

138
346

11.2. Tiempo de concentración de la cuenca

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca.

Kirpich (1942):

$$T_c = 0.066 \left[\frac{L_c}{\sqrt{S}} \right]^{0.77}$$

T_c es el tiempo de concentración (horas).
L_c es la longitud del cauce principal hasta la divisoria (kilómetros).
S es la pendiente promedio del cauce principal (m/m)

Como resultado tenemos un tiempo de concentración de 0.75 horas o 45 min

12. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL:

Para determinar el caudal de esta subcuenca, se ha tomado un periodo de retorno de 50 años como lo establece el manual de aprobación de planos del MOP.

Como el área de drenaje es mayor de 250 Ha, se utilizará las ecuaciones del **resumen técnico de análisis regional de crecidas máximas de Panamá periodo 1971-2006**, presentado por Hidrometeorología de Panamá:

12.1. Definición de regiones de crecidas máximas:

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{max} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{max} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{max} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{max} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{max} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{max} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

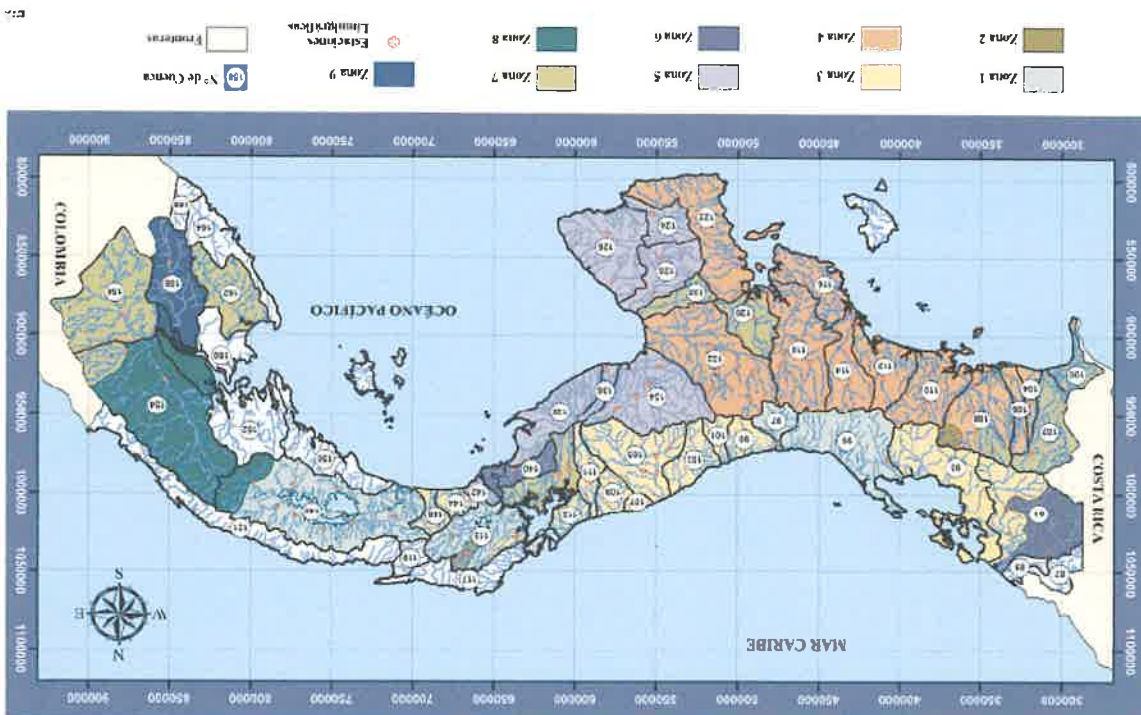
Ilustración 8. Distribución de zonas, números de ecuaciones y tablas de frecuencia del método regional de crecidas ETESA.

Ilustración 10. Factores para diferentes periodos de retornos en años.

Factores Qmáx./Qprom.máx para distintos Tr.				
Tr, años	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1.000	3.81	3.71	3.53	3.14
10.000	5.05	5.48	4.6	4.00

12.2. Periodo de retornos:

Ilustración 9. Mapas de zonas y regiones.



139
342

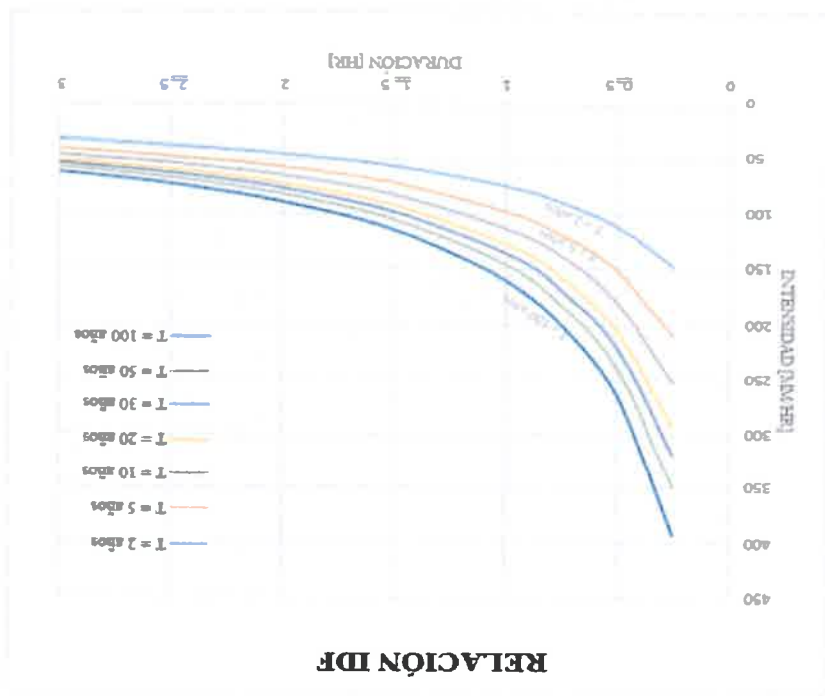
Ilustración 11. Relación IDF de la cuenca 108

T [años]	2	5	10	20	30	50	100
n [mm]	116.510	140.774	156.699	171.766	180.346	190.989	205.213
b [hct]	0.534	0.420	0.370	0.333	0.315	0.296	0.273
R ²	99.62%	99.45%	99.32%	99.20%	99.13%	99.05%	98.94%

$$I = \frac{d + b}{a}$$

Tabla 4. 15: Ecuación de Intensidad Relación Frecuencia para Eventos con Duración d en Horas de cuenca del río Chiriquí

Gráfica 4. 6: 108 - Relación Intensidad Duración Frecuencia



RELACIÓN IDF

$$Q_{tr} 50 \text{ años} = 158.99 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{tr} 50 \text{ años} = 2.10 * 75.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal para un TR=50 años

$$Q_{m\acute{a}x} = 75.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 25 * 6.54 \text{ km}^{0.59}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$$

