EMB - 5033
v1 c.1

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
UNIDAD DE FISCALIZACIÓN

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Área de Documentación

CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR DE EMBALSES REGIÓN DE COQUIMBO

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

AQUATERRA INGENIEROS LTDA.

S.I.T. Nº 174

Santiago, Marzo de 2009

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Industrial Sr. Sergio Bitar C.

Director General de Aguas
Abogado Sr. Rodrigo Weisner L.

Jefe Unidad de Fiscalización
Biólogo Marino Sr. Francisco Riestra M.

Inspector Fiscal
Ingeniero Agrónomo M. S. Sr. Guillermo Sepúlveda R.

AQUATERRA INGENIEROS LTDA.

Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Jaime Vargas Paysen

Profesionales

Ingeniero Civil Raúl Ugalde Parraguez
Ingeniero Civil Kricor Bzdigian Kazazian
Ingeniero Civil Javier Artal Láscar
Ingeniero Civil Joel Provoste Barrientos
Constructor Civil Benito Pérez Maldonado
Ingeniero Civil Juan Atán Díaz
Topógrafa María José Gutiérrez Auad
Topógrafa Liz Velázquez Rodríguez
Dibujante Cristian Ahrend Labbé

ÍNDICE INFORME FINAL

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

1.1 Introducción 1
1.2 Objetivos Generales 2
1.3 Objetivos Específicos 2

2 ÁREA DE ESTUDIO 3

3 FUENTES DE INFORMACIÓN 4

4 TRABAJO DE TERRENO 5

4.1 Metodología 5
4.2 Estado Actual de los Embalses 5
4.3 Conclusiones del Diagnóstico en Terreno 6

5 DIAGNÓSTICO 12

5.1 Análisis Geotécnico 12

5.1.1 Propiedades de Mecánicas 13

a) Principales Propiedades para Arcillas 13
b) Principales Propiedades para Arcilla Limosa 13
c) Principales Propiedades para Arcilla Limosa Media 14
d) Principales Propiedades para Arcilla Limosa Mediantemente Densa 14
e) Principales Propiedades para Arena Gravosa 14
f) Principales Propiedades para Grava Arenosa 15

5.1.2 Parámetros para Norma NCh 433 15

a) Zona Sísmica (Art. 4.1 de la Norma NCh 433) 15
b) Tipo de Suelo de Fundación (tabla 4.2 de la Norma NCh 433) 16
c) Coeficiente Sísmico 17

5.1.3 Determinación de Riesgo de Filtración 17

5.2 Estudio de Crecidas 18

5.2.1 Introducción 18
5.2.2 Recopilación de Antecedentes 19
5.2.3 Metodología 19

a) Determinación de las Principales Máximas para Diferentes Períodos de Retorno 20
b) Determinación de Caudales de Crecidas Mediante la Fórmula Raciona Modificada 22
c) Determinación de Caudales de Crecidas Mediante la Relación de Verni y King Modificada 24
d) Método DGA – AC 24
e) Método del Hidrograma Unitario Sintético 26
f) Modelo de Simulación HEC – HMS 28
g) Tiempo de Concentración (tc) 29
h) Método DGA – AC para Crecidas de Deshielo 29
i) Líneas de Nieve 30

5.2.4 Antecedentes de las Cuencas en Estudio 31

a) Áreas Aportantes 32
b) Tiempos de Concentración 32
c) Precipitación Máxima 33
d) Validación Extrapolación de Caudales 34
e) Períodos de Retorno Según Tipo de Obra 37

5.3 Resultados Obtenidos para cada Embalse 37

5.3.1 Embalse Pastos Largos 38
5.3.2 Tranque de Relaves El Indio 52
5.3.3 Tranque de Relaves Socorro 6 66
5.3.4 Embalse La Laguna 79
5.3.5 Tranque de Relaves La Higuera 92
5.3.6 Tranque de Relaves Tambillos 106
5.3.7 Embalse Quebrada de Camarones 116
5.3.8 Tranque Yeni 132
5.3.9 Tranque Quillayes 145
5.3.10 Tranque de Relaves El Durazno 156
5.3.11 Embalse Quebrada Manquehua 169
5.3.12 Tranque de Relaves Llamuco 177
5.3.13 Tranque de Relaves Centinela 194
5.3.14 Embalse Tahuinco 205
5.3.15 Embalse Limáhuida 218

5.3.16 Embalse Las Cañas 2 231
5.3.17 Embalse Las Cañas 1 244
5.3.18 Embalse Batuco 254
5.3.19 Embalse Quelén Alto 267
5.3.20 Embalse Panguesillo 277
5.3.21 Embalse El Lital – Llimpo 290
5.3.22 Embalse Las Cañas 3 303
5.3.23 Embalse Peralillo 316
5.3.24 Embalse Millahue 326
5.3.25 Embalse Salinas 339
5.3.26 Embalse La Brunina 349
5.3.27 Embalse Cunlagua 359
5.3.28 Embalse San Agustín 369
5.3.29 Embalse Santa Virginia 382
5.3.30 Embalse Huintil 395
5.3.31 Embalse Las Cocineras 405
5.3.32 Embalse Bellavista 415
5.3.33 Embalse Cuz Cuz 1 428
5.3.34 Embalse Cuz Cuz 2 438
5.3.35 Embalse Planta Portezuelo 451
5.3.36 Embalse Quilimarí – Los Loros 462
5.3.37 Embalse La Palma El Mollar 472
5.3.38 Embalse Guangualí 493
5.3.39 Embalse La Palma Ajial 506
5.3.40 Embalse Pupío 1 516
5.3.41 Embalse Las Totoras 524
5.3.42 Embalse Valle Hermoso 537
5.3.43 Embalse El Manzano 550
5.3.44 Embalse Ramadillas 564
5.3.45 Embalse Bauzá Río Cogotí 574
5.3.46 Embalse Fundo Bellavista 587
5.3.47 Embalse Contador de Frutos Llanos San Julián 600
5.3.48 Embalse Fundo Centinela 611
5.3.49 Embalse La Playa 624

5.4 Conclusiones y Recomendaciones 634

PLANOS

PLANO 1 UBICACIÓN DE LOS EMBALSES DIAGNOSTICADOS

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

Una de las principales atribuciones y funciones que el Código de Aguas le confiere a la Dirección General de Aguas es la Fiscalización, facultad matriz de la cual se derivan una serie de potestades de carácter normativo y regulador, respecto de los diferentes campos de acción del ámbito de los recursos hídricos.

El artículo 294 letra a) del Código de Aguas, establece que requerirán aprobación del Director General de Aguas, **los embalses de capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m3) o cuyo muro tenga más de 5 metros de altura.**

Por otra parte, el artículo 307 señala que la Dirección General de Aguas, inspeccionará las obras mayores, cuyo deterioro o eventual destrucción pueda afectar a terceros.

Comprobado el deterioro, la Dirección General de Aguas ordenará su reparación y podrá establecer, mediante resoluciones fundadas, normas transitorias de operación de las obras, las que se mantendrán vigentes mientras no se efectúe su reparación.

Si ello no se efectuase en los plazos que determine, dictará una resolución fundada, ratificando como permanente la norma de operación transitoria y además podrá aplicar a las Organizaciones que administren las obras una multa.

El Ministerio de Obras Públicas y en particular la Dirección General de Aguas, está iniciando un proceso de verificación del estado de las obras que pudieran afectar la vida y la salud de los habitantes de los sectores cercanos a ellas.

Para ello, requiere conocer en que situación se encuentran las obras denominadas en este estudio Embalses Mayores, es decir, aquellas asimilables a lo señalado en la letra a) del artículo 294 del Código de Aguas, pero también incluyendo para estos fines embalses cuya altura o capacidad no cabe en esa definición, pero que podrían generar potencial peligro para asentamientos humanos.

