado.

En la entrada del canal (estación 0+000.00) se calculó un tirante máximo de 1.07 m para el caudal actual de 25.90 m³/s iniciando con una pendiente de 0.023% y con una elevación máxima de altura de aguas igual a 1836.49 m.s.n.m. Para el caso del caudal máximo con un periodo de retorno de 100 años, se obtiene un tirante máximo de 2.07 m, una pendiente de 0.013% y 1837.48 m.s.n.m. de altura máxima de agua. Para el periodo de retorno de 500 años con caudal igual a 92.64 m³/s se obtuvo un tirante igual a 2.68 m, pendiente igual a 0.01125% y una elevación de aguas de 1837.77 m.s.n.m.

En la salida del canal (estación 0+867.42), para el caudal actual se determinó un tirante máximo de 0.82 m, con una pendiente considerable igual a 0.110088 % y una elevación máxima de altura de aguas de 1784.37 m.s.n.m. Analizando los resultados con el valor del caudal para un periodo de retorno de 100 años, se obtuvo un tirante máximo igual 1.23 m, una pendiente muy similar a la anterior, 0.110099%, y una altura máxima de aguas con valor 1784.78 m.s.n.m. Para el caudal de 500 años, el tirante máximo obtenido fue 1.35 m, valor de la pendiente igual a 0.110146 % y una elevación de aguas de 1784.90 m.s.n.m. Para este caso, se observa en las tablas de secciones obtenidas por el programa HEC-RAS que la estación se encuentra en flujo supercrítico, es decir, el número de Froude es mayor a 1.

Finalmente, en la zona de ubicación del puente proyectado, se obtuvo un tirante máximo de 0.91 m, una pendiente máxima de 0.023187% y una elevación máxima de aguas de 1810.00

m.s.n.m., considerando el caudal actual. Para el caudal con periodo de retorno de 100 años, se determinó un tirante máximo igual a 1.65 m, la pendiente se mantiene constante aproximadamente con un valor de 0.023845% y cota de altura máxima de aguas aumenta a 1810.74 m.s.n.m. Con el caudal igual a 92.64 m³/s se calculó el valor de 1.89 m para el tirante máximo, una pendiente de 0.024254% y una elevación máxima de aguas igual a 1810.97 m.s.n.m.

Según los cuadros mostrados anteriormente de las estaciones en análisis, se puede afirmar que las estaciones 0+547.00 y 0+000.00 se encuentran en flujo crítico.

Tabla 36
Características de la sección 0 actual.

| | | Element | Channel |
|--------------------|----------|-----------------|---------|
| E.G. Elev (m) | 1836.93 | Wt n- Val | 0.045 |
| Vel. Head (m) | 0.45 | Reach Len. (m) | |
| W.S. Elev (m) | 1836.49 | Flow Area (m2) | 8.77 |
| Crit. W. S (m) | 1836.49 | Area (m2) | 8.77 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.023118 | Flow (m3/s) | 25.90 |
| Q Total (m3/s) | 25.90 | Top Width (m) | 9.96 |
| Top Width (m) | 9.96 | Avg. Vel (m/s) | 2.95 |
| Vel Total (m/s) | 2.95 | Hydr. Depth (m) | 0.88 |
| Max Chl Dpth (m) | 1.07 | Conv. (m3/s) | 170.3 |
| Conv. Total (m3/s) | 170.3 | Wetted Per. (m) | 10.72 |
| Length Wtd (m) | | Shear (N/m2) | 10.72 |

| | | | |
|----------------|---------|------------------------|--------|
| Min Ch El (m) | 1835.41 | Stream Power (N/m s) | 185.39 |
| Alpha | 1.00 | | 547.75 |
| Frctn loss (m) | | Cum Volume (1000m3) | |
| C & E Loss (m) | | Cum SA (1000 m2) | |

Tabla 37
Características de la sección 0 para Tr=100 años.

| | | Element | Lef OB | Channel | Righth OB |
|---------------------|----------|-------------------|--------|---------|--------------|
| E.G. Elev (m) | 1838.11 | Wt n- Val | 0.035 | 0.045 | 0.500 |
| Vel. Head (m) | 0.63 | Reach Len. (m) | | | |
| W.S. Elev (m) | 1837.48 | Flow Area (m2) | 2.45 | 19.11 | 4.38 |
| Crit. W. S (m) | 1837.48 | Area (m2) | 2.45 | 19.11 | 4.38 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.013172 | Flow (m3/s) | 3.81 | 68.79 | 0.58 |

| | | | | | |
|------------------------------------|---------|-------------------------------------|-------|--------|-------|
| Q Total (m ³ /s) | 73.18 | Top Width (m) | 7.52 | 10.45 | 9.91 |
| Top Width (m) | 27.88 | Avg. Vel (m/s) | 1.55 | 3.60 | 0.13 |
| Vel Total (m/s) | 2.82 | Hydr. Depth (m) | 0.33 | 1.83 | 0.44 |
| Max Chl Dpth (m) | 2.07 | Conv. (m ³ /s) | 33.2 | 599.4 | 5.1 |
| Conv. Total (m ³ /s) | 637.6 | Wetted Per. (m) | 7.54 | 11.40 | 9.95 |
| Length Wtd (m) | | Shear (N/m ²) | 42.02 | 216.52 | 56.81 |
| Min Ch El (m) | 1835.41 | Stream Power (N/m s) | 65.17 | 779.25 | 7.54 |
| Alpha | 1.55 | | | | |
| Frctn loss (m) | | Cum Volume (1000m ³) | | | |
| C & E Loss (m) | | Cum SA (1000 m ²) | | | |

Tabla 38*Características de la sección 0 para $Tr=500$ años.*

| | | Element | Lef OB | Channel | Rigth OB |
|---------------------|----------|--------------------|--------|---------|-------------|
| E.G. Elev (m) | 1838.40 | Wt n- Val | 0.035 | 0.045 | 0.500 |
| Vel. Head (m) | 0.63 | Reach Len. (m) | | | |
| W.S. Elev (m) | 1837.77 | Flow Area (m2) | 5.08 | 22.18 | 7.28 |
| Crit. W. S (m) | 1837.77 | Area (m2) | 5.08 | 22.18 | 7.28 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.011251 | Flow (m3/s) | 9.96 | 81.45 | 1.23 |
| Q Total (m3/s) | 92.64 | Top Width (m) | 9.64 | 10.45 | 9.91 |
| Top Width (m) | 30.00 | Avg. Vel (m/s) | 1.96 | 3.67 | 0.17 |
| Vel Total (m/s) | 2.68 | Hydr. Depth (m) | 0.53 | 2.12 | 0.73 |

| | | | | | |
|-------------|---------|--------------|--------|--------|-------|
| Max Chl | 2.36 | Conv. (m3/s) | 93.9 | 767.9 | 11.6 |
| Dpth (m) | | | | | |
| Conv. Total | 873.4 | Wetted Per. | 9.78 | 11.40 | 10.25 |
| (m3/s) | | (m) | | | |
| Length Wtd | | Shear (N/m2) | 57.33 | 214.59 | 78.41 |
| (m) | | | | | |
| Min Ch El | 1835.41 | Stream Power | 112.30 | 788.11 | 13.25 |
| (m) | | (N/m s) | | | |
| Alpha | 1.71 | | | | |
| Frctn loss | | Cum Volume | | | |
| (m) | | (1000m3) | | | |
| C & E Loss | | Cum SA (1000 | | | |
| (m) | | m2) | | | |

Tabla 39
Características de la sección 547 actual.

| | | Element | Channel |
|-----------|---------|------------|---------|
| E.G. Elev | 1810.37 | Wt n- Val | 0.045 |
| (m) | | | |
| Vel. Head | 0.36 | Reach Len. | |
| (m) | | (m) | |

| | | | |
|------------------------------------|----------|--------------------------------|--------|
| W.S. Elev (m) | 1810.00 | Flow Area (m ²) | 9.69 |
| Crit. W. S (m) | 1810.00 | Area (m ²) | 9.69 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.023187 | Flow (m ³ /s) | 25.90 |
| Q Total (m ³ /s) | 25.90 | Top Width (m) | 13.00 |
| Top Width (m) | 13.00 | Avg. Vel (m/s) | 2.67 |
| Vel Total (m/s) | 2.67 | Hydr. Depth (m) | 0.75 |
| Max Chl Dpth (m) | 0.91 | Conv. (m ³ /s) | 170.1 |
| Conv. Total (m ³ /s) | 170.1 | Wetted Per. (m) | 13.81 |
| Length Wtd (m) | | Shear (N/m ²) | 159.57 |
| Min Ch El (m) | 1809.09 | Stream Power (N/m s) | 426.39 |
| Alpha | 1.00 | | |

| | | | | |
|-------------------|------------------------|------|------|------|
| Frctn loss (m) | Cum Volume (1000m3) | 0.12 | 4.69 | 1.33 |
| C & E Loss (m) | Cum SA (1000 m2) | 0.59 | 6.16 | 3.09 |

Tabla 40
Características de la sección 547 para Tr=100 años:

| | | Element | Lef OB | Channel | Rigth OB |
|---------------------|----------|-------------------|--------|---------|-------------|
| E.G. Elev (m) | 1811.40 | Wt n- Val | | 0.045 | 0.500 |
| Vel. Head (m) | 0.66 | Reach Len. (m) | | | |
| W.S. Elev (m) | 1810.74 | Flow Area (m2) | | 20.29 | 0.05 |
| Crit. W. S (m) | 1810.74 | Area (m2) | | 20.29 | 0.05 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.023845 | Flow (m3/s) | | 73.18 | 0.00 |
| Q Total (m3/s) | 73.18 | Top Width (m) | | 15.21 | 0.54 |

| | | | | | |
|-----------------------|---------|-------------------------|--------|-------|------|
| Top Width (m) | 15.75 | Avg. Vel (m/s) | 3.61 | 0.06 | |
| Vel Total (m/s) | 3.60 | Hydr. Depth (m) | 1.33 | 0.10 | |
| Max Chl Dpth (m) | 1.65 | Conv. (m3/s) | 473.9 | 0.0 | |
| Conv. Total (m3/s) | 473.9 | Wetted Per. (m) | 18.84 | 0.58 | |
| Length Wtd (m) | | Shear (N/m2) | 251.9 | 21.32 | |
| Min Ch El (m) | 1809.09 | Stream Power (N/m s) | 908.33 | 1.33 | |
| Alpha | 1.01 | | | | |
| Frctn loss (m) | 0.19 | Cum Volume (1000m3) | 1.56 | 9.96 | 4.99 |
| C & E Loss (m) | 0.00 | Cum SA (1000 m2) | 3.16 | 6.48 | 5.55 |

Tabla 41*Características de la sección 547 para $Tr= 500$ años.*

| | | Element | Lef OB | Channel | Rigth OB |
|---------------------|----------|--------------------|--------|---------|-------------|
| E.G. Elev (m) | 1811.74 | Wt n- Val | | 0.045 | 0.500 |
| Vel. Head (m) | 0.77 | Reach Len. (m) | | | |
| W.S. Elev (m) | 1810.97 | Flow Area (m2) | | 23.85 | 0.25 |
| Crit. W. S (m) | 1810.97 | Area (m2) | | 23.85 | 0.25 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.024254 | Flow (m3/s) | | 92.61 | 0.03 |
| Q Total (m3/s) | 92.64 | Top Width (m) | | 15.40 | 1.20 |
| Top Width (m) | 16.60 | Avg. Vel (m/s) | | 3.88 | 0.11 |
| Vel Total (m/s) | 3.84 | Hydr. Depth (m) | | 1.55 | 0.21 |

| | | | | | |
|-------------|---------|--------------|---------|-------|------|
| Max Chl | 1.89 | Conv. (m3/s) | 594.7 | 0.2 | |
| Dpth (m) | | | | | |
| Conv. Total | 594.9 | Wetted Per. | 20.07 | 1.27 | |
| (m3/s) | | (m) | | | |
| Length Wtd | | Shear (N/m2) | 282.65 | 47.73 | |
| (m) | | | | | |
| Min Ch El | 1809.09 | Stream Power | 1097.51 | 5.10 | |
| (m) | | (N/m s) | | | |
| Alpha | 1.02 | | | | |
| Frctn loss | 0.21 | Cum Volume | 2.36 | 11.49 | 6.42 |
| (m) | | (1000m3) | | | |
| C & E Loss | 0.01 | Cum SA (1000 | 3.89 | 6.51 | 5.79 |
| (m) | | m2) | | | |

Tabla 42
Características de la sección 867.42 actual.

| | | Element | Channel | | |
|-----------|---------|------------|---------|-------|------|
| E.G. Elev | 1785.43 | Wt n- Val | | 0.045 | |
| (m) | | | | | |
| Vel. Head | 1.06 | Reach Len. | 908.23 | 6.42 | 6.49 |
| (m) | | (m) | | | |

| | | | |
|------------------------------------|----------|--------------------------------|---------|
| W.S. Elev (m) | 1784.37 | Flow Area (m ²) | 5.69 |
| Crit. W. S (m) | 1784.37 | Area (m ²) | 5.69 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.110088 | Flow (m ³ /s) | 25.90 |
| Q Total (m ³ /s) | 25.90 | Top Width (m) | 11.35 |
| Top Width (m) | 11.35 | Avg. Vel (m/s) | 4.55 |
| Vel Total (m/s) | 4.55 | Hydr. Depth (m) | 0.50 |
| Max Chl Dpth (m) | 0.82 | Conv. (m ³ /s) | 78.1 |
| Conv. Total (m ³ /s) | 78.1 | Wetted Per. (m) | 11.74 |
| Length Wtd (m) | | Shear (N/m ²) | 523.48 |
| Min Ch El (m) | 1783.55 | Stream Power (N/m s) | 2382.25 |
| Alpha | 1.00 | | |

| | | | | |
|-------------------|------------------------|------|------|------|
| Frctn loss (m) | Cum Volume (1000m3) | 0.48 | 7.74 | 1.35 |
| C & E Loss (m) | Cum SA (1000 m2) | 2.81 | 9.18 | 3.28 |

Tabla 43

Características de la sección 867.42 para Tr= 100 años.

| | | Element | Lef OB | Channel | Righth OB |
|---------------------|----------|-------------------|--------|---------|--------------|
| E.G. Elev (m) | 1786.93 | Wt n- Val | 0.035 | 0.045 | 0.500 |
| Vel. Head (m) | 2.15 | Reach Len. (m) | 908.23 | 6.42 | 6.49 |
| W.S. Elev (m) | 1784.78 | Flow Area (m2) | 1.07 | 10.56 | 0.26 |
| Crit. W. S (m) | 1785.34 | Area (m2) | 1.07 | 10.56 | 0.26 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.110099 | Flow (m3/s) | 3.33 | 69.81 | 0.04 |
| Q Total (m3/s) | 73.18 | Top Width (m) | 5.73 | 11.98 | 2.14 |

| | | | | | |
|-----------------------|---------|-------------------------|--------|---------|--------|
| Top Width (m) | 19.85 | Avg. Vel (m/s) | 3.10 | 6.61 | 0.16 |
| Vel Total (m/s) | 6.15 | Hydr. Depth (m) | 0.19 | 0.88 | 0.12 |
| Max Chl Dpth (m) | 1.23 | Conv. (m3/s) | 10.0 | 210.4 | 0.1 |
| Conv. Total (m3/s) | 220.5 | Wetted Per. (m) | 5.74 | 12.43 | 2.16 |
| Length Wtd (m) | 116.87 | Shear (N/m2) | 201.87 | 916.85 | 131.39 |
| Min Ch El (m) | 1783.55 | Stream Power (N/m s) | 625.79 | 6062.37 | 21.41 |
| Alpha | 1.11 | | | | |
| Frctn loss (m) | 3.56 | Cum Volume (1000m3) | 5.68 | 15.62 | 5.71 |
| C & E Loss (m) | 0.48 | Cum SA (1000 m2) | 11.40 | 9.91 | 6.87 |

Tabla 44
Características de la sección 867.42 para Tr= 500 años.

| Element | Lef OB | Channel | Rigth OB |
|---------|--------|---------|-------------|
|---------|--------|---------|-------------|

| | | | | | |
|-----------------------|----------|--------------------|--------|-------|-------|
| E.G. Elev (m) | 1787.38 | Wt n- Val | 0.035 | 0.045 | 0.500 |
| Vel. Head (m) | 2.48 | Reach Len. (m) | 908.23 | 6.42 | 6.49 |
| W.S. Elev (m) | 1784.90 | Flow Area (m2) | 1.84 | 11.94 | 0.57 |
| Crit. W. S (m) | 1785.53 | Area (m2) | 1.84 | 11.94 | 0.57 |
| E.G. Slope (m/m) | 0.110146 | Flow (m3/s) | 6.81 | 85.71 | 0.12 |
| Q Total (m3/s) | 92.64 | Top Width (m) | 7.50 | 11.98 | 3.15 |
| Top Width (m) | 22.63 | Avg. Vel (m/s) | 3.71 | 7.18 | 0.21 |
| Vel Total (m/s) | 6.46 | Hydr. Depth (m) | 0.25 | 1.00 | 0.18 |
| Max Chl Dpth (m) | 1.35 | Conv. (m3/s) | 20.5 | 258.3 | 0.4 |
| Conv. Total (m3/s) | 279.1 | Wetted Per. (m) | 7.51 | 12.43 | 3.17 |

| | | | | | |
|-------------------|---------|-------------------------------------|--------|---------|--------|
| Length Wtd (m) | 146.36 | Shear (N/m ²) | 264.12 | 1037.29 | 193.33 |
| Min Ch El (m) | 1783.55 | Stream Power (N/m s) | 979.34 | 7446.47 | 40.76 |
| Alpha | 1.17 | | | | |
| Frctn loss (m) | 4.43 | Cum Volume (1000m ³) | 8.03 | 18.06 | 7.50 |
| C & E Loss (m) | 0.55 | Cum SA (1000 m ²) | 13.23 | 10.02 | 7.32 |

Figura 43:
Sección transversal en estación 0+867.42

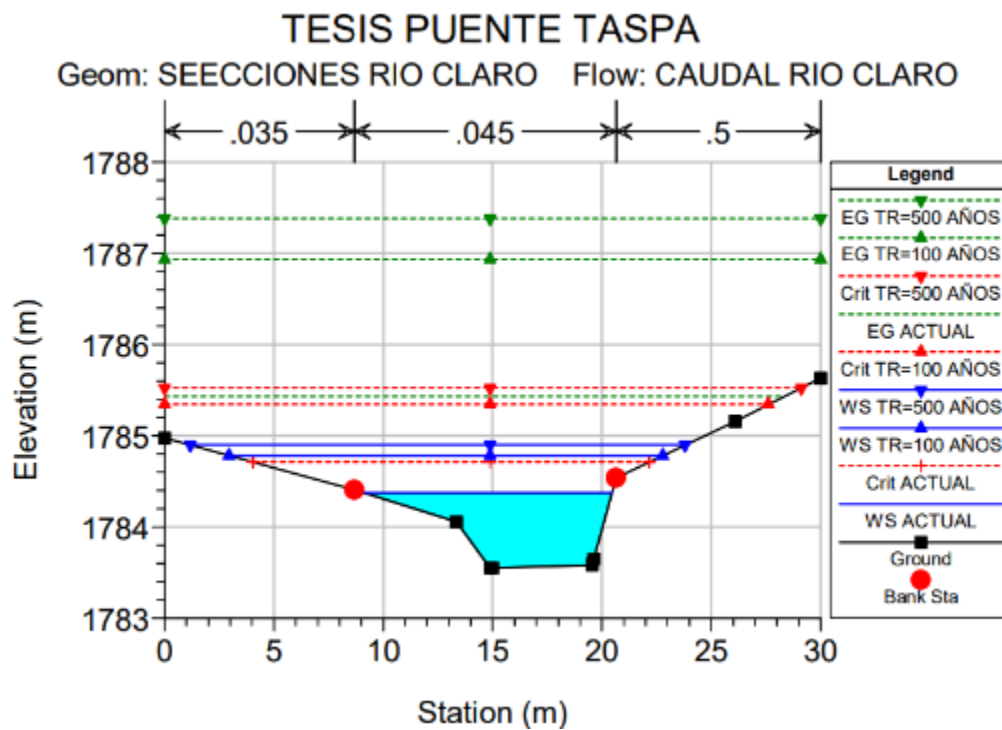


Figura 44:
Sección transversal en estación 0+547.00

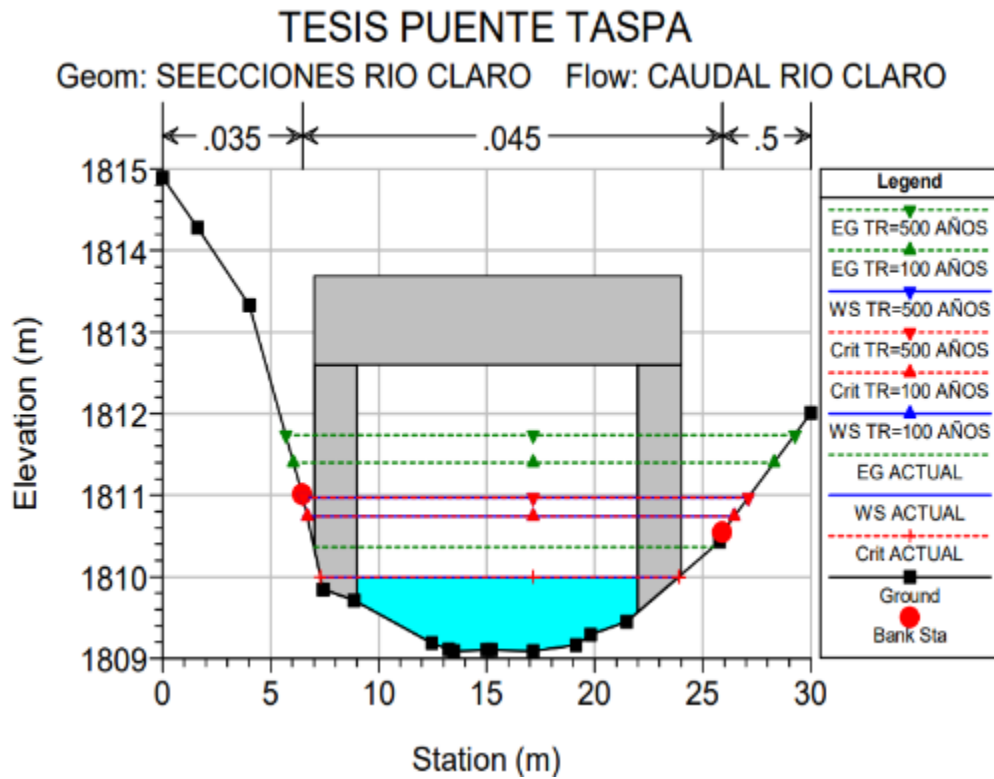
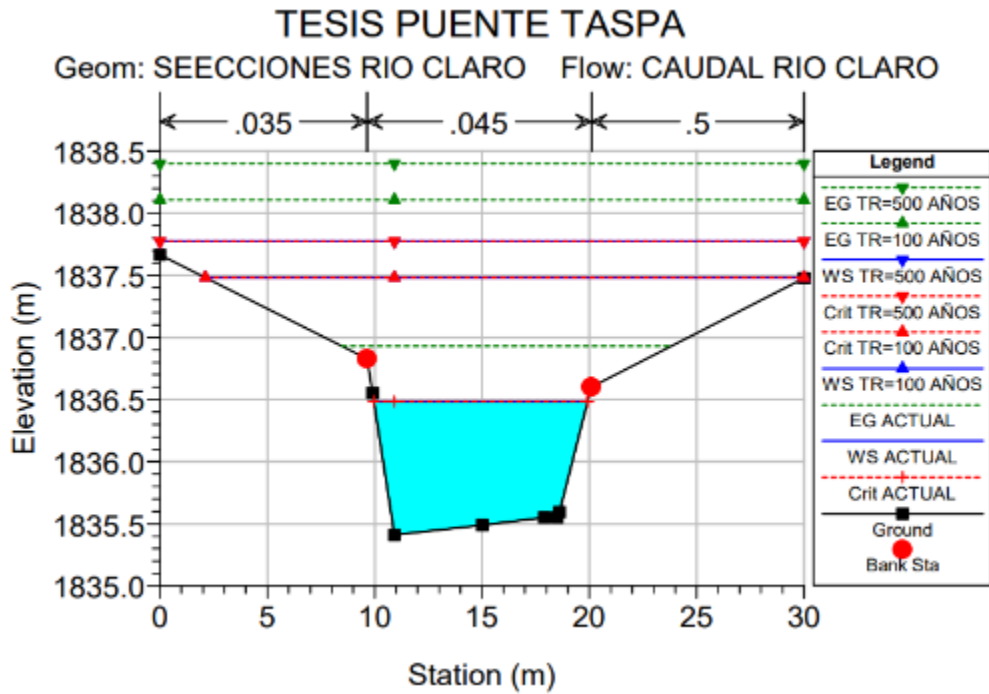


Figura 45:
Sección transversal en estación 0+000.00



De las figuras mostradas, se puede determinar que, para un caudal con periodo de retorno igual a 500 años, el puente cumple con la condición de altura libre, mínimo 2.0 m, ya que el río conduce agua limpia en su mayoría sin presencia de objetos voluminosos. Sin embargo, para el caudal con periodo de retorno de 100 años, cumple esta condición con mucha mayor holgura, debido a que la elevación máxima de altura de aguas es menor.

5.3.2. Estudio de socavación.

Este es parte importante del estudio, pues permite definir la profundidad de cimentación para el puente propuesto. Para este estudio, se realizó el siguiente análisis mediante dos aspectos de la socavación mencionados a continuación:

5.3.2.1. Socavación general en el cauce. Se determinó la socavación a lo ancho del cauce mediante el criterio de Lischtván – Levediev, el cual se basa en la velocidad media necesaria para la degradación del fondo del cauce.

Para el cálculo de este valor se aplicaron las siguientes fórmulas; cabe añadir, que estas dependen del tipo de suelo en estudio, para este caso, se realizaron los ensayos en un suelo no cohesivo; por ello, se mostrarán las fórmulas que corresponden a esta clasificación.

$$Vc = 0.68 * b * d_m^{0.28} * H_s^x$$

$$H_s = \left[\frac{a * H_o^{5/3}}{0.68 * b * d_m^{0.28}} \right]^{1/(1+x)}$$

$$d_m = 0.01 * S * d_i * p_i$$

$$a = \frac{Qd}{H_m^{5/3} * B_e * m}$$

Donde:

V_c = Velocidad media suficiente para degradar el cauce

d_m = Diámetro medio de los granos en el fondo

b = Coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia

H_s = Profundidad de socavación

d_s = Profundidad de socavación respecto al fondo del cauce

H_o = Profundidad inicial antes de erosión

x = Exponente que depende del diámetro del material

d_j = Diámetro medio de una fracción de la curva granulométrica

p_i = Peso de una fracción de la muestra analizada

Q_d = Caudal de diseño

H_m = Profundidad media de la sección

B_e = Ancho efectivo de la superficie de agua

m = Coeficiente de contracción

Con el valor de la velocidad media en la sección, se calcula el valor del coeficiente de contracción (m). Asimismo, para el valor del coeficiente x , ingresando como dato el valor del diámetro medio de los granos. Además, para el cálculo del coeficiente b , se realizará por tabla, la cual se basa en el periodo de retorno de diseño.

A continuación, se muestra una tabla con los resultados parciales y totales obtenidos.

Tabla 45:

Resumen de cálculo de socavación en fondo del cauce

| Cálculos parciales | Valor | Unidad |
|---------------------------|--------------|---------------|
|---------------------------|--------------|---------------|

| | | |
|-------|-------|----------|
| Q_d | 92.64 | m^3/s |
| B_e | 8.34 | m |
| H_o | 0.67 | m |
| V_m | 1.87 | m/s |
| m | 0.98 | - |
| g_d | 1.44 | Tn/m^3 |
| d_m | 40 | mm |
| x | 0.3 | - |
| Tr | 500 | años |
| b | 1.05 | - |
| A | 11.47 | m^2 |
| H_m | 1.375 | m |
| a | 6.647 | - |

| Cálculos finales | Valor | Unidad |
|-------------------------|--------------|---------------|
| H_s | 1.50 | m |
| ds | 0.83 | m |

Se obtuvo una profundidad de 1.5 m de socavación en el fondo del cauce, como se observa, la diferencia entre la profundidad antes de erosión y luego de esta fue 0.83 m; sin embargo, para consideraciones ingenieriles se determinó un valor promedio de 0.85 m de profundidad de socavación con respecto al fondo del cauce.

5.3.2.2. Socavación al pie de estribos. Para este análisis se aplicó el método expuesto por K. F. Artamonov. Este determina la profundidad de socavación al pie de los estribos, así como al pie de espigones.

Se realizó el cálculo aplicando la siguiente fórmula:

$$St = P_a * P_q * P_R * H_o$$

Donde:

St= Tirante incrementado al pie del estribo

Pa= Coeficiente que depende del ángulo que forma el eje del puente con la corriente

Pq= Coeficiente que depende de la relación Q1/Q

PR= Coeficiente que depende del talud que tienen los lados de los estribos

Ho= Tirante antes de la erosión en zona cercana al estribo

5.3.2.3. Estribo margen izquierdo aguas abajo. Se calculan por tablas los parámetros Pa, Pq y PR y se obtiene la siguiente tabla resumen:

Tabla 46

Resumen de cálculo de socavación en estribo margen izquierdo.

| Cálculos parciales | Valor | Unidad |
|--------------------|-------|-------------------|
| Ho | 0.57 | m |
| Q | 92.64 | m ³ /s |
| Q1 | 30.88 | m ³ /s |
| Q1/Q | 0.33 | - |
| Pq | 3.30 | - |
| a | 90.00 | ° |

| Pa | 1.00 | - |
|-------------------------|--------------|---------------|
| R | 1.00 | - |
| Pr | 0.85 | - |
| Cálculos finales | Valor | Unidad |
| St | 1.60 | m |
| So | 1.03 | m |

El tirante inicial al pie del estribo obtenido tuvo un valor igual a 1.03 m, el cual fue redondeado a 1.00 m para los cálculos correspondientes.

5.3.2.4. Estribo margen derecho aguas abajo. De la misma forma realizada anteriormente, se muestra a continuación la tabla resumen para el estribo margen derecho:

Tabla 47

Resumen de cálculo de socavación en estribo margen derecho.

| Cálculos parciales | Valor | Unidad |
|---------------------------|--------------|-------------------|
| Ho | 0.71 | m |
| Q | 92.64 | m ³ /s |
| Q1 | 30.88 | m ³ /s |
| Q1/Q | 0.33 | - |
| Pq | 3.30 | - |
| a | 90.00 | ° |
| Pa | 1.00 | - |
| R | 3.00 | - |

| | | |
|-------------------------|--------------|---------------|
| Pr | 0.50 | - |
| Cálculos finales | Valor | Unidad |
| St | 1.17 | m |
| So | 0.46 | m |

Para este caso, el tirante inicial obtenido al pie del estribo fue redondeado a 0.50 m, el cual fue asumido como resultado de este estudio.

5.4. Estudio de suelos y geotecnia en instalación del puente modular Taspá

5.4.1. Ensayos de laboratorio.

Para el estudio de suelos, se consideraron los siguientes ensayos para la identificación y clasificación de los suelos, basándose en las normas de ensayos dadas por la American Society for Testing Material (ASTM) y las Normas Técnicas Peruanas (NTP):

- Contenido de humedad (ASTM D2216)
- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422 – NTP 400.012)
- Límites de consistencia (ASTM D4318 – NTP 339.129)
- Peso específico relativo a sólidos (ASTM D854)
- Clasificación SUCS (ASTM D2487 – NTP 339.134)

5.4.2. Clasificación de suelos y parámetros del terreno.

A continuación, según el Sistema Unificado de Clasificación (SUCS), se muestran los resultados obtenidos para las dos calicatas analizadas en el terreno de estudio.

Tabla 48*Clasificación SUCS de calicatas.*

| Calicata | Muestra | h(m) | Clasificación SUCS |
|-----------------|----------------|-------------|---------------------------|
| C-1 | M-1 | 3.00 | SM |
| C-2 | M-1 | 3.00 | SC |

Según la tabla anterior, se corrobora las condiciones asumidas para los estudios hidrológicos e hidráulicos, la zona de estudio presentó suelos no cohesivos.

5.4.3. Descripción del perfil estratigráfico.

Los perfiles estratigráficos se confeccionan para las dos calicatas en base a la información obtenida en el campo y los resultados de los ensayos de laboratorio. Estos perfiles servirán para verificar los tipos y profundidades de cimentación propuestos y también para obtener las capacidades admisibles del terreno de cimentación como también los asentamientos respectivos. Los perfiles se muestran en los esquemas adjuntos en los Anexos. La descripción de los perfiles de cada sondeo es:

5.4.3.1. Calicata (C – 01)- Margen Derecho

Tabla 49*Coordenadas C- 01.*

| COORDENADAS WGS-84 | | |
|---------------------------|--------------|-------------|
| ESTE | NORTE | COTA |
| 635262 | 9441003 | 1802 |

Realizada en el margen derecho del rio hasta la profundidad de 3.00 m, no se encontró la presencia de material de relleno tampoco nivel freático.