248
130

Tabla 5. Datos (Generada por Hec-RAS) con los resultados más importantes para nuestro estudio.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
QDA. Grande	285	PR 50 AÑOS	159.88	1138.01	1140.78	1140.78	1141.20	0.010162	3.47	58.39	60.00	0.78
QDA. Grande	269.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1137.41	1139.76	1140.08	1140.87	0.037559	5.77	38.11	60.00	1.42
QDA. Grande	254.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1136.93	1139.34	1139.66	1140.32	0.031166	4.84	38.60	54.74	1.26
QDA. Grande	239.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1136.05	1138.56	1139.03	1139.82	0.031584	5.57	34.43	37.43	1.34
QDA. Grande	225.0000	PR 50 AÑOS	159.88	1135.75	1138.16	1138.53	1139.31	0.032400	5.38	35.97	47.89	1.34
QDA. Grande	210.0000	PR 50 AÑOS	159.88	1135.27	1137.70	1138.08	1138.80	0.033310	5.62	37.28	50.72	1.35
QDA. Grande	194.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1135.03	1137.17	1137.50	1138.29	0.034055	5.58	35.64	43.22	1.39
QDA. Grande	179.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1134.41	1136.57	1136.94	1137.76	0.036395	5.67	34.84	43.69	1.42
QDA. Grande	164.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1134.28	1136.31	1136.55	1137.23	0.025291	4.62	38.55	40.83	1.20
QDA. Grande	149.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1133.88	1135.81	1136.11	1136.83	0.027251	4.98	38.09	43.60	1.26
QDA. Grande	135	PR 50 AÑOS	159.88	1134.38	1135.61	1135.79	1136.36	0.023845	3.80	42.10	48.46	1.12
QDA. Grande	120.0000	PR 50 AÑOS	159.88	1132.08	1135.06	1135.34	1136.00	0.022049	4.98	40.41	45.01	1.11
QDA. Grande	105.0000	PR 50 AÑOS	159.88	1131.95	1134.54	1134.87	1135.63	0.026333	5.09	37.33	41.96	1.22
QDA. Grande	90.00000	PR 50 AÑOS	159.88	1130.97	1135.18	1134.50	1135.41	0.002874	2.30	77.72	46.00	0.43
QDA. Grande	74.99999	PR 50 AÑOS	159.88	1133.06	1134.70	1134.70	1135.30	0.011306	2.69	49.22	43.83	0.78
QDA. Grande	59.99999	PR 50 AÑOS	159.88	1132.56	1133.99	1134.26	1134.99	0.029850	3.85	36.74	39.02	1.22
QDA. Grande	44.99999	PR 50 AÑOS	159.88	1128.35	1131.56	1132.75	1134.23	0.055519	7.24	22.13	12.43	1.70
QDA. Grande	30.00000	PR 50 AÑOS	159.88	1129.12	1131.47	1132.00	1133.22	0.043881	6.22	30.63	43.41	1.57
QDA. Grande	15.00000	PR 50 AÑOS	159.88	1127.40	1130.51	1131.17	1132.55	0.041533	6.60	27.41	28.29	1.52

13. SIMULACIÓN DE CRECIDA DE UNA QUEBRADA UTILIZANDO HEC-RAS PARA UN PERFIL DE 50 AÑOS. LOS PRINCIPALES PARÁMETROS INCLUIDOS SON:

- Caudal Total (Q Total, m³/s): 158.99 m³/s en todas las estaciones.
- Elevación del Cauce Mínimo (Min Ch El, m): Altura del lecho del río.
- Elevación del Nivel de Agua (W.S. Elev, m): Nivel del agua en cada estación.
- Elevación Crítica del Agua (Crit W.S., m): Nivel crítico del agua.
- Pendiente de Energía (E.G. Slope, m/m): Gradiente de la línea de energía.
- Velocidad en el Canal (Vel Chnl, m/s): Velocidad del agua en la sección del río.
- Área de Flujo (Flow área, m²): Sección transversal del flujo.
- Ancho de la Superficie (Top Width, m): Ancho de la lámina de agua.
- Número de Froude (Froude # Chl): Indica el régimen del flujo (subcrítico o supercrítico).

Para identificar las zonas críticas en la simulación de crecida de la quebrada, podemos analizar los siguientes aspectos clave:

- 1. Velocidad del agua (Vel Chnl, m/s)**
 - Valores altos pueden indicar riesgo de erosión y daños estructurales.
- 2. Número de Froude (Froude # Chl)**
 - Valores cercanos a 1 indican flujo crítico, lo que sugiere inestabilidad en el comportamiento del río.
- 3. Pendiente de energía (E.G. Slope, m/m)**
 - Pendientes elevadas pueden indicar zonas con riesgo de fuerte erosión o cambios abruptos en el nivel del agua.
- 4. Diferencias bruscas en el nivel del agua (W.S. Elev)**
 - Cambios significativos entre estaciones pueden indicar posibles desbordamientos.

Las zonas críticas identificadas en la simulación son las siguientes

estaciones:

Estación (m)	Velocidad V (m/s)	Pendiente S (m/m)	Froude Fr
225.00	5.38	0.032400	1.34
210.00	5.62	0.033310	1.35
195.00	5.58	0.034055	1.39
180.00	5.67	0.036395	1.42
165.00	4.62	0.025291	1.20
150.00	4.98	0.027251	1.26
135.00	3.80	0.023845	1.12
120.00	4.98	0.022049	1.11
105.00	5.09	0.026333	1.22
60.00	3.85	0.029850	1.22
45.00	7.24	0.055519	1.70
30.00	6.22	0.043881	1.57
15.00	6.60	0.041533	1.52

Nota: Estas estaciones presentan velocidades elevadas y flujos críticos o supercríticos, lo que sugiere riesgo de erosión, inestabilidad del cauce y posibles impactos en estructuras cercanas.

Significado del número de Froude (Fr):

- **Fr < 1 (subcrítico):** el flujo es lento y profundo, las ondas pueden propagarse río arriba.
- **Fr = 1 (crítico):** condición de máxima eficiencia energética; punto de transición.
- **Fr > 1 (supercrítico):** el flujo es rápido y poco profundo; las ondas no retro propagan y hay riesgo de choques hidráulicos.

14. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES DEL ANÁLISIS DE CRECIDA EN LA QUEBRADA GRANDE

El cauce maneja 158.99 m³/s con flujo subcrítico en la mayoría de las secciones; solo 5 estaciones entran en régimen crítico.

En primera instancia debemos resaltar que el estudio hidrológico, concluye en base a la existencia de un lago artificial colindante con el área de proyecto que representa un manejo controlado el cual no aporta caudal en crecidas, con lo cual tampoco incrementaría los niveles de inundación. Por otro lado, también recomienda implementar un mantenimiento del cauce frecuente con la finalidad de mantener la quebrada libre de obstrucciones que puedan darse producto de la naturaleza. Este mantenimiento es necesario para minimizar la posibilidad de desbordamiento de la quebrada, por obstrucción del cauce y pérdida de capacidad hidráulica. En tal sentido, el proyecto incorporará en su operación un plan de mantenimiento, limpieza y monitoreo bimensual del cauce de la quebrada para evitar condiciones de pérdida de capacidad hidráulica.