Cabe destacar que el Ministerio de Obras Públicas ha definido como una labor prioritaria el tema de la seguridad de las obras de Infraestructura pública y privada, teniendo especial relevancia el alto grado de riesgo de obras hidráulicas, específicamente las relacionadas con embalses.

La falta de prevención y previsión en el mantenimiento, reparación y operación de obras hidráulicas puede traer consigo graves daños a la propiedad pública y privada y a la vida y salud de los habitantes, una adecuada labor de inspección permitirá evitar

al Estado graves daños de carácter patrimonial consecuencia de múltiples acciones legales emprendidas por particulares perjudicados por la ocurrencia de un evento catastrófico atribuible a negligencia o falta de previsión por parte de la autoridad.

El alcance general que tiene el catastro de embalses, es la recolección de las características físicas de las obras e hidrografías de los cuerpos de agua artificiales, mediante la visita a terreno de profesionales expertos; la medición de algunas dimensiones típicas de dichas obras, y la obtención de información mediante la entrevista a sus propietarios y/o beneficiarios.

El presente trabajo, además de lo último señalado, se evaluó, con datos obtenidos directamente en terreno, riesgos asociados a cada embalse a través de la aplicación de ciertas metodologías conocidas para estos efectos.

1.2 Objetivos Generales

Realizar un catastro de los embalses orientado a prevenir que el deterioro o eventual destrucción de estas obras pueda afectar la seguridad de terceros (artículo 307 del Código de Aguas).

1.3 Objetivos Específicos

- Recopilación, Revisión y Análisis de Antecedentes.
- Inspección en terreno del número de embalses ofertados (croquis de ubicación, obras existentes, elaboración de fichas catastrales, etc.)
- Determinación de Caudales de Crecida
- Evaluación del riesgo asociado a cada embalse. (Metodología HAZOP)
- Análisis de daños potenciales de la onda de crecida, si corresponde
- Recomendaciones

2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye la IV Región de Coquimbo. En el Cuadro 2-1 se incluye el listado de los 49 embalses que fueron visitados, mientras que en el Plano 1 adjunto al informe se incluye la ubicación de cada uno de ellos.

CUADRO 2-1
LISTADO DE EMBALSES VISITADOS

N°	Nombre	Provincia	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)	Tipología
			Uso	Este	Norte	msnm	
1	Cía. Minera El Indio, Laguna Sedimentación Pastos Largos	ELQUI	19	403.258	6.703.403	3.527	Relaves
2	Cía. Minera El Indio, Tranque Relaves El Indio	ELQUI	19	404.403	6.704.764	3.641	Relaves
3	Cía. Minera San Gerónimo, Socorro 6	ELQUI	19	317.154	6.692.363	668	Relaves
4	Embalse La Laguna (reemplaza a Cía. Minera del Pacífico S.A.)	ELQUI	19	399.900	6.657.986	3.156	Riego
5	Cía. Minera San Gerónimo, La Higuera	ELQUI	19	317.187	6.692.111	635	Relaves
6	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA TAMBILLOS	ELQUI	19	284.197	6.656.797	208	Relaves
7	Quebrada Camarones (reemplaza a Cía. Minera Carmen de Andacollo)	ELQUI	19	270.326	6.636.169	135	Riego
8	Minera Talcuna Ltda., Tranque Yeni	CHOAPA	19	319.613	6.692.547	812	Relaves
9	QUILLAYES	CHOAPA	19	348.341	6.474.879	1.449	Relaves
10	EL DURAZNO	CHOAPA	19	322.248	6.466.708	848	Relaves
11	QDA. MANQUEHUA	CHOAPA	19	316.650	6.490.601	953	Riego
12	LLAMUCO	CHOAPA	19	331.495	6.492.656	1.245	Relaves
13	CENTINELA	CHOAPA	19	296.504	6.500.042	473	Relaves
14	TAHUINCO	CHOAPA	19	305.474	6.479.143	469	Riego
15	LIMAHUIDA	CHOAPA	19	297.361	6.481.044	410	Riego
16	LAS CAÑAS N° 2 - El Molle	CHOAPA	19	286.840	6.486.428	379	Riego
17	LAS CAÑAS N° 1 - Las Funas	CHOAPA	19	285.107	6.485.920	384	Riego
18	BATUCO El Piedrino	CHOAPA	19	350.653	6.459.156	1.264	Riego
19	QUELEN ALTO	CHOAPA	19	327.392	6.469.201	841	Relaves
20	PANGUESILLO	CHOAPA	19	323.924	6.475.681	650	Riego
21	Llimpo, Fundo El Lital (reemplaza a Coirón)	CHOAPA	19	328.851	6.471.939	827	Riego
22	LAS CAÑAS N° 3 - Tropezón	CHOAPA	19	285.467	6.487.795	313	Riego
23	PERALILLO - Agroservicios Calle Larga	CHOAPA	19	299.682	6.487.303	419	Riego
24	MILLAHUE Huentelauquen	CHOAPA	19	260.908	6.501.564	12	Riego
25	BATUCO " TRANQUE SALINAS" SAN AGUSTIN	CHOAPA	19	335.294	6.490.167	1.380	Riego
26	LA BRUNINA (ARBOLEDA GRANDE)	CHOAPA	19	316.653	6.490.609	652	Riego
27	CUNLAGUA	CHOAPA	19	321.037	6.487.838	793	Riego
28	SAN AGUSTIN	CHOAPA	19	327.232	6.487.367	1.136	Riego
29	STA. VIRGINIA - SAN GERARDO	CHOAPA	19	325.376	6.507.895	931	Riego
30	HUINTIL	CHOAPA	19	311.548	6.505.705	607	Riego
31	LAS COCINERAS	CHOAPA	19	298.383	6.499.615	431	Riego

N°	Nombre	Provincia	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)	Tipología
			Uso	Este	Norte	msnm	
32	BELLAVISTA	CHOAPA	19	289.404	6.495.049	248	Riego
33	CUZ-CUZ N° 1	CHOAPA	19	287.928	6.495.465	259	Riego
34	CUZ-CUZ N° 2	CHOAPA	19	288.883	6.495.704	266	Riego
35	Planta Portezuelo (Reemplaza a San Jorge)	CHOAPA	19	298.269	6.502.215	406	Relaves
36	SECTOR QUILIMARI - LOS LOROS	CHOAPA	19	268.709	6.444.251	27	Riego
37	LA PALMA Hacienda El Mollar	CHOAPA	19	277.221	6.469.035	194	Riego
38	GUANGUALI	CHOAPA	19	276.791	6.442.562	102	Riego
39	LA PALMA-AJIAL Agricola Arancibia	CHOAPA	19	271.359	6.443.845	34	Riego
40	PUPIO N° 1	CHOAPA	19	293.265	6.465.828	323	Riego
41	CONTADOR FRUTOS Fundo Las Totoras	LIMARÍ	19	303.678	6.578.399	670	Riego
42	VERFRUT Valle Hermoso - Río Pama	LIMARÍ	19	312.518	6.539.107	1.147	Riego
43	VERFRUT Fundo El Parral	LIMARÍ	19	304.192	6.553.359	800	Riego
44	AFRUVA Hacieda Ramadillas	LIMARÍ	19	315.231	6.542.689	1.280	Riego
45	BAUZA Río Cogotí	LIMARÍ	19	314.380	6.560.383	878	Riego
46	ANDACOLLO INVERSIONES Fundo Bellavista	LIMARÍ	19	306.558	6.547.899	882	Riego
47	CONTADOR FRUTOS Llanos San Julian	LIMARÍ	19	278.091	6.606.385	263	Riego
48	Fundo Centinela S.A. (Agroindustrial Las Tinajas S.A. en listado original)	LIMARÍ	19	312.027	6.547.297	974	Riego
49	Andacollo Inv. Fundo La Playa (Agrícola Fundo Centinela S.A. en listado original)	LIMARÍ	19	315.448	6.545.086	1.257	Riego

3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información utilizada en el desarrollo del presente informe se indican a continuación:

- Sistema de Información Geográfico (SIG) de la DGA del MOP
- Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH), DGA, MOP
- Archivo Técnico de la DOH
- Archivo Técnico de la CNR
- Planos escala 1:10.000 con curvas de nivel cada 2,5 m, Estudio Integral del Elqui y Estudio Integral del Choapa, CNR.
- Estudio Integral de Riego Valle de Elqui, INA Ing. Consultores, CNR, 1987
- Estudio Integral de Riego Valle del Río Choapa, Ingendesa, CNR, 1994.
- Investigación de Eventos Hidrometeorológicos Extremos. Precipitaciones Máximas en 24, 48 y 72 horas", (DGA, BF, 1989).
- Estadísticas de Precipitaciones Máximas en 24 hrs.
- Catastro e Inspección Preliminar de Embalses VIII Región. Aquaterra Ingenieros Ltda., SIT N° 142, DGA, MOP, 2008.
- Propietarios (particulares, asociaciones de regantes, juntas de vigilancia, etc.) de cada uno de los embalses.
- DGA Regional (oficina La Serena, oficinas Provinciales de Ovalle y de Illapel).