Fotografía 4:

Calicata C-01 – Margen derecha



Figura 46:

Perfil estratégico C-01- Margen derecha

| Profundidad (m) | Clasificación SUCS | Gráfico | Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc. |
|-----------------|--------------------|---------|---|
| 0.20 | Pl | | Tierra de cultivo |
| 0.50 | SM | | Arena limosa con grava, plasticidad baja, estado húmedo de color marrón claro de consistencia media |
| 1.00 | | | |
| 1.50 | | | |
| 2.00 | | | |
| 2.50 | | | |
| 3.00 | | | |

Fuente: Ensayo de Laboratorio de Suelos

Tabla 50
Composición C- 01.

| ESTRATO | % GRAVA | % ARENA | % FINOS |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| E - 01 | - | - | - |
| E - 02 | 18.3 % | 45.1 % | 36.6 % |

Fuente: Laboratorio de Suelos

Tabla 51
Descripción C- 01.

| ESPESOR(m) | ESTRATO | SUCS | DESCRIPCIÓN |
|-------------------|----------------|-------------|--------------------|
| 0.20 | E - 01 | PT | Material Natural |
| 2.80 | E - 02 | SM | Arena limosa |

Fuente: Laboratorio de Suelos

Tabla 52
Resultados C- 01.

| ESTRATO | E-02 |
|-------------------|-------------|
| SUCSS | SM |
| Peso Específico | 1.642 |
| L. Liquido | N.P |
| L. Plástico | N.P |
| I Plástico | N.P |
| Pasa malla N° 4 | 81.7 % |
| Pasa malla N° 200 | 36.6 % |

Fuente: Laboratorio de Suelos

En la exploración realizada se tiene la presencia de dos estratos de las cuales el primero está compuesto por un material PT (material natural) que consta de 0.20 m de espesor y el segundo estrato que es una SM (Arena limosa con grava)

El estrato más recomendable para la cimentación dentro de este punto es el segundo estrato

5.4.3.2. Calicata (C – 02) Margen Izquierdo

Tabla 53

Coordenadas C- 02.

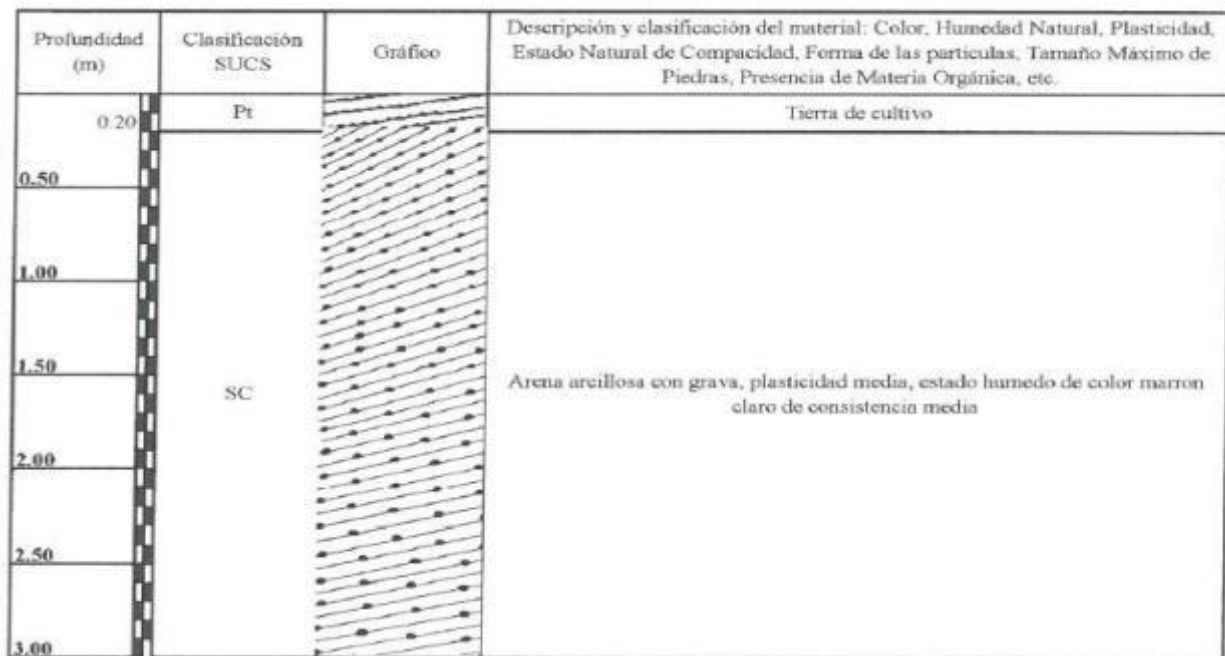
| COORDENADAS WGS-84 | | |
|--------------------|---------|------|
| ESTE | NORTE | COTA |
| 635256 | 9440984 | 1806 |

Realizada en el margen izquierdo hasta la profundidad de 3.00 m, no se encontró la presencia de material de relleno, tampoco nivel freático.

Fotografía 5:

Calicata C- 02 – Margen izquierda



Figura 47*Ensayo de laboratorio de suelos – Margen izquierda***Tabla 54***Composición C- 02.*

| ESTRATO | % GRAVA | % ARENA | % FINOS |
|---------|---------|---------|---------|
| E - 01 | - | - | - |
| E - 02 | 17.5 % | 59.6 % | 22.9 % |

Fuente: Laboratorio de Suelos

Tabla 55*Descripción C- 02.*

| ESPESOR(m) | ESTRATO | SUCS | DESCRIPCIÓN |
|------------|---------|------|------------------|
| 0.20 | E - 01 | PT | Material Natural |
| 2.80 | E - 02 | SC | Arena arcillosa |

Fuente: Laboratorio de Suelos

Tabla 56
Resultados C- 02.

| ESTRATO | E-02 |
|-------------------|-------------|
| SUCSS | SC |
| Peso Especifico | 1.635 |
| L. Liquido | 23 |
| L. Plástico | 12 |
| I Plástico | 11 |
| Pasa malla N° 4 | 82.5 % |
| Pasa malla N° 200 | 22.9 % |

Fuente: Laboratorio de Suelos

En la exploración realizada se tiene la presencia de dos estratos de las cuales el primero está compuesto por un material PT (material natural) que consta de 0.20 m de espesor y el segundo estrato que es una SC (Arena arcillosa con grava).

El estrato más recomendable para la cimentación dentro de este punto es el segundo estrato

5.4.4. Registros de Nivel Freático.

Tabla 57
Nivel freático.

| NIVEL FREÁTICO | |
|-----------------------|-------------|
| C-1-MD | No presenta |
| C-2-MI | No presenta |

5.4.5. Ensayo De Corte Directo.

Tabla 58

Resultados de ensayos de corte directo.

| Sondaje | Muestra | SUCS Especimen | Parámetros de Resistencia | |
|----------|---------|-------------------|---------------------------|------------|
| | | | c (kg/cm ²) | Angulo (°) |
| C – 1 MD | M-1 | SM | 0.09 | 22.81 |
| C – 2 MI | M-1 | SC | 0.08 | 21.31 |

Tabla 59

Resistencia cortante y cohesión.

| RESISTENCIA CORTANTE Y COHESIÓN | | |
|---------------------------------|--------------------|----------|
| | Ángulo de fricción | cohesión |
| C-1 | 22.81 | 0.09 |
| C-2 | 21.31 | 0.08 |

Fuente: Laboratorio de suelos

5.4.6. Profundidad de Cimentación.

a) Apoyo Izquierdo

En el presente caso existen dos factores que controlan la profundidad de cimentación de la subestructura:

El primero, constituido por la presencia de suelos conformados por SC (Arena arcillosa con grava) que constituyen materiales regulares como terreno de cimentación.

El segundo referido a la profundidad máxima de socavación esperada durante la vida útil de la estructura En base a dichos parámetros se recomienda un desplante mínimo de 3.00 m.

b) Apoyo Derecho

En el presente caso existen dos factores que controlan la profundidad de cimentación de la subestructura:

El primero, constituido por la presencia de suelos conformados por SM (Arena limosa con grava), que constituyen materiales regulares como terreno de cimentación.

El segundo referido a la profundidad máxima de socavación esperada durante la vida útil de la estructura. En base a dichos parámetros se recomienda un desplante mínimo 3.00 m.

5.4.7. Capacidad de Carga Admisible (Qadm).

En base a los parámetros geotécnicos, reportados del respectivo laboratorio de mecánica suelos, la Capacidad de Carga Admisible para la cimentación de los apoyos deberá ser calculada para materiales de arenas limosas y arcillosas

Capacidad de Carga Admisible por Corte (Q adm)»

El cálculo de la Q adm está dada por la siguiente expresión:

$$Q_{adm}\sigma = \frac{Q_{uti}}{F_s}$$

Dónde:

Q uti: Capacidad de Carga Ultima

Fs: Factor de Seguridad (en suelos el usual utilizado Fs:3)

Tabla 60*Resultado de capacidad admisible.*

| Calicata | Tipo de Suelo | Cohesión (Kg/cm²) | Angulo de Fricción | Peso volumétrico (g/cm³) | Df (m) | Capacidad admisible Qa=Kg/cm² |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|---------------|---|
| C-1 | SM | 0.09 | 22.81 | 1.642 | 3 | 1.96 |
| C-2 | SC | 0.08 | 21.31 | 1.635 | 3 | 1.64 |

Fuente: Laboratorio de Suelos

*Nota: Por presencia se suelos friccionantes se considera una cohesión igual a cero.

5.4.7.1. Asentamiento Obtenido en las Cimentaciones de Ambas Márgenes. El asentamiento elástico calculada en los apoyos se realizó en base a las características del suelo pertenecientes a las C-1 y C-2

Cuadro: Asentamiento obtenido en las cimentaciones de ambas márgenes.

Tabla 61*Asentamiento.*

| Ubicación | Dimensiones de Zapata (mxm) | Asentamiento Elástico (cm) |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Estribo Izquierdo | 2.00 x 6.60 | 1.51 |
| Estribo Derecho | 2.00 x 6.60 | 1.80 |

5.4.7.2. Resultados de Cálculo de Capacidad Admisible por Servicio

Tabla 62

Resultados de cálculos de capacidad admisible por servicio.

| Estribo | B (m) | L (m) | Qadm (Kg/cm2) |
|------------------|--------------|--------------|----------------------|
| Margen Izquierda | 2.00 | 6.60 | 1.96 |
| Margen Derecha | 2.00 | 6.60 | 1.64 |

5.4.8. Análisis Comparativo entre el puente modular y el puente definitivo.

Los puentes modulares se han convertido en la alternativa más eficaz y rápida para solucionar los problemas relacionados con crecidas en ríos, para interconectividad entre regiones, mejorar el acceso a las vías de comunicación, traslado de mercadería para mejorar actividad económica en la región donde se desarrollen, su gran ventaja es que son más económicos, armables y de fácil traslado, en comparación con los puentes definitivos, ya que estos permanecen en el tiempo, su mantenimiento es más costoso al igual que su diseño y construcción.

A pesar de las diferencias en vida útil un puente modular para en la zona en proyección es mucho más factible debido al tránsito existente en la zona y la necesidad urgente, se detalla a continuación una comparativa entre ambos puentes

Tabla 63

Análisis comparativo entre puente modular y puente definitivo.

| Puente modular | Puente definitivo |
|---|---|
| - Son fáciles de llevar, transportar y de armar. | - Su proceso constructivo es muy complejo, una vez que se construye, queda definitiva su estructura, no se puede ni mover ni transportar. |
| - Son una estructura eficaz, para integrar a comunidades afectadas por fenómenos naturales. | - También es una estructura eficaz y ayuda a integrar comunidades que son afectadas por fenómenos naturales |
| - Su costo oscila aproximadamente en S/400000. a S/600000.00 dependen de su longitud y materiales | - En comparación con los puentes modulares su costo es mucho más elevados oscilan entre S/500000.00 a S/1000000.00, pueden ser viga losa, mixto o viga cajón. |
| - Pueden llegar a medir hasta 60 m y su proceso constructivo puede demorar hasta 2 meses. | - No tienen límites en cuanto a la longitud, su proceso constructivo puede tardar de 6 meses a 2 años. |
| - La vida útil de un puente temporal es no mayor a 5 años según el manual de puentes – 2018. | - La vida útil de diseño de un puente definitivo es de 75 años según el manual de puentes - 2018. |

- El mantenimiento que requieren los puentes modulares son variables de acuerdo al tránsito vehicular por lo que se estima que un puente modular con un IMD < 200 veh/día, recibirá mantenimiento pasados los 6 meses, el cual consistirá en verificar el torque de pernos y la verificación de los pisos metálicos.

El mantenimiento que requieren los puentes definitivos es para las estructuras sumergidas, cada 3 años y para la superestructura una vez al año, según el manual de mantenimiento o conservación vial.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Actualmente en la Región de Piura no se cuenta con investigaciones realizadas sobre la influencia de la hidrología y la geotecnia en puentes modulares. Por lo tanto, esta investigación es la primera en realizarse. Lo que implica que más adelante esta investigación sirva de base para realizar otros estudios de esta cuenca.

Para realizar esta investigación, se clasificaron dos fases importantes: el estudio hidrológico y geotécnico, estas fases se encuentran entrelazadas y dependientes entre sí.

El estudio hidrológico es la fase que nos da como resultado el caudal de diseño, socavación y niveles de flujo del río en análisis, para un periodo de retorno de 100 y 500 años. De acuerdo a los análisis estadísticos realizados, para un periodo de retorno de 100 años se obtuvo un caudal de diseño de $73.18 \text{ m}^3/\text{s}$; y los siguientes niveles de flujo: Espejo de agua= 1808.190 m.s.n.m., NAMO= 1809.184 m.s.n.m., NAME= 1810.034 m.s.n.m. Para el periodo de retorno de 500 años se obtuvo un caudal de diseño de $92.64 \text{ m}^3/\text{s}$ el cual conjuntamente con el resultado del diámetro medio de partículas obtenidos del estudio de lecho de río en la fase de geotecnia permitieron determinar la socavación general de 0.85 m ubicado en el fondo del cauce; en donde se proyectarán los apoyos, los resultados obtenidos fueron: socavación local derecha de 0.50 m. y socavación local izquierda de 1.00 m. Estos resultados nos permitirán definir tanto el nivel de fondo de viga como el nivel de cimentación de las estructuras y/o obras de protección según se requiera.

El estudio geotécnico es la fase que nos da como resultado el tipo de suelo en la zona de estudio, la capacidad portante del suelo, el asentamiento y el diámetro medio de partículas de lecho de río. Obteniendo como resultado para la margen derecha un suelo no cohesivo de ARENA LIMOSA CON GRAVA – SM con clasificación SUCS, cuyo ángulo de fricción es de 22.81° ,

cohesión 0.09 sin embargo por presencia se suelos friccionantes se considera una cohesión igual a cero, y peso específico del suelo de 1.642 g/cm³; estos datos obtenidos nos permitieron definir la capacidad admisible de ($q_a = 1.96 \text{ kg/cm}^2$) para una profundidad de desplante de 3.00 m, además de un asentamiento probable de 1.80 cm. Para la margen izquierda se obtuvo un suelo no cohesivo de ARENA ARCILLOSA CON GRAVA – SC con clasificación SUCS, cuyo ángulo de fricción es de 21.31°, cohesión 0.08 sin embargo por presencia se suelos friccionantes se considera una cohesión igual a cero, y peso específico del suelo de 1.635 g/cm³; estos datos obtenidos nos permitieron definir la capacidad admisible de ($q_a = 1.64 \text{ kg/cm}^2$) para una profundidad de desplante de 3.00 m, además un asentamiento probable de 1.51 cm. del suelo en análisis frente a una estructura, la cual será esencial para el dimensionamiento de la cimentación según la estructura que se proyecte.

Los resultados obtenidos de la fase hidrológica y geotécnica influirán de manera significativa dado que en el diseño estructural será de base primordial tener los conocimientos de socavación, capacidad del suelo y nivel de aguas máximas extraordinarias, el cual permitirá proyectar la elevación del puente modular de tal manera que cumpla con la normativa del manual de diseño de puentes 2018, manual de hidrología, hidráulica y drenaje y el manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del Perú, tal y como se detallan los resultados de la presente investigación en el anexo 06.

CONCLUSIONES

1. La hidrología y la geotecnia influyen significativamente en la instalación del puente Modular Taspá; ya que sus parámetros son los que nos permitieron determinar la profundidad mínima (3.00 m) y tipo de cimentación (datos de apoyo), longitud del puente (30.00 m.), nivel del fondo de viga (NFV= 1812.534 m.s.n.m) y sección en la que se ubicará el puente (0+547.00); permitiendo la viabilidad del proyecto.
2. De acuerdo al análisis hidrológico se obtuvo que el caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años es de 73.18 m³/s, el cual nos da como resultado un nivel de aguas máximas extraordinarias de NAME= 1810.034 m.s.n.m. Por lo tanto, se concluye que el gálibo en el río claro será de 2.50 m. por encima del NAME calculado; por lo que el nivel de fondo de viga del puente modular proyectado deberá ser de: NFV= 1812.534 m.s.n.m. según indica el Manual de Puentes-2018, título 2, inciso 2.1.4.3.3.1, que para el caso de ríos que arrastran palizadas y troncos se considerará como mínimo la altura de 2.50 m de galibo, dado que de acuerdo al estudio de la cuenca se tiene antecedentes que el río claro tiene fuerte arrastre de material en épocas de máximas avenidas. Para la estimación de la profundidad de socavación, se consideró el caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años el cual nos permite verificar la estabilidad de la cimentación del puente. En este caso, la cimentación del puente modular proyectado deberá estar cimentado de acuerdo al nivel de desplante proyectado en el estudio geotécnico por lo que las obras de protección deberán de cimentarse debajo del nivel de socavación; es decir por la cota 1806.1535 m.s.n.m. el cual protegerán a la subestructura de futuras erosiones.
3. Los suelos del área de investigación están representados en el margen derecha por arenas limosas con grava (SM) de acuerdo a clasificación SUCS, con plasticidad baja, estado

húmedo de color marrón claro de consistencia media, mientras que en el margen izquierdo está representado por arena arcillosa con grava (SC) de acuerdo a clasificación SUCS, plasticidad media estado húmedo de color marrón claro de consistencia media; Para el lecho del río hay intercalaciones de arenas de grano medio a grueso con inclusiones de gravas y algunos cantos rodados, por lo que de acuerdo a estos resultados se concluye que para la cimentación del margen derecho se tiene una capacidad admisible de ($q_a = 1.96 \text{ kg/cm}^2$) para una profundidad de desplante de 3.00 m, además de un asentamiento probable de 1.80 cm. Y para el margen izquierdo se tiene una capacidad admisible de ($q_a = 1.64 \text{ kg/cm}^2$) para una profundidad de desplante de 3.00 m, además un asentamiento probable de 1.51 cm. Por lo tanto, los niveles mínimos de cimentación se encontrarán en las siguientes cotas: Para el margen derecho NFC= 1808.636 m.s.n.m. y para el margen izquierdo NFC= 1808.600 m.s.n.m.

RECOMENDACIONES

1. Para determinar los parámetros hidrológicos y geotécnicos se recomienda cumplir con lo indicado en el Manual de Puentes vigente; además de lo especificado en el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje y el Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del Perú.
2. Se recomienda respetar los parámetros hidrológicos mínimos calculados en la presente investigación tales como caudales, socavación y gálibo; para así cumplir con la normativa de diseño vigente, viabilidad del proyecto y salvaguardar los intereses de la población en épocas de máximas avenidas.
3. Se recomienda respetar la capacidad admisible, niveles mínimos de fondo de cimentación y asentamientos probables en ambos márgenes; puesto que estos valores aseguran la viabilidad de la subestructura. Respecto a la granulometría en el lecho del río, se recomienda supervisar la toma de muestra de suelos, ya que se puede descartar las bolonerías y/o partículas de tamaño considerable obteniéndose una curva granulométrica ficticia, y, por ende, un diámetro nominal de partícula errónea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AASHTO, A. A. (2019). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. Washington: 8ava Edición. Obtenido de ISBN: 978-1-56051-654-5
2. Aguilar, C., Perdomo, C., Piracoca, F., & Prieto, F. (2014). *Análisis Estructural puente Tipo Bailey*. Universidad Santo Tomas. Tunja: UST.
3. Chávez, J. (2017). *Instalación de puentes modulares en la región Cusco*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima: UNI.
4. Colorado, F. (2014). *Estudios hidrológico e hidráulico para el diseño del puente Santa Rosa de Jaípe*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Lima: UNI. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14800>
5. Empresa Metal Metálico, M. (2019). *Puentes Bailey usado para desastres naturales en Perú*. Lima: Metal Metálico Estructuras. Obtenido de <http://www.metalmetalico.com.pe/puentes-bailey-usado-para-desastres-naturales-en-peru/>
6. García, C. (2017). *Análisis y diseño de puentes de concreto armado- Método AASHTO-LRFD*. Lima: ACI.
7. García, C. (2019). *Conocimientos del sistema de puentes modulares en la Empresa ESMETAL*. Lima: Revista Perú Construye.
8. Ingeniería y Gestión, I. (2010). *Manual de Diseño de Puentes*. Lima: Editora Macro E.I.R.L. Obtenido de <https://www.slideshare.net/FabianRuiz5/manual-de-diseo-de-puentes-73162590>
9. MTC, M. d. (2015). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Lima. Lima: MTC. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
10. MTC, M. d. (2018). *Manual de Puentes*. MTC. Lima: MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
11. Pecho, Y. (2017). *Importancia del mantenimiento preventivo de puentes en el Perú*. Universidad de Piura. Piura: UDEP.
12. PeruVias. (2012). *Puentes modulares: Estructuras para la conectividad*. Perú. Lima: PeruVias. Obtenido de <https://www.esmetal.com.pe/images/SE.07.17.pdf>
13. Rodríguez, A. (2012). *Puentes con AASHTO - LRFD 2010* (First Edition ed., Vol. 1). Perú: Propia.
14. SENAMHI, S. N. (2013). *Ubicación de Estaciones meteorológicas*. Piura.
15. Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima: MaxSoft.

ANEXOS

Tabla 64. *Matriz de consistencia*

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

INFLUENCIA DE LA EVALUACIÓN HIDROLÓGICA Y GEOTECNIA EN LA INSTALACIÓN DEL PUENTE MODULAR TASPА, DEL DISTRITO CHALACO, PROVINCIA DE MORROPÓN, DEPARTAMENTO DE PIURA.

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | FUNDAMENTOS TEÓRICOS | | |
|--|--|--|---|---|---|
| Problema General | Objetivo General | Hipótesis General | VARIABLES | METODOLOGÍA | |
| ¿Cómo influye la hidrología y geotecnia en la instalación del puente modular Taspа del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura | Evaluar la influencia de la hidrología y geotecnia en la instalación del puente modular Taspа del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura. | La hidrología y geotecnia influyen en la instalación del puente modular Taspа del distrito Chalaco de la provincia de Morropón departamento de Piura. | Variable Independiente Puente Modular | El puente modular es un puente que está compuesto por módulos que formen parte de una estructura en conjunto. (Garita y Madrigal, 2003) | Diseño de la Investigación (Experimental cuasi experimento) |
| Problemas Específicos | Objetivos Específicos | Hipótesis Específicos | | Describe los factores que influyen en la obtención de diseños adecuados que garanticen el buen funcionamiento del sistema de drenaje proyectado, acorde a las exigencias hidrológicas de la zona de estudio. (MTC, 2018). | |
| 1. ¿De qué manera interviene la hidrología en la instalación del puente modular Taspа del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura? | Determinar los parámetros hidrológicos que intervienen en la instalación del puente modular Taspа del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura. | La hidrología interviene en la instalación del puente modular Taspа del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura, por lo que sus estudios son determinantes para definir la socavación y galibo del puente. | Variable Dependiente Intervención hidrológica | | Diseño de la investigación Descriptivo- explicativa |
| 2. ¿De qué manera Contribuye la geotecnia en la instalación del puente modular Taspа del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura? | Evaluar los parámetros geotécnicos que contribuyen en la instalación del puente modular Taspа del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura. | La geotecnia contribuye en la instalación del puente modular Taspа del distrito Chalaco de la provincia de Morropón, departamento de Piura , para determinar la capacidad admisible y nivel de cimentación de los apoyos. | Variable Dependiente Contribución de la geotecnia | Se encarga de establecer las características geológicas, local, general de las diferentes formaciones geológicas que se encuentran identificando tanto su distribución como sus características geotécnicas correspondientes (MTC, 2018). | Diseño de la investigación Descriptivo- explicativa |

ANEXO 02: ANALISIS ESTADISTICO DE PRECIPITACIONES

Tabla 65*Registro de precipitación máxima en 24 horas en estación Bigote.*

| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|
| 1964 | 8.7 | 8.8 | 9.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1965 | 0.0 | 42.5 | 7.4 | 8.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.4 | 0.0 |
| 1966 | 1.3 | 9.0 | 26.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 |
| 1967 | 23.2 | 67.7 | 63.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1968 | 18.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1969 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 14.8 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 1.5 | 0.8 | 1.9 |
| 1970 | 2.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1971 | 0.0 | 24.8 | 47.7 | 81.4 | 3.5 | 4.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.4 |
| 1972 | 50.0 | 8.7 | 78.2 | 28.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 41.0 |
| 1973 | 28.0 | 86.0 | 46.4 | 57.5 | 10.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 2.8 |
| 1974 | 5.0 | 25.0 | 7.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 1975 | 20.5 | 30.4 | 80.7 | 40.8 | 8.0 | 0.0 | 1.3 | 7.0 | 0.0 | 8.5 | 0.0 | 2.4 |
| 1976 | 41.3 | 30.3 | 20.7 | 40.8 | 6.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 |
| 1977 | 8.3 | 40.4 | 60.9 | 30.4 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 |
| 1978 | 0.0 | 10.0 | 95.7 | 10.9 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1979 | 5.7 | 12.0 | 12.9 | 6.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1980 | 0.0 | 6.0 | 60.2 | 9.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.2 | 0.0 | 5.4 |
| 1981 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 |
| 1982 | 4.0 | 6.2 | 0.0 | 31.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 74.9 |
| 1983 | 48.5 | 50.9 | 70.5 | 75.2 | 8.2 | 74.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1984 | 3.5 | 0.0 | 6.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1985 | 30.2 | 5.2 | 4.0 | 6.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 10.1 | 0.0 | 4.2 |
| 1986 | 10.0 | 20.5 | 9.0 | 10.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 1.8 |
| 1987 | 20.7 | 52.8 | 100.5 | 30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 1988 | 16.5 | 19.8 | 3.0 | 12.2 | 6.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 3.6 | 0.0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|
| 1989 | 6.3 | 30.7 | 20.5 | 25.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 1990 | 6.0 | 2.5 | 9.1 | 8.1 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.1 | 0.0 | 0.0 |
| 1991 | 0.5 | 11.4 | 11.9 | 1.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.3 |
| 1992 | 4.5 | 17.0 | 77.2 | 51.5 | 40.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 2.3 |
| 1993 | 0.0 | 37.8 | 100.0 | 19.2 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.1 | 0.0 | 11.5 |
| 1994 | 8.6 | 32.9 | 88.0 | 43.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.7 |
| 1995 | 30.0 | 40.0 | 10.0 | 14.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.4 |
| 1996 | 0.0 | 20.2 | 12.2 | 1.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1997 | 54.0 | 15.0 | 35.5 | 40.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 23.5 |
| 1998 | 80.0 | 120.0 | 240.0 | 60.5 | 40.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 |
| 1999 | 10.5 | 50.0 | 40.9 | 26.0 | 13.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 9.0 |
| 2000 | 40.6 | 93.8 | 65.0 | 22.0 | 6.2 | 4.0 | 0.0 | 0.3 | 14.0 | 0.0 | 0.0 | 44.0 |
| 2001 | 44.2 | 27.7 | 62.0 | 66.7 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 13.0 | 2.3 | 2.5 |
| 2002 | 0.0 | 56.5 | 71.0 | 89.7 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.5 | 1.9 | 3.3 |
| 2003 | 8.1 | 70.0 | 7.5 | 0.2 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.3 | 7.1 |
| 2004 | 40.9 | 8.2 | 1.2 | 39.0 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 9.8 | 0.6 | 5.6 |
| 2005 | 0.4 | 13.7 | 54.8 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 0.2 | 1.0 | 2.6 |
| 2006 | 10.5 | 90.9 | 44.7 | 15.3 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 3.0 |
| 2007 | 8.6 | 0.4 | 37.2 | 1.5 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 4.7 | 0.0 |
| 2008 | 21.5 | 68.9 | 74.7 | 79.0 | 3.3 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 2.6 | 0.0 |
| 2009 | 32.8 | 33.8 | 57.7 | 13.5 | 11.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.5 | 6.7 |
| 2010 | 28.2 | 71.3 | 73.8 | 38.8 | 0.6 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 2.0 | 4.7 |
| 2011 | 4.0 | 71.6 | 0.0 | 68.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 5.7 | 4.5 |
| 2012 | 38.6 | 107.5 | 79.3 | 24.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 5.6 | 5.5 |
| 2013 | 20.1 | 4.6 | 22.0 | 3.0 | 13.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.7 | 0.0 | 1.8 |
| 2014 | 16.9 | 35.0 | 42.4 | 27.5 | 4.1 | 1.7 | 0.0 | 0.2 | 0.7 | 1.7 | 1.1 | 5.8 |
| 2015 | 16.9 | 35.0 | 42.4 | 3.1 | 4.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2016 | 14.0 | 51.3 | 48.0 | 71.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.7 | 0.0 | 0.0 | 3.1 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2017 | 42.9 | 70.4 | 113.2 | 59.0 | 10.8 | 4.8 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 3.3 | 0.0 | 1.2 |
| 2018 | 5.2 | 14.0 | 17.9 | 47.8 | 17.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 1.9 | 1.4 |
| 2019 | 12.3 | 114.5 | 38.0 | 55.2 | 4.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 1.4 | 5.1 |
| 2020 | 11.2 | 21.0 | 8.2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 66

Registro de precipitación máxima en 24 horas en estación Morropón.

| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| 1964 | 2.0 | 7.0 | 3.0 | 20.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1965 | 8.5 | 20.5 | 46.0 | 57.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 15.0 |
| 1966 | 0.0 | 2.0 | 27.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1967 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1968 | 2.0 | 3.4 | 1.0 | 10.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 4.2 | 0.0 | 0.0 |
| 1969 | 11.6 | 11.8 | 21.2 | 12.6 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 |
| 1970 | 14.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1971 | 3.0 | 1.0 | 37.0 | 41.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1972 | 1.0 | 43.0 | 62.4 | 4.0 | 9.7 | 2.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 3.2 |
| 1973 | 42.0 | 82.9 | 67.4 | 16.5 | 1.2 | 0.3 | 0.4 | 1.1 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 1.1 |
| 1974 | 10.6 | 6.6 | 4.4 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 1.1 | 0.8 |
| 1975 | 3.2 | 52.3 | 60.8 | 26.8 | 1.4 | 2.8 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 3.6 | 0.0 | 0.0 |
| 1976 | 29.3 | 16.2 | 44.3 | 39.5 | 23.9 | 1.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 |
| 1977 | 2.7 | 47.7 | 66.5 | 10.9 | 0.3 | 1.6 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.1 |
| 1978 | 0.2 | 30.3 | 36.3 | 3.4 | 7.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 |
| 1979 | 3.7 | 1.6 | 34.6 | 7.1 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1980 | 0.0 | 16.9 | 50.2 | 10.6 | 0.5 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 6.8 | 1.4 |
| 1981 | 1.2 | 4.3 | 170.9 | 14.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 3.7 | 0.1 | 1.5 |
| 1982 | 7.5 | 1.6 | 0.0 | 11.4 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 59.2 |
| 1983 | 152.7 | 78.1 | 73.4 | 137.1 | 75.1 | 34.0 | 5.6 | 0.0 | 3.0 | 1.0 | 0.3 | 5.0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-------|------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1984 | 17.0 | 40.7 | 33.9 | 3.4 | 0.9 | 0.0 | 0.7 | 0.2 | 1.2 | 2.5 | 0.6 | 0.0 |
| 1985 | 0.0 | 16.3 | 31.6 | 0.1 | 3.8 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.2 |
| 1986 | 7.7 | 12.3 | 2.1 | 20.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 0.0 | 3.6 |
| 1987 | 16.2 | 52.2 | 85.6 | 51.1 | 0.9 | 0.0 | 0.4 | 0.6 | 0.0 | 3.4 | 0.0 | 0.0 |
| 1988 | 11.5 | 5.0 | 0.2 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 0.6 |
| 1989 | 70.6 | 39.2 | 47.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.4 | 0.0 |
| 1990 | 0.0 | 4.7 | 6.0 | 0.0 | 3.6 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1991 | 0.0 | 4.5 | 15.0 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 8.7 |
| 1992 | 30.7 | 22.5 | 90.4 | 88.3 | 14.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1993 | 6.4 | 36.4 | 47.4 | 22.2 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.7 | 2.6 |
| 1994 | 4.3 | 18.7 | 76.6 | 17.3 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.1 |
| 1995 | 65.6 | 21.2 | 7.5 | 40.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 4.8 |
| 1996 | 1.6 | 0.4 | 60.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 1.8 |
| 1997 | 1.6 | 24.8 | 38.6 | 13.9 | 0.1 | 1.2 | 0.0 | 0.9 | 2.1 | 2.9 | 1.4 | 60.9 |
| 1998 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.4 | 0.0 | 0.0 |
| 1999 | 5.0 | 73.0 | 41.0 | 28.0 | 6.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 1.0 | 0.0 | 3.8 |
| 2000 | 22.2 | 51.5 | 78.0 | 16.6 | 2.2 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 18.0 |
| 2001 | 44.0 | 73.5 | 66.0 | 31.0 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 1.1 |
| 2002 | 0.4 | 75.0 | 77.0 | 130.0 | 2.2 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 7.5 | 0.0 | 1.0 |
| 2003 | 22.8 | 33.0 | 7.5 | 2.7 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 4.5 |
| 2004 | 40.6 | 7.0 | 3.2 | 47.0 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.0 | 0.0 | 15.5 |
| 2005 | 2.0 | 6.0 | 57.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.6 |
| 2006 | 6.0 | 74.5 | 51.5 | 49.6 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 2.0 | 3.7 |
| 2007 | 14.0 | 4.1 | 58.0 | 1.2 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 4.0 | 0.0 |
| 2008 | 15.0 | 107.5 | 63.0 | 34.0 | 1.4 | 0.2 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 5.9 | 0.0 |
| 2009 | 95.4 | 17.0 | 49.0 | 5.0 | 0.5 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.8 | 3.8 |
| 2010 | 12.8 | 80.7 | 54.0 | 21.7 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.8 | 1.4 | 1.9 |
| 2011 | 4.1 | 58.8 | 0.0 | 101.0 | 1.2 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 3.8 | 2.7 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2012 | 12.2 | 102.0 | 120.0 | 49.6 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 3.5 | 1.0 |
| 2013 | 12.6 | 4.7 | 55.0 | 2.8 | 10.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.5 | 0.0 | 1.6 |
| 2014 | 0.6 | 11.5 | 14.0 | 2.4 | 2.0 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1.7 | 1.0 | 4.7 |
| 2015 | 16.9 | 31.8 | 41.5 | 23.9 | 3.8 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1.7 | 1.0 | 4.7 |
| 2016 | 16.9 | 31.8 | 41.5 | 23.9 | 3.8 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1.7 | 1.0 | 4.7 |
| 2017 | 78.0 | 150.5 | 116.0 | 15.5 | 3.6 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 4.5 | 0.1 | 2.0 |
| 2018 | 3.0 | 4.7 | 3.6 | 60.5 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 3.2 |
| 2019 | 10.4 | 82.1 | 17.0 | 25.0 | 2.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 2.3 | 3.1 |
| 2020 | 2.5 | 5.6 | 1.5 | 0.0 | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 67