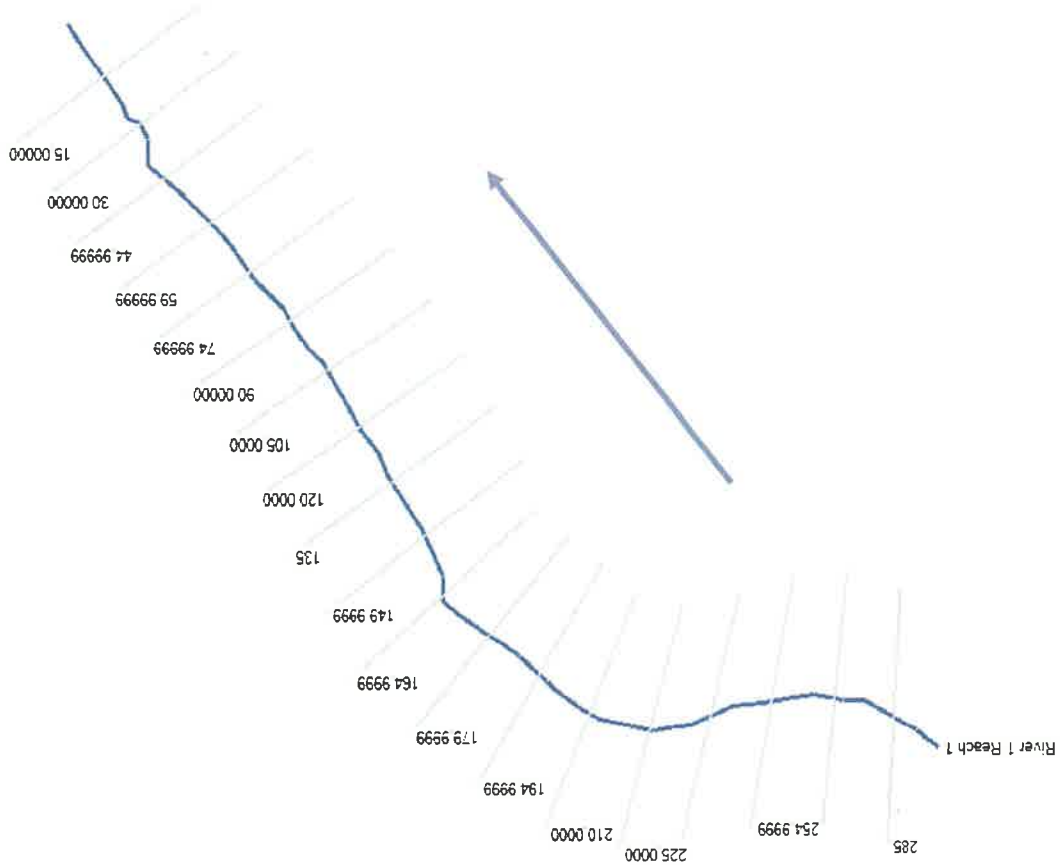
Se recomienda reforzar las secciones críticas con disipadores de energía y revestimiento rocoso.

Instala un **pluviómetro** y una **estación telemétrica** para registrar precipitaciones y niveles del cauce en tiempo real.

135
253

15. BIBLIOGRAFÍA

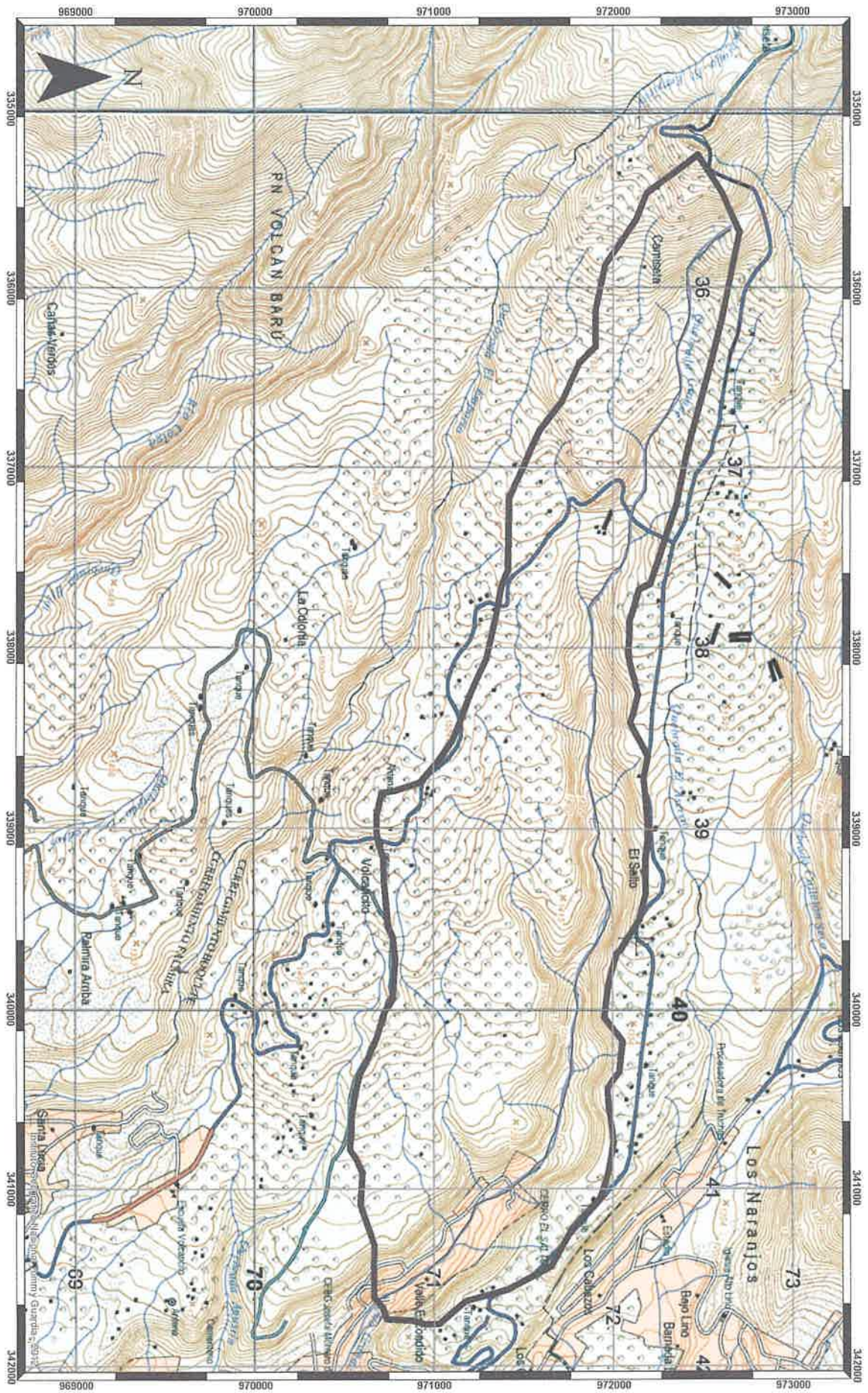
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. *Manual de referencia hidráulica del sistema de análisis fluvial HEC-RAS*, versión 6.5. Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU., 2024.
- ESRI. *ArcGIS Desktop: ArcMap*
- Datos del modelo digital de elevación (DEM)
- Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA). *Atlas Hidrometeorológico de Panamá*, IMHPA, 2025.
- Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA). *Fórmula para el Cálculo de la Crecida Máxima*