4 TRABAJO DE TERRENO

4.1 Metodología

Fundamentalmente, la metodología aplicada para la confección del catastro fue la ofrecida en la propuesta metodológica, la que se debió ir adecuando según las dificultades que hubo en cada caso.

La metodología aplicada se puede sintetizar como sigue:

- Se confeccionó un plano de trabajo escala 1:500.000 de toda la IV Región, Datum WGS 84, con la ubicación de cada uno de los 49 embalses que fueron diagnosticado.
- Algunos de los embalses del listado original fueron cambiados por otros, de acuerdo con instrucciones emanadas de la DGA Regional.
- Se prepararon las fichas de catastro para ser llenadas directamente en terreno y completarlas en gabinete.
- En terreno se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Huinchas de 30 m y de 5 m
- Clinómetro (eclímetro) para medir ángulos de los taludes de los muros
- 2 Distanciómetros laser (para mediciones de corta y larga longitud, respectivamente)
- GPS (3) Magellan, Garmin
- Cámaras fotográficas digitales

- Debido a que la mayoría de los embalses catastrados no tienen sus respectivos proyectos, la caracterización de los rellenos se realizó ocularmente por un experto en mecánica de suelos. El material del muro ha sido identificado de acuerdo con las siguientes labores:

- Observación visual directa
- Observación visual de alguna rotura (si corresponde)
- Escarpando el talud en forma manual
- Observación de los materiales de empréstitos

- Se ha dado énfasis a la inclusión de fotos que muestren aspectos relevantes de los muros y/o de las obras anexas que conforman cada embalse.

4.2 Estado Actual de los Embalses

La campaña de terreno se inició el día 19 de Agosto del 2008 y finalizó el día 28 de Septiembre del 2008; durante Noviembre del 2008 se visitaron 2 embalses de Minera

El Indio, debido a que durante la campaña de Agosto – Septiembre los caminos estaban cortados.

Cada Ficha de Registro de Embalses, cuyo formato fue entregado por la DGA, está organizada en tres Grupos de identificación, de acuerdo con los campos que aparecen en el formulario de terreno "Registro de Embalses".

- **Antecedentes Generales:** Nombre, Cuenca, Sub Cuenca, Fuente, Número registro, Código, Fecha, Nombre o Razón Social del Propietario o Responsable Legal.

- **Ubicación del Embalse:** Región, Provincia, Comuna, Coordenadas, Datum, Huso, Altitud y Descripción de Ubicación.

- **Antecedentes Técnicos:** Uso y destino del Embalse, Tipo de Presa, Evaluación de Crecidas (Capacidad), Capacidad Máxima, Altura de Muro, Ancho y Largo Coronamiento, Borde Libre, Taludes Muro, Año de Construcción, Capacidad Obras de Entrega, Área Regada, Evacuador de Fondo, Potencia Generada, Observaciones.

4.3 Conclusiones del Diagnóstico en Terreno

Los embalses estudiados corresponden a dos tipologías distintas.

- Embalses para uso en riego.
- Embalses de relaves.

Los depósitos de relaves se definen como "toda obra estructurada en forma segura para contener los relaves provenientes de una Planta de concentración húmeda de especies de minerales. Además, contempla sus obras anexas. Su función principal es la de servir como depósito, generalmente, definitivo de los materiales sólidos proveniente del relave transportado desde la Planta, permitiendo así la recuperación, en gran medida, del agua que transporta dichos sólidos" (DS N° 248 de 2006). A modo de ejemplo, para el caso del cobre, en promedio, se generan 28 toneladas de relave por cada tonelada de cobre producido.

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 2-1, se tiene:

TIPOLOGÍA	PROVINCIA			TOTAL
	ELQUI	LIMARÍ	CHOAPA	
RIEGO	2	9	26	37
RELAVES	6		6	12

Dentro de los criterios fundamentales establecidos para la ejecución deL catastro y diagnóstico, se estableció que se debe "verificar la seguridad de las personas ante el riesgo sísmico al que están sometidos los embalses, luego la infraestructura y los cultivos".

Bajo este criterio es que se han evaluado los elementos a estudiar, determinando el riesgo que presentan para las personas fundamentalmente.

En el análisis cualitativo, se ha incluido el riesgo medioambiental que producen los relaves principalmente. Aún cuando no es materia de este estudio, se ha considerado importante referirse a este tipo de riesgos cuando la situación que fue analizada lo ameritó.

A continuación se presenta un resumen de la situación actual de cada embalse visitado, haciendo referencia más extensa a los embalses con algún tipo de problema aparente detectado.

- **Embalses Ubicados en la Provincia de Elqui**

a) Embalses para Riego

- Quebrada Camarones, en buen estado, aparentemente está en desuso. Este embalse tiene una presa de hormigón, anclada en los dos extremos a un macizo rocoso. La presa es triangular, y por el lado de su hipotenusa (talud de aguas abajo) presenta escalones de aproximadamente 0,7 m x 0,7 m cada uno. A su vez existen 8 contrafuertes en el muro que aportan mayor inercia para soportar la componente horizontal de la presión. No existen filtraciones detectadas al momento de la visita. Su recarga se produce sólo por acumulación de aguas lluvias. No es posible inferir que esté siendo usado, toda vez que la tubería de salida está enterrada, solo se observa una válvula.

- La Laguna, en buen estado, pero presenta filtraciones importantes, entre 200 y 450 l/s, dependiendo del nivel de aguas del embalse. La DOH del MOP está actualmente estudiando las medidas para evitar dichas filtraciones.

b) Embalses para Relaves

- Minera El Indio, tiene 2 tranques. Tranque El Indio (relaves) y Laguna de Sedimentación Pastos Largos. El primero está en buen estado, presenta una geomembrana que cubre el relave, y sobre esa

membrana, una capa de material arcilloso de 40 cm de espesor; este tranque está en plan de abandono, fuera de uso.

- Laguna de Sedimentación Pastos Largos, se comporta como tranque sedimentador de las aguas del río Malo, evacuando las aguas limpias hacia la quebrada; se encuentra en muy buen estado.
- San Gerónimo Socorro 6. En buen estado, funcionando, adecuado plan de manejo.
- San Gerónimo La Higuera. Tranque fuera de uso, en plan de forestación.
- Minera Tambillos, en buen estado, se estima cierre a fin de 2008. Adecuado manejo y medidas de seguridad.
- Minera Talcuna, tranque Yeni. Destaca por estar en muy buen estado al momento de la visita, compactado, buen diseño.

En Minera Talcuna además existen 2 tranques en situación de abandono antes de llegar a la planta (no incluidos en este estudio). Estos embalses no tienen plan de manejo, sus taludes son irregulares, además de tener historial de fallas. No se observa ninguna obra de mitigación de riesgos o de minimizar el pasivo ambiental presente. El potencial de falla es alto, además de estar adyacentes a la quebrada Talcuna. Esta situación se debiera informar a Sernageomín, organismo fiscalizador de este tipo de obras (y fiscalizador del cumplimiento del Decreto Supremo Nº 248 de 2006).