Registro de precipitación máxima en 24 horas en estación San Pedro.

| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| 1975 | 4.5 | 33.8 | 68.6 | 22.0 | 4.4 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 4.0 | 8.3 |
| 1976 | 61.6 | 32.4 | 51.7 | 36.7 | 36.0 | 3.3 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.6 |
| 1977 | 10.0 | 53.8 | 41.9 | 8.6 | 5.3 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 0.8 | 0.8 | 0.0 |
| 1978 | 1.0 | 13.8 | 48.0 | 6.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.3 | 1.5 |
| 1979 | 7.3 | 11.7 | 36.0 | 11.8 | 6.4 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 2.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 1980 | 1.6 | 8.9 | 55.5 | 17.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 2.1 | 3.5 | 5.5 |
| 1981 | 2.0 | 6.2 | 104.0 | 14.5 | 2.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 0.5 | 1.0 |
| 1982 | 2.8 | 16.7 | 1.6 | 8.0 | 2.7 | 1.0 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 15.2 | 56.5 |
| 1983 | 168.0 | 166.5 | 71.5 | 98.8 | 123.8 | 61.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 1.5 | 6.1 |
| 1984 | 23.5 | 28.5 | 37.2 | 8.4 | 1.5 | 0.0 | 2.1 | 0.0 | 1.5 | 8.5 | 0.5 | 3.1 |
| 1985 | 5.0 | 69.1 | 32.5 | 3.8 | 3.0 | 0.6 | 0.0 | 2.6 | 1.3 | 1.2 | 0.0 | 4.7 |
| 1986 | 10.8 | 14.8 | 2.4 | 23.6 | 4.5 | 1.0 | 2.0 | 0.0 | 1.2 | 0.9 | 5.4 | 6.5 |
| 1987 | 17.3 | 100.8 | 92.3 | 33.8 | 1.2 | 0.5 | 6.7 | 1.2 | 0.0 | 2.4 | 0.0 | 0.2 |
| 1988 | 7.5 | 5.5 | 1.0 | 14.0 | 10.2 | 1.2 | 0.6 | 1.0 | 0.0 | 2.0 | 1.5 | 1.7 |
| 1989 | 15.1 | 109.4 | 58.0 | 23.5 | 2.4 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 0.0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 1990 | 1.2 | 6.7 | 13.6 | 18.1 | 4.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 3.7 |
| 1991 | 2.1 | 24.9 | 14.9 | 5.0 | 1.0 | 0.4 | 1.2 | 1.3 | 0.5 | 2.9 | 0.4 | 7.3 |
| 1992 | 22.3 | 36.7 | 98.7 | 46.7 | 8.4 | 6.3 | 0.3 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1993 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1994 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 12.0 |
| 1995 | 35.4 | 28.0 | 3.5 | 26.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.3 | 6.4 |
| 1996 | 3.0 | 5.0 | 37.0 | 1.3 | 0.2 | 1.0 | 0.3 | 0.6 | 0.2 | 2.0 | 0.2 | 0.8 |
| 1997 | 0.5 | 36.8 | 46.5 | 46.2 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 5.0 | 2.0 | 53.5 |
| 1998 | 130.0 | 92.5 | 142.3 | 45.5 | 10.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 2.0 | 1.0 |
| 1999 | 3.5 | 75.0 | 58.0 | 12.5 | 9.8 | 2.0 | 1.2 | 0.0 | 1.5 | 2.0 | 0.0 | 3.2 |
| 2000 | 8.5 | 40.5 | 75.8 | 52.0 | 11.2 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 13.2 |
| 2001 | 55.7 | 56.0 | 80.5 | 16.0 | 3.2 | 1.2 | 1.8 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.8 |
| 2002 | 1.0 | 78.8 | 96.5 | 199.3 | 2.0 | 0.0 | 0.6 | 0.6 | 0.0 | 9.8 | 0.7 | 7.2 |
| 2003 | 64.7 | 43.7 | 9.1 | 10.2 | 0.0 | 2.3 | 1.2 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 14.3 |
| 2004 | 19.2 | 14.2 | 6.2 | 20.5 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.5 | 3.0 | 18.6 |
| 2005 | 3.8 | 4.6 | 65.3 | 1.6 | 1.3 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.3 | 0.0 | 4.2 |
| 2006 | 40.5 | 106.8 | 41.8 | 35.2 | 0.0 | 0.7 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.8 | 4.1 |
| 2007 | 36.8 | 7.8 | 55.3 | 2.3 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.2 | 0.7 | 1.6 |
| 2008 | 25.5 | 109.5 | 88.3 | 43.4 | 1.5 | 1.4 | 2.1 | 1.5 | 0.0 | 1.3 | 5.5 | 0.0 |
| 2009 | 95.4 | 60.6 | 55.2 | 4.6 | 9.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 9.2 |
| 2010 | 20.6 | 56.2 | 55.3 | 25.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.8 | 0.9 | 8.0 |
| 2011 | 6.6 | 23.2 | 12.3 | 140.0 | 2.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 3.5 | 9.2 |
| 2012 | 9.8 | 35.4 | 110.3 | 45.3 | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.5 | 0.0 |
| 2013 | 32.3 | 20.3 | 94.5 | 2.2 | 9.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.9 | 0.0 | 2.5 |
| 2014 | 23.0 | 40.1 | 46.4 | 27.6 | 6.6 | 2.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 2.1 | 2.0 | 6.5 |
| 2015 | 23.0 | 40.1 | 46.4 | 27.6 | 6.6 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 12.3 | 0.6 |
| 2016 | 14.4 | 20.3 | 5.8 | 38.8 | 0.2 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.1 | 3.6 | 3.2 |
| 2017 | 28.6 | 56.9 | 59.4 | 26.9 | 1.3 | 0.2 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | 1.6 | 1.2 | 0.6 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2018 | 0.1 | 1.4 | 7.7 | 2.3 | 0.7 | 9.2 | 0.0 | 3.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2019 | 1.7 | 45.6 | 1.4 | 7.4 | 1.4 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 1.0 | 1.4 | 0.2 | 2.0 |
| 2020 | 11.0 | 5.6 | 2.6 | 6.2 | 2.2 | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 68

Registro de precipitación máxima mensual en estación Bigote.

| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| 1964 | 14.9 | 14.3 | 9.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1965 | 0.0 | 54.1 | 35.2 | 14.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.4 | 0.0 |
| 1966 | 1.3 | 35.3 | 80.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.8 | 0.0 |
| 1967 | 57.0 | 191.2 | 63.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1968 | 18.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1969 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 83.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 1.9 | 0.8 | 3.0 |
| 1970 | 2.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1971 | 0.0 | 57.3 | 263.9 | 92.0 | 4.0 | 4.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.4 |
| 1972 | 124.8 | 32.2 | 534.6 | 68.3 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 72.0 |
| 1973 | 141.9 | 198.3 | 196.9 | 158.2 | 10.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 3.3 |
| 1974 | 13.1 | 71.2 | 13.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1975 | 33.4 | 102.3 | 264.5 | 125.9 | 8.0 | 0.0 | 1.3 | 8.3 | 0.0 | 8.5 | 0.0 | 2.4 |
| 1976 | 89.9 | 145.5 | 90.7 | 127.3 | 9.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.3 |
| 1977 | 29.4 | 165.2 | 211.5 | 58.9 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 |
| 1978 | 0.0 | 24.0 | 144.7 | 21.5 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1979 | 12.0 | 29.0 | 89.2 | 13.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1980 | 0.0 | 10.1 | 131.1 | 15.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 14.8 | 0.0 | 5.4 |
| 1981 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 |
| 1982 | 6.1 | 16.2 | 0.1 | 64.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.0 | 210.9 |
| 1983 | 296.0 | 286.1 | 667.4 | 352.3 | 55.0 | 96.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1984 | 3.5 | 0.0 | 6.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 1985 | 41.1 | 9.2 | 11.4 | 12.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 0.0 | 10.2 | 0.0 | 12.3 |
| 1986 | 31.4 | 45.5 | 14.5 | 30.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 3.5 |
| 1987 | 67.8 | 96.0 | 356.2 | 139.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 1988 | 45.2 | 89.3 | 3.0 | 19.5 | 9.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 3.6 | 0.0 |
| 1989 | 6.4 | 167.9 | 110.8 | 72.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 1990 | 9.8 | 2.5 | 25.8 | 17.4 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.1 | 0.0 | 0.0 |
| 1991 | 0.5 | 38.5 | 67.7 | 1.9 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 2.4 |
| 1992 | 16.0 | 76.3 | 373.2 | 228.3 | 90.3 | 0.2 | 0.2 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 1.1 | 2.5 |
| 1993 | 0.1 | 228.2 | 416.7 | 92.5 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 3.1 | 0.0 | 44.2 |
| 1994 | 40.0 | 208.1 | 291.1 | 146.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 16.3 |
| 1995 | 60.8 | 108.9 | 42.9 | 24.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 9.9 |
| 1996 | 0.1 | 20.3 | 55.5 | 1.1 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1997 | 107.0 | 25.0 | 77.9 | 111.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 2.0 | 2.5 | 78.5 |
| 1998 | 438.7 | 614.1 | 737.3 | 231.3 | 77.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 7.0 |
| 1999 | 25.5 | 388.5 | 255.4 | 116.2 | 42.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 14.5 |
| 2000 | 46.7 | 331.2 | 267.7 | 88.6 | 11.6 | 6.1 | 0.0 | 0.5 | 14.0 | 0.0 | 0.0 | 52.0 |
| 2001 | 128.5 | 113.0 | 374.0 | 152.9 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 13.0 | 6.7 | 2.5 |
| 2002 | 0.0 | 137.6 | 289.9 | 231.9 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.3 | 3.8 | 6.7 |
| 2003 | 31.5 | 152.9 | 12.8 | 0.5 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.3 | 7.4 |
| 2004 | 48.8 | 28.6 | 2.2 | 88.2 | 5.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 18.6 | 0.6 | 11.5 |
| 2005 | 0.4 | 47.1 | 188.4 | 2.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 0.3 | 1.0 | 4.4 |
| 2006 | 22.1 | 366.8 | 227.7 | 50.3 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.9 | 7.1 |
| 2007 | 36.6 | 0.9 | 125.0 | 3.4 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 9.4 | 0.0 |
| 2008 | 91.9 | 472.6 | 521.4 | 181.9 | 6.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 10.1 | 0.0 |
| 2009 | 186.7 | 127.9 | 243.7 | 29.1 | 11.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.1 | 11.9 |
| 2010 | 43.1 | 238.3 | 144.9 | 65.7 | 0.6 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 5.5 | 3.6 | 8.9 |
| 2011 | 8.9 | 99.8 | 0.0 | 129.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 14.5 | 10.9 |
| 2012 | 81.5 | 613.5 | 343.3 | 99.3 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.2 | 8.4 | 5.5 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| 2013 | 34.8 | 12.2 | 110.7 | 3.0 | 18.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 17.1 | 0.0 | 1.8 |
| 2014 | 49.6 | 139.3 | 175.2 | 76.3 | 8.1 | 2.1 | 0.0 | 0.2 | 0.7 | 2.5 | 1.9 | 12.0 |
| 2015 | 49.6 | 139.3 | 175.2 | 3.1 | 4.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2016 | 45.6 | 178.0 | 118.0 | 133.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.7 | 0.0 | 0.0 | 3.1 |
| 2017 | 116.3 | 544.0 | 868.4 | 251.6 | 31.8 | 4.8 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 7.3 | 0.0 | 1.2 |
| 2018 | 13.5 | 55.1 | 21.8 | 73.8 | 26.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 5.4 | 3.6 |
| 2019 | 38.9 | 544.1 | 123.2 | 164.3 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 1.4 | 7.8 |
| 2020 | 19.9 | 46.3 | 10.7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 69

Registro de precipitación máxima en estación Morropón.

| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| 1964 | 3.0 | 13.0 | 8.0 | 36.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1965 | 8.5 | 38.0 | 428.5 | 163.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 15.0 |
| 1966 | 0.0 | 2.0 | 68.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |
| 1967 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1968 | 3.6 | 3.4 | 2.0 | 13.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 4.2 | 0.0 | 0.0 |
| 1969 | 27.4 | 14.0 | 43.0 | 16.6 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 |
| 1970 | 18.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1971 | 3.0 | 1.0 | 100.1 | 41.0 | 0.0 | 4.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1972 | 1.0 | 95.0 | 351.4 | 4.0 | 11.4 | 2.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 13.5 |
| 1973 | 112.4 | 194.6 | 188.6 | 63.1 | 2.6 | 0.6 | 0.7 | 1.1 | 0.8 | 0.4 | 0.7 | 3.2 |
| 1974 | 14.0 | 21.8 | 10.9 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.7 | 1.1 | 1.3 |
| 1975 | 6.6 | 83.7 | 223.9 | 62.0 | 2.6 | 3.4 | 0.0 | 7.8 | 0.0 | 4.8 | 0.0 | 0.0 |
| 1976 | 75.3 | 74.1 | 86.5 | 46.5 | 25.6 | 1.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 |
| 1977 | 14.3 | 170.7 | 196.6 | 17.7 | 0.3 | 2.2 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.1 |
| 1978 | 0.3 | 52.5 | 55.4 | 3.8 | 9.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 |
| 1979 | 7.3 | 4.1 | 85.9 | 16.5 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|--------|-------|------|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| 1980 | 0.0 | 18.5 | 91.6 | 17.8 | 0.5 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 13.5 | 2.8 |
| 1981 | 1.9 | 11.3 | 578.8 | 24.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 3.7 | 0.1 | 1.6 |
| 1982 | 7.9 | 3.1 | 0.0 | 13.9 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 110.2 |
| 1983 | 574.8 | 299.3 | 494.4 | 1030.7 | 372.2 | 97.6 | 5.9 | 0.0 | 3.5 | 3.2 | 0.6 | 8.9 |
| 1984 | 26.9 | 206.4 | 108.7 | 6.9 | 2.5 | 0.0 | 1.4 | 0.2 | 1.3 | 2.5 | 0.6 | 0.0 |
| 1985 | 0.0 | 28.4 | 88.4 | 0.1 | 8.7 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.5 |
| 1986 | 20.4 | 17.8 | 3.9 | 34.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | 0.0 | 8.7 |
| 1987 | 70.5 | 86.9 | 396.7 | 121.8 | 1.0 | 0.0 | 0.8 | 0.7 | 0.0 | 3.4 | 0.0 | 0.0 |
| 1988 | 20.4 | 14.6 | 0.3 | 13.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 0.6 |
| 1989 | 108.2 | 155.0 | 114.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.4 | 0.0 |
| 1990 | 0.0 | 8.5 | 17.5 | 0.0 | 5.6 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1991 | 0.0 | 17.0 | 45.6 | 7.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 8.8 |
| 1992 | 41.4 | 86.9 | 414.8 | 264.9 | 39.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1993 | 7.0 | 156.1 | 293.1 | 55.0 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.7 | 7.1 |
| 1994 | 14.1 | 80.2 | 119.6 | 29.3 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 15.0 |
| 1995 | 90.5 | 66.3 | 11.2 | 41.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 8.2 |
| 1996 | 1.6 | 0.4 | 129.3 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 1.8 |
| 1997 | 2.7 | 66.4 | 89.0 | 33.3 | 0.1 | 1.7 | 0.0 | 1.1 | 2.1 | 3.8 | 3.5 | 219.9 |
| 1998 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 34.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.4 | 0.0 | 0.0 |
| 1999 | 10.0 | 340.3 | 133.4 | 97.5 | 18.2 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 1.0 | 0.0 | 8.5 |
| 2000 | 26.0 | 219.5 | 247.1 | 46.2 | 9.1 | 5.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 41.2 |
| 2001 | 77.6 | 115.6 | 433.1 | 83.1 | 1.4 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.1 | 1.7 |
| 2002 | 0.4 | 145.2 | 391.6 | 222.7 | 3.1 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 8.8 | 0.0 | 1.0 |
| 2003 | 33.9 | 79.5 | 18.3 | 4.3 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 4.5 |
| 2004 | 67.5 | 21.1 | 10.2 | 81.5 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.2 | 0.0 | 16.3 |
| 2005 | 2.0 | 14.3 | 125.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.8 |
| 2006 | 15.9 | 290.7 | 177.6 | 107.6 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 2.0 | 5.6 |
| 2007 | 39.2 | 9.0 | 123.2 | 4.4 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 7.3 | 0.0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 2008 | 55.8 | 581.4 | 444.0 | 81.0 | 2.0 | 0.2 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.9 | 13.4 | 0.0 |
| 2009 | 213.0 | 72.2 | 149.1 | 6.7 | 0.9 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.1 | 5.0 |
| 2010 | 23.9 | 197.9 | 105.8 | 30.2 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.8 | 1.6 | 3.1 |
| 2011 | 5.2 | 84.5 | 0.0 | 129.3 | 1.2 | 4.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 8.3 | 9.4 |
| 2012 | 38.7 | 639.9 | 374.0 | 128.8 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 5.7 | 2.4 |
| 2013 | 22.6 | 14.3 | 140.9 | 3.6 | 17.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 12.5 | 0.0 | 4.0 |
| 2014 | 0.6 | 17.7 | 41.1 | 5.1 | 3.7 | 1.0 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 2.2 | 1.7 | 10.4 |
| 2015 | 38.5 | 107.3 | 158.3 | 61.9 | 11.2 | 2.4 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 2.2 | 1.7 | 10.4 |
| 2016 | 38.5 | 107.3 | 158.3 | 61.9 | 11.2 | 2.4 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 2.2 | 1.7 | 10.4 |
| 2017 | 160.3 | 577.2 | 879.0 | 82.2 | 11.7 | 0.1 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 8.7 | 0.1 | 4.0 |
| 2018 | 6.4 | 12.2 | 6.5 | 70.1 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.5 | 4.3 |
| 2019 | 30.8 | 371.5 | 58.4 | 37.7 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 2.5 | 5.3 |
| 2020 | 5.7 | 9.0 | 3.0 | 0.0 | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 70

Registro de precipitación máxima en estación San Pedro.

| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| 1975 | 13.9 | 91.7 | 248.4 | 41.1 | 7.9 | 0.0 | 8.9 | 0.0 | 0.0 | 8.5 | 7.5 | 39.7 |
| 1976 | 130.1 | 132.8 | 232.8 | 66.9 | 40.0 | 3.3 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.6 |
| 1977 | 50.2 | 203.4 | 190.3 | 44.5 | 8.7 | 8.5 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 0.8 | 1.4 | 0.0 |
| 1978 | 2.1 | 45.9 | 91.5 | 16.3 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.5 | 2.0 |
| 1979 | 12.4 | 29.8 | 123.0 | 26.1 | 7.4 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 2.6 | 0.7 | 0.0 | 0.0 |
| 1980 | 1.6 | 17.6 | 143.2 | 29.2 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 4.6 | 6.7 | 11.4 |
| 1981 | 3.2 | 41.0 | 511.6 | 24.7 | 3.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 0.7 | 2.3 |
| 1982 | 6.0 | 30.3 | 7.9 | 18.0 | 5.0 | 1.5 | 0.6 | 1.6 | 2.9 | 3.8 | 26.9 | 176.6 |
| 1983 | 744.9 | 530.0 | 699.5 | 772.0 | 617.5 | 149.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.1 | 1.5 | 18.0 |
| 1984 | 29.7 | 205.9 | 117.9 | 16.5 | 4.1 | 0.0 | 6.4 | 0.0 | 3.0 | 11.0 | 0.5 | 7.8 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|--------|-------|------|------|------|-----|-----|------|------|-------|
| 1985 | 24.4 | 111.3 | 139.1 | 5.3 | 12.4 | 0.8 | 0.0 | 5.8 | 4.4 | 2.6 | 0.0 | 11.2 |
| 1986 | 46.5 | 47.0 | 4.7 | 100.5 | 11.0 | 2.5 | 2.0 | 0.0 | 1.3 | 1.5 | 8.1 | 24.0 |
| 1987 | 73.7 | 175.6 | 382.4 | 68.0 | 2.9 | 0.7 | 10.9 | 2.0 | 0.0 | 2.6 | 0.0 | 0.2 |
| 1988 | 31.9 | 17.3 | 1.5 | 29.9 | 23.9 | 2.3 | 0.8 | 1.8 | 0.0 | 2.3 | 3.1 | 4.5 |
| 1989 | 52.2 | 320.7 | 248.6 | 34.9 | 6.3 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 0.0 | 0.0 |
| 1990 | 3.2 | 29.2 | 53.7 | 68.1 | 20.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 6.8 |
| 1991 | 6.2 | 65.7 | 79.3 | 12.5 | 1.4 | 0.9 | 3.4 | 4.1 | 1.2 | 10.1 | 1.6 | 23.4 |
| 1992 | 54.8 | 156.6 | 571.1 | 182.0 | 39.5 | 14.0 | 0.5 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1993 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1994 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.5 | 4.2 | 1.3 | 0.8 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 20.3 |
| 1995 | 68.1 | 108.3 | 14.4 | 43.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.3 | 15.2 |
| 1996 | 3.7 | 11.7 | 70.5 | 2.3 | 0.4 | 2.2 | 0.5 | 0.8 | 0.4 | 3.2 | 0.6 | 1.9 |
| 1997 | 2.2 | 62.4 | 83.9 | 108.9 | 2.1 | 3.6 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 8.3 | 11.1 | 276.0 |
| 1998 | 817.2 | 763.3 | 1109.6 | 254.2 | 36.2 | 2.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.5 | 5.0 | 4.5 |
| 1999 | 13.6 | 251.0 | 140.8 | 67.7 | 22.2 | 4.9 | 3.2 | 0.0 | 1.5 | 2.0 | 0.0 | 15.4 |
| 2000 | 24.2 | 88.4 | 237.5 | 82.7 | 23.2 | 10.4 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 23.1 |
| 2001 | 80.6 | 170.7 | 466.5 | 60.0 | 6.9 | 2.2 | 5.1 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 7.7 | 3.8 |
| 2002 | 1.8 | 228.8 | 484.5 | 434.5 | 2.0 | 0.0 | 1.0 | 1.1 | 0.0 | 11.6 | 1.3 | 9.4 |
| 2003 | 128.8 | 118.8 | 25.4 | 12.3 | 0.0 | 2.3 | 1.2 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 15.7 |
| 2004 | 58.3 | 27.3 | 13.1 | 60.9 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.3 | 4.2 | 21.8 |
| 2005 | 7.3 | 11.9 | 186.0 | 1.6 | 1.3 | 3.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.1 | 0.0 | 8.5 |
| 2006 | 65.2 | 308.4 | 208.6 | 84.2 | 0.0 | 0.7 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 10.5 | 4.1 |
| 2007 | 65.2 | 17.4 | 127.9 | 3.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.2 | 1.2 | 2.8 |
| 2008 | 96.0 | 523.3 | 487.6 | 126.5 | 2.7 | 2.6 | 5.7 | 1.5 | 0.0 | 3.2 | 11.5 | 0.0 |
| 2009 | 278.9 | 234.4 | 232.5 | 12.7 | 12.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 12.2 |
| 2010 | 33.2 | 162.9 | 154.7 | 53.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.8 | 2.3 | 8.0 |
| 2011 | 12.0 | 43.7 | 12.3 | 213.5 | 3.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 4.8 | 9.2 |
| 2012 | 34.5 | 236.4 | 348.5 | 155.5 | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 12.7 | 0.0 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|
| 2013 | 58.3 | 41.7 | 258.0 | 2.2 | 33.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 12.1 | 0.0 | 5.0 |
| 2014 | 74.2 | 142.4 | 205.7 | 79.6 | 22.4 | 5.6 | 1.3 | 0.7 | 0.7 | 3.3 | 3.6 | 18.3 |
| 2015 | 74.2 | 142.4 | 205.7 | 79.6 | 22.4 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 13.9 | 1.1 |
| 2016 | 33.0 | 75.7 | 29.2 | 58.6 | 0.2 | 6.8 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.1 | 3.7 | 6.9 |
| 2017 | 69.4 | 296.7 | 488.0 | 53.6 | 5.6 | 0.4 | 1.0 | 0.6 | 0.4 | 3.4 | 1.2 | 1.5 |
| 2018 | 0.9 | 6.3 | 13.6 | 7.2 | 1.5 | 12.3 | 0.0 | 3.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2019 | 8.7 | 211.7 | 2.7 | 20.8 | 2.3 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 1.2 | 1.9 | 0.5 | 6.2 |
| 2020 | 17.4 | 11.6 | 9.6 | 15.1 | 3.6 | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 71
Registro de precipitación máxima en 24 h elegidas.

| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | PP Max. |
|-------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|----------------|------------------|------------------|--------------------|
| 1975 | 3.2 | 52.3 | 60.8 | 26.8 | 1.4 | 2.8 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 3.6 | 0.0 | 0.0 | 60.8 |
| 1976 | 29.3 | 16.2 | 44.3 | 39.5 | 23.9 | 1.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 44.3 |
| 1977 | 2.7 | 47.7 | 66.5 | 10.9 | 0.3 | 1.6 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.1 | 66.5 |
| 1978 | 0.2 | 30.3 | 36.3 | 3.4 | 7.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 36.3 |
| 1979 | 3.7 | 1.6 | 34.6 | 7.1 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 34.6 |
| 1980 | 0.0 | 16.9 | 50.2 | 10.6 | 0.5 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 6.8 | 1.4 | 50.2 |
| 1981 | 1.2 | 4.3 | 170.9 | 14.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 3.7 | 0.1 | 1.5 | 170.9 |
| 1982 | 7.5 | 1.6 | 0.0 | 11.4 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 59.2 | 59.2 |
| 1983 | 152.7 | 78.1 | 73.4 | 137.1 | 75.1 | 34.0 | 5.6 | 0.0 | 3.0 | 1.0 | 0.3 | 5.0 | 152.7 |
| 1984 | 17.0 | 40.7 | 33.9 | 3.4 | 0.9 | 0.0 | 0.7 | 0.2 | 1.2 | 2.5 | 0.6 | 0.0 | 40.7 |
| 1985 | 0.0 | 16.3 | 31.6 | 0.1 | 3.8 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 31.6 |
| 1986 | 7.7 | 12.3 | 2.1 | 20.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 0.0 | 3.6 | 20.9 |
| 1987 | 16.2 | 52.2 | 85.6 | 51.1 | 0.9 | 0.0 | 0.4 | 0.6 | 0.0 | 3.4 | 0.0 | 0.0 | 85.6 |
| 1988 | 11.5 | 5.0 | 0.2 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 0.6 | 11.5 |
| 1989 | 70.6 | 39.2 | 47.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.4 | 0.0 | 70.6 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| 1990 | 0.0 | 4.7 | 6.0 | 0.0 | 3.6 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.0 |
| 1991 | 0.0 | 4.5 | 15.0 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 8.7 | 15.0 |
| 1992 | 30.7 | 22.5 | 90.4 | 88.3 | 14.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 90.4 |
| 1993 | 6.4 | 36.4 | 47.4 | 22.2 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.7 | 2.6 | 47.4 |
| 1994 | 4.3 | 18.7 | 76.6 | 17.3 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.1 | 76.6 |
| 1995 | 65.6 | 21.2 | 7.5 | 40.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 4.8 | 65.6 |
| 1996 | 1.6 | 0.4 | 60.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 1.8 | 60.0 |
| 1997 | 1.6 | 24.8 | 38.6 | 13.9 | 0.1 | 1.2 | 0.0 | 0.9 | 2.1 | 2.9 | 1.4 | 60.9 | 60.9 |
| 1998 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.4 | 0.0 | 0.0 | 19.0 |
| 1999 | 5.0 | 73.0 | 41.0 | 28.0 | 6.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 1.0 | 0.0 | 3.8 | 73.0 |
| 2000 | 22.2 | 51.5 | 78.0 | 16.6 | 2.2 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 18.0 | 78.0 |
| 2001 | 44.0 | 73.5 | 66.0 | 31.0 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 1.1 | 73.5 |
| 2002 | 0.4 | 75.0 | 77.0 | 130.0 | 2.2 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 7.5 | 0.0 | 1.0 | 130.0 |
| 2003 | 22.8 | 33.0 | 7.5 | 2.7 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 4.5 | 33.0 |
| 2004 | 40.6 | 7.0 | 3.2 | 47.0 | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.0 | 0.0 | 15.5 | 47.0 |
| 2005 | 2.0 | 6.0 | 57.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.6 | 57.0 |
| 2006 | 6.0 | 74.5 | 51.5 | 49.6 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 2.0 | 3.7 | 74.5 |
| 2007 | 14.0 | 4.1 | 58.0 | 1.2 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 4.0 | 0.0 | 58.0 |
| 2008 | 15.0 | 107.5 | 63.0 | 34.0 | 1.4 | 0.2 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 5.9 | 0.0 | 107.5 |
| 2009 | 95.4 | 17.0 | 49.0 | 5.0 | 0.5 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.8 | 3.8 | 95.4 |
| 2010 | 12.8 | 80.7 | 54.0 | 21.7 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.8 | 1.4 | 1.9 | 80.7 |
| 2011 | 4.1 | 58.8 | 0.0 | 101.0 | 1.2 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 3.8 | 2.7 | 101.0 |
| 2012 | 12.2 | 102.0 | 120.0 | 49.6 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 3.5 | 1.0 | 120.0 |
| 2013 | 12.6 | 4.7 | 55.0 | 2.8 | 10.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.5 | 0.0 | 1.6 | 55.0 |
| 2014 | 0.6 | 11.5 | 14.0 | 2.4 | 2.0 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1.7 | 1.0 | 4.7 | 14.0 |
| 2015 | 16.9 | 31.8 | 41.5 | 23.9 | 3.8 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1.7 | 1.0 | 4.7 | 41.5 |
| 2016 | 16.9 | 31.8 | 41.5 | 23.9 | 3.8 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1.7 | 1.0 | 4.7 | 41.5 |
| 2017 | 78.0 | 150.5 | 116.0 | 15.5 | 3.6 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 4.5 | 0.1 | 2.0 | 150.5 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 2018 | 3.0 | 4.7 | 3.6 | 60.5 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 3.2 | 60.5 |
| 2019 | 10.4 | 82.1 | 17.0 | 25.0 | 2.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 2.3 | 3.1 | 82.1 |

Tabla 72

Resumen de precipitación máxima en 24 h, por año de estación elegida.

| Precipitación máxima 24 horas | | |
|--------------------------------------|------------|-------------------|
| N° | Año | Ppmax (mm) |
| 1 | 1975 | 60.8 |
| 2 | 1976 | 44.3 |
| 3 | 1977 | 66.5 |
| 4 | 1978 | 36.3 |
| 5 | 1979 | 34.6 |
| 6 | 1980 | 50.2 |
| 7 | 1981 | 170.9 |
| 8 | 1982 | 59.2 |
| 9 | 1983 | 152.7 |
| 10 | 1984 | 40.7 |
| 11 | 1985 | 31.6 |
| 12 | 1986 | 20.9 |
| 13 | 1987 | 85.6 |
| 14 | 1988 | 11.5 |
| 15 | 1989 | 70.6 |
| 16 | 1990 | 6.0 |

| | | |
|----|------|-------|
| 17 | 1991 | 15.0 |
| 18 | 1992 | 90.4 |
| 19 | 1993 | 47.4 |
| 20 | 1994 | 76.6 |
| 21 | 1995 | 65.6 |
| 22 | 1996 | 60.0 |
| 23 | 1997 | 60.9 |
| 24 | 1998 | 19.0 |
| 25 | 1999 | 73.0 |
| 26 | 2000 | 78.0 |
| 27 | 2001 | 73.5 |
| 28 | 2002 | 130.0 |
| 29 | 2003 | 33.0 |
| 30 | 2004 | 47.0 |
| 31 | 2005 | 57.0 |
| 32 | 2006 | 74.5 |
| 33 | 2007 | 58.0 |
| 34 | 2008 | 107.5 |
| 35 | 2009 | 95.4 |
| 36 | 2010 | 80.7 |
| 37 | 2011 | 101.0 |
| 38 | 2012 | 120.0 |
| 39 | 2013 | 55.0 |

| | | |
|----|------|-------|
| 40 | 2014 | 14.0 |
| 41 | 2015 | 41.5 |
| 42 | 2016 | 41.5 |
| 43 | 2017 | 150.5 |
| 44 | 2018 | 60.5 |
| 45 | 2019 | 82.1 |

Tabla 73

Primera prueba de datos dudosos.