ANEXO. GEOMETRÍA DE LA QUEBRADA GRANDE

554

136



ÁREA DE DRENAJE DEL PROYECTO

ESCALA 1:20,000
COORDENADAS UTM
DATUM WGS1984
ZONA 17

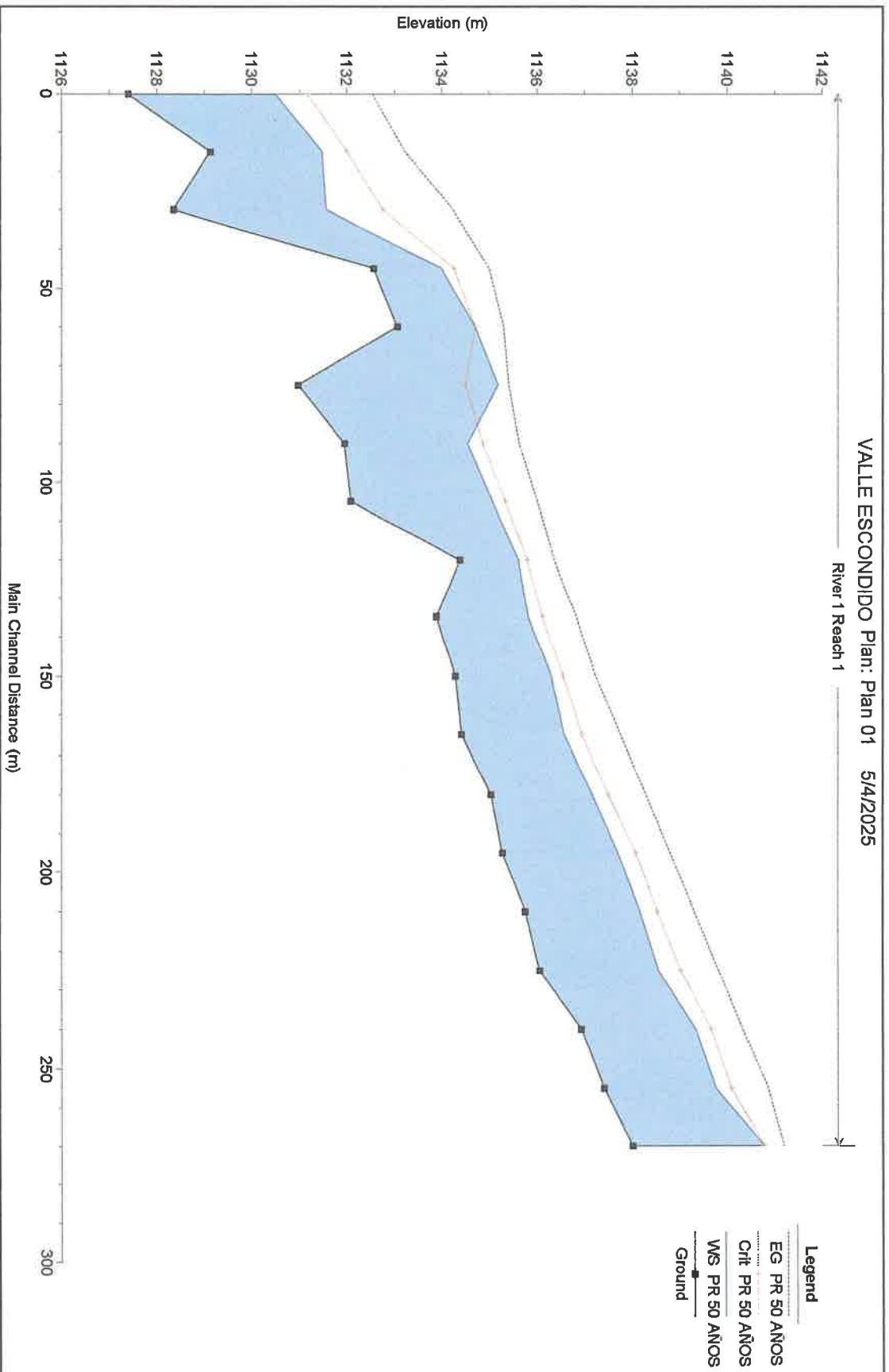


137
355

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River 1 Reach: Reach 1 Profile: PR 50 AÑOS

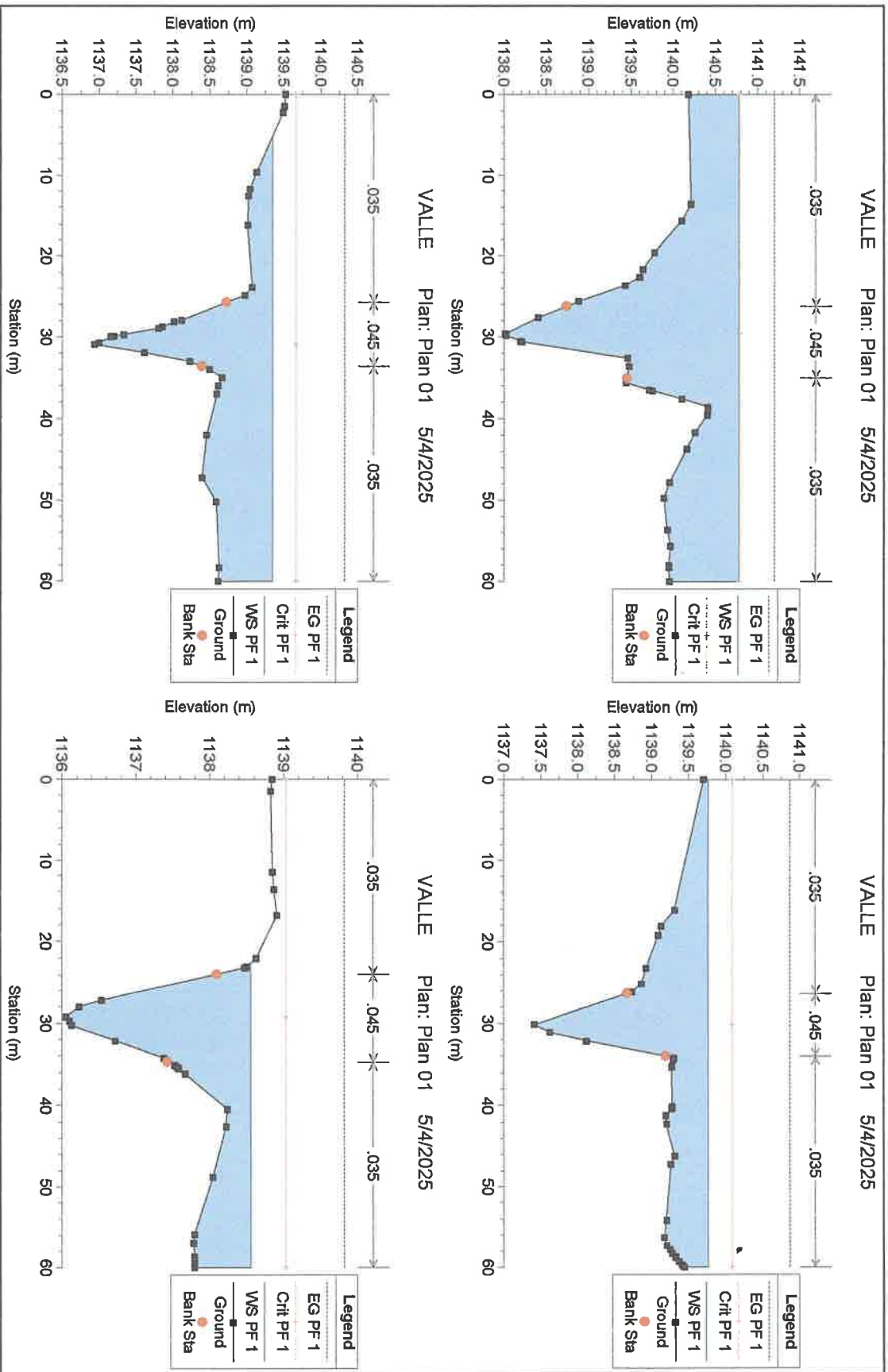
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
QDA. Grande	285	PR 50 AÑOS	159.88	1138.01	1140.78	1140.78	1141.20	0.010162	3.47	58.39	60.00	0.78
QDA. Grande	269.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1137.41	1139.76	1140.08	1140.87	0.037559	5.77	38.11	60.00	1.42
QDA. Grande	254.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1136.93	1139.34	1139.66	1140.32	0.031166	4.84	38.60	54.74	1.26
QDA. Grande	239.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1136.05	1138.56	1139.03	1139.82	0.031584	5.57	34.43	37.43	1.34
QDA. Grande	225.0000	PR 50 AÑOS	159.88	1135.75	1138.16	1138.53	1139.31	0.032400	5.38	35.97	47.89	1.34
QDA. Grande	210.0000	PR 50 AÑOS	159.88	1135.27	1137.70	1138.08	1138.80	0.033310	5.62	37.28	50.72	1.35
QDA. Grande	194.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1135.03	1137.17	1137.50	1138.29	0.034055	5.58	35.64	43.22	1.39
QDA. Grande	179.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1134.41	1136.57	1136.94	1137.76	0.036395	5.67	34.84	43.69	1.42
QDA. Grande	164.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1134.28	1136.31	1136.55	1137.23	0.025291	4.62	38.55	40.83	1.20
QDA. Grande	149.9999	PR 50 AÑOS	159.88	1133.88	1135.81	1136.11	1136.83	0.027251	4.98	38.09	43.60	1.26
QDA. Grande	135	PR 50 AÑOS	159.88	1134.38	1135.61	1135.79	1136.36	0.023845	3.80	42.10	48.46	1.12
QDA. Grande	120.0000	PR 50 AÑOS	159.88	1132.08	1135.06	1135.34	1136.00	0.022049	4.98	40.41	45.01	1.11
QDA. Grande	105.0000	PR 50 AÑOS	159.88	1131.95	1134.54	1134.87	1135.63	0.026333	5.09	37.33	41.96	1.22
QDA. Grande	90.00000	PR 50 AÑOS	159.88	1130.97	1135.18	1134.50	1135.41	0.002874	2.30	77.72	46.00	0.43
QDA. Grande	74.99999	PR 50 AÑOS	159.88	1133.06	1134.70	1134.70	1135.30	0.011306	2.69	49.22	43.83	0.78
QDA. Grande	59.99999	PR 50 AÑOS	159.88	1132.56	1133.99	1134.26	1134.99	0.029850	3.85	36.74	39.02	1.22
QDA. Grande	44.99999	PR 50 AÑOS	159.88	1128.35	1131.56	1132.75	1134.23	0.055519	7.24	22.13	12.43	1.70
QDA. Grande	30.00000	PR 50 AÑOS	159.88	1129.12	1131.47	1132.00	1133.22	0.043881	6.22	30.63	43.41	1.57
QDA. Grande	15.00000	PR 50 AÑOS	159.88	1127.40	1130.51	1131.17	1132.55	0.041533	6.60	27.41	28.29	1.52