- **Provincia de Limarí**

a) Embalses para Riego

Todos los embalses de esta Provincia están en adecuadas condiciones de manejo y conservación. Las situaciones de compromiso se observan en los siguientes:

- Embalse La Playa, de Andacollo Inversiones, Comuna de Combarbalá, tiene un sector de la cara exterior del muro, arriba de la casa de máquinas con desprendimiento. No obstante que este embalse se encuentra en general en buen estado, se recomienda reparar el muro.
- En la zona del Embalse La Playa, existe un embalse secundario (no incluido en el listado oficial del catastro), aguas abajo del principal, a una distancia de 50 m que presenta un alto grado de saturación y consistencia esponjosa en la arcilla que conforma el muro. Se sugirió al encargado de riego no subir la cota de agua y solicitar asesoría profesional para remediar esa situación.
- Fundo Bellavista de Andacollo Inversiones, se ha ido aumentado la altura del muro mediante el depósito de estéril de mina sobre el muro

existente, sin mayor manejo y en forma inadecuada. El material que se ha ido vertiendo es irregular, sin compactar ni perfilar. Además, en este embalse se observaron filtraciones, las que generan un escurrimiento permanente hacia aguas abajo. Se recomienda reparar y controlar las filtraciones y controlar de mejor forma el vertido del estéril de mina sobre el muro existente. Esta situación debiera ser informada además a Sernageomín de modo que tomen las medidas que correspondan.

- **Provincia de Choapa**

a) Embalses para Riego

- En esta provincia existe un número importante de embalses fuera de uso. Los que están en uso tienen en general problemas de embanques, mantención de la cubeta y problemas en las obras de entrega.
- Embalses que se recomienda su destrucción:
  - Las Cañas 1, Las Funas. Embalse en situación de abandono y en mal estado.
  - Batuco El Piedrino (Quebrada Río Choapa). Fuera de uso y en mal estado.
  - Batuco Embalse Salinas San Agustín (Quebrada Río Chalinga). Fuera de uso (nunca ha funcionado), no embalsa pues toda el agua se filtra.
  - Santa Virginia San Gerardo. Fuera de uso, estado regular.
  - Bellavista. Embalse abandonado fuera de uso, mal estado.
- Embalses que se recomienda reparar:
  - GuanGualí, requiere urgente acción de reparación de su muro en la parte de tierra, potencial de falla que inundaría casa vecina.
  - Las Cocineras, se debe reparar obra de entrega y embanques
  - San Agustín, se debe mejorar la obra de entrega y reparar el vertedero.
  - Millahue, requiere reparación de la obra de entrega a fin de evitar filtraciones; además requiere limpieza de la vegetación que hay en el muro.
  - Panguesillo, eliminar vegetación excesiva y reparar la obra de entrega.

- Embalse Pupío: este embalse corresponde a una "piscina" de hormigón en ¾ de su muro. El ¼ restante corresponde a la zona de entrada del canal que abastece este embalse y no tiene muro, toda vez que llega al cerro. No tiene filtraciones, su probabilidad de falla por efecto sísmico es despreciable.

- Embalse Manquehua: corresponde a una pequeña presa construida con gaviones estucados por su cara interior sobre un radier de hormigón, acumula 6.240 m^3. Su principal uso es abastecer de agua de bebida a un villorrio cercano, lo que hace a través de una tubería de plansa de 1" de diámetro. No presenta filtraciones pues los gaviones tienen su cara interior estucada.

b) Embalses para Relaves

En esta provincia existen embales de relaves con adecuado tratamiento y otros en franco abandono, contaminando importantes cursos de agua. El enfoque que se ha dado es fundamentalmente medioambiental, debido a que ninguno se encuentra en situación de afectar población humana.

- Quillayes, Minera Pelambres, en plan de cierre a fin de año, se están regularizando sus taludes y realizando experiencias de manejo como forestación. El Tranque considera el desvío de las aguas naturales del río Cuncumén, tomándolas aguas arriba del depósito y conduciéndolas a través de un túnel de más de 5 kilómetros de longitud hasta el curso natural aguas abajo del Tranque, asegurando que no haya contacto con el relave o aguas industriales. El túnel tiene una capacidad por sobre los 20 m^3/s. Existe una nueva obra a construir, con resolución aprobada. La obra consiste en la construcción de una canaleta rectangular de hormigón en el interior del túnel de desvío, a lo largo de toda su longitud, por el cual se conducirán las aguas desviadas del río Cuncumén. El caudal de diseño de la obra a implementar es de 15 m^3/s. Se ha verificado la capacidad de la sección remanente del túnel para una altura de agua que no sobrepase la pared de la canaleta construida, considerando una revancha de 0,35 m en la parte exterior y de 0,5 m en el interior de la canaleta. El máximo caudal de porteo de la sección remanente del túnel será de 87 m3/s, por lo que la capacidad total de porteo de túnel será de 107 m3/s, lo que permite mantener los criterios de manejo de crecidas del tranque Quillayes. Las dimensiones de la canaleta son de 1,5 m de ancho de base y 2 m de altura. Las paredes y piso serán de 15 a 20 cm de espesor. El largo total del canal a construir es de 5.200 m.

- El Durazno, Minera Callejas, en situación de franco abandono en mal estado. Si ocurre un evento pluviométrico importante, es muy probable que la lluvia que caerá sobre los depósitos de relaves produzcan que esos relaves se desplacen y pudieran

llegar hasta el Embalse Corrales, situación ambientalmente peligrosa. Se recomienda instruir que se construya algún tipo de obra tipo piscina de decantación aguas abajo del tranque, de modo de evitar que el relave disuelto pueda llevar al embalse Corrales.

- Llamuco: corresponde a un tranque de relaves fuera de uso, abandonado. El estero Llamuco cortó el cuerpo principal de este tranque, provocando arrastre de sus arenas hacia el Río Chalinga y posteriormente al Río Choapa. Su probabilidad de falla es 1, toda vez que se ve que ya falló y sus arenas se desplazan arrastradas por el agua hacia el río. El acceso al cuerpo principal es dificultoso y peligroso; el borde al que hay que acercarse para verificar ángulos es inestable y pone en riesgo la integridad de quien mide. Este tranque es el más crítico de los visitados, no tiene canales de contornos ni elementos decantadores. El posible daño potencial es del tipo ambiental, pues no tiene comunidades habitadas aguas abajo.

- Centinela. Según el administrador de planta Centinela, este embalse está siendo monitoreado periódicamente por Sernageomín. No obstante, en terreno se pudo observar que los taludes externos del muro son muy pronunciados, además de carecer de un adecuado nivel de compactación. Este embalse de relaves ha ido aumentando su tamaño, acercándose peligrosamente al estero Auco, afluente al río Illapel. Esta situación se debiera informar a Sernageomín, organismo fiscalizador de este tipo de obras (y fiscalizador del cumplimiento del Decreto Supremo Nº 248 de 2006).
- Quelén Alto, tranque construido para las emergencias de los relaves que van desde Los Pelambres a El Mauro. Tranque nuevo, no está en uso aún.
- Planta Portezuelo Enami. Tiene tranques de acumulación de líquidos de proceso de lixiviación. Buen tratamiento interior de sus paredes, recubiertas con membrana impermeable. Talud exterior se observa excesivamente pronunciado. El área que podría afectar un colapso del embalse es el estero Auco, afluente del Río Illapel. Esta situación se debiera informar a Sernageomín, organismo fiscalizador de este tipo de obras (y fiscalizador del cumplimiento del Decreto Supremo Nº 248 de 2006).

5 DIAGNÓSTICO

5.1 Análisis Geotécnico

En base a los antecedentes recopilados en visitas efectuadas a los distintos embalses que contempla el proyecto y a la experiencia del consultor, se entrega información relacionada con los siguientes tópicos:

- Propiedades mecánicas de los materiales que componen los embalses
- Parámetros para Norma NCh 433
- Análisis de estabilidad de taludes
- Análisis de filtraciones según método de Lane.