| Precipitación máxima en 24 Horas | | | |
|---|------------|--------------|-------------------|
| N° | Año | P24hr | Log(P24hr) |
| 1 | 1975 | 60.8 | 1.784 |
| 2 | 1976 | 44.3 | 1.646 |
| 3 | 1977 | 66.5 | 1.823 |
| 4 | 1978 | 36.3 | 1.560 |
| 5 | 1979 | 34.6 | 1.539 |
| 6 | 1980 | 50.2 | 1.701 |
| 7 | 1981 | 170.9 | 2.233 |
| 8 | 1982 | 59.2 | 1.772 |
| 9 | 1983 | 152.7 | 2.184 |
| 10 | 1984 | 40.7 | 1.610 |
| 11 | 1985 | 31.6 | 1.500 |

| | | | |
|----|------|-------|-------|
| 12 | 1986 | 20.9 | 1.320 |
| 13 | 1987 | 85.6 | 1.932 |
| 14 | 1988 | 11.5 | 1.061 |
| 15 | 1989 | 70.6 | 1.849 |
| 16 | 1990 | 6.0 | 0.778 |
| 17 | 1991 | 15.0 | 1.176 |
| 18 | 1992 | 90.4 | 1.956 |
| 19 | 1993 | 47.4 | 1.676 |
| 20 | 1994 | 76.6 | 1.884 |
| 21 | 1995 | 65.6 | 1.817 |
| 22 | 1996 | 60.0 | 1.778 |
| 23 | 1997 | 60.9 | 1.785 |
| 24 | 1998 | 19.0 | 1.279 |
| 25 | 1999 | 73.0 | 1.863 |
| 26 | 2000 | 78.0 | 1.892 |
| 27 | 2001 | 73.5 | 1.866 |
| 28 | 2002 | 130.0 | 2.114 |
| 29 | 2003 | 33.0 | 1.519 |
| 30 | 2004 | 47.0 | 1.672 |
| 31 | 2005 | 57.0 | 1.756 |
| 32 | 2006 | 74.5 | 1.872 |
| 33 | 2007 | 58.0 | 1.763 |
| 34 | 2008 | 107.5 | 2.031 |

| | | | |
|----|------|-------|-------|
| 35 | 2009 | 95.4 | 1.980 |
| 36 | 2010 | 80.7 | 1.907 |
| 37 | 2011 | 101.0 | 2.004 |
| 38 | 2012 | 120.0 | 2.079 |
| 39 | 2013 | 55.0 | 1.740 |
| 40 | 2014 | 14.0 | 1.146 |
| 41 | 2015 | 41.5 | 1.618 |
| 42 | 2016 | 41.5 | 1.618 |
| 43 | 2017 | 150.5 | 2.178 |
| 44 | 2018 | 60.5 | 1.782 |
| 45 | 2019 | 82.1 | 1.914 |

Tabla 74
Pruebas de datos corregidos.

| Precipitación máxima en 24 horas | | | |
|---|------------|--------------|-------------------|
| N° | Año | P24hr | Log(P24hr) |
| 1 | 1975 | 60.8 | 1.784 |
| 2 | 1976 | 44.3 | 1.646 |
| 3 | 1977 | 66.5 | 1.823 |
| 4 | 1978 | 36.3 | 1.560 |
| 5 | 1979 | 34.6 | 1.539 |
| 6 | 1980 | 50.2 | 1.701 |
| 7 | 1981 | 170.9 | 2.233 |

| | | | |
|----|------|-------|-------|
| 8 | 1982 | 59.2 | 1.772 |
| 9 | 1983 | 152.7 | 2.184 |
| 10 | 1984 | 40.7 | 1.610 |
| 11 | 1985 | 31.6 | 1.500 |
| 12 | 1986 | 20.9 | 1.320 |
| 13 | 1987 | 85.6 | 1.932 |
| 14 | 1988 | 11.5 | 1.061 |
| 15 | 1989 | 70.6 | 1.849 |
| 16 | 1990 | 9.0 | 0.954 |
| 17 | 1991 | 15.0 | 1.176 |
| 18 | 1992 | 90.4 | 1.956 |
| 19 | 1993 | 47.4 | 1.676 |
| 20 | 1994 | 76.6 | 1.884 |
| 21 | 1995 | 65.6 | 1.817 |
| 22 | 1996 | 60.0 | 1.778 |
| 23 | 1997 | 60.9 | 1.785 |
| 24 | 1998 | 19.0 | 1.279 |
| 25 | 1999 | 73.0 | 1.863 |
| 26 | 2000 | 78.0 | 1.892 |
| 27 | 2001 | 73.5 | 1.866 |
| 28 | 2002 | 130.0 | 2.114 |
| 29 | 2003 | 33.0 | 1.519 |
| 30 | 2004 | 47.0 | 1.672 |

| | | | |
|----|------|-------|-------|
| 31 | 2005 | 57.0 | 1.756 |
| 32 | 2006 | 74.5 | 1.872 |
| 33 | 2007 | 58.0 | 1.763 |
| 34 | 2008 | 107.5 | 2.031 |
| 35 | 2009 | 95.4 | 1.980 |
| 36 | 2010 | 80.7 | 1.907 |
| 37 | 2011 | 101.0 | 2.004 |
| 38 | 2012 | 120.0 | 2.079 |
| 39 | 2013 | 55.0 | 1.740 |
| 40 | 2014 | 14.0 | 1.146 |
| 41 | 2015 | 41.5 | 1.618 |
| 42 | 2016 | 41.5 | 1.618 |
| 43 | 2017 | 150.5 | 2.178 |
| 44 | 2018 | 60.5 | 1.782 |
| 45 | 2019 | 82.1 | 1.914 |

Tabla 75
Distribución normal.

| Distribución normal | | | | |
|----------------------------|----------|-------------|-----------------------|--------------|
| m | X | P(X) | F(Z) Ordinario | Delta |
| 1 | 9.0 | 0.0217 | 0.0657 | 0.0439 |
| 2 | 11.5 | 0.0435 | 0.0746 | 0.0311 |
| 3 | 14.0 | 0.0652 | 0.0844 | 0.0192 |

| | | | | |
|----|------|--------|--------|--------|
| 4 | 15.0 | 0.0870 | 0.0886 | 0.0017 |
| 5 | 19.0 | 0.1087 | 0.1070 | 0.0017 |
| 6 | 20.9 | 0.1304 | 0.1166 | 0.0138 |
| 7 | 31.6 | 0.1522 | 0.1822 | 0.0300 |
| 8 | 33.0 | 0.1739 | 0.1923 | 0.0183 |
| 9 | 34.6 | 0.1957 | 0.2041 | 0.0085 |
| 10 | 36.3 | 0.2174 | 0.2172 | 0.0002 |
| 11 | 40.7 | 0.2391 | 0.2532 | 0.0141 |
| 12 | 41.5 | 0.2609 | 0.2599 | 0.0010 |
| 13 | 41.5 | 0.2826 | 0.2599 | 0.0227 |
| 14 | 44.3 | 0.3043 | 0.2848 | 0.0195 |
| 15 | 47.0 | 0.3261 | 0.3097 | 0.0164 |
| 16 | 47.4 | 0.3478 | 0.3135 | 0.0343 |
| 17 | 50.2 | 0.3696 | 0.3404 | 0.0292 |
| 18 | 55.0 | 0.3913 | 0.3884 | 0.0029 |
| 19 | 57.0 | 0.4130 | 0.4089 | 0.0041 |
| 20 | 58.0 | 0.4348 | 0.4193 | 0.0155 |
| 21 | 59.2 | 0.4565 | 0.4319 | 0.0247 |
| 22 | 60.0 | 0.4783 | 0.4402 | 0.0380 |
| 23 | 60.5 | 0.5000 | 0.4455 | 0.0545 |
| 24 | 60.8 | 0.5217 | 0.4487 | 0.0731 |
| 25 | 60.9 | 0.5435 | 0.4497 | 0.0938 |
| 26 | 65.6 | 0.5652 | 0.4995 | 0.0657 |

| | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|
| 27 | 66.5 | 0.5870 | 0.5091 | 0.0779 |
| 28 | 70.6 | 0.6087 | 0.5525 | 0.0562 |
| 29 | 73.0 | 0.6304 | 0.5777 | 0.0527 |
| 30 | 73.5 | 0.6522 | 0.5829 | 0.0693 |
| 31 | 74.5 | 0.6739 | 0.5933 | 0.0807 |
| 32 | 76.6 | 0.6957 | 0.6148 | 0.0808 |
| 33 | 78.0 | 0.7174 | 0.6290 | 0.0884 |
| 34 | 80.7 | 0.7391 | 0.6558 | 0.0833 |
| 35 | 82.1 | 0.7609 | 0.6695 | 0.0914 |
| 36 | 85.6 | 0.7826 | 0.7025 | 0.0801 |
| 37 | 90.4 | 0.8043 | 0.7452 | 0.0591 |
| 38 | 95.4 | 0.8261 | 0.7860 | 0.0401 |
| 39 | 101.0 | 0.8478 | 0.8269 | 0.0209 |
| 40 | 107.5 | 0.8696 | 0.8676 | 0.0020 |
| 41 | 120.0 | 0.8913 | 0.9262 | 0.0349 |
| 42 | 130.0 | 0.9130 | 0.9568 | 0.0437 |
| 43 | 150.5 | 0.9348 | 0.9881 | 0.0533 |
| 44 | 152.7 | 0.9565 | 0.9898 | 0.0333 |
| 45 | 170.9 | 0.9783 | 0.9975 | 0.0192 |

| | | |
|-----------------------------------|---------------|--|
| Δteórico | 0.0938 | Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5% |
| Δtabular | 0.2027 | |

Tabla 76*Distribución lognormal 2 parámetros.*

| Distribución lognormal 2 parámetros | | | | |
|--|----------|-------------|-----------------------|--------------|
| m | X | P(X) | F(Z) Ordinario | Delta |
| 1 | 9.0 | 0.0217 | 0.0037 | 0.0180 |
| 2 | 11.5 | 0.0435 | 0.0103 | 0.0331 |
| 3 | 14.0 | 0.0652 | 0.0216 | 0.0436 |
| 4 | 15.0 | 0.0870 | 0.0275 | 0.0595 |
| 5 | 19.0 | 0.1087 | 0.0585 | 0.0502 |
| 6 | 20.9 | 0.1304 | 0.0770 | 0.0534 |
| 7 | 31.6 | 0.1522 | 0.2088 | 0.0567 |
| 8 | 33.0 | 0.1739 | 0.2278 | 0.0539 |
| 9 | 34.6 | 0.1957 | 0.2497 | 0.0540 |
| 10 | 36.3 | 0.2174 | 0.2729 | 0.0555 |
| 11 | 40.7 | 0.2391 | 0.3322 | 0.0930 |
| 12 | 41.5 | 0.2609 | 0.3425 | 0.0816 |
| 13 | 41.5 | 0.2826 | 0.3425 | 0.0599 |
| 14 | 44.3 | 0.3043 | 0.3791 | 0.0747 |
| 15 | 47.0 | 0.3261 | 0.4130 | 0.0869 |
| 16 | 47.4 | 0.3478 | 0.4179 | 0.0701 |
| 17 | 50.2 | 0.3696 | 0.4515 | 0.0819 |
| 18 | 55.0 | 0.3913 | 0.5056 | 0.1143 |
| 19 | 57.0 | 0.4130 | 0.5267 | 0.1137 |

| | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|
| 20 | 58.0 | 0.4348 | 0.5370 | 0.1023 |
| 21 | 59.2 | 0.4565 | 0.5491 | 0.0926 |
| 22 | 60.0 | 0.4783 | 0.5570 | 0.0788 |
| 23 | 60.5 | 0.5000 | 0.5619 | 0.0619 |
| 24 | 60.8 | 0.5217 | 0.5648 | 0.0430 |
| 25 | 60.9 | 0.5435 | 0.5657 | 0.0223 |
| 26 | 65.6 | 0.5652 | 0.6088 | 0.0436 |
| 27 | 66.5 | 0.5870 | 0.6165 | 0.0296 |
| 28 | 70.6 | 0.6087 | 0.6500 | 0.0413 |
| 29 | 73.0 | 0.6304 | 0.6683 | 0.0378 |
| 30 | 73.5 | 0.6522 | 0.6720 | 0.0198 |
| 31 | 74.5 | 0.6739 | 0.6792 | 0.0053 |
| 32 | 76.6 | 0.6957 | 0.6938 | 0.0018 |
| 33 | 78.0 | 0.7174 | 0.7032 | 0.0142 |
| 34 | 80.7 | 0.7391 | 0.7205 | 0.0186 |
| 35 | 82.1 | 0.7609 | 0.7290 | 0.0318 |
| 36 | 85.6 | 0.7826 | 0.7492 | 0.0334 |
| 37 | 90.4 | 0.8043 | 0.7743 | 0.0300 |
| 38 | 95.4 | 0.8261 | 0.7977 | 0.0284 |
| 39 | 101.0 | 0.8478 | 0.8207 | 0.0271 |
| 40 | 107.5 | 0.8696 | 0.8440 | 0.0256 |
| 41 | 120.0 | 0.8913 | 0.8799 | 0.0114 |
| 42 | 130.0 | 0.9130 | 0.9021 | 0.0109 |

| | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---|--------|--------|--|
| 43 | 150.5 | 0.9348 | 0.9347 | 0.0001 | |
| 44 | 152.7 | 0.9565 | 0.9374 | 0.0192 | |
| 45 | 170.9 | 0.9783 | 0.9555 | 0.0228 | |
| Δteórico | 0.1143 | Los datos se ajustan a la distribución | | | |
| Δtabular | 0.2027 | Log Normal de dos parámetros, con | | | |
| | | un nivel de significación del 5% | | | |

Tabla 77
Distribución lognormal 3 parámetros.

| Distribución lognormal 3 parámetros | | | | | |
|--|----------|-------------|----------|-------------|--------------|
| M | X | P(X) | Z | F(Z) | Delta |
| 1 | 9.0 | 0.0217 | -2.0784 | 0.0188 | 0.0029 |
| 2 | 11.5 | 0.0435 | -1.9287 | 0.0269 | 0.0166 |
| 3 | 14.0 | 0.0652 | -1.7866 | 0.0370 | 0.0282 |
| 4 | 15.0 | 0.0870 | -1.7318 | 0.0417 | 0.0453 |
| 5 | 19.0 | 0.1087 | -1.5227 | 0.0639 | 0.0448 |
| 6 | 20.9 | 0.1304 | -1.4286 | 0.0766 | 0.0539 |
| 7 | 31.6 | 0.1522 | -0.9513 | 0.1707 | 0.0186 |
| 8 | 33.0 | 0.1739 | -0.8945 | 0.1855 | 0.0116 |
| 9 | 34.6 | 0.1957 | -0.8310 | 0.2030 | 0.0073 |
| 10 | 36.3 | 0.2174 | -0.7651 | 0.2221 | 0.0047 |
| 11 | 40.7 | 0.2391 | -0.6014 | 0.2738 | 0.0346 |

| | | | | | |
|----|------|--------|---------|--------|--------|
| 12 | 41.5 | 0.2609 | -0.5734 | 0.2832 | 0.0223 |
| 13 | 41.5 | 0.2826 | -0.5734 | 0.2832 | 0.0006 |
| 14 | 44.3 | 0.3043 | -0.4744 | 0.3176 | 0.0133 |
| 15 | 47.0 | 0.3261 | -0.3828 | 0.3510 | 0.0249 |
| 16 | 47.4 | 0.3478 | -0.3694 | 0.3559 | 0.0081 |
| 17 | 50.2 | 0.3696 | -0.2780 | 0.3905 | 0.021 |
| 18 | 55.0 | 0.3913 | -0.1278 | 0.4491 | 0.0578 |
| 19 | 57.0 | 0.4130 | -0.0676 | 0.4731 | 0.06 |
| 20 | 58.0 | 0.4348 | -0.0380 | 0.4849 | 0.0501 |
| 21 | 59.2 | 0.4565 | -0.0028 | 0.4989 | 0.0423 |
| 22 | 60.0 | 0.4783 | 0.0204 | 0.5081 | 0.0299 |
| 23 | 60.5 | 0.5000 | 0.0347 | 0.5139 | 0.0139 |
| 24 | 60.8 | 0.5217 | 0.0433 | 0.5173 | 0.0045 |
| 25 | 60.9 | 0.5435 | 0.0462 | 0.5184 | 0.0251 |
| 26 | 65.6 | 0.5652 | 0.1774 | 0.5704 | 0.0052 |
| 27 | 66.5 | 0.5870 | 0.2019 | 0.5800 | 0.007 |
| 28 | 70.6 | 0.6087 | 0.3105 | 0.6219 | 0.0132 |
| 29 | 73.0 | 0.6304 | 0.3722 | 0.6451 | 0.0147 |
| 30 | 73.5 | 0.6522 | 0.3849 | 0.6498 | 0.0023 |
| 31 | 74.5 | 0.6739 | 0.4101 | 0.6591 | 0.0148 |
| 32 | 76.6 | 0.6957 | 0.4622 | 0.6780 | 0.0176 |
| 33 | 78.0 | 0.7174 | 0.4965 | 0.6902 | 0.0272 |
| 34 | 80.7 | 0.7391 | 0.5613 | 0.7127 | 0.0264 |

| | | | | | |
|-----------------|---------------|---|--------|--------|--------|
| 35 | 82.1 | 0.7609 | 0.5944 | 0.7239 | 0.037 |
| 36 | 85.6 | 0.7826 | 0.6753 | 0.7502 | 0.0324 |
| 37 | 90.4 | 0.8043 | 0.7825 | 0.7831 | 0.0213 |
| 38 | 95.4 | 0.8261 | 0.8900 | 0.8133 | 0.0128 |
| 39 | 101.0 | 0.8478 | 1.0057 | 0.8427 | 0.0051 |
| 40 | 107.5 | 0.8696 | 1.1341 | 0.8716 | 0.0021 |
| 41 | 120.0 | 0.8913 | 1.3655 | 0.9140 | 0.0226 |
| 42 | 130.0 | 0.9130 | 1.5377 | 0.9379 | 0.0249 |
| 43 | 150.5 | 0.9348 | 1.8603 | 0.9686 | 0.0338 |
| 44 | 152.7 | 0.9565 | 1.8928 | 0.9708 | 0.0143 |
| 45 | 170.9 | 0.9783 | 2.1479 | 0.9841 | 0.0059 |
| Δtéorico | 0.0600 | Los datos se ajustan a la distribución Log | | | |
| Δtabular | 0.2027 | Normal de tres parámetros, con un nivel de | | | |
| | | significación del 5% | | | |

Tabla 78
Distribución Gamma 2 parámetros.

| Distribución gamma 2 parámetros | | | | |
|--|----------|-------------|-----------------------|--------------|
| m | X | P(X) | F(Z) Ordinario | Delta |
| 1 | 9.0 | 0.0217 | 0.0105 | 0.0112 |
| 2 | 11.5 | 0.0435 | 0.0195 | 0.0240 |
| 3 | 14.0 | 0.0652 | 0.0315 | 0.0337 |
| 4 | 15.0 | 0.0870 | 0.0371 | 0.0498 |

| | | | | |
|----|------|--------|--------|--------|
| 5 | 19.0 | 0.1087 | 0.0643 | 0.0444 |
| 6 | 20.9 | 0.1304 | 0.0795 | 0.0509 |
| 7 | 31.6 | 0.1522 | 0.1869 | 0.0347 |
| 8 | 33.0 | 0.1739 | 0.2029 | 0.0290 |
| 9 | 34.6 | 0.1957 | 0.2215 | 0.0258 |
| 10 | 36.3 | 0.2174 | 0.2416 | 0.0242 |
| 11 | 40.7 | 0.2391 | 0.2946 | 0.0554 |
| 12 | 41.5 | 0.2609 | 0.3040 | 0.0432 |
| 13 | 41.5 | 0.2826 | 0.3040 | 0.0214 |
| 14 | 44.3 | 0.3043 | 0.3383 | 0.0340 |
| 15 | 47.0 | 0.3261 | 0.3710 | 0.0449 |
| 16 | 47.4 | 0.3478 | 0.3758 | 0.0280 |
| 17 | 50.2 | 0.3696 | 0.4093 | 0.0397 |
| 18 | 55.0 | 0.3913 | 0.4651 | 0.0738 |
| 19 | 57.0 | 0.4130 | 0.4876 | 0.0746 |
| 20 | 58.0 | 0.4348 | 0.4987 | 0.0639 |
| 21 | 59.2 | 0.4565 | 0.5118 | 0.0553 |
| 22 | 60.0 | 0.4783 | 0.5205 | 0.0422 |
| 23 | 60.5 | 0.5000 | 0.5258 | 0.0258 |
| 24 | 60.8 | 0.5217 | 0.5290 | 0.0073 |
| 25 | 60.9 | 0.5435 | 0.5301 | 0.0134 |
| 26 | 65.6 | 0.5652 | 0.5785 | 0.0133 |
| 27 | 66.5 | 0.5870 | 0.5874 | 0.0005 |

| | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|
| 28 | 70.6 | 0.6087 | 0.6264 | 0.0177 |
| 29 | 73.0 | 0.6304 | 0.6479 | 0.0175 |
| 30 | 73.5 | 0.6522 | 0.6523 | 0.0001 |
| 31 | 74.5 | 0.6739 | 0.6609 | 0.0130 |
| 32 | 76.6 | 0.6957 | 0.6786 | 0.0171 |
| 33 | 78.0 | 0.7174 | 0.6899 | 0.0275 |
| 34 | 80.7 | 0.7391 | 0.7110 | 0.0282 |
| 35 | 82.1 | 0.7609 | 0.7214 | 0.0395 |
| 36 | 85.6 | 0.7826 | 0.7463 | 0.0363 |
| 37 | 90.4 | 0.8043 | 0.7774 | 0.0270 |
| 38 | 95.4 | 0.8261 | 0.8064 | 0.0197 |
| 39 | 101.0 | 0.8478 | 0.8350 | 0.0129 |
| 40 | 107.5 | 0.8696 | 0.8635 | 0.0061 |
| 41 | 120.0 | 0.8913 | 0.9063 | 0.0150 |
| 42 | 130.0 | 0.9130 | 0.9313 | 0.0183 |
| 43 | 150.5 | 0.9348 | 0.9645 | 0.0297 |
| 44 | 152.7 | 0.9565 | 0.9670 | 0.0104 |
| 45 | 170.9 | 0.9783 | 0.9820 | 0.0038 |

| | | |
|-----------------|---------------|--|
| Δteórico | 0.0746 | Los datos se ajustan a la distribución Gamma 2 parámetros, con un nivel de significación del 5% |
| Δtabular | 0.2027 | |

Tabla 79
Distribución Gamma 3 parámetros.

| Distribución gamma 3 parámetros | | | | |
|--|----------|-------------|-----------------------|--------------|
| m | X | P(X) | G(Y) Ordinario | Delta |
| 1 | 9.0 | 0.0217 | 0.0235 | 0.0018 |
| 2 | 11.5 | 0.0435 | 0.0329 | 0.0106 |
| 3 | 14.0 | 0.0652 | 0.0443 | 0.0209 |
| 4 | 15.0 | 0.0870 | 0.0494 | 0.0375 |
| 5 | 19.0 | 0.1087 | 0.0733 | 0.0354 |
| 6 | 20.9 | 0.1304 | 0.0864 | 0.0440 |
| 7 | 31.6 | 0.1522 | 0.1796 | 0.0275 |
| 8 | 33.0 | 0.1739 | 0.1939 | 0.0199 |
| 9 | 34.6 | 0.1957 | 0.2106 | 0.0149 |
| 10 | 36.3 | 0.2174 | 0.2288 | 0.0114 |
| 11 | 40.7 | 0.2391 | 0.2778 | 0.0386 |
| 12 | 41.5 | 0.2609 | 0.2867 | 0.0258 |
| 13 | 41.5 | 0.2826 | 0.2867 | 0.0040 |
| 14 | 44.3 | 0.3043 | 0.3192 | 0.0148 |
| 15 | 47.0 | 0.3261 | 0.3506 | 0.0246 |
| 16 | 47.4 | 0.3478 | 0.3553 | 0.0075 |
| 17 | 50.2 | 0.3696 | 0.3881 | 0.0185 |
| 18 | 55.0 | 0.3913 | 0.4438 | 0.0525 |
| 19 | 57.0 | 0.4130 | 0.4666 | 0.0536 |

| | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|
| 20 | 58.0 | 0.4348 | 0.4779 | 0.0431 |
| 21 | 59.2 | 0.4565 | 0.4914 | 0.0349 |
| 22 | 60.0 | 0.4783 | 0.5003 | 0.0220 |
| 23 | 60.5 | 0.5000 | 0.5058 | 0.0058 |
| 24 | 60.8 | 0.5217 | 0.5091 | 0.0126 |
| 25 | 60.9 | 0.5435 | 0.5102 | 0.0333 |
| 26 | 65.6 | 0.5652 | 0.5607 | 0.0046 |
| 27 | 66.5 | 0.5870 | 0.5700 | 0.0170 |
| 28 | 70.6 | 0.6087 | 0.6112 | 0.0025 |
| 29 | 73.0 | 0.6304 | 0.6342 | 0.0038 |
| 30 | 73.5 | 0.6522 | 0.6389 | 0.0133 |
| 31 | 74.5 | 0.6739 | 0.6482 | 0.0257 |
| 32 | 76.6 | 0.6957 | 0.6671 | 0.0285 |
| 33 | 78.0 | 0.7174 | 0.6794 | 0.0380 |
| 34 | 80.7 | 0.7391 | 0.7021 | 0.0370 |
| 35 | 82.1 | 0.7609 | 0.7134 | 0.0474 |
| 36 | 85.6 | 0.7826 | 0.7404 | 0.0422 |
| 37 | 90.4 | 0.8043 | 0.7743 | 0.0301 |
| 38 | 95.4 | 0.8261 | 0.8058 | 0.0203 |
| 39 | 101.0 | 0.8478 | 0.8368 | 0.0110 |
| 40 | 107.5 | 0.8696 | 0.8676 | 0.0020 |
| 41 | 120.0 | 0.8913 | 0.9131 | 0.0218 |
| 42 | 130.0 | 0.9130 | 0.9389 | 0.0258 |

| | | | | |
|-----------------|----------------|---|--------|--------|
| 43 | 150.5 | 0.9348 | 0.9714 | 0.0366 |
| 44 | 152.7 | 0.9565 | 0.9737 | 0.0172 |
| 45 | 170.9 | 0.9783 | 0.9872 | 0.0089 |
| Atéorico | 0.05357 | Los datos se ajustan a la distribución | | |
| Atabular | 0.2027 | Gamma 3 parámetros, con un nivel de significación del 5% | | |

Tabla 80
Distribución Logperson tipo III.

| Distribución Logpearson tipo III | | | | |
|---|----------|-------------|-----------------------|--------------|
| m | X | P(X) | G(Y) Ordinario | Delta |
| 1 | 9.0 | 0.0217 | 0.0000 | 0.0217 |
| 2 | 11.5 | 0.0435 | 0.0000 | 0.0435 |
| 3 | 14.0 | 0.0652 | 0.0000 | 0.0652 |
| 4 | 15.0 | 0.0870 | 0.0000 | 0.0870 |
| 5 | 19.0 | 0.1087 | 0.0000 | 0.1087 |
| 6 | 20.9 | 0.1304 | 0.0000 | 0.1304 |
| 7 | 31.6 | 0.1522 | 0.0000 | 0.1522 |
| 8 | 33.0 | 0.1739 | 0.0000 | 0.1739 |
| 9 | 34.6 | 0.1957 | 0.0000 | 0.1957 |
| 10 | 36.3 | 0.2174 | 0.0000 | 0.2174 |
| 11 | 40.7 | 0.2391 | 0.0000 | 0.2391 |

| | | | | |
|----|------|--------|--------|--------|
| 12 | 41.5 | 0.2609 | 0.0000 | 0.2609 |
| 13 | 41.5 | 0.2826 | 0.0000 | 0.2826 |
| 14 | 44.3 | 0.3043 | 0.0000 | 0.3043 |
| 15 | 47.0 | 0.3261 | 0.0000 | 0.3261 |
| 16 | 47.4 | 0.3478 | 0.0000 | 0.3478 |
| 17 | 50.2 | 0.3696 | 0.0000 | 0.3696 |
| 18 | 55.0 | 0.3913 | 0.0000 | 0.3913 |
| 19 | 57.0 | 0.4130 | 0.0000 | 0.4130 |
| 20 | 58.0 | 0.4348 | 0.0000 | 0.4348 |
| 21 | 59.2 | 0.4565 | 0.0000 | 0.4565 |
| 22 | 60.0 | 0.4783 | 0.0000 | 0.4783 |
| 23 | 60.5 | 0.5000 | 0.0000 | 0.5000 |
| 24 | 60.8 | 0.5217 | 0.0000 | 0.5217 |
| 25 | 60.9 | 0.5435 | 0.0000 | 0.5435 |
| 26 | 65.6 | 0.5652 | 0.0000 | 0.5652 |
| 27 | 66.5 | 0.5870 | 0.0000 | 0.5870 |
| 28 | 70.6 | 0.6087 | 0.0000 | 0.6087 |
| 29 | 73.0 | 0.6304 | 0.0000 | 0.6304 |
| 30 | 73.5 | 0.6522 | 0.0000 | 0.6522 |
| 31 | 74.5 | 0.6739 | 0.0000 | 0.6739 |
| 32 | 76.6 | 0.6957 | 0.0000 | 0.6957 |
| 33 | 78.0 | 0.7174 | 0.0000 | 0.7174 |

| | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|
| 34 | 80.7 | 0.7391 | 0.0000 | 0.7391 |
| 35 | 82.1 | 0.7609 | 0.0000 | 0.7609 |
| 36 | 85.6 | 0.7826 | 0.0000 | 0.7826 |
| 37 | 90.4 | 0.8043 | 0.0000 | 0.8043 |
| 38 | 95.4 | 0.8261 | 0.0000 | 0.8261 |
| 39 | 101.0 | 0.8478 | 0.0000 | 0.8478 |
| 40 | 107.5 | 0.8696 | 0.0000 | 0.8696 |
| 41 | 120.0 | 0.8913 | 0.0000 | 0.8913 |
| 42 | 130.0 | 0.9130 | 0.0000 | 0.9130 |
| 43 | 150.5 | 0.9348 | 0.0000 | 0.9348 |
| 44 | 152.7 | 0.9565 | 0.0000 | 0.9565 |
| 45 | 170.9 | 0.9783 | 0.0000 | 0.9783 |

Los parámetros: X_0 , gamma y β calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos no se ajustan a la distribución

Logpearson Tipo III

Tabla 81
Distribución Gumbel.

| Distribución Gumbel | | | | |
|----------------------------|----------|-------------|-----------------------|--------------|
| m | X | P(X) | G(Y) Ordinario | Delta |
| 1 | 9.0 | 0.0217 | 0.0205 | 0.0013 |
| 2 | 11.5 | 0.0435 | 0.0281 | 0.0153 |

| | | | | |
|----|------|--------|--------|--------|
| 3 | 14.0 | 0.0652 | 0.0377 | 0.0275 |
| 4 | 15.0 | 0.0870 | 0.0421 | 0.0449 |
| 5 | 19.0 | 0.1087 | 0.0631 | 0.0456 |
| 6 | 20.9 | 0.1304 | 0.0750 | 0.0554 |
| 7 | 31.6 | 0.1522 | 0.1658 | 0.0137 |
| 8 | 33.0 | 0.1739 | 0.1804 | 0.0064 |
| 9 | 34.6 | 0.1957 | 0.1976 | 0.0019 |
| 10 | 36.3 | 0.2174 | 0.2165 | 0.0009 |
| 11 | 40.7 | 0.2391 | 0.2681 | 0.0289 |
| 12 | 41.5 | 0.2609 | 0.2775 | 0.0166 |
| 13 | 41.5 | 0.2826 | 0.2775 | 0.0051 |
| 14 | 44.3 | 0.3043 | 0.3122 | 0.0078 |
| 15 | 47.0 | 0.3261 | 0.3459 | 0.0198 |
| 16 | 47.4 | 0.3478 | 0.3509 | 0.0031 |
| 17 | 50.2 | 0.3696 | 0.3861 | 0.0165 |
| 18 | 55.0 | 0.3913 | 0.4459 | 0.0546 |
| 19 | 57.0 | 0.4130 | 0.4703 | 0.0573 |
| 20 | 58.0 | 0.4348 | 0.4824 | 0.0476 |
| 21 | 59.2 | 0.4565 | 0.4967 | 0.0402 |
| 22 | 60.0 | 0.4783 | 0.5062 | 0.0279 |
| 23 | 60.5 | 0.5000 | 0.5121 | 0.0121 |
| 24 | 60.8 | 0.5217 | 0.5156 | 0.0062 |
| 25 | 60.9 | 0.5435 | 0.5167 | 0.0268 |

| | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|
| 26 | 65.6 | 0.5652 | 0.5699 | 0.0047 |
| 27 | 66.5 | 0.5870 | 0.5797 | 0.0073 |
| 28 | 70.6 | 0.6087 | 0.6225 | 0.0138 |
| 29 | 73.0 | 0.6304 | 0.6462 | 0.0157 |
| 30 | 73.5 | 0.6522 | 0.6510 | 0.0012 |
| 31 | 74.5 | 0.6739 | 0.6604 | 0.0135 |
| 32 | 76.6 | 0.6957 | 0.6797 | 0.0160 |
| 33 | 78.0 | 0.7174 | 0.6920 | 0.0253 |
| 34 | 80.7 | 0.7391 | 0.7149 | 0.0243 |
| 35 | 82.1 | 0.7609 | 0.7262 | 0.0347 |
| 36 | 85.6 | 0.7826 | 0.7528 | 0.0298 |
| 37 | 90.4 | 0.8043 | 0.7859 | 0.0185 |
| 38 | 95.4 | 0.8261 | 0.8162 | 0.0099 |
| 39 | 101.0 | 0.8478 | 0.8456 | 0.0023 |
| 40 | 107.5 | 0.8696 | 0.8743 | 0.0047 |
| 41 | 120.0 | 0.8913 | 0.9161 | 0.0248 |
| 42 | 130.0 | 0.9130 | 0.9396 | 0.0266 |
| 43 | 150.5 | 0.9348 | 0.9696 | 0.0348 |
| 44 | 152.7 | 0.9565 | 0.9717 | 0.0152 |
| 45 | 170.9 | 0.9783 | 0.9847 | 0.0065 |

| | | |
|-----------------------------------|---------------|--|
| Δteórico | 0.0573 | Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5% |
| Δtabular | 0.2027 | |