156
138



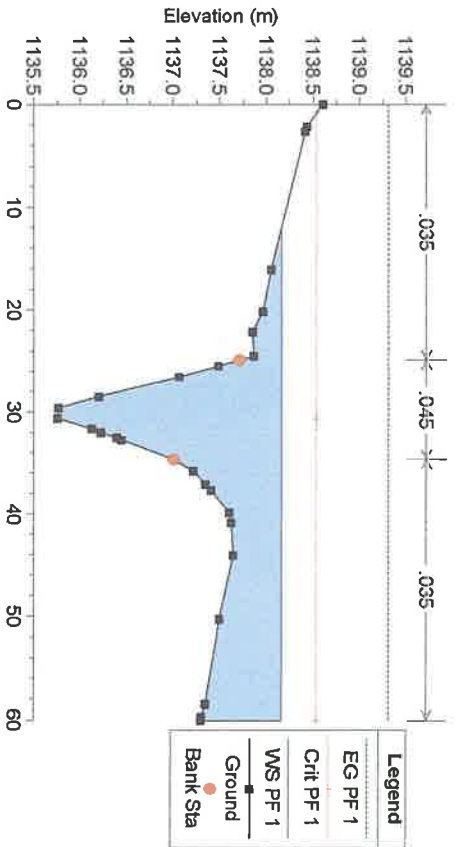
139
252

PF1: PERIODO DE RETORNO A 50 AÑOS

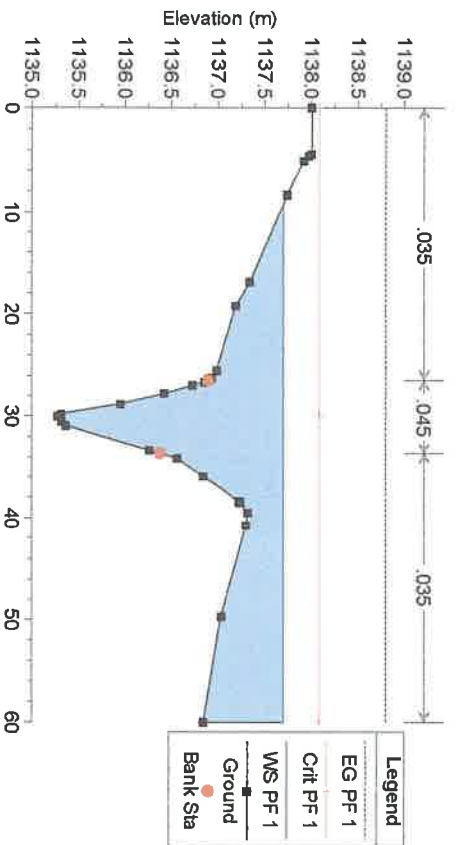


858
140

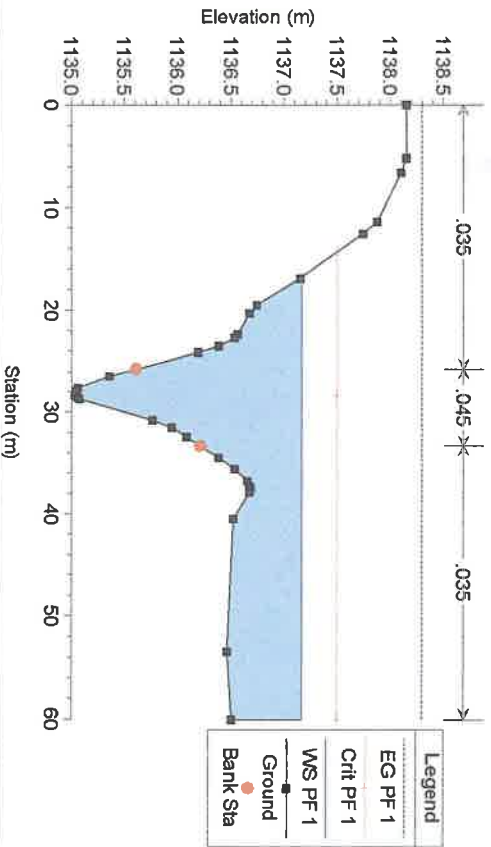
VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025



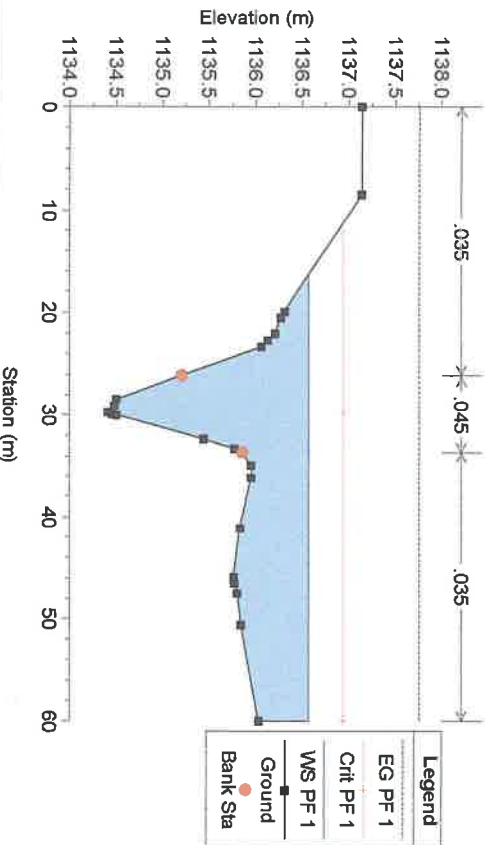
VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025



VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025

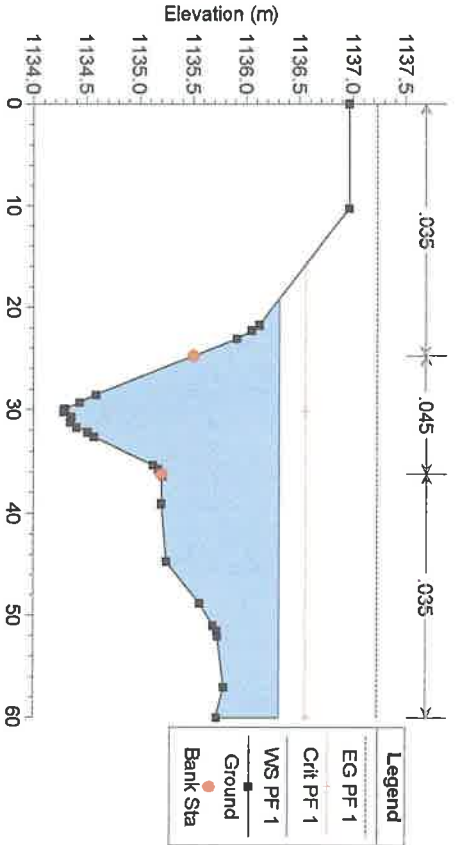


VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025

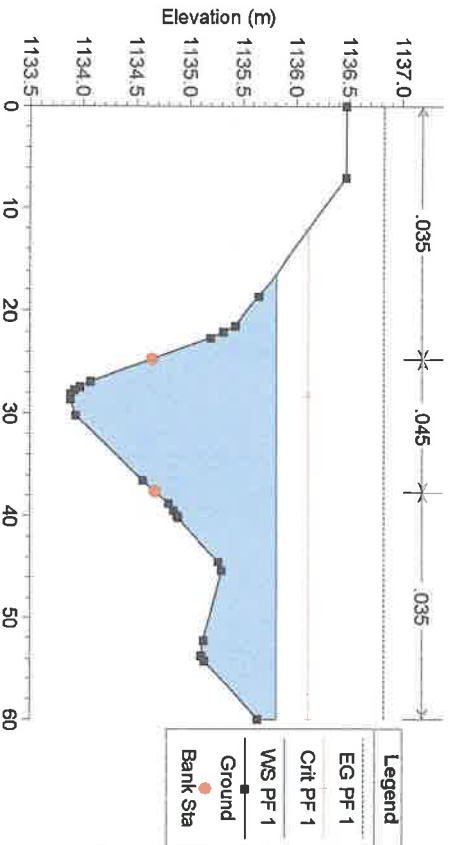


252
141

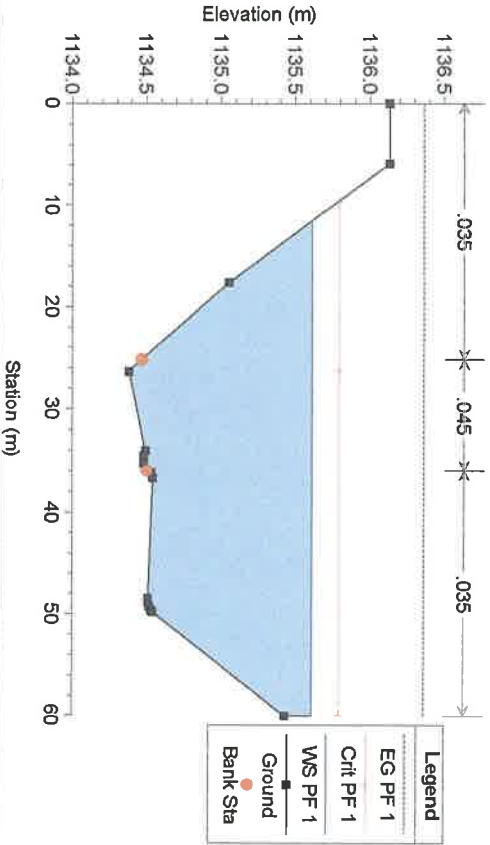
VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025



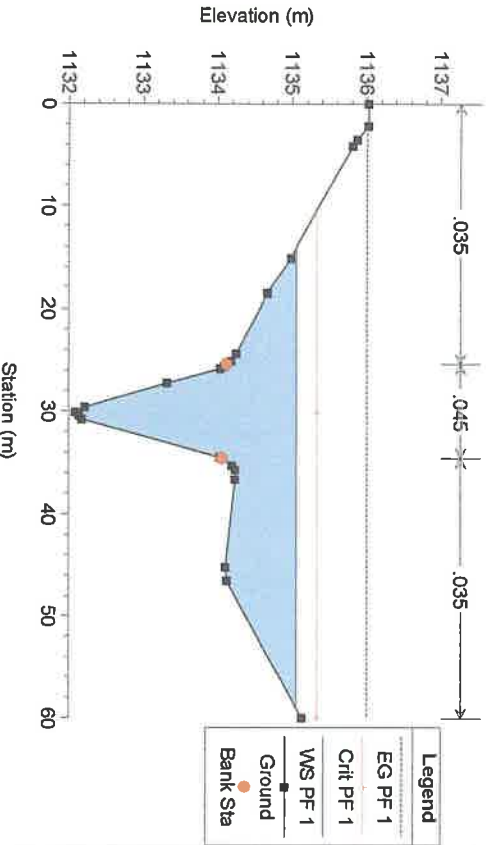
VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025



VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025

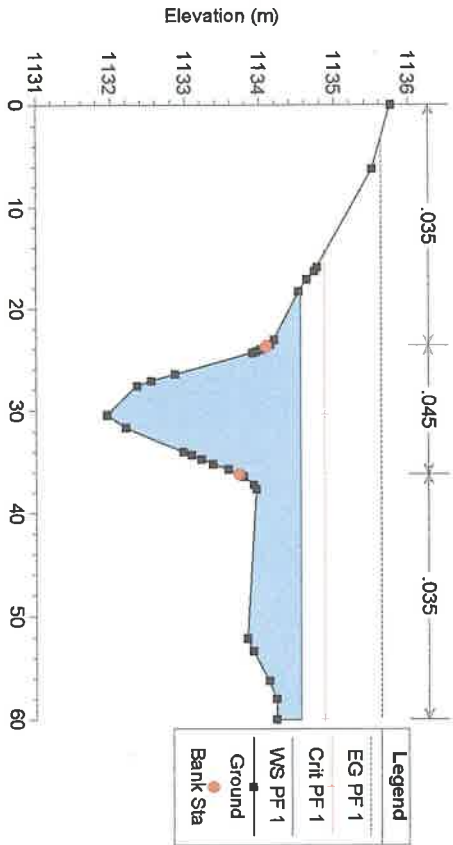


VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025

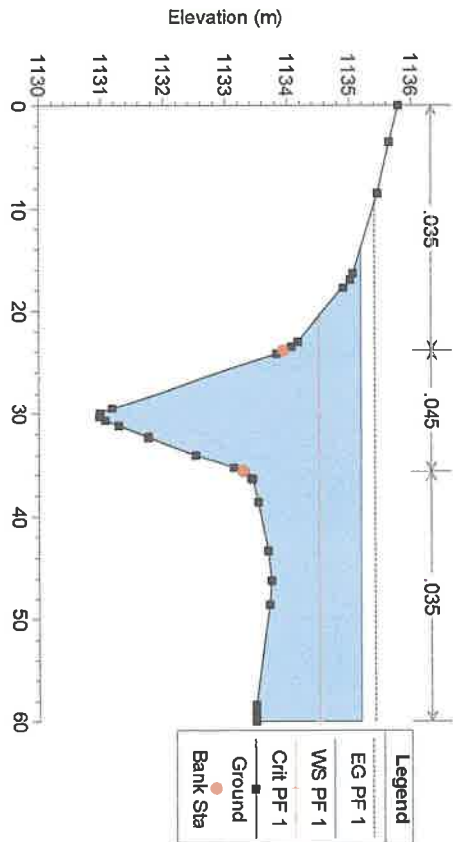


142
260

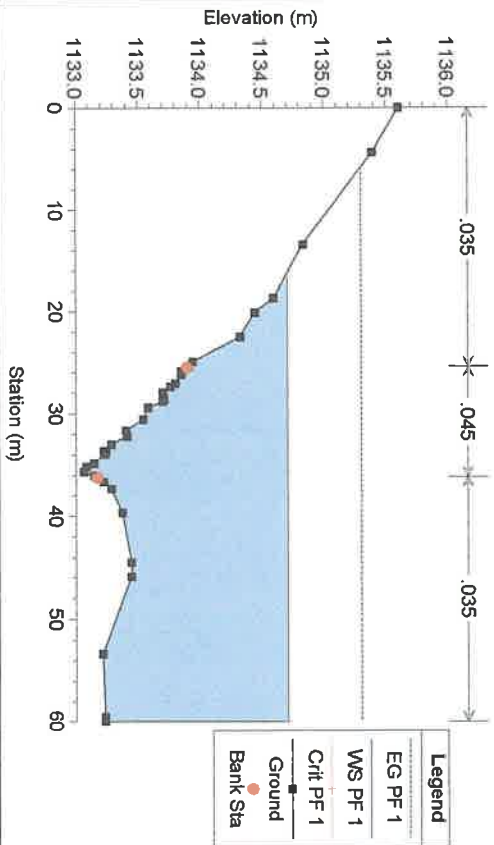
VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025



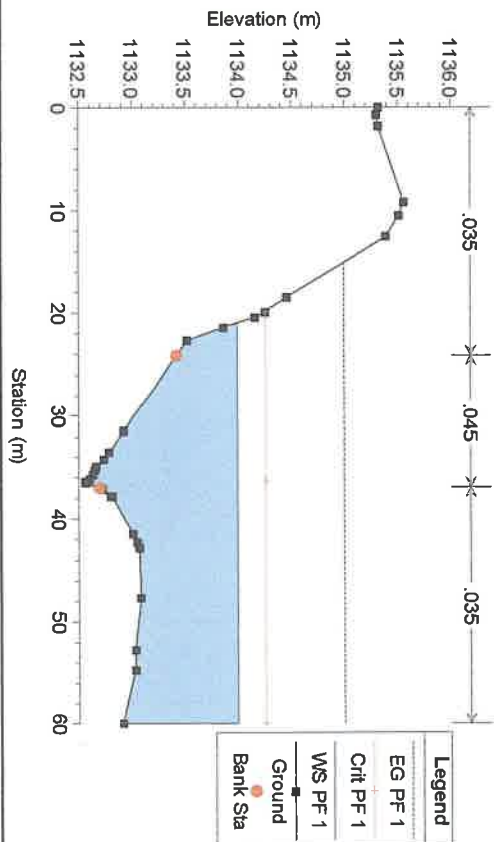
VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025



VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025

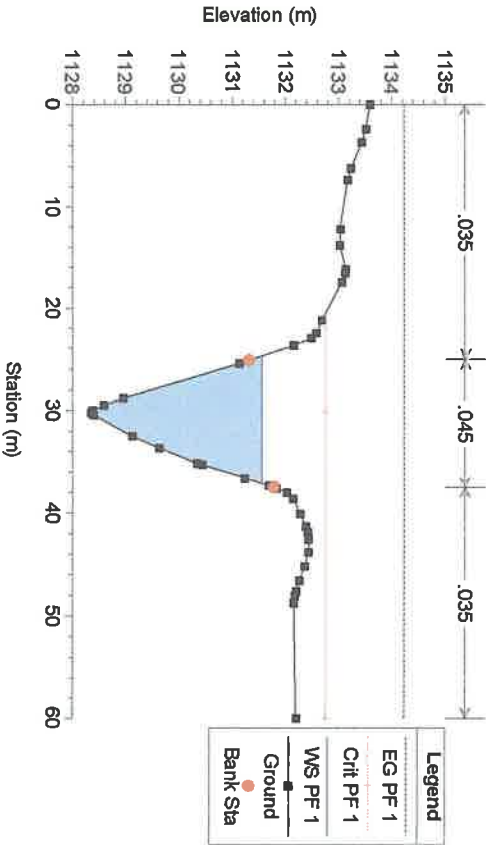


VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025

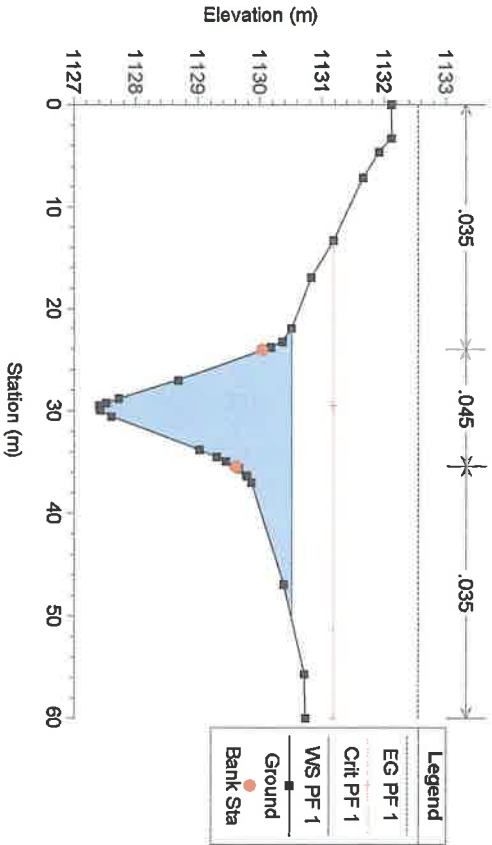


198
5/4

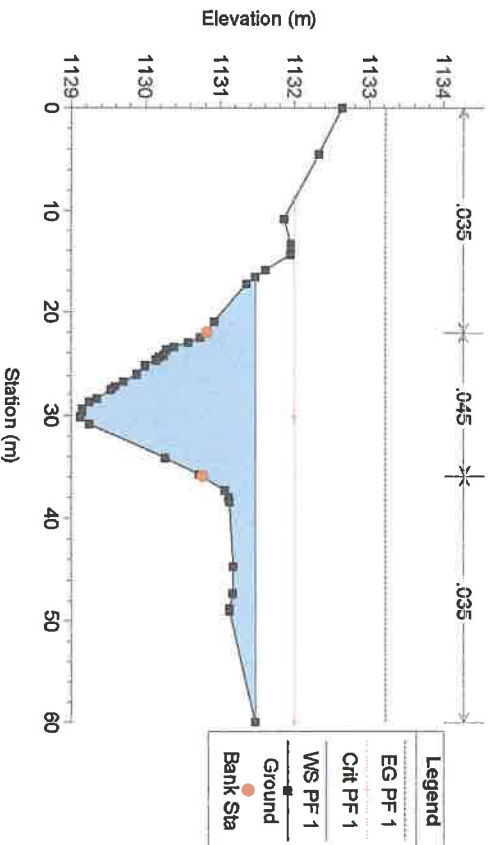
VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025



VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025



VALLE Plan: Plan 01 5/4/2025



144
362

6. Estudio de percolación

145
263

PRUEBA DE PERCOLACIÓN

PROYECTO:

SALÓN DE EVENTOS VALLE ESCONDIDO WELLNESS
RESORT

UBICACIÓN:

VALLE ESCONDIDO, CORREGIMIENTO DE BAJO
BOQUETE, DISTRITO DE
BOQUETE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ

PROMOTOR:

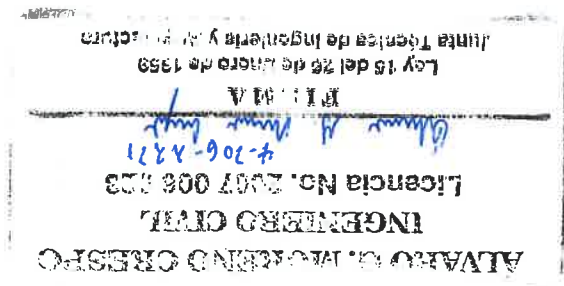
CONSTRUCTORA CIELO GRANDE S.A.

FECHA DE EJECUCIÓN: 10 DE ABRIL DE 2025

RESPONSABLE TÉCNICO:

Alvaro G. Moreno Crespo
4-706-8871

Alvaro G. Moreno Crespo
Ingeniero Civil
Licencia No. 2007 006 023



147
265

1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo de la presente prueba de percolación es determinar la capacidad de infiltración del suelo en el área del proyecto, con el fin de evaluar su idoneidad para el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante tanque séptico y campo de infiltración.

2. METODOLOGÍA

Se aplicó el método de carga variable, consistente en llenar los hoyos de prueba con agua y registrar el descenso del nivel en intervalos de tiempo específicos. Se realizaron dos hoyos de prueba, con las siguientes características:

- ✦ Profundidad: 70 cm
- ✦ Diámetro: 30 cm
- ✦ Tipo de suelo: Franco
- ✦ Nivel freático: No encontrado durante la excavación

3. RESULTADOS DE CAMPO

Hoyo 1 – Datos tomados desde las 8:38 a.m. Coordenadas UTM 341542.00 m E 970794.00 m N

Hora	Nivel de Agua (cm)
08:38	70
08:40	42
08:41	33
08:42	29
08:44	22
08:45	18
08:47	17
08:48	11
08:49	11
08:52	10
08:54	7
08:56	6
08:59	4
09:01	3
09:03	2
09:05	0

Hoyo 2 – Datos tomados desde las 8:28 a.m. Coordenadas UTM 341542.00 m E 970803.00 m N

Hora	Nivel de Agua (cm)
08:28	70
08:29	40
08:30	22
08:31	19
08:32	14

08:33	9
08:34	5
08:35	3
08:36	2
08:37	0

4. ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN

A continuación, se presenta un análisis de los datos de ambos hoyos:

Hoyo	Tiempo total (min)	Descenso total (cm)	Tasa promedio de percolación (cm/min)
Hoyo 1	27	70	$70 \text{ cm} \div 27 \text{ min} \approx 2,59 \text{ cm/min}$
Hoyo 2	9	70	$70 \text{ cm} \div 9 \text{ min} \approx 7,78 \text{ cm/min}$

Varibilidad entre hoyos.

- ✦ El Hoyo 1 muestra una infiltración más lenta y constante con una media de 2,6 cm/min, indicando ligera compactación o estratos de menor permeabilidad a cierta profundidad.
- ✦ El Hoyo 2, en cambio, completa la infiltración en sólo 9 min, con una tasa muy rápida de 7,8 cm/min, lo que sugiere un perfil de suelo más suelto o mayor porosidad en ese punto.

Clasificación del suelo.

- ✦ Según criterios comunes para sistemas sépticos, tasas entre 1–5 cm/min se consideran **moderadas**, mientras que valores por encima de 5 cm/min son **muy rápidas**.
- ✦ Por lo tanto, el sitio en conjunto presenta **buena a muy buena** capacidad de infiltración.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✦ El terreno presenta una buena capacidad de infiltración, apta para sistemas sépticos convencionales.
- ✦ Se recomienda el diseño de un sistema de tratamiento que incluya un tanque séptico seguido por un campo de infiltración tipo zanjas.
- ✦ Dado que no se encontró nivel freático, no hay indicios de saturación permanente del suelo que impida su uso para infiltración.

266
148

6. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1: Llenado del hoyo con agua para iniciar la prueba.



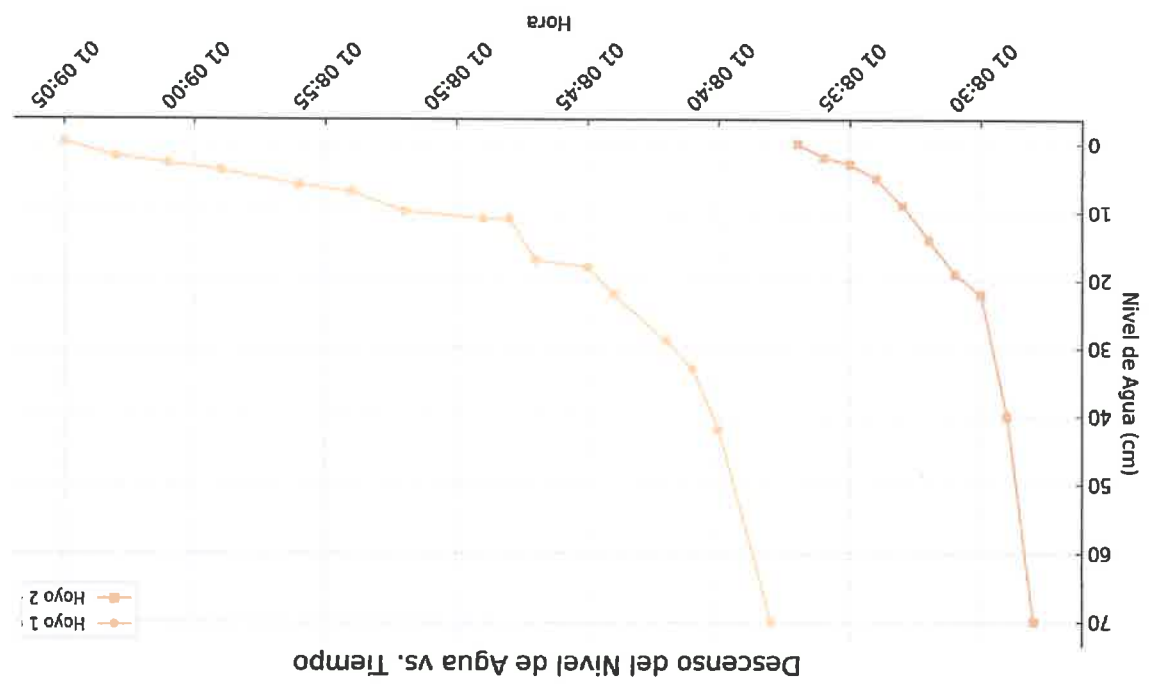
Foto 2: Excavación del hoyo con herramienta tipo palacoa.



Imagen 1: Vista satelital del área del proyecto

150
268

Gráfico No. 1 Descenso del Nivel de Agua vs. Tiempo



Nota: Descenso del nivel de agua en los hoyos de prueba (Hoyo 1 y Hoyo 2) durante la prueba de percolación con método de carga variable, mostrando la mayor velocidad de infiltración en el Hoyo 2 frente al Hoyo 1.