Es importante destacar que hay 4 embalses a los cuales no se les hizo ningún tipo de análisis de estabilidad ni de filtraciones, a saber:

Nº 7: Quebrada de Camarones: Presa de Hormigón. Este embalse tiene una presa de hormigón, anclada en los dos extremos a un macizo rocoso La presa es triangular, y por el lado de su hipotenusa (talud de aguas abajo) presenta escalones de aproximadamente 0,7 m x 0,7 m cada uno. A la vez existen 8 contrafuertes en el muro que aportan mayor inercia para soportar la componente horizontal de la presión. No existen filtraciones detectadas al momento de la visita. Su recarga se produce sólo por acumulación de aguas lluvias. No es posible inferir que esté siendo usado, toda vez que la tubería de salida está enterrada, solo se observa una válvula.

Nº 11: Quebrada Manquehua: Corresponde a una pequeña presa construida con gaviones estucados por su cara interior sobre un radier de hormigón, acumula 6.240 m^3. Su principal uso es abastecer de agua de bebida a un villorrio cercano, lo que hace a través de una tubería de plansa de 1" de diámetro. No presenta filtraciones pues los gaviones tienen su cara interior estucada.

Nº 12: Llamuco: Corresponde a un tranque de relaves fuera de uso, abandonado. El estero Llamuco cortó el cuerpo principal de este tranque, provocando arrastre de sus arenas hacia el Río Chalinga y posteriormente al Río Choapa. Su probabilidad de falla es 1, toda vez que se ve que ya falló y sus arenas se desplazan arrastradas por el agua hacia el río. El acceso al cuerpo principal es dificultoso y peligroso; el borde al que hay que acercarse para verificar ángulos es inestable y pone en riesgo la integridad de quien mide. Este tranque es el más crítico de los visitados, no tiene canales de contornos ni elementos decantadores. El posible daño

potencial es del tipo ambiental, pues no tiene comunidades habitadas aguas abajo.

Nº 40: Pupío Nº 1: Corresponde a un embalse regulador nocturno con muros de hormigón. Este embalse corresponde a una "piscina" de hormigón en ¾ de su muro. El ¼ restante corresponde a la zona de entrada del canal que abastece este embalse y no tiene muro, toda vez que llega al cerro. No tiene filtraciones, su probabilidad de falla por efecto sísmico es despreciable.

5.1.1 Propiedades de Mecánicas

Durante las visitas efectuadas fue posible visualizar que los embalses en estudio están compuestos por materiales tipo arcillas, arcillas arenosas y/o gravosas, arena de relave minero, arena gravosa y grava arenosa.

En base a lo observado en terreno, a los antecedentes disponibles y a la experiencia del consultor, es posible asignar a los suelos los siguientes parámetros geotécnicos.

a) Principales Propiedades para Arcillas

ϕ	= 15 º	Angulo de fricción Interna
c	= 0,25 kg/cm^2	Cohesión
γ_h	= 1,75 t/m^3	Peso Unitario Húmedo
w_{nat}	= 13,0 %	Humedad Natural
γ_s	= 1,55 t/m^3	Peso Unitario Seco
w_{sat}	= 26,1 %	Humedad de Saturación
γ_{sat}	= 1,95 t/m^3	Peso Unitario Saturado
G	= 2,60	Peso Específico
ka	= 0,59	Coeficiente de Empuje Activo
kp	= 1,70	Coeficiente de Empuje Pasivo
ko	= 0,74	Coeficiente de Empuje en Reposo

b) Principales Propiedades para Arcilla Limosa

ϕ	= 25 º	Angulo de fricción Interna
c	= 0,15 kg/cm^2	Cohesión
γ_h	= 1,80 t/m^3	Peso Unitario Húmedo
w_{nat}	= 9,40 %	Humedad Natural
γ_s	= 1,65 t/m^3	Peso Unitario Seco
w_{sat}	= 22,3 %	Humedad de Saturación
γ_{sat}	= 2,01 t/m^3	Peso Unitario Saturado
G	= 2,60	Peso Específico

ka	= 0,41	Coeficiente de Empuje Activo
kp	= 2,46	Coeficiente de Empuje Pasivo
ko	= 0,58	Coeficiente de Empuje en Reposo

c) Principales propiedades para Arcilla Limosa Media

ϕ	= 25 º	Angulo de fricción Interna
c	= 0,25 kg/cm^2	Cohesión
γ_h	= 1,85 t/m^3	Peso Unitario Húmedo
w_{nat}	= 8,50 %	Humedad Natural
γ_s	= 1,71 t/m^3	Peso Unitario Seco
w_{sat}	= 20,2 %	Humedad de Saturación
γ_{sat}	= 2,05 t/m^3	Peso Unitario Saturado
G	= 2,60	Peso Específico
ka	= 0,41	Coeficiente de Empuje Activo
kp	= 2,46	Coeficiente de Empuje Pasivo
ko	= 0,58	Coeficiente de Empuje en Reposo

d) Principales propiedades para Arena Limosa Medianamente Densa

ϕ	= 30 º	Angulo de fricción Interna
c	= 0,12 kg/cm^2	Cohesión
γ_h	= 1,89 t/m^3	Peso Unitario Húmedo
w_{nat}	= 8,00 %	Humedad Natural
γ_s	= 1,75 t/m^3	Peso Unitario Seco
w_{sat}	= 20,1 %	Humedad de Saturación
γ_{sat}	= 2,10 t/m^3	Peso Unitario Saturado
G	= 2,70	Peso Específico
ka	= 0,33	Coeficiente de Empuje Activo
kp	= 3,00	Coeficiente de Empuje Pasivo
ko	= 0,50	Coeficiente de Empuje en Reposo

e) Principales propiedades para Arena Gravosa

ϕ	= 35 º	Angulo de fricción Interna
c	= 0,02 kg/cm^2	Cohesión
γ_h	= 1,90 t/m^3	Peso Unitario Húmedo
w_{nat}	= 11,0 %	Humedad Natural
γ_s	= 1,71 t/m^3	Peso Unitario Seco

w_{sat}	= 20,7 %	Humedad de Saturación
γ_{sat}	= 2,07 t/m^3	Peso Unitario Saturado
G	= 2,65	Peso Específico
ka	= 0,27	Coeficiente de Empuje Activo
kp	= 3,69	Coeficiente de Empuje Pasivo
ko	= 0,43	Coeficiente de Empuje en Reposo

f) Principales propiedades para Grava Arenosa

ϕ	= 40 º	Angulo de fricción Interna
c	= 0,02 kg/cm^2	Cohesión (por trabazón)
γ_h	= 2,20 t/m^3	Peso Unitario Húmedo
w_{nat}	= 6,00 %	Humedad Natural
γ_s	= 2,08 t/m^3	Peso Unitario Seco
w_{sat}	= 11,15 %	Humedad de Saturación
γ_{sat}	= 2,31 t/m^3	Peso Unitario Saturado
G	= 2,70	Peso Específico
ka	= 0,22	Coeficiente de Empuje Activo
kp	= 4,60	Coeficiente de Empuje Pasivo
ko	= 0,36	Coeficiente de Empuje en Reposo

Se debe considerar que los parámetros geotécnicos entregados anteriormente han sido estimados en función de la inspección visual realizada en terreno (área de ubicación del embalse), además de la experiencia del consultor. Se debe considerar que los suelos son esencialmente heterogéneos y que no necesariamente serán iguales a los encontrados en puntos razonablemente alejados.