Tabla 82
Distribución LogGumbel.

| Distribución LogGumbel | | | | |
|-------------------------------|----------|-------------|-----------------------|--------------|
| m | X | P(X) | G(Y) Ordinario | Delta |
| 1 | 9.0 | 0.0217 | 0.0000 | 0.0217 |
| 2 | 11.5 | 0.0435 | 0.0000 | 0.0435 |
| 3 | 14.0 | 0.0652 | 0.0006 | 0.0647 |
| 4 | 15.0 | 0.0870 | 0.0014 | 0.0856 |
| 5 | 19.0 | 0.1087 | 0.0151 | 0.0936 |
| 6 | 20.9 | 0.1304 | 0.0304 | 0.1001 |
| 7 | 31.6 | 0.1522 | 0.2044 | 0.0522 |
| 8 | 33.0 | 0.1739 | 0.2319 | 0.0580 |
| 9 | 34.6 | 0.1957 | 0.2631 | 0.0674 |
| 10 | 36.3 | 0.2174 | 0.2957 | 0.0783 |
| 11 | 40.7 | 0.2391 | 0.3755 | 0.1363 |
| 12 | 41.5 | 0.2609 | 0.3888 | 0.1279 |
| 13 | 41.5 | 0.2826 | 0.3888 | 0.1062 |
| 14 | 44.3 | 0.3043 | 0.4346 | 0.1303 |
| 15 | 47.0 | 0.3261 | 0.4750 | 0.1489 |
| 16 | 47.4 | 0.3478 | 0.4807 | 0.1329 |
| 17 | 50.2 | 0.3696 | 0.5187 | 0.1491 |
| 18 | 55.0 | 0.3913 | 0.5761 | 0.1848 |
| 19 | 57.0 | 0.4130 | 0.5974 | 0.1844 |

| | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|
| 20 | 58.0 | 0.4348 | 0.6075 | 0.1728 |
| 21 | 59.2 | 0.4565 | 0.6192 | 0.1627 |
| 22 | 60.0 | 0.4783 | 0.6268 | 0.1485 |
| 23 | 60.5 | 0.5000 | 0.6314 | 0.1314 |
| 24 | 60.8 | 0.5217 | 0.6341 | 0.1124 |
| 25 | 60.9 | 0.5435 | 0.6351 | 0.0916 |
| 26 | 65.6 | 0.5652 | 0.6744 | 0.1091 |
| 27 | 66.5 | 0.5870 | 0.6812 | 0.0942 |
| 28 | 70.6 | 0.6087 | 0.7100 | 0.1013 |
| 29 | 73.0 | 0.6304 | 0.7252 | 0.0948 |
| 30 | 73.5 | 0.6522 | 0.7282 | 0.0760 |
| 31 | 74.5 | 0.6739 | 0.7341 | 0.0602 |
| 32 | 76.6 | 0.6957 | 0.7459 | 0.0503 |
| 33 | 78.0 | 0.7174 | 0.7534 | 0.0360 |
| 34 | 80.7 | 0.7391 | 0.7669 | 0.0278 |
| 35 | 82.1 | 0.7609 | 0.7735 | 0.0127 |
| 36 | 85.6 | 0.7826 | 0.7889 | 0.0063 |
| 37 | 90.4 | 0.8043 | 0.8076 | 0.0033 |
| 38 | 95.4 | 0.8261 | 0.8246 | 0.0015 |
| 39 | 101.0 | 0.8478 | 0.8412 | 0.0066 |
| 40 | 107.5 | 0.8696 | 0.8577 | 0.0119 |
| 41 | 120.0 | 0.8913 | 0.8830 | 0.0083 |
| 42 | 130.0 | 0.9130 | 0.8987 | 0.0144 |

| | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---|--------|--------|
| 43 | 150.5 | 0.9348 | 0.9224 | 0.0124 |
| 44 | 152.7 | 0.9565 | 0.9244 | 0.0321 |
| 45 | 170.9 | 0.9783 | 0.9386 | 0.0397 |
| Δteorico | 0.1848 | Los datos se ajustan a la distribución | | |
| Δtabular | 0.2027 | logGumbel, con un nivel de significación del | | |
| | | 5% | | |

Tabla 83
Precipitaciones para método de Dicks Peschke.

| T (años) | Duración (Minutos) | | | | | | |
|-----------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| | PT24h | 20 | 30 | 60 | 120 | 180 | 240 |
| 2 | 67.78 | 23.27 | 25.75 | 30.62 | 36.42 | 40.30 | 43.31 |
| 5 | 106.71 | 36.63 | 40.54 | 48.21 | 57.33 | 63.45 | 68.18 |
| 10 | 130.97 | 44.96 | 49.76 | 59.17 | 70.37 | 77.87 | 83.68 |
| 20 | 153.13 | 52.57 | 58.18 | 69.18 | 82.27 | 91.05 | 97.84 |
| 30 | 165.44 | 56.80 | 62.85 | 74.75 | 88.89 | 98.37 | 105.71 |
| 50 | 180.43 | 61.94 | 68.55 | 81.52 | 96.94 | 107.28 | 115.28 |
| 80 | 193.78 | 66.52 | 73.62 | 87.55 | 104.12 | 115.22 | 123.82 |
| 100 | 200.01 | 68.66 | 75.99 | 90.36 | 107.46 | 118.93 | 127.80 |
| 140 | 209.25 | 71.84 | 79.50 | 94.54 | 112.43 | 124.42 | 133.70 |
| 200 | 218.87 | 75.14 | 83.15 | 98.89 | 117.60 | 130.14 | 139.85 |
| 500 | 242.85 | 83.37 | 92.26 | 109.72 | 130.48 | 144.40 | 155.17 |

Tabla 84
Intensidades para método de Dicks Peschke.

| T (años) | Duración (horas) | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | PT24h | 0.33 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 |
| 2 | 67.78 | 69.81 | 51.50 | 30.62 | 18.21 | 13.43 | 10.83 |
| 5 | 106.71 | 109.89 | 81.08 | 48.21 | 28.67 | 21.15 | 17.05 |
| 10 | 130.97 | 134.88 | 99.52 | 59.17 | 35.19 | 25.96 | 20.92 |
| 20 | 153.13 | 157.71 | 116.36 | 69.18 | 41.14 | 30.35 | 24.46 |
| 30 | 165.44 | 170.40 | 125.70 | 74.75 | 44.45 | 32.79 | 26.43 |
| 50 | 180.43 | 185.82 | 137.10 | 81.52 | 48.47 | 35.76 | 28.82 |
| 80 | 193.78 | 199.56 | 147.24 | 87.55 | 52.06 | 38.41 | 30.96 |
| 100 | 200.01 | 205.98 | 151.98 | 90.36 | 53.73 | 39.64 | 31.95 |
| 140 | 209.25 | 215.52 | 159.00 | 94.54 | 56.22 | 41.47 | 33.43 |
| 200 | 218.87 | 225.42 | 166.30 | 98.89 | 58.80 | 43.38 | 34.96 |
| 500 | 242.85 | 250.11 | 184.52 | 109.72 | 65.24 | 48.13 | 38.79 |

Tabla 85
Valores finales para curva IDT según Método de Dicks Peschke.

| T (años) | Duración (horas) | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | PT24h | 0.33 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 |
| 2 | 67.78 | 69.81 | 51.50 | 30.62 | 18.21 | 13.43 | 10.83 |
| 5 | 106.71 | 109.89 | 81.08 | 48.21 | 28.67 | 21.15 | 17.05 |
| 10 | 130.97 | 134.88 | 99.52 | 59.17 | 35.19 | 25.96 | 20.92 |
| 20 | 153.13 | 157.71 | 116.36 | 69.18 | 41.14 | 30.35 | 24.46 |

| | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 30 | 165.44 | 170.40 | 125.70 | 74.75 | 44.45 | 32.79 | 26.43 |
| 50 | 180.43 | 185.82 | 137.10 | 81.52 | 48.47 | 35.76 | 28.82 |
| 80 | 193.78 | 199.56 | 147.24 | 87.55 | 52.06 | 38.41 | 30.96 |
| 100 | 200.01 | 205.98 | 151.98 | 90.36 | 53.73 | 39.64 | 31.95 |
| 140 | 209.25 | 215.52 | 159.00 | 94.54 | 56.22 | 41.47 | 33.43 |
| 200 | 218.87 | 225.42 | 166.30 | 98.89 | 58.80 | 43.38 | 34.96 |
| 500 | 242.85 | 250.11 | 184.52 | 109.72 | 65.24 | 48.13 | 38.79 |

Tabla 86
Precipitaciones para Método de Fredrich Bell.

| T (años) | Duración (Minutos) | | | | | |
|----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 5 | 10 | 20 | 30 | 60 | 120 |
| 100 | 27.06 | 40.50 | 56.49 | 67.21 | 88.25 | 113.27 |
| 50 | 24.41 | 36.54 | 50.96 | 60.63 | 79.61 | 102.18 |
| 25 | 21.76 | 32.57 | 45.43 | 54.05 | 70.97 | 91.10 |
| 10 | 18.26 | 27.33 | 38.12 | 45.36 | 59.55 | 76.44 |
| 5 | 15.61 | 23.37 | 32.59 | 38.78 | 50.92 | 65.35 |
| 3 | 13.66 | 20.45 | 28.52 | 33.93 | 44.55 | 57.18 |
| 2 | 12.11 | 18.13 | 25.28 | 30.08 | 39.50 | 50.70 |

Tabla 87
Intensidades para método de Frederich Bell.

| T (años) | Duración (horas) | | | | | |
|----------|------------------|------|------|-----|---|---|
| | 0.08 | 0.17 | 0.33 | 0.5 | 1 | 2 |

| | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 100 | 324.72 | 243.00 | 169.47 | 134.42 | 88.25 | 56.64 |
| 50 | 292.92 | 219.24 | 152.88 | 121.26 | 79.61 | 51.09 |
| 25 | 261.12 | 195.42 | 136.29 | 108.10 | 70.97 | 45.55 |
| 10 | 219.12 | 163.98 | 114.36 | 90.72 | 59.55 | 38.22 |
| 5 | 187.32 | 140.22 | 97.77 | 77.56 | 50.92 | 32.68 |
| 3 | 163.92 | 122.70 | 85.56 | 67.86 | 44.55 | 28.59 |
| 2 | 145.32 | 108.78 | 75.84 | 60.16 | 39.50 | 25.35 |

Tabla 88

Valores finales para curva IDT según Método de Dicks Peschke.

| Duración (min) | T = 5 años | T = 10 años | T = 20 años | T = 50 años | T = 100 años |
|---------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 10 | 133.48 | 153.75 | 177.10 | 213.50 | 245.95 |
| 20 | 90.95 | 104.76 | 120.67 | 145.47 | 167.58 |
| 30 | 72.66 | 83.70 | 96.41 | 116.23 | 133.89 |
| 40 | 61.97 | 71.38 | 82.22 | 99.12 | 114.18 |
| 50 | 54.77 | 63.09 | 72.67 | 87.60 | 100.92 |
| 60 | 49.51 | 57.03 | 65.69 | 79.19 | 91.23 |
| 70 | 45.46 | 52.37 | 60.32 | 72.72 | 83.77 |
| 80 | 42.22 | 48.64 | 56.02 | 67.53 | 77.80 |
| 90 | 39.56 | 45.57 | 52.49 | 63.27 | 72.89 |
| 100 | 37.32 | 42.98 | 49.51 | 59.69 | 68.76 |
| 110 | 35.40 | 40.78 | 46.97 | 56.62 | 65.23 |
| 120 | 33.73 | 38.86 | 44.76 | 53.96 | 62.16 |

Figura 48
Análisis de consistencia

| AÑO | MORROPON | | Nro. Datos | Media | Desviación est. | Varianza |
|------|----------|-----------------|------------|--------|-----------------|-----------|
| 1975 | 394.83 | | | | | |
| 1976 | 310.51 | | | | | |
| 1977 | 403.15 | Primer periodo | 12 | 476.74 | 777.81 | 604990.71 |
| 1978 | 122.86 | Segundo periodo | 33 | 440.17 | 382.81 | 146539.84 |
| 1979 | 115.71 | | | | | |
| 1980 | 147.70 | | | | | |
| 1981 | 622.60 | | | | | |
| 1982 | 135.80 | | | | | |
| 1983 | 2891.10 | | | | | |
| 1984 | 357.40 | | | | | |
| 1985 | 130.00 | | | | | |
| 1986 | 89.21 | | | | | |
| 1987 | 681.80 | | | | | |
| 1988 | 52.10 | | | | | |
| 1989 | 379.50 | | | | | |
| 1990 | 31.80 | | | | | |
| 1991 | 80.20 | | | | | |
| 1992 | 847.30 | | | | | |
| 1993 | 528.81 | | | | | |
| 1994 | 259.10 | | | | | |
| 1995 | 218.80 | | | | | |
| 1996 | 134.00 | | | | | |
| 1997 | 423.60 | | | | | |
| 1998 | 37.20 | | | | | |
| 1999 | 612.50 | | | | | |
| 2000 | 594.40 | | | | | |
| 2001 | 717.00 | | | | | |
| 2002 | 773.30 | | | | | |
| 2003 | 141.90 | | | | | |
| 2004 | 208.00 | | | | | |
| 2005 | 143.70 | | | | | |
| 2006 | 600.10 | | | | | |
| 2007 | 188.80 | | | | | |
| 2008 | 1181.20 | | | | | |
| 2009 | 454.70 | | | | | |
| 2010 | 371.40 | | | | | |
| 2011 | 243.30 | | | | | |
| 2012 | 1194.10 | | | | | |
| 2013 | 215.00 | | | | | |
| 2014 | 84.20 | | | | | |
| 2015 | 394.61 | | | | | |
| 2016 | 394.61 | | | | | |
| 2017 | 1723.60 | | | | | |
| 2018 | 104.20 | | | | | |
| 2019 | 510.70 | | | | | |

CONSISTENCIA EN LA MEDIA
Hipótesis
Hp: $\mu_1 = \mu_2$ Media poblacional
Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$
 $\alpha = 0.05$

Cálculo de la desviación estándar de la diferencia de los promedios
Caso de variaciones iguales
 $S_d = S_p \sqrt{(1/n_1 + 1/n_2)^{1/2}}$
 $S_p = \{[(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2] / [n_1 + n_2 - 2]\}^{1/2}$

Realización de la prueba T
 $T_c = [(x_1 - x_2) - (\mu_1 - \mu_2)] / S_d$

G.L. = $n_1 + n_2 - 2$

Tabulando Tt:
 $\alpha = 0.05$

Criterio de decisión:
Como $T_t < T_c$ (95%) entonces $x_1 \neq x_2$

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR
Hipótesis
Hp: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ Varianza poblacional
Ha: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$
 $\alpha = 0.05$

Cálculo del Fc
 $F_c = [S_1^2(x)] / [S_2^2(x)]$ Si $S_1^2(x) > S_2^2(x)$
 $F_c = [S_2^2(x)] / [S_1^2(x)]$ Si $S_2^2(x) > S_1^2(x)$

Tabulación de Ft
 $\alpha = 0.05$
G.L.N. = $n_1 - 1$
G.L.D. = $n_2 - 1$

Criterio de decisión:
Como $F_c > F_t$ (95%) entonces $S_1(x) \neq S_2(x)$

$S_d = 173.15$

$S_p = 513.63$

$T_c = 0.21$

G.L. = 43

$T_t = 2.016692199$

Como $T_c < T_t$
No Necesita corrección

$F_c = 4.13$

G.L.N. = 11
G.L.D. = 32

$F_t = 3.112$

Como $F_c < F_t$
No necesita corrección

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

| | Variable 1 | Variable 2 |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Media | 476.739167 | 440.167745 |
| Varianza | 604990.708 | 146539.836 |
| Observaciones | 12 | 33 |
| Varianza agrupada | 263817.966 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 43 | |
| Estadístico t | 0.21121804 | |
| P(T<=t) una cola | 0.4168575 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1.6810707 | |
| P(T<=t) dos colas | 0.833715 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2.0166922 | |

Prueba F para varianzas de dos muestras

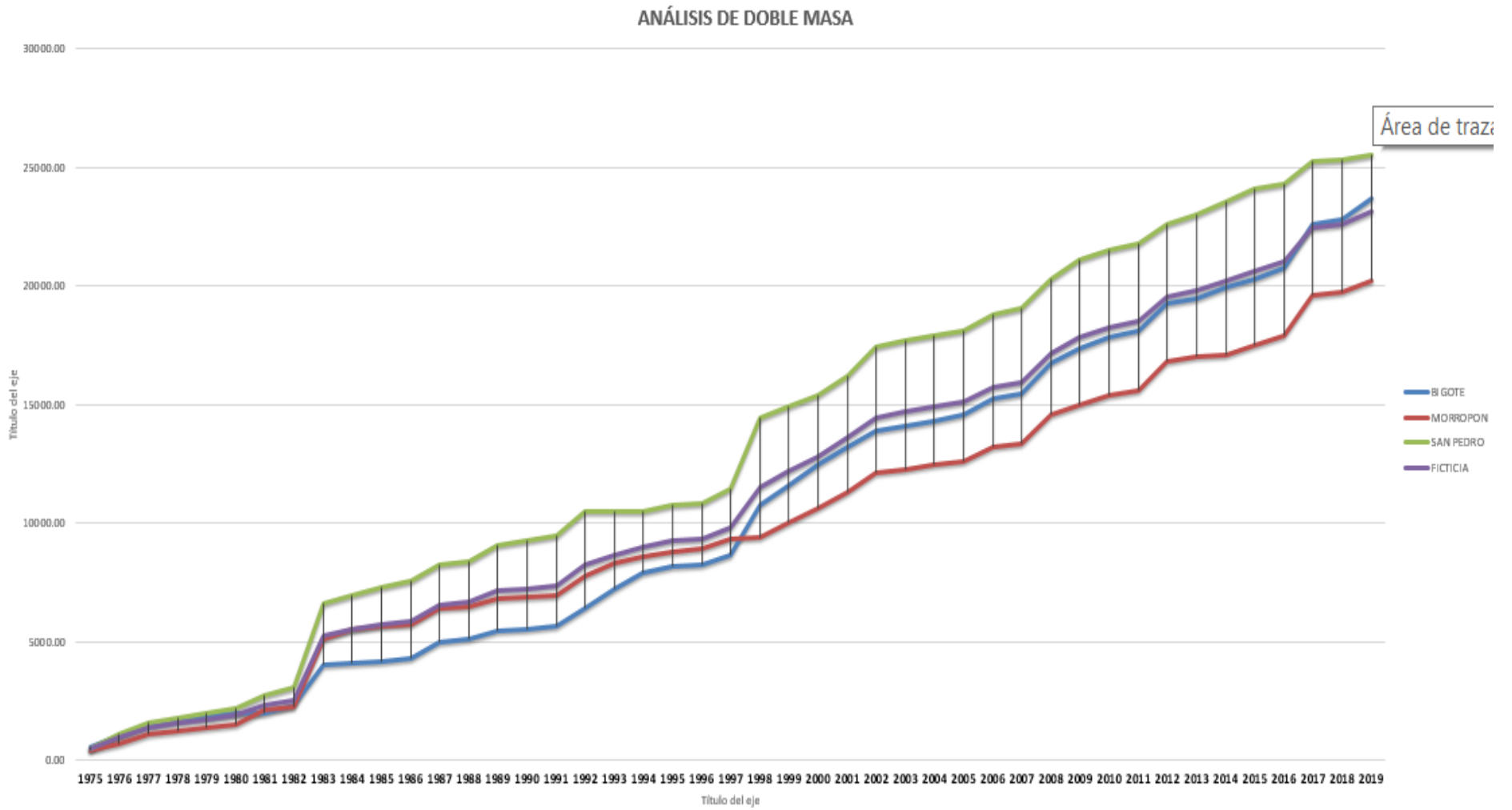
| | Variable 1 | Variable 2 |
|---------------------------------|-------------|-------------|
| Media | 476.7391667 | 440.1677447 |
| Varianza | 604990.7075 | 146539.8359 |
| Observaciones | 12 | 33 |
| Grados de libertad | 11 | 32 |
| F | 4.128506789 | |
| P(F<=f) una cola | 0.000810179 | |
| Valor crítico para F (una cola) | 2.10331062 | |

Tabla 89
Cálculos de análisis de doble masa.

| Año | PP (mm) | | | Acumulada | | | Ficticia | |
|------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|---------|
| | Bigote | Morropón | San Pedro | Bigote | Morropón | San pedro | PP (mm) | PP acum |
| 1975 | 554.60 | 394.83 | 467.60 | 554.60 | 394.83 | 467.60 | 472.34 | 472.34 |
| 1976 | 467.89 | 310.51 | 609.90 | 1022.49 | 705.34 | 1077.50 | 462.77 | 935.11 |
| 1977 | 467.54 | 403.15 | 510.50 | 1490.03 | 1108.49 | 1588.00 | 460.40 | 1395.51 |
| 1978 | 193.23 | 122.86 | 162.40 | 1683.26 | 1231.35 | 1750.40 | 159.50 | 1555.00 |
| 1979 | 143.83 | 115.71 | 202.80 | 1827.09 | 1347.06 | 1953.20 | 154.11 | 1709.12 |
| 1980 | 177.41 | 147.70 | 215.60 | 2004.50 | 1494.76 | 2168.80 | 180.24 | 1889.35 |
| 1981 | 1.07 | 622.60 | 590.60 | 2005.57 | 2117.36 | 2759.40 | 404.76 | 2294.11 |
| 1982 | 298.12 | 135.80 | 281.10 | 2303.69 | 2253.16 | 3040.50 | 238.34 | 2532.45 |
| 1983 | 1,753.02 | 2,891.10 | 3,540.80 | 4056.71 | 5144.26 | 6581.30 | 2728.31 | 5260.76 |
| 1984 | 9.87 | 357.40 | 402.80 | 4066.58 | 5501.66 | 6984.10 | 256.69 | 5517.45 |
| 1985 | 97.70 | 130.00 | 317.30 | 4164.28 | 5631.66 | 7301.40 | 181.67 | 5699.11 |
| 1986 | 125.61 | 89.21 | 249.10 | 4289.89 | 5720.87 | 7550.50 | 154.64 | 5853.75 |
| 1987 | 659.87 | 681.80 | 719.00 | 4949.76 | 6402.67 | 8269.50 | 686.89 | 6540.64 |
| 1988 | 171.10 | 52.10 | 119.30 | 5120.86 | 6454.77 | 8388.80 | 114.17 | 6654.81 |
| 1989 | 358.41 | 379.50 | 666.60 | 5479.27 | 6834.27 | 9055.40 | 468.17 | 7122.98 |
| 1990 | 60.29 | 31.80 | 182.40 | 5539.56 | 6866.07 | 9237.80 | 91.50 | 7214.48 |
| 1991 | 111.51 | 80.20 | 209.80 | 5651.07 | 6946.27 | 9447.60 | 133.84 | 7348.31 |
| 1992 | 788.78 | 847.30 | 1,020.00 | 6439.85 | 7793.57 | 10467.60 | 885.36 | 8233.67 |
| 1993 | 786.13 | 528.81 | 0.00 | 7225.98 | 8322.38 | 10467.60 | 438.31 | 8671.99 |
| 1994 | 701.70 | 259.10 | 36.60 | 7927.68 | 8581.48 | 10504.20 | 332.47 | 9004.45 |
| 1995 | 247.14 | 218.80 | 250.30 | 8174.82 | 8800.28 | 10754.50 | 238.75 | 9243.20 |
| 1996 | 77.58 | 134.00 | 98.20 | 8252.40 | 8934.28 | 10852.70 | 103.26 | 9346.46 |

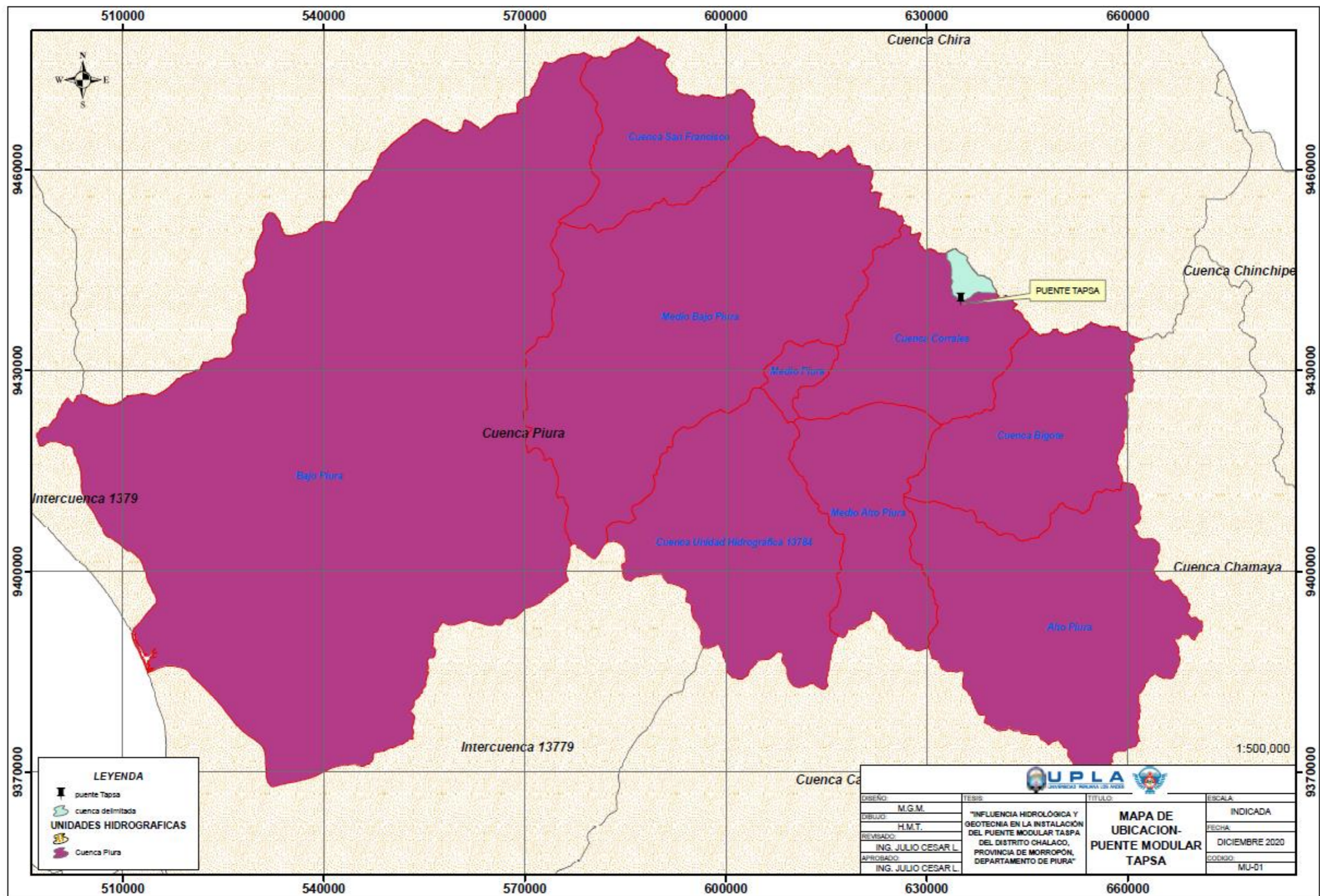
| | | | | | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|
| 1997 | 407.50 | 423.60 | 560.50 | 8659.90 | 9357.88 | 11413.20 | 463.87 | 9810.33 |
| 1998 | 2,107.40 | 37.20 | 2,996.40 | 10767.30 | 9395.08 | 14409.60 | 1713.67 | 11523.99 |
| 1999 | 845.10 | 612.50 | 522.30 | 11612.40 | 10007.58 | 14931.90 | 659.97 | 12183.96 |
| 2000 | 818.40 | 594.40 | 491.00 | 12430.80 | 10601.98 | 15422.90 | 634.60 | 12818.56 |
| 2001 | 792.95 | 717.00 | 808.80 | 13223.75 | 11318.98 | 16231.70 | 772.92 | 13591.48 |
| 2002 | 679.32 | 773.30 | 1,176.00 | 13903.07 | 12092.28 | 17407.70 | 876.21 | 14467.68 |
| 2003 | 212.90 | 141.90 | 306.50 | 14115.97 | 12234.18 | 17714.20 | 220.43 | 14688.12 |
| 2004 | 205.08 | 208.00 | 199.90 | 14321.05 | 12442.18 | 17914.10 | 204.33 | 14892.44 |
| 2005 | 249.07 | 143.70 | 224.30 | 14570.12 | 12585.88 | 18138.40 | 205.69 | 15098.13 |
| 2006 | 681.78 | 600.10 | 682.80 | 15251.90 | 13185.98 | 18821.20 | 654.89 | 15753.03 |
| 2007 | 181.53 | 188.80 | 224.50 | 15433.43 | 13374.78 | 19045.70 | 198.28 | 15951.30 |
| 2008 | 1,288.26 | 1,181.20 | 1,260.60 | 16721.69 | 14555.98 | 20306.30 | 1243.35 | 17194.66 |
| 2009 | 615.80 | 454.70 | 788.10 | 17337.49 | 15010.68 | 21094.40 | 619.53 | 17814.19 |
| 2010 | 511.03 | 371.40 | 421.50 | 17848.52 | 15382.08 | 21515.90 | 434.64 | 18248.83 |
| 2011 | 263.74 | 243.30 | 300.00 | 18112.26 | 15625.38 | 21815.90 | 269.01 | 18517.85 |
| 2012 | 1,155.89 | 1,194.10 | 788.80 | 19268.15 | 16819.48 | 22604.70 | 1046.26 | 19564.11 |
| 2013 | 197.66 | 215.00 | 410.70 | 19465.81 | 17034.48 | 23015.40 | 274.45 | 19838.56 |
| 2014 | 467.85 | 84.20 | 557.59 | 19933.66 | 17118.68 | 23572.99 | 369.88 | 20208.44 |
| 2015 | 371.53 | 394.61 | 546.56 | 20305.19 | 17513.29 | 24119.55 | 437.57 | 20646.01 |
| 2016 | 483.20 | 394.61 | 214.80 | 20788.39 | 17907.91 | 24334.35 | 364.20 | 21010.22 |
| 2017 | 1,826.30 | 1,723.60 | 921.80 | 22614.69 | 19631.51 | 25256.15 | 1490.57 | 22500.78 |
| 2018 | 201.10 | 104.20 | 45.40 | 22815.79 | 19735.71 | 25301.55 | 116.90 | 22617.68 |
| 2019 | 887.30 | 510.70 | 256.80 | 23703.09 | 20246.41 | 25558.35 | 551.60 | 23169.28 |

Figura 49:
Curva doble masa

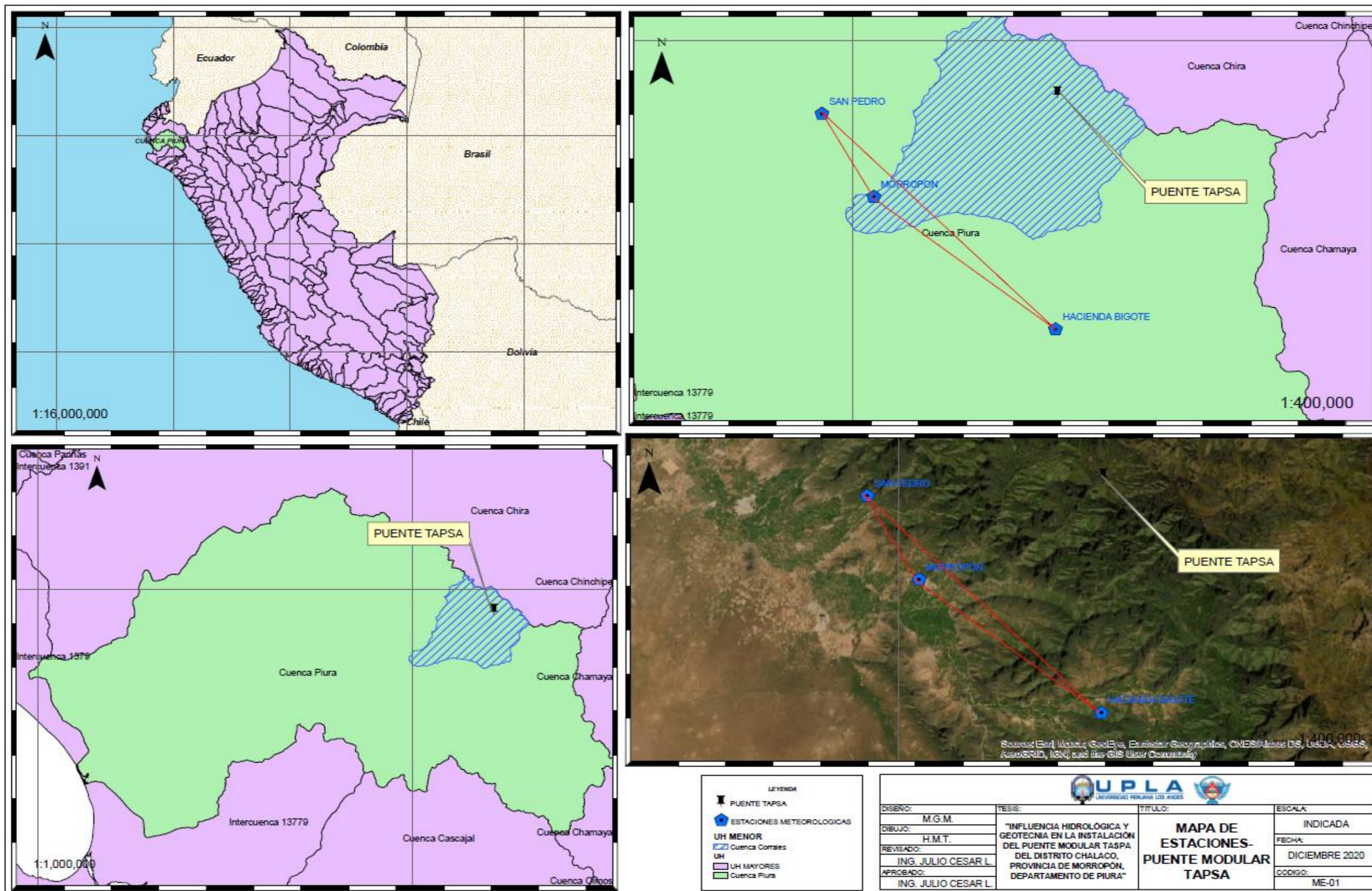


ANEXO 03: MAPAS TEMATICOS

Mapa 1
 Mapa de Ubicación de la cuenca del Puente Tapsa



Mapa 2
Mapa de Estaciones Hidrológicas



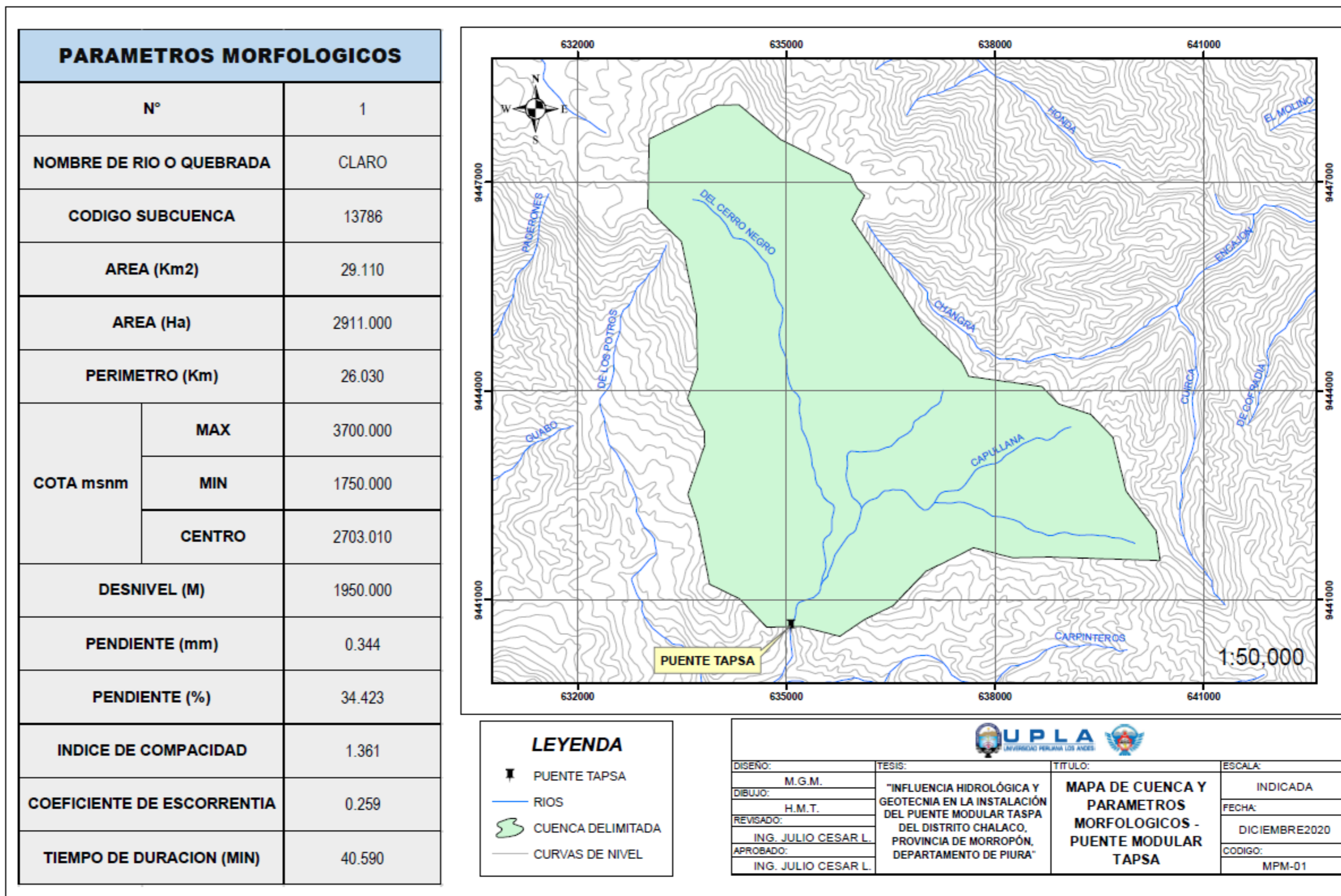
LEYENDA

- PUENTE TAPSA
- ESTACIONES METEOROLOGICAS
- UH MENOR**
- Cuenca Corrales
- UH**
- UH MAYORES
- Cuenca Piura

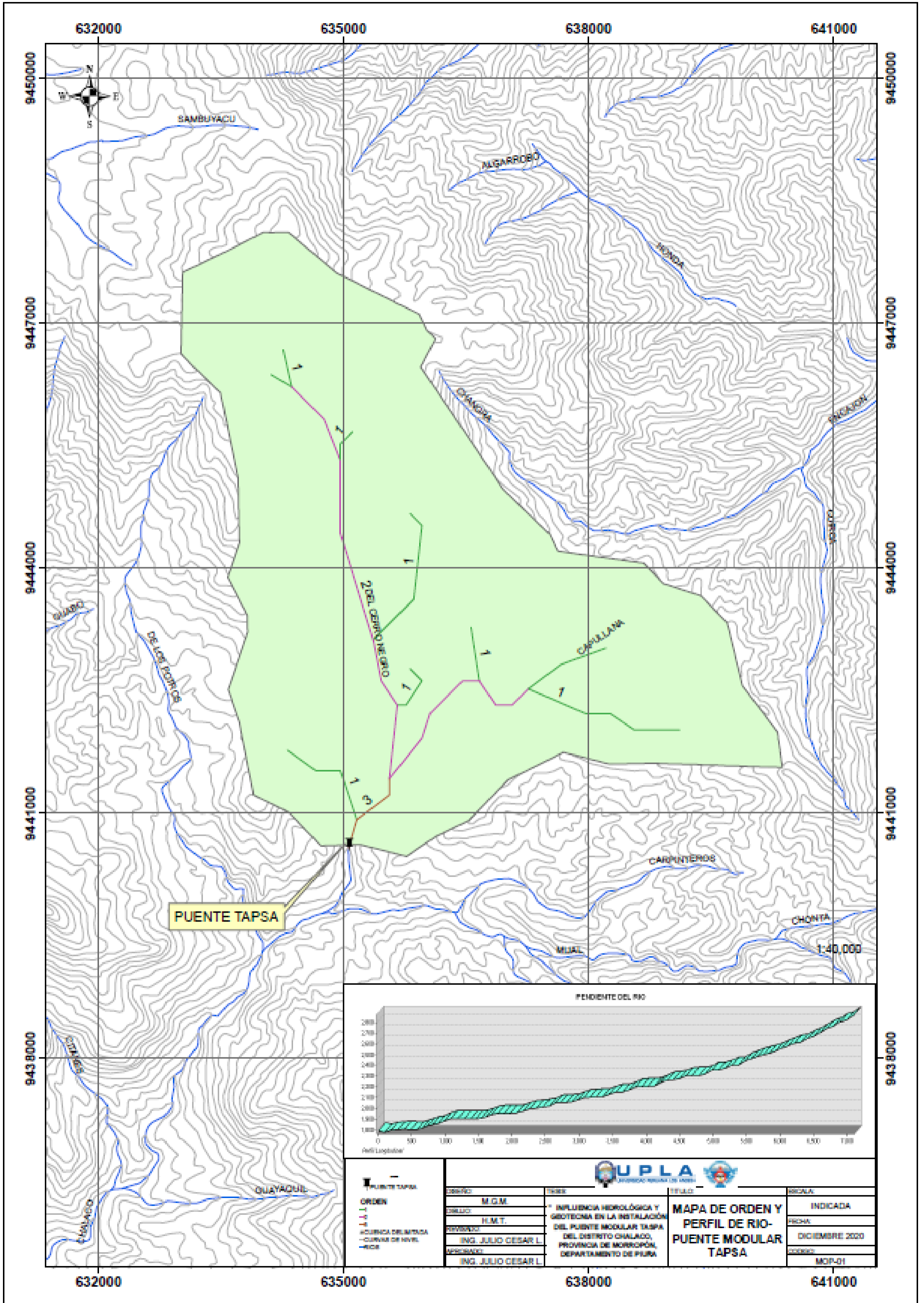
| | | | |
|----------------------------------|--|--|--------------------------|
| | | UPLA UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES | |
| DISEÑO: M.G.M. | TESIS: | TÍTULO: | ESCALA: |
| DIBUJO: H.M.T. | "INFLUENCIA HIDROLÓGICA Y GEOTECNIA EN LA INSTALACIÓN DEL PUENTE MODULAR TAPSA DEL DISTRITO CHALACO, PROVINCIA DE MORROPÓN, DEPARTAMENTO DE PIURA" | MAPA DE ESTACIONES-PUENTE MODULAR TAPSA | INDICADA |
| REVISADO: ING. JULIO CESAR L. | | | FECHA: DICIEMBRE 2020 |
| APROBADO: ING. JULIO CESAR L. | | | CODIGO: ME-01 |

Mapa 3

Mapa de Cuenca y Parámetros Morfológicos de la cuenca del Puente Tapsa



Mapa 4
 Mapa de Orden y Perfil del Rio Claro



ANEXO 04: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Figura 50:
Ensayos de Granulometría, Margen Derecha según NTP 339

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1505-2021
 Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina
 Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Tasma
 Ubicación : Chalaco - Morropón - Piura
 Fecha de emisión : 15-05-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1 Margen derecha
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 3.00

| Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128 | | | | |
|---|---------------|------------|----------------------|------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | % Retenido | % Acumulado Retenido | % Que pasa |
| 3 pulg | 75.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 2 pulg | 50.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1 1/2 pulg | 37.500 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1 pulg | 25.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 3/4 pulg | 19.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 3/8 pulg | 9.500 | 15.1 | 15.1 | 84.9 |
| Nº. 4 | 4.750 | 3.2 | 18.3 | 81.7 |
| Nº. 10 | 2.000 | 8.5 | 26.8 | 73.2 |
| Nº. 20 | 0.850 | 9.1 | 35.9 | 64.1 |
| Nº. 40 | 0.425 | 10.6 | 46.5 | 53.5 |
| Nº. 60 | 0.250 | 7.4 | 53.9 | 46.1 |
| Nº. 140 | 0.106 | 6.3 | 60.2 | 39.8 |
| Nº. 200 | 0.075 | 3.2 | 63.4 | 36.6 |
| Fondo | | 36.5 | 99.9 | 0.1 |

| Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129 | |
|--|----|
| Límite Líquido | NP |
| Límite Plástico | NP |
| Índice de Plasticidad | NP |

| Fracciones Granulométricas | | Contenido de Humedad NTP 339.127 | |
|----------------------------|------|-------------------------------------|-----|
| % Grava | 18.3 | % Humedad | 6.2 |
| % Arena | 45.1 | | |
| % Finos | 36.6 | | |

| Clasificación SUCS NTP 339.134 | | Clasificación AASTHO NTP 339.135 | |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|--|
| Símbolo | SM | A-2-4 (0) | |
| Nombre | Arena limosa con grava | | |

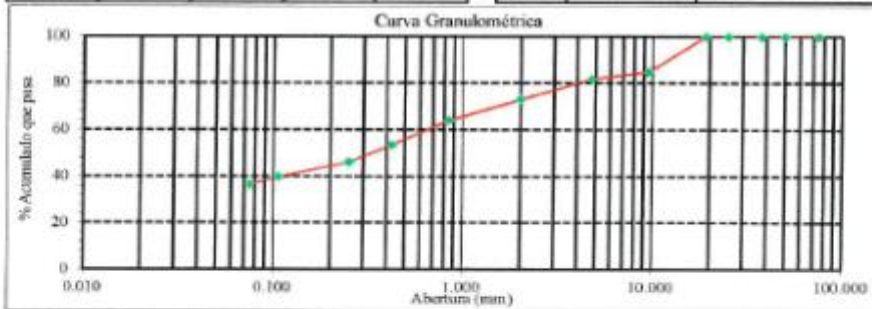



Figura 51:

Ensayo de Limites, Margen Derecha según ASTM D4318-17

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|---|-------------------------------------|--|--------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|----|---------------------|---|--|------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--|--------------------|----|---------------------|----|---------------------------|----|------------------------|---|--|----|
|  | INFORME DE ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE LÍQUIDO PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D4318-17¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Expediente N° : 1505-2021 Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina Proyeto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Taspá Ubicación : Chalaco - Morropon - Piura Fecha de emisión : 15-05-21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Datos de la muestra recibida Calicota : C-1 Margen derecha Profundidad (m) : 3.00 Muestra : M-1 % humedad recepción : 6.2 TM de partículas : 3/4 pulg % ret. en tamiz No. 40 : 46.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación del Espécimen <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%;">Húmeda</td> <td style="width:5%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width:40%;">Lavado en tamiz No. 40</td> <td style="width:5%;"></td> <td style="width:30%;">Agua de mezcla:</td> <td style="width:5%;"></td> </tr> <tr> <td>Seco al aire</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Tamizado en seco en tamiz No. 40</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Destilada</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Seco al horno</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Mecanicamente en seco en tamiz No. 40</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Desmineralizada</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Mezclado en cápsula y partículas de arena removidas</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Otra</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | Húmeda | <input checked="" type="checkbox"/> | Lavado en tamiz No. 40 | | Agua de mezcla: | | Seco al aire | <input type="checkbox"/> | Tamizado en seco en tamiz No. 40 | <input type="checkbox"/> | Destilada | <input checked="" type="checkbox"/> | Seco al horno | <input type="checkbox"/> | Mecanicamente en seco en tamiz No. 40 | <input type="checkbox"/> | Desmineralizada | <input type="checkbox"/> | | | Mezclado en cápsula y partículas de arena removidas | <input checked="" type="checkbox"/> | Otra | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | |
| Húmeda | <input checked="" type="checkbox"/> | Lavado en tamiz No. 40 | | Agua de mezcla: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Seco al aire | <input type="checkbox"/> | Tamizado en seco en tamiz No. 40 | <input type="checkbox"/> | Destilada | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Seco al horno | <input type="checkbox"/> | Mecanicamente en seco en tamiz No. 40 | <input type="checkbox"/> | Desmineralizada | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Mezclado en cápsula y partículas de arena removidas | <input checked="" type="checkbox"/> | Otra | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Equipo empleado <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:33%;">Límite Plástico</td> <td style="width:33%;">Límite Líquido</td> <td style="width:33%;">Ramurador casagrande/ASTM</td> </tr> <tr> <td>Rolado manual</td> <td>Equipo manual</td> <td>Metálico</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Dispositivo de rolado mecánico</td> <td>Equipo mecánico</td> <td>Plástico</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table> | | Límite Plástico | Límite Líquido | Ramurador casagrande/ASTM | Rolado manual | Equipo manual | Metálico | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Dispositivo de rolado mecánico | Equipo mecánico | Plástico | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Límite Plástico | Límite Líquido | Ramurador casagrande/ASTM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rolado manual | Equipo manual | Metálico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dispositivo de rolado mecánico | Equipo mecánico | Plástico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Registros y cálculos del ensayo <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%;">LÍMITE LÍQUIDO</td> <td style="width:50%; text-align: center;">Método: A</td> </tr> <tr> <td>Número de cápsula</td> <td rowspan="8" style="text-align: center; vertical-align: middle;">NP</td> </tr> <tr> <td>Masa de cápsula (g)</td> </tr> <tr> <td>Masa de cápsula + masa de suelo húmedo (g)</td> </tr> <tr> <td>Masa de cápsula + masa de suelo seco al horno (g)</td> </tr> <tr> <td>Masa de suelo seco (g)</td> </tr> <tr> <td>Masa de agua (g)</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (%)</td> </tr> <tr> <td>Número de golpes</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido Unipunto ASTM</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 100px;"></td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Número de cápsula</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">NP</td> </tr> <tr> <td>Masa de cápsula (g)</td> </tr> <tr> <td>Masa de cápsula + masa de suelo húmedo (g)</td> </tr> <tr> <td>Masa de cápsula + masa de suelo seco (g)</td> </tr> <tr> <td>Masa de suelo seco (g)</td> </tr> <tr> <td>Masa de agua (g)</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (%)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;"> <table border="1" style="margin-left: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite líquido, LL</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico, LP</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad, IP</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Índice de liquidez, IL</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>Clasificación según carta de plasticidad</td> <td style="text-align: center;">ML</td> </tr> </table> </td> </tr> </table> | | LÍMITE LÍQUIDO | Método: A | Número de cápsula | NP | Masa de cápsula (g) | Masa de cápsula + masa de suelo húmedo (g) | Masa de cápsula + masa de suelo seco al horno (g) | Masa de suelo seco (g) | Masa de agua (g) | Contenido de humedad (%) | Número de golpes | Límite Líquido Unipunto ASTM | - | | | LÍMITE PLÁSTICO | | Número de cápsula | NP | Masa de cápsula (g) | Masa de cápsula + masa de suelo húmedo (g) | Masa de cápsula + masa de suelo seco (g) | Masa de suelo seco (g) | Masa de agua (g) | Contenido de humedad (%) | <table border="1" style="margin-left: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite líquido, LL</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico, LP</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad, IP</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Índice de liquidez, IL</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>Clasificación según carta de plasticidad</td> <td style="text-align: center;">ML</td> </tr> </table> | | Límite líquido, LL | NP | Límite plástico, LP | NP | Índice de plasticidad, IP | NP | Índice de liquidez, IL | — | Clasificación según carta de plasticidad | ML |
| LÍMITE LÍQUIDO | Método: A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número de cápsula | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de cápsula (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de cápsula + masa de suelo húmedo (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de cápsula + masa de suelo seco al horno (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de suelo seco (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de agua (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contenido de humedad (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número de golpes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Límite Líquido Unipunto ASTM | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número de cápsula | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de cápsula (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de cápsula + masa de suelo húmedo (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de cápsula + masa de suelo seco (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de suelo seco (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa de agua (g) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contenido de humedad (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="margin-left: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Límite líquido, LL</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico, LP</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad, IP</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Índice de liquidez, IL</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>Clasificación según carta de plasticidad</td> <td style="text-align: center;">ML</td> </tr> </table> | | Límite líquido, LL | NP | Límite plástico, LP | NP | Índice de plasticidad, IP | NP | Índice de liquidez, IL | — | Clasificación según carta de plasticidad | ML | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Límite líquido, LL | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Límite plástico, LP | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Índice de plasticidad, IP | NP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Índice de liquidez, IL | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clasificación según carta de plasticidad | ML | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota:

- * La muestra fue tomada en campo por el peticionario.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



Figura 52:

Ensayo de Contenido de Humedad, Margen Derecha según ASTM 2216-19

| | |
|--|---|
|  | INFORME DE ENSAYO STANDAR TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS ASTM D2216-19 |
| Expediente N° : 1505-2021 Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Taspá Ubicación : Chalaco - Morropon - Piura Fecha de emisión : 15-05-21 | |
| Datos de la muestra recibida | |
| Calicata : C-1 Margen derecha Profundidad (m) : 3.00 Muestra : M-1 | |
| Datos de los ensayos | Método de prueba |
| Número del recipiente | A-12 |
| Masa del recipiente (g) | 175.8 |
| Masa del recipiente + masa de suelo húmedo (g) | 1254.2 |
| Masa del recipiente + masa de suelo seco al horno (g) | 1191.5 |
| Contenido de humedad (%) | 6.2 |
| Sistema de clasificación de suelos (Visual) | SM |
| Temperatura del horno de secado | 110 °C ± 5 °C |
| Observaciones | |
| | |

Nota:

* La muestra fue tomada en campo por el peticionario.

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



Figura 53:

Perfil Estratigráfico, Margen Derecha según NTP 339.150

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1505-2021
 Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina
 Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Tazpa
 Ubicación : Chalaco - Morropon - Piura
 Fecha de emisión : 15-05-21
 Método de Excavación : Manual
 Calicata : C-1 Margen derecha

**Descripción e Identificación de Suelos mediante el procedimiento Visual - Manual
 NTP 339.150**

| Profundidad (m) | Clasificación SUCS | Gráfico | Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc. |
|-----------------|--------------------|---------|---|
| 0.20 | Pt | | Tierra de cultivo |
| 0.50 | SM | | Arena limosa con grava, plasticidad baja, estado húmedo de color marrón claro de consistencia media |
| 1.00 | | | |
| 1.50 | | | |
| 2.00 | | | |
| 2.50 | | | |
| 3.00 | | | |

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



Figura 54:

Ensayo de Corte Directo, Margen Derecha según NTP 339.171

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



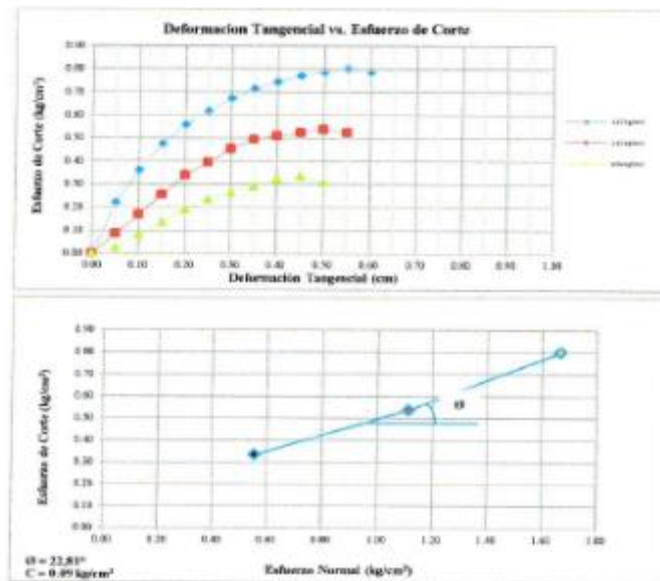
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1505-2021
Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mizella Guerrero Medina
Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Taspá
Ubicación : Chulaco - Morropón - Piura
Fecha de emisión : 15-05-21

I. Ensayo de Corte Directo NTP 339.171

Calicón : C-1
Muestra : M-1
Profundidad (m) : 3.00
SUCS : SM
Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4)

Página 1 de 2



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamán Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

Figura 55:

Ensayo de Corte Directo, Margen Derecha según NTP 339.171

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1505-2021
Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina
Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Tarma
Ubicación : Chalaco - Morropon - Piura
Fecha de emisión : 15-05-21

II. Ensayo de Corte Directo NTP 339.171

Calicata : C-1
Muestra : M-1
Profundidad (m) : 3.00
SUCS : SM
Especimen : Remolendo (mat. < Tamiz No. 4)

Página 2 de 2

| | I | II | III |
|--|-------|-------|-------|
| Lado de la caja (cm) | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| Densidad húmeda inicial (g/cm ³) | 1.642 | 1.642 | 1.642 |
| Densidad seca inicial (g/cm ³) | 1.546 | 1.546 | 1.546 |
| % Contenido de humedad inicial | 6.2 | 6.2 | 6.2 |
| Densidad húmeda final (g/cm ³) | 2.042 | 2.051 | 2.056 |
| Densidad seca final (g/cm ³) | 1.779 | 1.794 | 1.796 |
| % Contenido humedad final | 14.8 | 14.3 | 14.5 |
| Esfuerzo normal (kg/cm ²) | 0.56 | 1.11 | 1.67 |
| Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²) | 0.334 | 0.538 | 0.801 |
| Ángulo de fricción interna : 22.81 ° | | | |
| Cohesión (kg/cm ²) : 0.09 | | | |

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizadas por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Humbert Salazar Omar Alex



Figura 56:

Ensayos de Granulometría, Margen Izquierda según NTP 339

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1505-2021
 Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina
 Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Taspa
 Ubicación : Chulaco - Morropón - Piura
 Fecha de emisión : 15-05-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

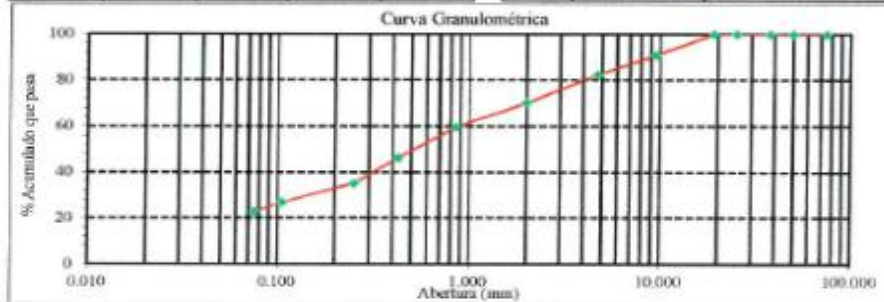
Calicata : C-2 Margen izquierda
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 3.00

| Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128 | | | | |
|---|---------------|------------|----------------------|------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | % Retenido | % Acumulado Retenido | % Que pasa |
| 3 pulg | 75.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 2 pulg | 50.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1 1/2 pulg | 37.500 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1 pulg | 25.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 3/4 pulg | 19.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 3/8 pulg | 9.500 | 9.2 | 9.2 | 90.8 |
| No. 4 | 4.750 | 8.3 | 17.5 | 82.5 |
| No. 10 | 2.000 | 12.3 | 29.8 | 70.2 |
| No. 20 | 0.850 | 10.6 | 40.4 | 59.6 |
| No. 40 | 0.425 | 13.2 | 53.6 | 46.4 |
| No. 60 | 0.250 | 11.1 | 64.7 | 35.3 |
| No. 140 | 0.106 | 8.3 | 73.0 | 27.0 |
| No. 200 | 0.075 | 4.1 | 77.1 | 22.9 |
| Fundo | | 22.9 | 100.0 | 0.0 |

| Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129 | |
|--|----|
| Límite Líquido | 23 |
| Límite Plástico | 12 |
| Índice de Plasticidad | 11 |

| Fracciones Granulométricas | | Contenido de Humedad NTP 339.127 | |
|----------------------------|------|-------------------------------------|-----|
| % Grava | 17.5 | % Humedad | 9.1 |
| % Arena | 59.6 | | |
| % Finos | 22.9 | | |

| Clasificación SUCS NTP 339.134 | | Clasificación AASTHO NTP 339.135 | |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--|
| Símbolo | SC | A-1-b (0) | |
| Nombre | Arena azulesa con grava | | |



NOTAS:



- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOP: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamán Salazar



INGENIERÍA DE CALIDAD

Figura 57:
Ensayos de Límites, Margen Izquierda según ASTM D4318-17

| | | | |
|---|---|---|-----------|
|  | INFORME DE ENSAYO | | |
| | LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE LÍQUIDO PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D4318-17¹ | | |
| Expediente N° : 1505-2021 Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Tasma Ubicación : Chuluc - Morropon - Piara Fecha de emisión : 15-05-21 | | | |
| Datos de la muestra recibida | | | |
| Calicote : C-2 Margen izquierda Profundidad (m) : 3.00 Muestra : M-1 % humedad recepción : 9.1 TM de partículas : 3/4 pulg % ret. en tamiz No. 40 : 53.6 | | | |
| Preparación del Espécimen | | | |
| Húmeda <input checked="" type="checkbox"/> Seco al aire <input type="checkbox"/> Seco al horno <input type="checkbox"/> | Lavado en tamiz No. 40 <input type="checkbox"/> Tamizado en seco en tamiz No. 40 <input type="checkbox"/> Mecanicamente en seco en tamiz No. 40 <input type="checkbox"/> Mezclado en cápsula y partículas de arena removidas <input checked="" type="checkbox"/> | Agua de mezcla: Destilada <input checked="" type="checkbox"/> Desmineralizada <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/> | |
| Equipo empleado | | | |
| Límite Plástico Rolado manual <input checked="" type="checkbox"/> Dispositivo de rolado mecánico <input type="checkbox"/> | Límite Líquido Equipo manual <input checked="" type="checkbox"/> Equipo mecánico <input type="checkbox"/> | Ramurador casagrande/ASTM Metálico <input type="checkbox"/> Plástico <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Registros y cálculos del ensayo | | | |
| LÍMITE LÍQUIDO Método: A | | | |
| | T-06 | T-07 | T-04 |
| Masa de cápsula (g) | 25.14 | 25.96 | 25.37 |
| Masa de cápsula + masa de suelo húmedo (g) | 74.25 | 72.16 | 69.81 |
| Masa de cápsula + masa de suelo seco al horno (g) | 67.18 | 63.04 | 58.81 |
| Masa de suelo seco (g) | 42.04 | 37.08 | 33.44 |
| Masa de agua (g) | 7.07 | 9.12 | 11.00 |
| Contenido de humedad (%) | 16.82 | 24.60 | 32.89 |
| Número de golpes | 31 | 24 | 16 |
| Límite Líquido Unipunto ASTM | - | - | - |
|  | | | |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | |
| | T-25 | T-26 | |
| Masa de cápsula (g) | 26.14 | 25.28 | |
| Masa de cápsula + masa de suelo húmedo (g) | 38.15 | 33.42 | |
| Masa de cápsula + masa de suelo seco (g) | 36.94 | 32.61 | |
| Masa de suelo seco (g) | 10.80 | 6.83 | |
| Masa de agua (g) | 1.21 | 0.81 | |
| Contenido de humedad (%) | 11.20 | 11.96 | |
| | | Límite líquido, L.L. | 23 |
| | | Límite plástico, L.P. | 12 |
| | | Índice de plasticidad, I.P. | 11 |
| | | Índice de liquidez, I.L. | --- |
| | | Clasificación según carta de plasticidad | CL |
| Observaciones | | | |

Nota:


- * La muestra fue tomada en campo por el peticionario.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



Figura 58:

Ensayo de Contenido de Humedad, Margen Izquierda según ASTM D2216-19

|  | INFORME DE ENSAYO | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------|------------------|-----------------------|------|-------------------------|-------|--|--------|---|--------|--------------------------|-----|---|----|---------------------------------|---------------|
| | STANDAR TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS ASTM D2216-19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Expediente N° : 1505-2021 Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Taspá Ubicación : Chalaco - Morropon - Piura Fecha de emisión : 15-05-21 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Datos de la muestra recibida Calicata : C-2 Margen izquierda Profundidad (m) : 3.00 Muestra : M-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"><thead><tr><th>Datos de los ensayos</th><th>Método de prueba</th></tr></thead><tbody><tr><td>Número del recipiente</td><td>A-14</td></tr><tr><td>Masa del recipiente (g)</td><td>176.2</td></tr><tr><td>Masa del recipiente + masa de suelo húmedo (g)</td><td>1859.2</td></tr><tr><td>Masa del recipiente + masa de suelo seco al horno (g)</td><td>1718.6</td></tr><tr><td>Contenido de humedad (%)</td><td>9.1</td></tr><tr><td>Sistema de clasificación de suelos (Visual)</td><td>SC</td></tr><tr><td>Temperatura del horno de secado</td><td>110 °C ± 5 °C</td></tr></tbody></table> | | Datos de los ensayos | Método de prueba | Número del recipiente | A-14 | Masa del recipiente (g) | 176.2 | Masa del recipiente + masa de suelo húmedo (g) | 1859.2 | Masa del recipiente + masa de suelo seco al horno (g) | 1718.6 | Contenido de humedad (%) | 9.1 | Sistema de clasificación de suelos (Visual) | SC | Temperatura del horno de secado | 110 °C ± 5 °C |
| Datos de los ensayos | Método de prueba | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número del recipiente | A-14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa del recipiente (g) | 176.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa del recipiente + masa de suelo húmedo (g) | 1859.2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masa del recipiente + masa de suelo seco al horno (g) | 1718.6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contenido de humedad (%) | 9.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sistema de clasificación de suelos (Visual) | SC | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura del horno de secado | 110 °C ± 5 °C | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota:

* La muestra fue tomada en campo por el peticionario.