5.1.2 Parámetros para Norma NCh 433

a) Zona Sísmica (Art. 4.1 de la norma NCh 433)

Corresponden a la **zona 3**, Comunas:

Andacollo
Canela
Combarbalá
Coquimbo
Illapel
Monte Patria
Salamanca
Ovalle
Vicuña

b) Tipo de Suelo de Fundación (tabla 4.2 de la norma NCh 433)

Para todos los casos analizados: ***Suelo tipo II***

CUADRO 5.1.2-1
DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE SUELOS DE FUNDACIÓN
(TABLA 4.2 DE LA NORMA NCH 433)

Tipo de Suelo	Descripción
I	Roca: material natural, con velocidad de propagación de ondas de corte in-situ igual o mayor que 900 m/s, o bien, resistencia de la compresión uniaxial de probetas intactas (sin fisuras) igual o mayor que 10 MPa y RQD igual o mayor que 50%.
II	a) Suelo con v_s igual o mayor que 400 m/s en los 10 m. superiores, y creciente con la profundidad; o bien, b) Grava densa, con peso unitario seco γ_d igual o mayor que 20 KN/m^3, o índice de densidad DR (densidad relativa) igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor del Proctor Modificado; o bien, c) Arena densa, con DR mayor que 75%, o índice de Penetración Estándar N mayor que 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0.10 MPa), o grado de compactación superior al 95% del valor Proctor Modificado; o bien, d) Suelo cohesivo duro, con resistencia al corte no drenado S_u igual o mayor que 0.10 MPa (resistencia a la compresión simple q_u igual o mayor que 0.20 MPa) en probetas sin fisuras. En todos los casos, las condiciones indicadas deberán cumplirse independientemente de la posición del nivel freático y el espesor mínimo del estrato debe ser 20 m. Si el espesor sobre la roca es menor que 20 m., el suelo se clasificará como tipo I.
III	a) Arena permanentemente no saturada, con DR entre 55 y 75%, o N mayor que 20 (sin normalizar a la presión efectiva de sobrecarga de 0.10 MPa); o bien, b) Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor Modificado; o bien, c) Suelo cohesivo con s_u comprendido entre 0.025 y 0.10 MPa (q_u entre 0.05 y 0.20 MPa) independientemente del nivel freático; o bien, *d) Arena saturada con N comprendido entre 20 y 40 (normalizado a la presión efectiva* de sobrecarga de 0.10 MPa). Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre la roca o sobre suelo correspondiente al tipo II es menor que 10 m., el suelo se clasificará como tipo II.

Tipo de Suelo	Descripción
IV	Suelo cohesivo saturado con s_u igual o menor que 0.025 MPa (q_u igual o menor que 0.050 MPa) Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre suelo correspondiente a algunos de los tipos I, II o III es menor que 10 m., el suelo se clasificará como tipo III.

c) Coeficiente Sísmico

Debido a que en los antecedentes disponibles no existe un estudio de riesgo sísmico, para estimar los coeficientes sísmicos a utilizar en el análisis de estabilidad de taludes de los embalses, se ha considerado lo siguiente:

- Coeficiente sísmico horizontal (kx): será estimado en base a la expresión propuesta por Saragoni (1993) para Chile.

- Coeficiente sísmico vertical (ky): considerando que existen antecedentes de que en embalse de importancia ubicados a lo largo del país (Convento Viejo, Puclaro, Corrales, entre otros) no se ha utilizado dicho coeficiente en su diseño y han tenido un buen comportamiento hasta la fecha, se considerará igual a cero.

Acorde a lo anterior, los coeficientes sísmicos adoptados para el análisis de estabilidad de taludes son:

- Coeficiente sísmico horizontal (K_h) igual a 0,20
- Coeficiente sísmico vertical (K_v) igual a 0

5.1.3 Determinación del Riesgo de Filtración

Para determinar la filtración a la que puede estar sometido el tranque o embalse, se ha utilizado el denominado "Método de Lane" (las longitudes horizontales se consideran la tercera parte de las longitudes verticales).

El criterio de Lane señala que no se producen filtraciones si se cumple que:

$$\mathbf{L' \geq C' h}$$

Donde:

$L' = Lh/3 + Lv$

Lh = Longitud horizontal en la base del tranque o embalse.
Lv = Longitud vertical en la base del tranque o embalse.
C' = Coeficiente de filtración que depende el tipo de material del embalse o tranque (ver Cuadro 5.1.3-1).
h= carga hidráulica efectiva

CUADRO 5.1.3-1
COEFICIENTE DE FILTRACIÓN

Materiales de Cimentación	Lane (C')
Arena muy fina y limo	8,5
Arena fina	7,0
Arena media	6,0
Arena gruesa	5,0
Grava fina	4,0
Grava media	3,5
Grava y arena	--
Grava gruesa con piedras	3,0
Cantos rodados, con algunas piedras y gravas	2,5
Cantos rodados, grava y arena	--
Arcilla blanda	3,0
Arcilla media	2,0
Arcilla dura	1,8
Arcilla muy dura	1,6

5.2 Estudio de Crecidas

5.2.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo determinar los caudales máximos instantáneos afluentes a los embalses en estudio, para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años. Para períodos de retorno mayores (250, 500 y 1.000 años) se extrapolaron los caudales obtenidos a través de la función que mejor ajusta la curva de caudales hasta 100 años; más adelante se valida lo señalado.

Debido a que las cuencas de los embalses no poseen control fluviométrico, para determinar sus caudales de crecida, se usaron métodos indirectos basados en relaciones precipitación-escorrentía.

5.2.2 Recopilación de Antecedentes

Para la elaboración del presente estudio se consultaron los siguientes antecedentes:

1. **Ref. 1** Precipitación Máxima en 1, 2 y 3 Días. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas, 1991.

2. **Ref. 2** Análisis de Eventos Hidrometeorológicos Extremos en el País. Caudales Máximos y Mínimos. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas, 1995.

3. **Ref. 3** Hidrología Aplicada. Ven Te Chow – David Maidment – Larry Mays, McGraw-Hill, 1994.

4. **Ref. 4** Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas, 1995.

5. **Ref. 5** Manual de Carreteras. Volumen 2 y 3. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas, 2001.

6. **Ref. 6** Cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000.

7. **Ref. 7** Manual Básico HEC-HMS, Leonardo S. Nanía. Universidad de Granada.

8. **Ref. 8** Google Earth

9. **Ref. 9** Planos escala 1:10.000 con curvas de nivel cada 2,5 m, Estudio Integral del Elqui y Estudio Integral del Choapa, CNR.

10. **Ref. 10** Base Cartográfica SIG DGA

5.2.3 Metodología

Para determinar los caudales de crecidas asociados a los períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años se utilizaron tres métodos:

i) Método de la fórmula Racional Modificada
ii) Fórmula de Verni King Modificada
iii) Método DGA-AC

En todos los casos los caudales de crecida se determinaron a partir de precipitaciones máximas de una cierta duración. Además, para aquellos embalses en que la cuenca aportante tuviera una superficie mayor a 10 km^2, se contempló el cálculo de los caudales máximos con el método del Hidrograma Unitario Sintético (HUS) y la simulación a través de un modelo computacional desarrollado con el software HEC-HMS.

Por otra parte, debido a la existencia de cuencas predominantemente nivales, para determinar los caudales de crecidas asociados a períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años, se utilizó el método DGA-AC para crecidas de deshielo.

En lo que sigue se presenta de manera resumida los métodos de cálculo utilizados, sin embargo, el detalle y la nomenclatura de los términos se puede consultar en la Ref. 4 y Ref. 5.

a) Determinación de las Precipitaciones Máximas para Diferentes Períodos de Retorno

Para determinar las precipitaciones máximas en 24 horas se siguió la metodología propuesta en el estudio Ref. 1. Primero, se determinó la precipitación máxima en 1 día para período de retorno 10 años mediante las isoyetas del mencionado estudio; luego, se ponderó dicha precipitación por los coeficientes de frecuencia adecuados para obtener las precipitaciones para otros períodos de retorno usando la expresión que sigue:

$$P_{24}^{T} = 1{,}1 \cdot CF_T \cdot P_{24}^{T=10}$$

Donde:

P_{24}^{T} : Precipitación en 24 horas y período de retorno T años.
CF_T : Coeficiente de frecuencia de un período T años.
$P_{24}^{T=10}$: Precipitación máxima en 24 horas y período de retorno 10 años, obtenida del plano de isoyetas.