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



Figura 59:

Perfil Estratigráfico, Margen Izquierda según NTP 339.150

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1505-2021
Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina
Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Taspá
Ubicación : Chulaco - Morropón - Piura
Fecha de emisión : 15-05-21
Método de Excavación : Manual
Calicata : C-2 Margen izquierda

Descripción e Identificación de Suelos mediante el procedimiento Visual - Manual NTP 339.150

| Profundidad (m) | Clasificación SUCS | Gráfico | Descripción y clasificación del material: Color, Humedad Natural, Plasticidad, Estado Natural de Compacidad, Forma de las partículas, Tamaño Máximo de Piedras, Presencia de Materia Orgánica, etc. |
|-----------------|--------------------|---------|---|
| 0.20 | Pt | | Tierra de cultivo |
| 0.50 | SC | | Arena arcillosa con grava, plasticidad media, estado húmedo de color marrón claro de consistencia media |
| 1.00 | | | |
| 1.50 | | | |
| 2.00 | | | |
| 2.50 | | | |
| 3.00 | | | |

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Hamari Salazar Omar Alex



Figura 60:
Ensayo de Corte Directo, Margen Izquierda según NTP 339.171

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



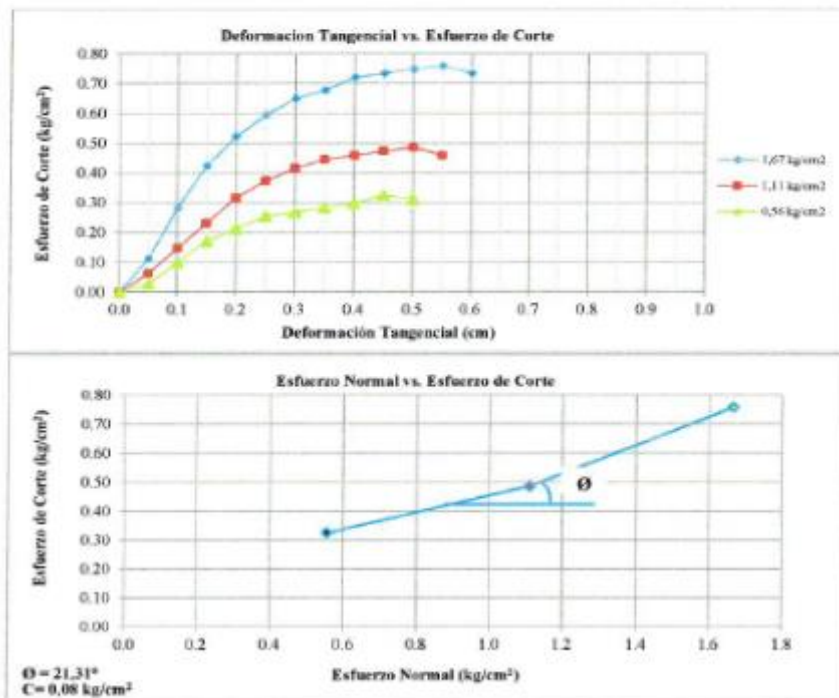
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1505-2021
 Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina
 Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Tapia
 Ubicación : Chalaco - Morropón - Piura
 Fecha de emisión : 15-05-21

**I. Ensayo de Corte Directo
 NTP 339.171**

Página 1 de 2

Calicata : C-2 Margen izquierda
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 3.00
 SUCS : SC
 Especimen : Alterado



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex.



INGENIERÍA DE CALIDAD

Figura 61:

Ensayo de Corte Directo, Margen Izquierda según NTP 339.171

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1505-2021
Peticionario : Henry Montoya Tapia - Mirella Guerrero Medina
Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Tarpa
Ubicación : Chalaco - Morropón - Piura
Fecha de emisión : 15-05-21

II. Ensayo de Corte Directo NTP 339.171

Calicatas : C-2 Margen izquierda
Muestra : M-1
Profundidad (m) : 3.00
SUCS : SC
Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4)

| | I | II | III | Página 2 de 2 |
|--|---------|-------|-------|---------------|
| Lado de la caja (cm) | 6.00 | 6.00 | 6.00 | |
| Densidad húmeda inicial (g/cm ³) | 1.635 | 1.635 | 1.635 | |
| Densidad seca inicial (g/cm ³) | 1.499 | 1.499 | 1.499 | |
| % Contenido de humedad inicial | 9.1 | 9.1 | 9.1 | |
| Densidad húmeda final (g/cm ³) | 2.023 | 2.028 | 2.014 | |
| Densidad seca final (g/cm ³) | 1.717 | 1.732 | 1.723 | |
| % Contenido humedad final | 17.8 | 17.1 | 16.9 | |
| Esfuerzo normal (kg/cm ²) | 0.56 | 1.11 | 1.67 | |
| Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²) | 0.326 | 0.487 | 0.759 | |
| Ángulo de fricción interna : | 21.31 ° | | | |
| Cohesión (kg/cm ²) : | 0.08 | | | |

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 - 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).
- Realizado y revisado por el Ing. Huamani Solazar Omar Alex



Figura 62:
Ensayo de diámetro medio de lecho de rio según NTP 339

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

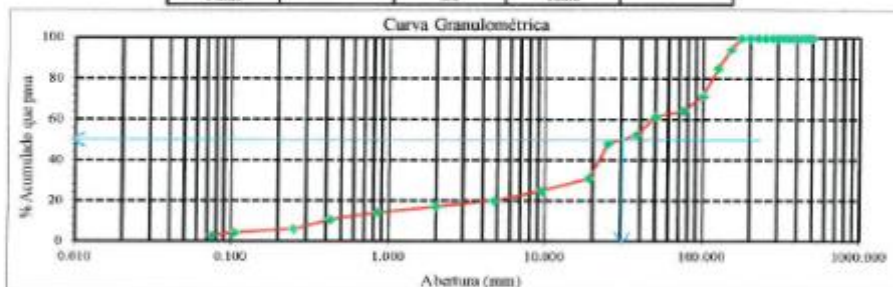
Expediente N° : 1505-2021
 Peticionario : Henry Montoya Tapin - Mizella Guerrero Medina
 Proyecto : Montaje, instalación y construcción de obras civiles del puente modular Tarpa
 Ubicación : Chalaco - Moropon - Piura
 Fecha de emisión : 15-05-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : Lecho de rio

| Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico | | | | |
|--|---------------|------------|----------------------|------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | % Retenido | % Acumulado Retenido | % Que pasa |
| 20 pulg | 506.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 19 pulg | 475.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 18 pulg | 450.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 17 pulg | 425.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 16 pulg | 400.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 15 pulg | 375.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 14 pulg | 350.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 13 pulg | 325.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 12 pulg | 300.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 11 pulg | 275.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 10 pulg | 250.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 9 pulg | 225.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 8 pulg | 200.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 7 pulg | 175.000 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 6 pulg | 150.000 | 5.3 | 5.3 | 94.7 |
| 5 pulg | 125.000 | 9.3 | 14.8 | 85.2 |
| 4 pulg | 100.000 | 13.6 | 28.4 | 71.6 |
| 3 pulg | 75.000 | 7.3 | 35.7 | 64.3 |
| 2 pulg | 50.000 | 2.8 | 38.5 | 61.5 |
| 1 1/2 pulg | 37.500 | 9.2 | 47.7 | 52.3 |
| 1 pulg | 25.000 | 4.1 | 51.8 | 48.2 |
| 3/4 pulg | 19.000 | 17.0 | 68.8 | 31.2 |
| 3/8 pulg | 9.500 | 6.1 | 74.9 | 25.1 |
| No. 4 | 4.750 | 4.8 | 79.7 | 20.3 |
| No. 10 | 2.000 | 3.1 | 82.8 | 17.2 |
| No. 20 | 0.850 | 2.9 | 85.7 | 14.3 |
| No. 40 | 0.425 | 3.4 | 89.1 | 10.9 |
| No. 60 | 0.250 | 4.6 | 93.7 | 6.3 |
| No. 140 | 0.106 | 1.7 | 95.4 | 4.6 |
| No. 200 | 0.075 | 1.5 | 96.9 | 3.1 |
| Fondo | | 3.1 | 100.0 | |

Valor
 D₅₀ 30.5 mm



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPE: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Solizar



Figura 63:
Cálculo de capacidad admisible, Margen Derecha



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES



CÁLCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE

TESIS:

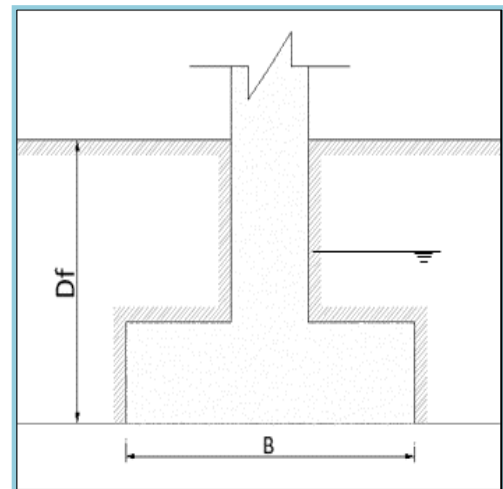
"INFLUENCIA HIDROLÓGICA Y GEOTECNIA EN LA INSTALACIÓN DEL PUENTE MODULAR TASPА DEL DISTRITO CHALACO, PROVINCIA DE MORROPÓN, DEPARTAMENTO DE PIURA"

UBICACIÓN : Chalaco - Morropón - Piura
CALICATA : C-01
MARGEN : Derecha

CAPACIDAD ADMISIBLE POR RESISTENCIA

Parámetros de resistencia del suelo:

| | | | |
|--|----------------------|---|-------|
| Cohesión (kg/cm ²) | C | = | 0 |
| Ángulo de fricción (°): | f | = | 22.81 |
| Ángulo de fricción por falla local (°): | f_r | = | 22.81 |
| Peso Unitario de Suelos sobre N.C. (g/cm ³): | g | = | 1.642 |
| Tipo de cimentación: | Rectangular | | |
| Ancho de cimentación (m) | B | = | 2.00 |
| Largo de cimentación (m) | L | = | 6.60 |
| Profundidad de cimentación (m): | D_f | = | 3.00 |
| Factor de seguridad: | FS | = | 3 |



$$q_u = S_c C N_c + S_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q \gamma D_f N_q$$

Factores de Capacidad de Carga:

$$N_c = 17.82 \quad N_\gamma = 7.99 \quad N_q = 8.49$$

Factores de Carga:

$$S_\gamma = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right); \quad S_q = 1 + \operatorname{tg} \phi \left(\frac{B}{L} \right); \quad S_c = 1 + \left(\frac{N_q}{N_c} \right) \times \left(\frac{B}{L} \right)$$

$$S_c = 1.14 \quad S_\gamma = 0.88 \quad S_q = 1.13 \quad \text{Zcont.}$$

Capacidad última de carga (kg/cm²): **q_u** = 5.87

Capacidad admisible de carga: **q_a** = 1.96 kg/cm²

$$S_i = \frac{qB (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

CAPACIDAD ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO

| | | | |
|---|----------------------|---|------|
| Presión por carga admisible (ton/m ²) | q_a | = | 19.6 |
| Relación de Poisson: | m | = | 0.2 |
| Módulo de Elasticidad (ton/m ²): | E_s | = | 2500 |
| Asentamiento permisible L/500 (cm): | Si (máx) | = | 6 |
| Factor de Forma I _f (m/m): | I_f | = | 1.2 |
| Ancho de cimentación (m): | B | = | 2.00 |
| Asentamiento probable (cm): | Si | = | 1.80 |

Figura 64:
Cálculo de capacidad admisible, Margen Izquierda



CÁLCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE

TESIS:

"INFLUENCIA HIDROLÓGICA Y GEOTECNIA EN LA INSTALACIÓN DEL PUENTE MODULAR TASPA DEL DISTRITO CHALACO, PROVINCIA DE MORROPÓN, DEPARTAMENTO DE PIURA"

UBICACIÓN : Chalaco - Morropón - Piura
CALICATA : C-02
MARGEN : Izquierda

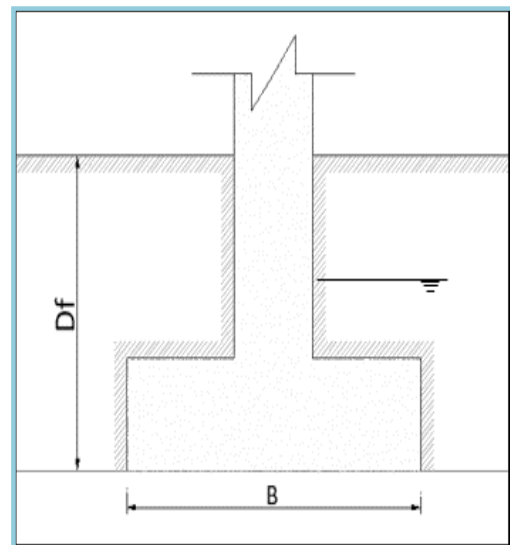
CAPACIDAD ADMISIBLE POR RESISTENCIA

Parámetros de resistencia del suelo:

Cohesión (kg/cm^2) **C** = 0
Ángulo de fricción ($^\circ$): **f** = 21.31
Ángulo de fricción por falla local ($^\circ$): **f_f** = 21.31
Peso Unitario de Suelos sobre N.C. (g/cm^3): **g** = 1.635

Tipo de cimentación: **Rectangular**
Ancho de cimentación (m) **B** = 2.00
Largo de cimentación (m) **L** = 6.60
Profundidad de cimentación (m): **D_f** = 3.00
Factor de seguridad: **FS** = 3

$$q_u = S_c C N_c + S_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q \gamma D_f N_q$$



Factores de Capacidad de Carga:

$N_c = 16.14$ $N_\gamma = 6.47$ $N_q = 7.29$

Factores de Carga:

$$S_\gamma = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right); \quad S_q = 1 + \text{tg } \phi \left(\frac{B}{L} \right); \quad S_c = 1 + \left(\frac{N_q}{N_c} \right) \times \left(\frac{B}{L} \right)$$

$S_c = 1.14$ $S_\gamma = 0.88$ $S_q = 1.12$ Z_{cont}

Capacidad última de carga (kg/cm^2): **q_u** = 4.93
Capacidad admisible de carga: **q_a** = 1.64 kg/cm^2

$$S_i = \frac{qB (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

CAPACIDAD ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO

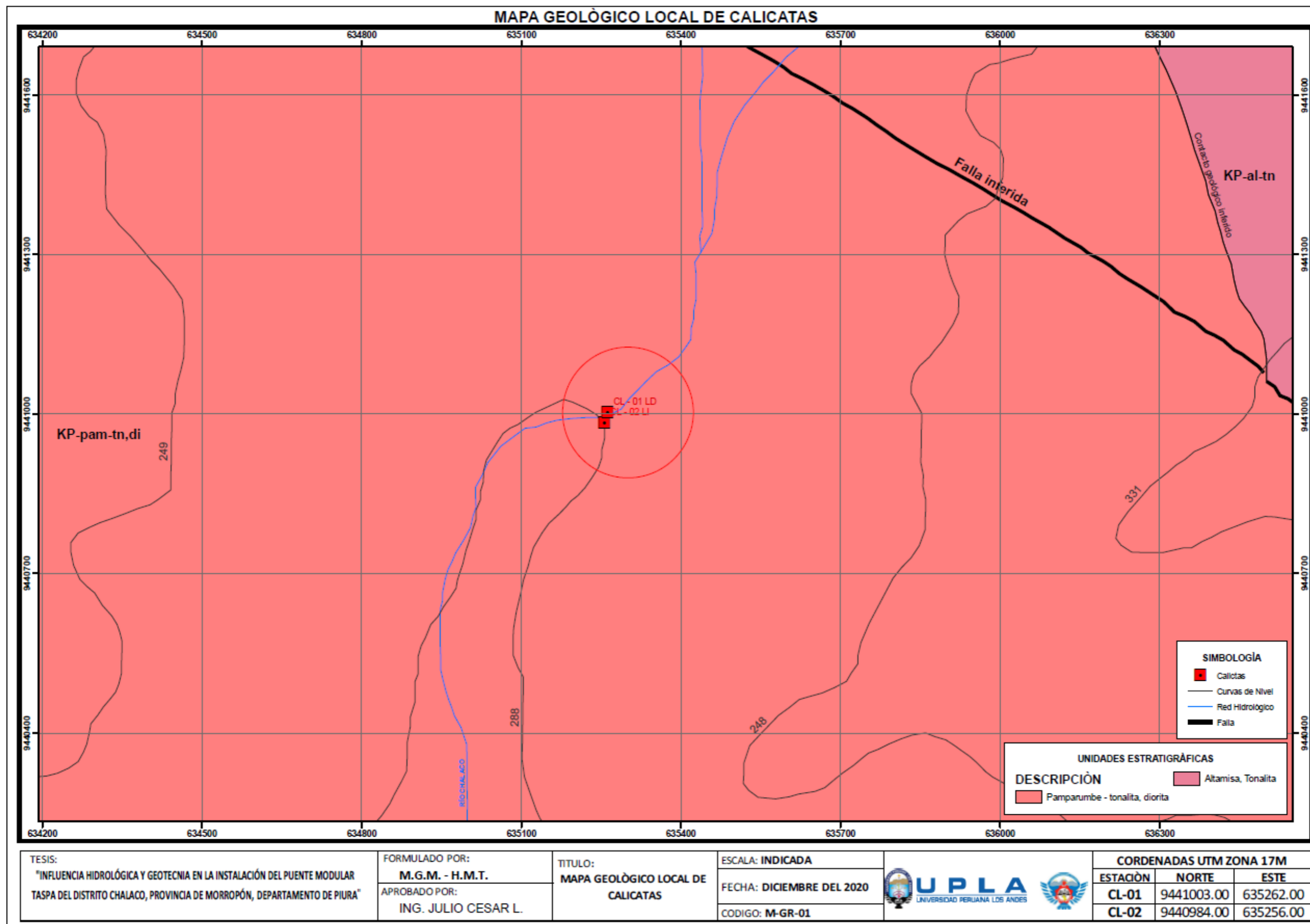
Presión por carga admisible (ton/m^2) **q_a** = 16.4
Relación de Poisson: **m** = 0.2
Módulo de Elasticidad (ton/m^2): **E_s** = 2500
Asentamiento permisible L/500 (cm): **Si (máx)** = 6
Factor de Forma I_f (m/m): **I_f** = 1.2
Ancho de cimentación (m): **B** = 2.00
Asentamiento probable (cm): **Si** = 1.51

Figura 65:
Certificación de INACAL del Laboratorio de Suelos.



ANEXO 05: MAPAS GEOLOGICOS

Mapa 5
 Mapa Geológico Local de Calicatas



TESIS:
 "INFLUENCIA HIDROLÓGICA Y GEOTECNIA EN LA INSTALACIÓN DEL PUENTE MODULAR
 TASPÁ DEL DISTRITO CHALACO, PROVINCIA DE MORROPÓN, DEPARTAMENTO DE PIURA"

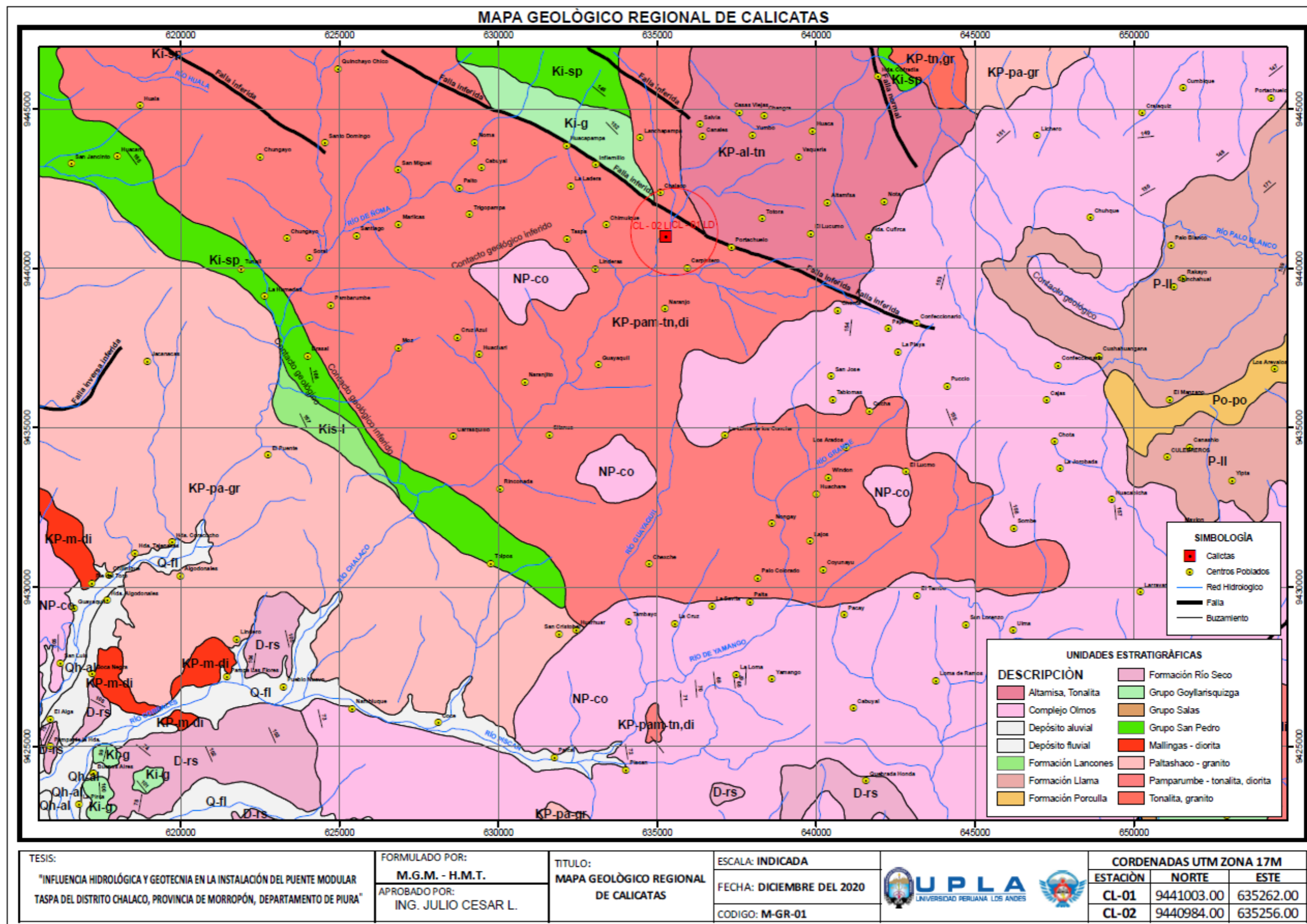
FORMULADO POR:
M.G.M. - H.M.T.
 APROBADO POR:
 ING. JULIO CESAR L.

TÍTULO:
**MAPA GEOLÓGICO LOCAL DE
 CALICATAS**

ESCALA: INDICADA
 FECHA: DICIEMBRE DEL 2020
 CODIGO: M-GR-01

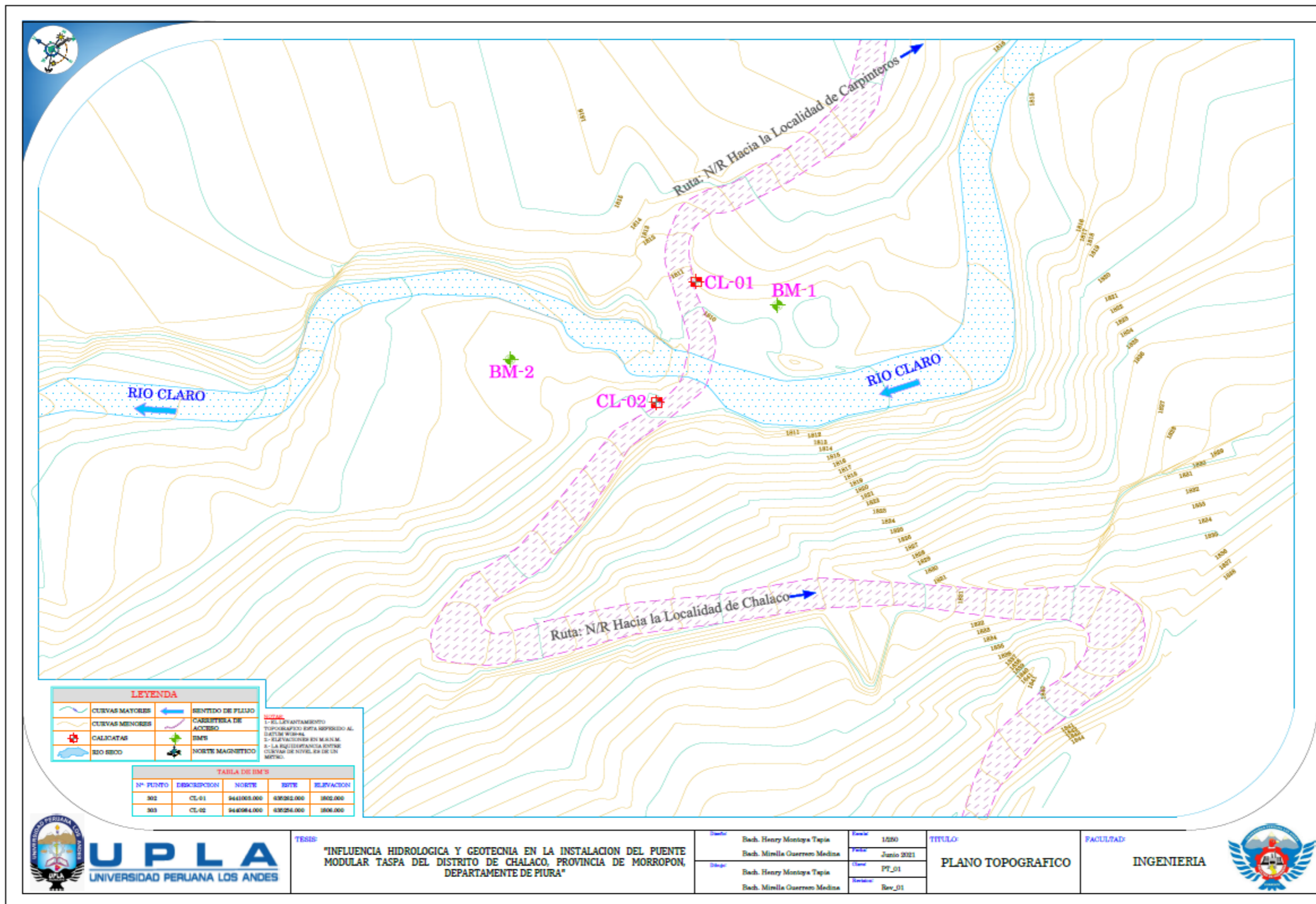


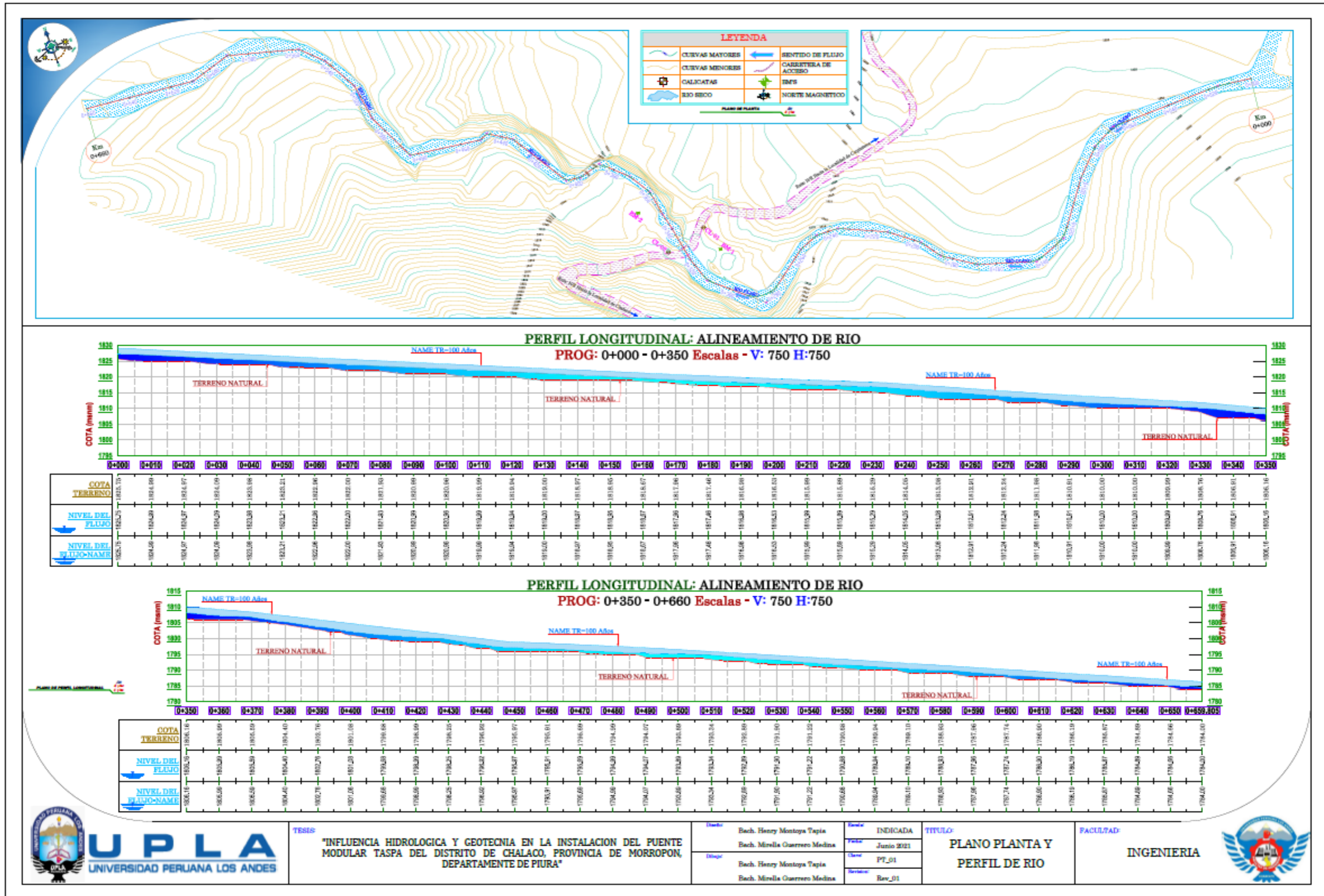
Mapa 6
 Mapa Geológico Regional de Calicatas



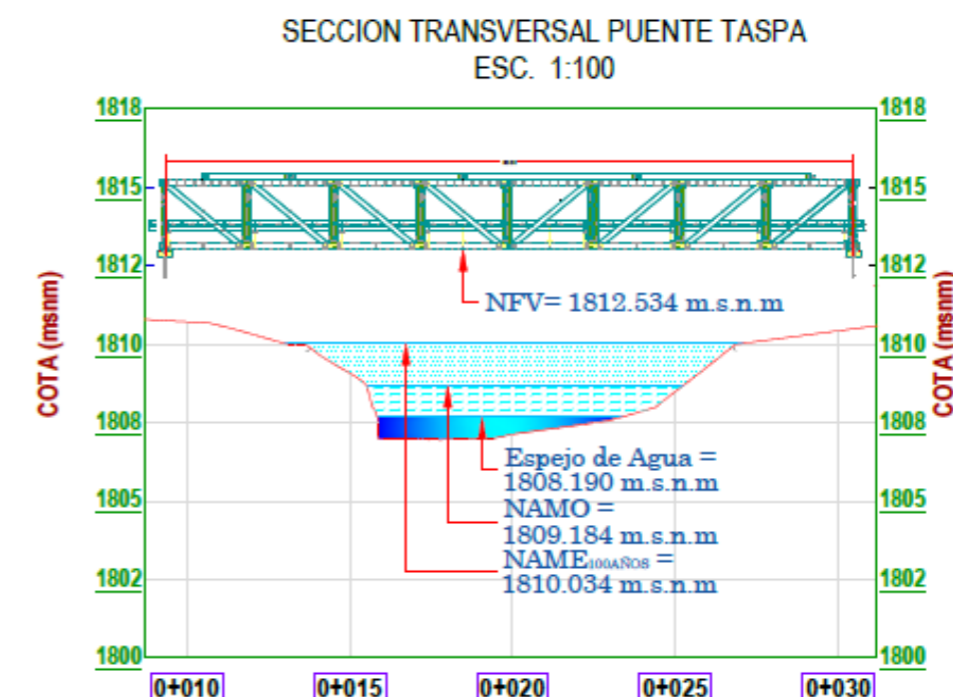
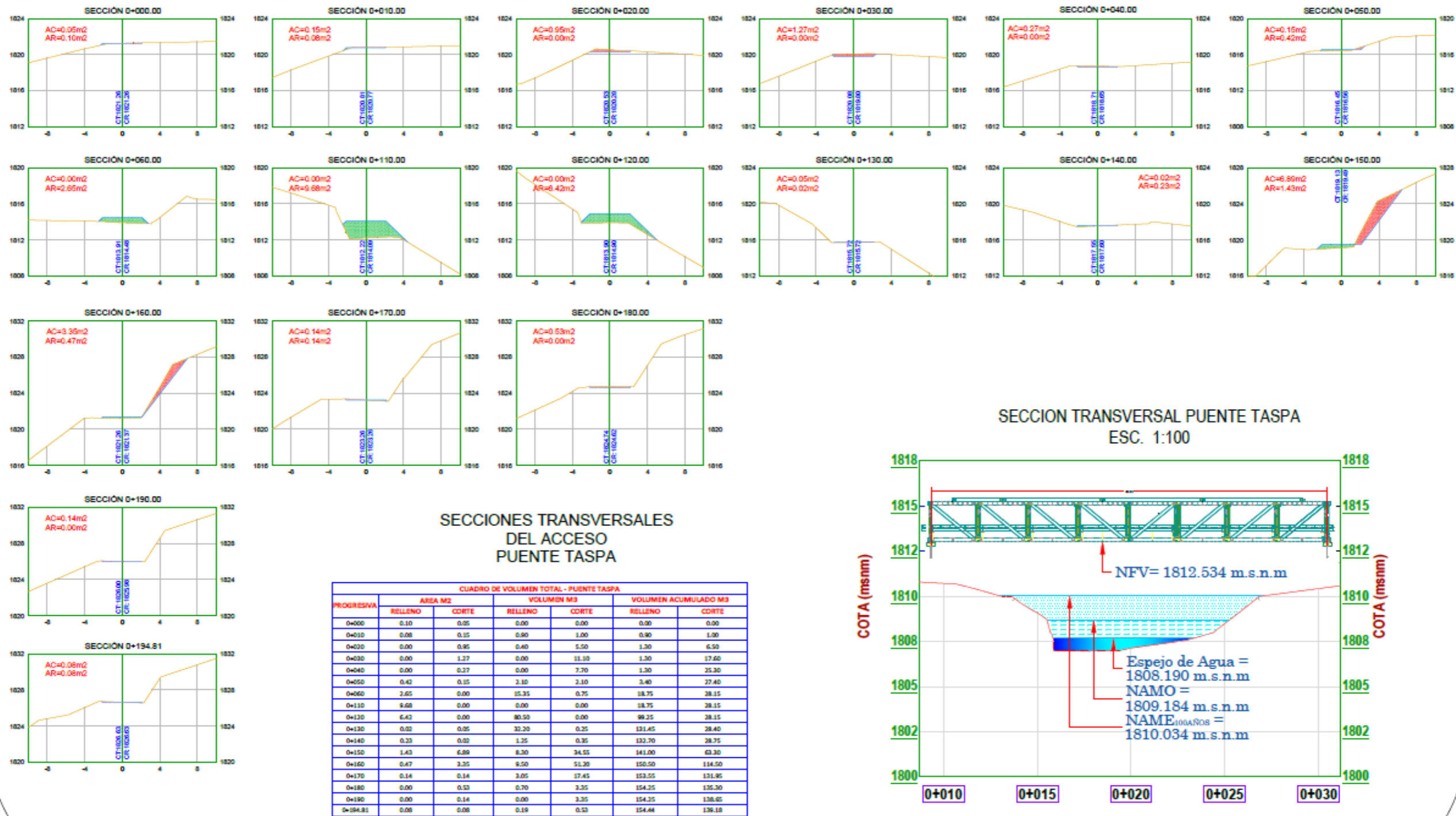
ANEXO 06: PLANOS