Para determinar precipitaciones máximas de duraciones menores a 24 horas se emplea la siguiente expresión:

$$P_t^{T} = 1{,}1 \cdot CD_t \cdot CF_T \cdot P_{24}^{T=10}$$

Donde:

Pt^{T} : Precipitación máxima en t horas y período de retorno T años.

$P_{24}^{T=10}$: Precipitación máxima en 24 horas y período de retorno 10 años, obtenida del plano de isoyetas.
CD_t : Coeficiente de Duración para t horas (entre 1 y 24 horas)
CF^T : Coeficiente de frecuencia de un período T años.

El factor 1,1 de las ecuaciones anteriores, se incorpora debido a que las precipitaciones en las estaciones pluviométricas se miden a las 8 PM y no reflejan necesariamente las condiciones de precipitación máxima en 24 horas, según el trabajo "Hidrología e Hidráulica de Estructuras Viales, Curso de Capacitación para la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, Facultas de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1989".

El coeficiente de frecuencia se estimó utilizando la recomendación indicada en Ref. 4. Para el caso de la cuarta región, el estudio dividió los coeficientes en 7 zonas homogéneas, las cuales se detallan a continuación.

CUADRO 5.2-1
COEFICIENTES DE FRECUENCIA SEGÚN ZONA HOMOGÉNEA

Zona Homogénea	Nombre Zona	T (años)						
		2	5	10	20	25*	50	100
IV.1	Río Turbio	0,361	0,705	1,000	1,336	1,400	1,853	2,305
IV.2	Fray Jorge	0,485	0,795	1,000	1,192	1,215	1,436	1,615
IV.3	Río Hurtado	0,422	0,749	1,000	1,279	1,326	1,686	2,028
IV.4	Río Grande	0,476	0,774	1,000	1,236	1,273	1,568	1,838
IV.5	Río Illapel	0,527	0,802	1,000	1,200	1,229	1,473	1,689
IV.6	Laguna del Pelado	0,485	0,780	1,000	1,218	1,250	1,517	1,753
IV.7	Río Quilimarí	0,530	0,803	1,000	1,199	1,228	1,470	1,685

* Para T=25 fue interpolado en forma polinomial.

Por su parte, el coeficiente de duración se extrajo en base a la información obtenida de la estación Embalse La Paloma, la cual corresponde a un valor típico para localidades de la cuarta región, según lo señalado por el estudio de la Ref. 4.

CUADRO 5.2-2
COEFICIENTES DE DURACIÓN

Embalse La Paloma	
t (hr)	CD
1	0,156
2	0,266
4	0,441
6	0,597
8	0,667
10	0,780
12	0,823
14	0,866
18	0,919
24	1,000

Cuando interesa estimar la precipitación para períodos menores a una hora, se utiliza la fórmula de Bell.

La intensidad de la precipitación corresponde a la razón entre la precipitación durante un determinado período y el período. Para su cálculo se utiliza la expresión siguiente:

$$I_t^T = \frac{P_t^T}{t}$$

Donde:

P_t^T : Precipitación máxima en t horas y período de retorno T años.
t : Período de tiempo de t horas.

b) Determinación de Caudales de Crecidas Mediante la Fórmula Racional Modificada

En este método el caudal máximo es proporcional a la lluvia de diseño y al tamaño de la cuenca pluvial. Su aplicación es de amplio uso en cuencas urbanas y rurales pequeñas. La gran ventaja de este método es su simplicidad, lo que se traduce en que el resultado es fácilmente controlado en función de variables observables, lo que permite su uso como método de comparación. El caudal máximo se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Q(T) = \frac{C(T) \cdot I_{tc}^T \cdot Ap}{3,6}$$

Donde:

Q(T) : Caudal en (m^3/s).
C(T) : Coeficiente de Escorrentía.
I_{tc}^T : Intensidad de la precipitación (mm/hr).
Ap : Área pluvial (km^2).

La intensidad de la precipitación va a estar asociada al período de retorno T y a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca pluvial.

Por otra parte, el coeficiente de escorrentía a utilizar dependerá del período de retorno T y de la ubicación geográfica. Estos coeficientes se obtienen del resultado de los análisis de frecuencia realizados con la información de 130 estaciones limnigráficas ubicadas entre la III y la IX región de Chile (Ref. 4).

Para la cuarta región, la estimación del coeficiente de escorrentía se ha dividido en 3 zonas: Cuenca Elqui, Cuenca Limarí y Cuenca Choapa. Los valores recopilados se presentan en el cuadro a continuación:

CUADRO 5.2-3
COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA PARA T=10 AÑOS

C(T=10) Fórmula Racional Modificada	
IV Elqui	0,025
IV Limarí	0,078
IV Choapa	0,080

CUADRO 5.2-4
COEFICIENTES DE FÓRMULAS EMPÍRICAS

T	C(T) / C(10)		
años	IV Elqui	IV Limarí	IV Choapa
2	0,87	0,44	0,33
5	0,93	0,75	0,68
10	1,00	1,00	1,00
20	1,06	1,26	1,38
25	1,10	1,36	1,54
50	1,15	1,62	2,00
100	1,20	1,91	2,56

De este modo, el caudal instantáneo máximo asociado a un período de retorno T va a estar dado por:

$$Q(T) = C(10) \cdot \frac{C(T)}{C(10)} \cdot \frac{P_{tc}^T}{tc} \cdot \frac{Ap}{3,6}$$

c) Determinación de Caudales de Crecidas Mediante la Relación de Verni y King Modificada

La relación de Verni y King modificada permite determinar los caudales de crecidas sobre la base de la precipitación media sobre la cuenca y el área aportante a ella, mediante la siguiente expresión:

$$Q(T) = C(T) \cdot 0{,}00618 \cdot (P_{24}{}^{T})^{1,24} \cdot (Ap)^{0,88}$$

Donde:

C(T) : coeficiente empírico para diferentes períodos de retorno.
$P_{24}{}^{T}$: Precipitación máxima en 24 horas y período de retorno T años.
Ap : área pluvial (km^2).

El coeficiente empírico se obtuvo de las recomendaciones de la Ref.4, obteniéndose los valores presentados en el cuadro siguiente:

CUADRO 5.2-5
COEFICIENTES DE FÓRMULAS EMPÍRICAS PARA T=10 AÑOS

C(T=10) Verni - King Modificada	
IV Elqui	0,057
IV Limarí	0,180
IV Choapa	0,200

El factor de frecuencia C(T)/C(10), es el mismo que en el caso del método racional presentado en cuadro 5.3-4.

Cabe señalar que este método permite contar con una rápida y confiable estimación de los caudales de crecida, por lo que se ha usado para comparar los resultados obtenidos con otros métodos. Finalmente, la expresión de la fórmula de Verni-King Modificada, queda de la siguiente manera:

$$Q(T) = C(10) \cdot \frac{C(T)}{C(10)} \cdot 0{,}00618 \cdot (P_{24}{}^{T})^{1,24} \cdot (Ap)^{0,88}$$

d) Método DGA – AC

Este método, para determinar crecidas pluviales, corresponde a un análisis regional basado en series de caudales máximos anuales generadas a partir de información de

caudales máximos medios diarios y caudales máximos instantáneos del período pluvial de 234 estaciones con control fluviométrico.

Para aplicar este método se debe identificar la región donde se encuentra la cuenca en estudio, para la cual se va a tener una relación que permite obtener el caudal medio diario máximo con período de retorno de 10 años (Q_{10}). Luego, de acuerdo con la zona homogénea, se van a derivar los coeficientes de frecuencia asociados a los períodos de retorno. Además, se debe aplicar un coeficiente que permita transformar Q_{10} en caudal máximo instantáneo.