Plano 1
Plano Topográfico





Plano 3
Plano de secciones transversales



ESC:1:200



TESIS:
"INFLUENCIA HIDROLOGICA Y GEOTECNIA EN LA INSTALACION DEL PUEBLO TASPA DEL DISTRITO DE CHALACO, PROVINCIA DE MORROPON, DEPARTAMENTO DE PIURA"

Diseñó: Bach. Henry Montoya Tapia
 Bach. Mirella Guerrero Medina
 Dibujo: Bach. Henry Montoya Tapia
 Bach. Mirella Guerrero Medina

Escala: Indicada
 Fecha: Junio 2021
 Clase: PST_01
 Revisión: Rev_01

TITULO:
PLANO SECCIONES
TRANSVERSALES

FACULTAD:
INGENIERIA



Plano 4

Plano de Parámetros Hidráulicos y Geotécnicos

PLANO DE PARAMETROS HIDRAULICOS Y GEOTECNICOS

| CUADRO DE SOCAVACION EN EL PUENTE TASPÁ | |
|---|--------|
| Socavacion General | 0.85 m |
| Socavacion Local Derecha | 0.50 m |
| Socavacion Local Izquierda | 1.00 m |

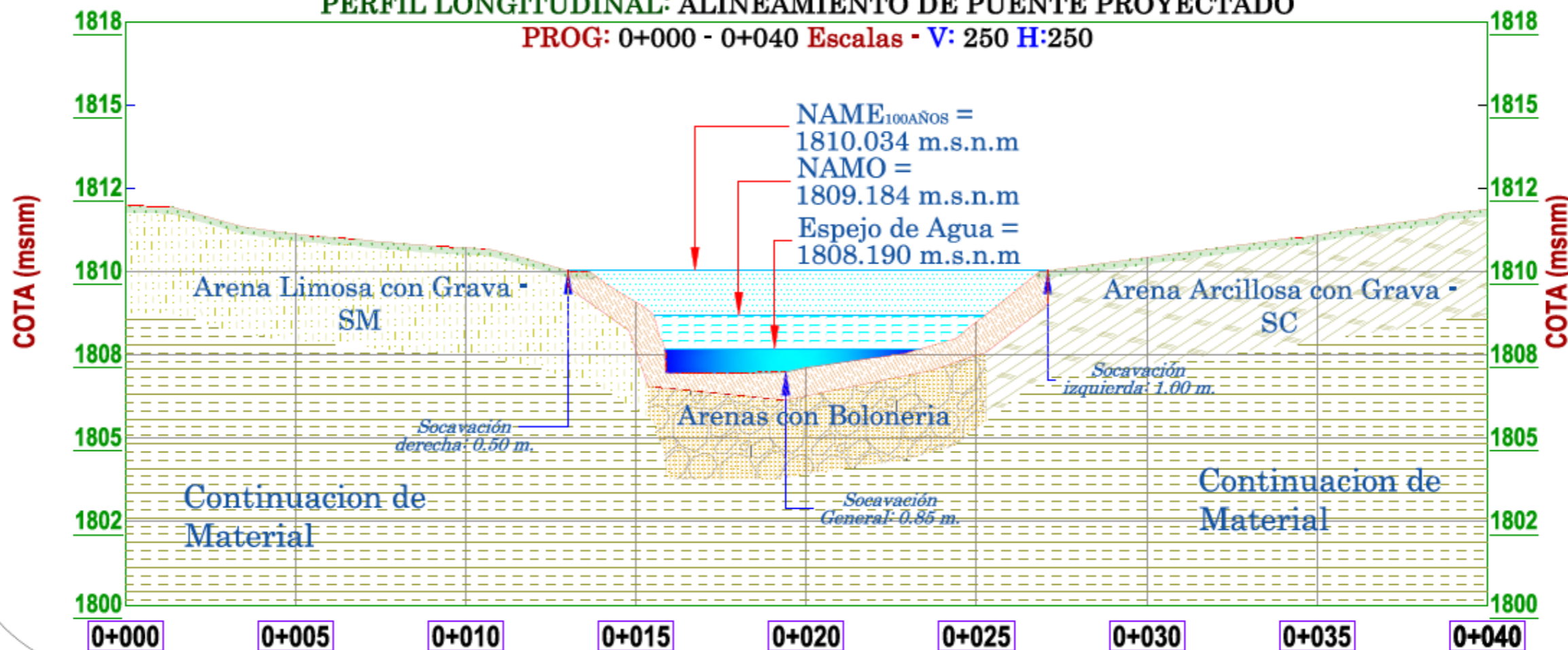
| CUADRO DE DATOS HIDRAULICOS | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Material de Lecho de Rio | Arena con Boloneria |
| Tirante para PR= 100 años | 1.65 m |
| Tirante para PR= 500 años | 1.89 m |
| Caudal para PR= 100 años | 73.18 m ³ /s |
| Caudal para PR= 500 años | 92.64 m ³ /s |

| CUADRO DE DATOS GEOTECNICOS MARGEN DERECHA | |
|--|-------------------------|
| Tipo de Suelo - SUCS | SM |
| Profundidad de Desplante | 3.00 m |
| Angulo de Friccion | 22.81° |
| Peso Especifico | 1.642 g/cm ³ |
| Nivel Freatico | N.P |
| Capacidad Admisible | 1.96 kg/cm ² |

| CUADRO DE DATOS GEOTECNICOS MARGEN IZQUIERDA | |
|--|-------------------------|
| Tipo de Suelo - SUCS | SC |
| Profundidad de Desplante | 3.00 m |
| Angulo de Friccion | 21.31° |
| Peso Especifico | 1.635 g/cm ³ |
| Nivel Freatico | N.P |
| Capacidad Admisible | 1.64 kg/cm ² |

PERFIL LONGITUDINAL: ALINEAMIENTO DE PUENTE PROYECTADO

PROG: 0+000 - 0+040 Escalas - V: 250 H:250



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS:
"INFLUENCIA HIDROLOGICA Y GEOTECNIA EN LA INSTALACION DEL PUENTE MODULAR TASPÁ DEL DISTRITO DE CHALACO, PROVINCIA DE MORROPON, DEPARTAMENTO DE PIURA"

Director: Bach. Henry Montoya Tapia
Bach. Mirsilla Guerrero Medina
Diseño: Bach. Henry Montoya Tapia
Bach. Mirsilla Guerrero Medina

Escala: 1/100
Fecha: Junio 2021
Clase: PPHQ_01
Revisión: Rev_01

TITULO:
PLANO PARAMETROS HIDRAULICOS Y GEOTECNICOS

FACULTAD:
INGENIERIA



ANEXO 07: COMPARATIVA DE PRESUPUESTOS

Figura 66:
Modelo de presupuesto, puente modular Tasma

810

Página 1

Presupuesto

Presupuesto 0202047 INSTALACION DE PUENTE MODULAR TASPA, DIST. CHALACO, PROV. MORROPÓN, REGION PIURA
 Subpresupuesto 002 INSTALACION DE PUENTE MODULAR TASPA
 Cliente PROVIAS DESCENTRALIZADO Costo al 02/09/2019
 Lugar PIURA - MORROPON - CHALACO

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio \$/ | Parcial \$/ |
|-------------|---|------|----------|------------|------------------|
| 01 | TRABAJOS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES | | | | 25,446.82 |
| 01.01 | TRABAJOS PROVISIONALES | | | | 5,876.53 |
| 01.01.01 | CARTEL DE IDENTIFICACION | und | 1.00 | 1,058.31 | 1,058.31 |
| 01.01.02 | CAMPAMENTO Y ALMACEN DE OBRA | m2 | 54.50 | 48.93 | 2,642.22 |
| 01.01.03 | LIMPIEZA FINAL DE OBRA | m2 | 500.00 | 2.74 | 1,370.00 |
| 01.02 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | 26,376.29 |
| 01.02.01 | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS | plb | 1.00 | 4,112.14 | 4,112.14 |
| 01.02.02 | FLETE TERRESTRE | plb | 1.50 | 6,350.65 | 6,350.65 |
| 01.02.03 | DEMOLICION DE TABLERO DE CONCRETO COLAPSADO | plb | 1.00 | 3,391.32 | 3,391.32 |
| 01.02.04 | INSTALACION DE PASE PEATONAL PROVISIONAL | plb | 1.00 | 2,276.68 | 2,276.68 |
| 01.02.05 | CONTROL TOPOGRAFICO EN PROCESO CONSTRUCTIVO | dia | 45.00 | 94.30 | 4,243.50 |
| 02 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 15,929.28 |
| 02.01 | ACCESO AL PUENTE | | | | 6,896.48 |
| 02.01.01 | CORTE DE TALUD PARA ACCESOS | m3 | 139.18 | 9.77 | 1,359.79 |
| 02.01.02 | RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO | m3 | 18.75 | 93.21 | 1,747.69 |
| 02.01.03 | NIVELACION Y COMPACTADO DE ACCESOS | m2 | 206.46 | 4.18 | 3,780.00 |
| 02.02 | CIMIENTO DE SUB ESTRUCTURA | | | | 9,032.80 |
| 02.02.01 | EXCAVACION EN TERRENO NORMAL | m3 | 61.02 | 39.24 | 3,214.54 |
| 02.02.02 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO | m3 | 35.58 | 96.77 | 3,443.08 |
| 02.02.03 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 96.57 | 24.57 | 2,375.18 |
| 03 | PROTECCION DE CIMENTOS | | | | 21,784.62 |
| 03.01 | ENROCADO EN ZONA DE EROSION | | | | 21,784.62 |
| 03.01.01 | SUMINISTRO DE ROCA | m3 | 237.33 | 45.00 | 10,679.85 |
| 03.01.02 | APILADO Y CARGUO DE ROCA | m3 | 237.33 | 7.60 | 1,803.71 |
| 03.01.03 | TRANSPORTE DE ROCA DE <20KM | m3 | 237.33 | 28.19 | 6,690.33 |
| 03.01.04 | COLOCACION DE ROCA EN ZONA DE EROSION | m3 | 237.33 | 11.00 | 2,610.63 |
| 04 | OBRAS DE CONCRETO | | | | 78,418.09 |
| 04.01 | OBRAS DE CONCRETO SIMPLE | | | | 42,481.80 |
| 04.01.01 | ESTRIBO Y DADO | | | | 42,481.80 |
| 04.01.01.01 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 48.46 | 73.57 | 3,560.20 |
| 04.01.01.02 | CONCRETO f _c =210 kg/cm ² | m3 | 85.92 | 452.94 | 38,916.00 |
| 04.02 | OBRAS DE CONCRETO ARMADO | | | | 35,936.79 |
| 04.02.01 | ALEROS | | | | 6,204.98 |
| 04.02.01.01 | ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60 | kg | 388.18 | 5.43 | 2,107.82 |
| 04.02.01.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 21.46 | 73.57 | 1,578.81 |
| 04.02.01.03 | CONCRETO f _c =210 kg/cm ² | m3 | 5.56 | 452.94 | 2,518.35 |
| 04.02.02 | PARAPETOS | | | | 16,304.69 |
| 04.02.02.01 | CONCRETO f _c =210 kg/cm ² | m3 | 5.56 | 452.94 | 2,518.35 |
| 04.02.02.02 | ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60 | kg | 465.20 | 5.43 | 2,526.04 |
| 04.02.02.03 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA | m2 | 38.52 | 84.20 | 3,243.38 |
| 04.02.02.04 | ANGULOS METALICOS DE PROTECCION | m | 8.30 | 226.82 | 2,016.92 |
| 04.02.03 | LOSA DE APROXIMACION | | | | 15,725.14 |
| 04.02.03.01 | CONCRETO f _c =210 kg/cm ² EN LOSA | m3 | 12.07 | 452.94 | 5,466.99 |
| 04.02.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL | m2 | 11.80 | 73.57 | 868.13 |
| 04.02.03.03 | ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60 | kg | 1,541.58 | 5.43 | 8,370.78 |
| 04.02.03.04 | JUNTA DE DILATACION a=1" | m | 10.50 | 97.07 | 1,019.24 |
| 04.02.04 | MUROS CONTRAIMPACTO | | | | 3,701.98 |
| 04.02.04.01 | CONCRETO f _c =210 kg/cm ² | m3 | 1.50 | 452.94 | 679.41 |
| 04.02.04.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA | m2 | 14.58 | 84.20 | 1,229.90 |
| 04.02.04.03 | ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60 | kg | 207.52 | 5.43 | 1,126.83 |
| 04.02.04.04 | PINTURA EN MUROS CONTRA IMPACTO | m2 | 16.38 | 30.95 | 506.96 |

Fecha: 06/11/2019 19:15:58

Figura 67:
Modelo de presupuesto, Puente Modular Taspá

516

Página 2

Presupuesto

Presupuesto: 0202047 INSTALACION DE PUENTE MODULAR TASPÁ, DIST. CHALACO, PROV. MORROPÓN, REGION PIURA
 Subpresupuesto: 002 INSTALACIÓN DE PUENTE MODULAR TASPÁ
 Cliente: PROVIAS DESCENTRALIZADO Costo al: 02/09/2019
 Lugar: PIURA - MORROPON - CHALACO

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------|---|------|---------|------------|-------------------|
| 06 | SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL | | | | 7,853.80 |
| 06.01 | SEÑALES INFORMATIVAS 1.80x1.00 m | und | 2.00 | 3,352.90 | 6,705.80 |
| 06.02 | SEÑALES PREVENTIVAS 0.60X0.60 m. | und | 2.00 | 544.00 | 1,059.20 |
| 06 | TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METALICA | | | | 25,286.60 |
| 06.01 | TRANSPORTE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL PUENTE L=30 M (INC. ESTIBA Y DESESTIBA) | ton | 53.73 | 328.44 | 17,647.08 |
| 06.02 | TRANSPORTE DE NARIZ DE LANZAMIENTO AL PUENTE (INC. ESTIBA Y DESESTIBA) | ton | 11.63 | 328.44 | 3,819.76 |
| 06.03 | TRANSPORTE DE NARIZ DE LANZAMIENTO RETORNO A ALMACEN (INC. ESTIBA Y DESESTIBA) | ton | 11.63 | 328.44 | 3,819.76 |
| 07 | MONTAJE, LANZAMIENTO Y DESMONTAJE DE SUPERESTRUCTURA | | | | 66,015.96 |
| 07.01 | MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA Y NARIZ DE LANZAMIENTO | ton | 65.35 | 575.73 | 37,629.71 |
| 07.02 | LANZAMIENTO DE ESTRUCTURAS METÁLICA MODULAR | ton | 53.73 | 330.84 | 17,776.03 |
| 07.03 | DESMONTAJE DE NARIZ DE LANZAMIENTO | ton | 11.63 | 358.33 | 4,609.32 |
| | Costo Directo | | | | 254,734.67 |
| | Utilidades 8% | | | | 18,778.77 |
| | Gastos Generales 37.4925% | | | | 83,008.00 |
| | Sub Presupuesto | | | | 341,521.44 |
| | IGV 18% | | | | 61,473.86 |
| | TOTAL PRESUPUESTO | | | | 402,995.30 |

SON : CUATROCIENTOS DOS MIL NOVECIENTOS NOVENTICINCO Y 30/100 NUEVOS SOLES

Figura 68:
Modelo de presupuesto, Puente definitivo

| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/ | Parcial S/ |
|--|--|------|----------|-----------|-------------------|
| <p>S10 CONSULTOR: CONSORCIO GANESHA Página 1</p> <p style="text-align: center;">Presupuesto</p> <p>Presupuesto 1101001 MEJORAMIENTO DEL PUENTE VEHICULAR Y PEATONAL DE PIQUECOCHA Subpresupuesto 001 MEJORAMIENTO DEL PUENTE VEHICULAR Y PEATONAL DE PIQUECOCHA Cliente MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VITIS Costo al 01/06/2021 Lugar LIMA - YAUYOS - VITIS</p> | | | | | |
| 01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | 301,336.40 |
| 01.01 | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS | gb | 1.00 | 52,967.90 | 52,967.90 |
| 01.02 | DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO | ha | 0.12 | 1,065.29 | 127.83 |
| 01.03 | TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO | m2 | 205.32 | 6.15 | 1,262.72 |
| 01.04 | CONTROL TOPOGRÁFICO EN PROCESO CONSTRUCTIVO | mes | 8.00 | 22,301.05 | 179,054.00 |
| 01.05 | MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL | gb | 1.00 | 13,933.52 | 13,933.52 |
| 01.06 | RETIRO DE PUENTE EXISTENTE | gb | 1.00 | 2,622.86 | 2,622.86 |
| 01.07 | DEMOLICION DE APOYO INTERMEDIO EXISTENTE | m3 | 254.33 | 176.52 | 44,894.33 |
| 01.08 | TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN | m3 | 381.50 | 17.49 | 6,672.44 |
| 02 | OBRAS PROVISIONALES | | | | 24,341.99 |
| 02.01 | CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60 X2.40 m. | und | 2.00 | 1,642.62 | 3,642.62 |
| 02.02 | CAMPAMENTO Y ALMACEN | gb | 1.00 | 11,699.37 | 11,699.37 |
| 02.03 | INSTALACIÓN DE PASE PROVISIONAL | gb | 1.00 | 4,000.00 | 4,000.00 |
| 02.04 | HABILITACIÓN DE ACCESO PROVISIONAL | gb | 1.00 | 5,000.00 | 5,000.00 |
| 03 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 306,436.40 |
| 03.01 | SUB ESTRUCTURA | | | | 92,113.66 |
| 03.01.01 | EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN SECO | m3 | 225.11 | 17.59 | 3,959.66 |
| 03.01.02 | EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN ROCA SUELTA | m3 | 309.24 | 14.45 | 4,466.52 |
| 03.01.03 | EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS BAJO AGUA | m3 | 72.13 | 15.31 | 1,104.31 |
| 03.01.04 | TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 842.19 | 14.45 | 12,169.65 |
| 03.01.05 | DESVIO DE CURSOS DE AGUA | m3 | 30.69 | 12.82 | 393.45 |
| 03.01.06 | RELLENO DE ESTRUCTURAS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO | m3 | 496.23 | 141.10 | 70,016.05 |
| 03.02 | CONFORMACIÓN DE BASE PARA EL FALSO PUENTE | | | | 561.79 |
| 03.02.01 | RELLENO CON MATERIAL PROPIO | m3 | 11.55 | 48.64 | 561.79 |
| 03.03 | MURO DE CONTENCION | | | | 79,475.17 |
| 03.03.01 | EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN SECO | m3 | 658.33 | 17.59 | 11,598.02 |
| 03.03.02 | TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 1,030.00 | 14.45 | 14,883.50 |
| 03.03.03 | RELLENO DE ESTRUCTURAS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO | m3 | 350.77 | 141.10 | 49,493.65 |
| 03.04 | ACCESOS | | | | 136,279.78 |
| 03.04.01 | EXCAVACION PARA EXPLANACIONES EN MATERIAL COMÚN SECO | m3 | 12.44 | 14.66 | 182.62 |
| 03.04.02 | EXCAVACION PARA EXPLANACIONES EN ROCA SUELTA | m3 | 111.95 | 12.04 | 1,347.86 |
| 03.04.03 | TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 182.85 | 14.45 | 2,642.16 |
| 03.04.04 | RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO | m3 | 654.86 | 160.36 | 105,029.65 |
| 03.04.05 | AFIRMADO | m3 | 159.12 | 170.17 | 27,077.45 |
| 04 | SUBESTRUCTURA | | | | 189,614.31 |
| 04.01 | SOLADO | | | | 8,935.84 |
| 04.01.01 | CONCRETO F'c = 100 kg/cm2- SOLADO E=2" 1:12 CH | m2 | 81.52 | 30.27 | 2,467.61 |
| 04.01.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 57.16 | 113.16 | 6,468.23 |
| 04.02 | ESTRIBOS | | | | 157,244.77 |
| 04.02.01 | CIMENTACIÓN | | | | 50,628.40 |
| 04.02.01.01 | CONCRETO f'c=210 kg/cm2 | m3 | 57.06 | 596.39 | 34,030.01 |
| 04.02.01.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 20.01 | 113.16 | 2,264.33 |
| 04.02.01.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 2,659.36 | 5.39 | 14,334.06 |
| 04.02.02 | PANTALLA | | | | 82,647.81 |
| 04.02.02.01 | CONCRETO f'c=210 kg/cm2 | m3 | 40.51 | 596.39 | 24,159.76 |
| 04.02.02.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 205.51 | 113.16 | 23,255.51 |
| 04.02.02.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 6,536.65 | 5.39 | 35,232.54 |
| 04.02.03 | CABEZAL | | | | 13,969.91 |
| 04.02.03.01 | CONCRETO f'c=210 kg/cm2 | m3 | 14.56 | 596.39 | 8,683.44 |
| 04.02.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 20.53 | 113.16 | 2,323.17 |
| 04.02.03.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 371.67 | 5.39 | 2,003.30 |
| 04.02.04 | PARAPETO | | | | 10,958.65 |
| 04.02.04.01 | CONCRETO f'c=210 kg/cm2 | m3 | 4.92 | 596.39 | 2,934.24 |

Figura 69:
Modelo de presupuesto, puente definitivo

| S10 | | Página | | 2 | |
|------------------------------|--|--|-----------|-----------|-------------------|
| CONSULTOR: CONSORCIO GANESHA | | | | | |
| Presupuesto | | | | | |
| Presupuesto | 1101001 | MEJORAMIENTO DEL PUENTE VEHICULAR Y PEATONAL DE PIQUECOCHA | | | |
| Subpresupuesto | 001 | MEJORAMIENTO DEL PUENTE VEHICULAR Y PEATONAL DE PIQUECOCHA | | | |
| Cliente | MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VITIS | | | | Costo al |
| Lugar | LIMA - YAUYOS - VITIS | | | | 01/06/2021 |
| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/ | Parcial S/ |
| 04.02.04.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA | m2 | 25.40 | 119.00 | 3,034.10 |
| 04.02.04.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 353.17 | 5.39 | 1,903.59 |
| 04.02.04.04 | TAPAJUNTA METÁLICA EN PISOS | m | 10.40 | 289.30 | 3,009.34 |
| 04.02.04.05 | JUNTAS DE DILATACION E=1" | m | 2.00 | 38.00 | 77.32 |
| 04.03 | PILARES | | | | 23,433.78 |
| 04.03.01 | VIGA CAPITEL | | | | 4,509.19 |
| 04.03.01.01 | CONCRETO fc=210 kg/cm2 | m3 | 3.74 | 596.39 | 2,230.50 |
| 04.03.01.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 13.92 | 113.16 | 1,575.19 |
| 04.03.01.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 130.52 | 5.39 | 703.50 |
| 04.03.02 | PILAR | | | | 7,872.64 |
| 04.03.02.01 | CONCRETO fc=210 kg/cm2 | m3 | 1.90 | 596.39 | 1,168.92 |
| 04.03.02.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 15.04 | 113.16 | 1,709.02 |
| 04.03.02.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 915.30 | 5.39 | 4,933.90 |
| 04.03.03 | ZAPATA | | | | 11,051.87 |
| 04.03.03.01 | CONCRETO fc=210 kg/cm2 | m3 | 12.00 | 596.39 | 7,156.60 |
| 04.03.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 12.80 | 113.16 | 1,448.45 |
| 04.03.03.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 453.94 | 5.39 | 2,448.74 |
| 05 | SUPERESTRUCTURA | | | | 145,111.81 |
| 05.01 | TABLERO VIGA - LOSA | | | | 83,530.54 |
| 05.01.01 | CONCRETO fc=200 kg/cm2 | m3 | 29.43 | 664.91 | 19,669.30 |
| 05.01.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 152.82 | 113.16 | 17,293.11 |
| 05.01.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 8,582.70 | 5.39 | 46,153.22 |
| 05.01.04 | JUNTAS DE DILATACION E=1" | m | 13.50 | 38.00 | 521.91 |
| 05.02 | VIGAS | | | | 50,826.69 |
| 05.02.01 | CONCRETO fc=200 kg/cm2 | m3 | 13.00 | 664.91 | 9,029.40 |
| 05.02.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 105.14 | 113.16 | 11,897.64 |
| 05.02.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 6,326.45 | 5.39 | 34,099.57 |
| 05.03 | DIAPHRAGMA | | | | 6,548.58 |
| 05.03.01 | CONCRETO fc=200 kg/cm2 | m3 | 2.43 | 664.91 | 1,615.73 |
| 05.03.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 33.30 | 113.16 | 3,769.23 |
| 05.03.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 216.07 | 5.39 | 1,164.62 |
| 06 | ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS | | | | 54,355.13 |
| 06.01 | LOSA DE APROXIMACION | | | | 14,567.43 |
| 06.01.01 | CONCRETO fc=210 kg/cm2 | m3 | 12.33 | 596.39 | 7,353.49 |
| 06.01.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 12.20 | 113.16 | 1,380.55 |
| 06.01.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 1,071.13 | 5.39 | 5,773.39 |
| 06.02 | BARANDA | | | | 19,804.54 |
| 06.02.01 | CONCRETO fc=210 kg/cm2 | m3 | 3.20 | 596.39 | 1,944.23 |
| 06.02.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 109.61 | 113.16 | 12,403.47 |
| 06.02.03 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 1,012.40 | 5.39 | 5,456.84 |
| 06.03 | NEOPRENO Y PAVIMENTOS | | | | 14,197.45 |
| 06.03.01 | CARPETA ASFÁLTICA E=2" | m2 | 92.90 | 68.03 | 6,375.73 |
| 06.03.02 | APOYO DE NEOPRENE DENSIDAD 60 | und | 6.00 | 1,303.62 | 7,821.72 |
| 06.04 | VEREDAS | | | | 5,845.71 |
| 06.04.01 | CONCRETO fc=210 kg/cm2 | m3 | 6.50 | 596.39 | 3,824.25 |
| 06.04.02 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 16.90 | 113.16 | 1,921.46 |
| 07 | MURO DE CONTENCIÓN | | | | 302,942.87 |
| 07.01 | CONCRETO F'c = 100 kg/cm2- SOLADO E=2" 1:1:2 C/H | m2 | 141.52 | 30.27 | 4,283.91 |
| 07.02 | CONCRETO fc=210 kg/cm2 | m3 | 191.59 | 596.39 | 114,262.36 |
| 07.03 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO | m2 | 933.35 | 113.16 | 105,617.89 |
| 07.04 | ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2 | kg | 14,264.28 | 5.39 | 76,854.47 |
| 07.05 | JUNTAS DE DILATACION E=1" | m | 49.00 | 38.00 | 1,854.34 |
| 08 | OBRAS DE ENCAUZAMIENTO | | | | 14,867.83 |

Figura 70:
Modelo de presupuesto, puente definitivo

| S10 | | Página | | 3 | | |
|--|--|--|----------|-----------|---------------------|------------|
| CONSULTOR: CONSORCIO GANESHA | | | | | | |
| Presupuesto | | | | | | |
| Presupuesto | 1101001 | MEJORAMIENTO DEL PUENTE VEHICULAR Y PEATONAL DE PIQUECOCHA | | | | |
| Subpresupuesto | 001 | MEJORAMIENTO DEL PUENTE VEHICULAR Y PEATONAL DE PIQUECOCHA | | | | |
| Cliente | MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VITIS | | | | Costo al | 01/06/2021 |
| Lugar | LIMA - YAUYOS - VITIS | | | | | |
| Item | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/ | Parcial S/ | |
| 06.01 | ENCAUZAMIENTO EN ZONA DE PUENTE | m3 | 415.34 | 16.20 | 7,013.79 | |
| 06.02 | TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m3 | 502.01 | 14.45 | 7,254.04 | |
| 09 | SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL | | | | 9,890.94 | |
| 09.01 | SEÑALES PREVENTIVAS (0.60 m. X0.60 m.) | und | 4.00 | 560.44 | 2,321.76 | |
| 09.02 | SEÑALES INFORMATIVAS (1.20 m. x 1.80 m.) | und | 2.00 | 3,779.59 | 7,559.16 | |
| 10 | VARIOS | | | | 60,546.94 | |
| 10.01 | FALSO PISO PARA APOYO DE FALSO PUENTE | m2 | 145.00 | 30.27 | 4,407.31 | |
| 10.02 | CONSTRUCCION DE FALSO PUENTE | m2 | 145.00 | 341.23 | 49,683.09 | |
| 10.03 | TUBERIA PVC SAL 3" | m | 46.40 | 33.51 | 1,554.86 | |
| 10.04 | ACABADO PULIDO DE VEREDAS CON MORTERO 1:2X 1.5 cm | m2 | 53.20 | 24.62 | 1,309.76 | |
| 10.05 | PINTURA PARA BORDE DE VEREDAS Y MUIROS | m | 125.40 | 19.40 | 2,432.76 | |
| 10.06 | PLACA RECORDATORIA DE BRONCE | gb | 1.00 | 1,159.14 | 1,159.14 | |
| 11 | MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACION Y CORRECIÓN | | | | 24,028.39 | |
| 11.01 | RIEGO EN ZONAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS | mes | 8.00 | 245.05 | 1,960.00 | |
| 11.02 | SENSIBILIZACION AMBIENTAL | gb | 1.00 | 90.00 | 90.00 | |
| 11.03 | BAÑO PARA PERSONAL | gb | 1.00 | 3,028.09 | 3,028.09 | |
| 11.04 | RECUPERACION AMBIENTAL DE AREAS AFECTADAS | ha | 0.01 | 7,155.44 | 71.55 | |
| 11.05 | MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS | gb | 1.00 | 978.48 | 978.48 | |
| 11.06 | CONFORMACIÓN Y ACOMODO DE DME | m3 | 2,938.54 | 5.54 | 16,279.51 | |
| 11.07 | LIMPIEZA FINAL DE OBRA | m2 | 667.60 | 1.14 | 969.06 | |
| 12 | SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL | | | | 41,021.54 | |
| 12.01 | SEGURIDAD Y SALUD | gb | 1.00 | 9,751.76 | 9,751.76 | |
| 12.02 | VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DE COVID-19 | gb | 1.00 | 31,269.76 | 31,269.76 | |
| 13 | PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO | | | | 31,003.80 | |
| 13.01 | PLAN DE MONITOREO ARQUEOLÓGICO | gb | 1.00 | 31,003.80 | 31,003.80 | |
| Costo Directo | | | | | 1,507,682.55 | |
| Gastos Generales 33.3308% | | | | | 502,522.66 | |
| Utilidad 5.00% | | | | | 75,384.13 | |
| SUB TOTAL | | | | | 2,085,589.34 | |
| I.G.V. 18.00% | | | | | 375,406.08 | |
| ===== | | | | | | |
| COSTO DE OBRA | | | | | 2,460,995.42 | |
| SUPERVISIÓN | | | | | 447,276.77 | |
| ===== | | | | | | |
| TOTAL PRESUPUESTO | | | | | 2,908,272.19 | |
| -- | | | | | | |
| SON : DOS MILLONES NOVECIENTOS OCHO MIL DOSCIENTOS SETENTIDOS Y 19/100 SOLES | | | | | | |

ANEXO 08: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Fotografía 6:

Zona de estudio aguas abajo donde se localiza el puente modular Taspá



Fotografía 7:

Estado actual del Puente Taspá, se observa socavación en margen derecha



Fotografía 8:

Puente Taspá, Chalaco, Morropón en estado de emergencia por colmatación y huaycos



Fotografía 9:

Levantamiento topográfico en la zona donde se proyectará el Puente Modular Taspá



Fotografía 10:

Excavación de Calicata N°01 en margen derecha N:9441003.00 E:635262.22 Z:1802 m.s.n.m



Fotografía 11:

Calicata N° 01 en margen derecha N:9441003.00 E:635262.22 Z:1802 m.s.n.m



Fotografía 12:

Excavación de Calicata N°02 en margen izquierda N:9440984.00 E:635256.00 Z:1806 m.s.n.m



Fotografía 13:

Calicata N° 02 en margen izquierda N:9440984.00 E:635256.00 Z:1806 m.s.n.m



Fotografía 14:

Inspección de muestra de lecho de río aguas abajo del Puente Modular Taspa



Fotografía 15:

Toma de muestra de lecho de río aguas arriba del Puente Modular Taspa



Fotografía 16:

Preparacion de muestra para determinar limite plastico según NTP 339



Fotografía 17:

Ensayo para determinar limites de Atterberg según NTP 339



Fotografía 18:

Tamizado de muestra en el laboratorio según NTP 339



Fotografía 19:

Ensayo de corte directo según NTP 339