Tanto la relación que especifica Q_{10}, como los coeficientes de frecuencia (relativos a la zona homogénea) y los factores de conversión para pasar a caudal máximo instantáneo, son los propuestos en la Ref. 4.

La relación correspondiente a las regiones III y IV del caudal medio diario máximo (Q_{10}) está dada por:

$$Q_{10} = 1{,}94 \cdot 10^{-7} \cdot (Ap)^{0{,}776} \cdot (P_{24}{}^{T=10})^{3{,}108}$$

Donde:
Q_{10} : Caudal medio diario máximo con período de retorno de 10 años (m^3/s).
Ap : Área Pluvial de la cuenca (km^2).
$P_{24}{}^{T=10}$: Precipitación diaria máxima de período de retorno 10 años (mm).

Los coeficientes de frecuencia correspondientes a la zona de estudio se presentan en los cuadros siguientes:

CUADRO 5.2-6
COEFICIENTES DE FRECUENCIA REGIONAL ZONA HOMOGÉNEA LP
CUENCAS COPIAPO, HUASCO Y ELQUI

Zona	T	Q(T)/Q(10)			α
	años	Media	Máx.	Mín.	
lp	2	0,43	0,52	0,35	1,25
lp	5	0,74	0,80	0,63	1,25
lp	10	1,00	1,00	1,00	1,25
lp	20	1,27	1,34	1,21	1,25
lp	25	1,36	1,46	1,27	1,25
lp	50	1,66	1,87	1,49	1,25
lp	100	2,00	2,33	1,71	1,25

CUADRO 5.2-7
COEFICIENTES DE FRECUENCIA REGIONAL ZONA HOMOGÉNEA JP
CUENCA LIMARÍ

Zona	T	Q(T)/Q(10)			α
	años	Media	Máx.	Mín.	
Jp	2	0,24	0,30	0,19	2,14
Jp	5	0,61	0,66	0,56	2,14
Jp	10	1,00	1,00	1,00	2,14
Jp	20	1,51	1,61	1,40	2,14
Jp	25	1,71	1,85	1,55	2,14
Jp	50	2,41	2,76	2,06	2,14
Jp	100	3,30	3,94	2,66	2,14

CUADRO 5.2-8
COEFICIENTES DE FRECUENCIA REGIONAL ZONA HOMOGÉNEA KP
CUENCA CHOAPA

Zona	T	Q(T)/Q(10)			α
	años	Media	Máx.	Mín.	
Kp	2	0,24	0,48	0,13	1,59
Kp	5	0,60	0,78	0,50	1,59
Kp	10	1,00	1,00	1,00	1,59
Kp	20	1,61	1,77	1,49	1,59
Kp	25	1,82	1,96	1,67	1,59
Kp	50	2,61	3,03	2,33	1,59
Kp	100	3,67	4,47	2,81	1,59

De este modo el caudal instantáneo máximo para los distintos períodos de retorno va a estar dado por la siguiente expresión:

$$Q(T) = \alpha \cdot \frac{Q(T)}{Q(10)} \cdot Q10$$

En la obtención de resultados se utilizó la frecuencia media Q(T)/Q(10).

e) Método del Hidrograma Unitario Sintético

Para la aplicación de este método es necesario conocer ciertos parámetros, a saber: tiempo al peak (Tp), tiempo base (Tb), tiempo unitario (Tu) y caudal peak (Qp). Se utilizaron las expresiones presentadas en el estudio de Ref.4. De acuerdo con las relaciones de Linsley, para la IV Región estos parámetros están dados por las siguientes ecuaciones:

$$Tp = 0{,}323 \times (L*Lg/s^{0,5})^{0,422}$$

$Tb = 5,377 \times Tp^{0,805}$

$Qp = 144,141 \times Tp^{-0,796}$

$Tu = Tp/5,5$

Donde:

L : Longitud del cauce principal (km).
Lg : Longitud al centro de gravedad de la cuenca medido a lo largo del cauce (km).
S : Pendiente media de la cuenca (º/1).

Para estimar la forma completa del hidrograma, se utilizaron los coeficientes de distribución señalados en el cuadro siguiente, los cuales expresan la razón entre el caudal en cualquier instante y el máximo en función de la razón entre el tiempo considerado y el tiempo de retraso.

CUADRO 5.2-9
COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN PARA EL HIDROGRAMA UNITARIO SINTETICO

t/tp	q/qp
0,00	0,0
0,30	0,2
0,50	0,4
0,60	0,6
0,75	0,8
1,00	1,0
1,30	0,8
1,50	0,6
1,80	0,4
2,30	0,2
2,70	0,1

Una vez determinado el hidrograma unitario, el escurrimiento proveniente de cualquier tormenta de duración igual a la correspondiente al hidrograma (Tu), se obtiene amplificando las ordenadas del hidrograma por el valor de la precipitación efectiva.

Para determinar el hietograma efectivo de la lluvia de diseño, se debe restar la infiltración, para lo cual se utiliza el método de la curva número, las que dependen de las características de los suelos de la cuenca afluente a los puntos de interés.

Para estimar el valor de la curva número y el monto de precipitación efectiva, se utilizaron las expresiones indicadas en Ref. 4, las que se detallan a continuación:

$$CN = 29,9 + 73,7 \cdot \text{Log}(Lat - 25)$$

$$CN = \frac{25.400}{254+S}$$

$$Pef = \frac{(P - 0,2 \times S)^2}{(P + 0,8 \times S)}$$

Donde:

CN : Valor de la curva número, para la envolvente superior.
Lat : Latitud del centro de gravedad de la cuenca, en grados (°).
S : Retención potencial máxima, en (mm).
Pef : Precipitación efectiva, en (mm).

f) Modelo de Simulación HEC-HMS

HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) es un programa de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semidistribuido, desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos al peak), a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello algunos de los métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa.

Para simular la respuesta hidrológica de una cuenca, HEC-HMS utiliza los siguientes componentes: modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada.

Una simulación calcula la transformación de lluvia a caudal en el modelo de la cuenca, dada la entrada del modelo meteorológico. Las especificaciones de control definen el período de tiempo durante el cual se realizará la simulación y el intervalo de tiempo a utilizar. Los componentes de los datos de entrada, tales como las series temporales, tablas y datos por celdas, son requeridos como parámetros o condiciones de contorno tanto en el modelo de la cuenca como en el meteorológico.

Para desarrollar los modelos hidrológicos se utilizaron tormentas de diseño tipo, correspondientes a los registros en la estación Embalse La Paloma.

El tiempo de retardo de las cuencas (T lag), se consideraron iguales al tiempo peak Tp.

El método de infiltración correspondió a la envolvente superior de la curva número, sin flujo base.

El hietograma y los intervalos de cálculo se discretizan cada 15 minutos.

g) Tiempo de Concentración (tc)

Para estimar el tiempo de concentración (tc) se consideraron las siguientes expresiones:

- La fórmula del California Division of Highways and Public Works:

$$tc = 0{,}95 \cdot (L^3 / H)^{0{,}385}$$

- La fórmula de Kirpich:

$$tc = 0.000325 \cdot \frac{(L \cdot 1000)^{0.77}}{S^{0.385}}$$

- La fórmula de las Normas Españolas:

$$tc = 0{,}3 \cdot L^{0{,}76} / S^{0{,}19}$$

Donde:

L : Longitud del cauce principal (km).
S : Pendiente media de la cuenca (m/m).
H : Diferencia de nivel total entre cotas extremas de la cuenca (m).

h) Método DGA-AC para Crecidas de Deshielo

El método denominado DGA-AC para crecidas de deshielo, corresponde a un análisis regional de crecidas del período de deshielo, desarrollado en base a los análisis de frecuencias efectuado a las series de excedencia para el período nival de caudales medios diarios máximos y caudales instantáneos máximos, correspondientes a 234 estaciones de control existente en el país.

En primer lugar se debe ubicar la zona homogénea a la cual pertenece la cuenca en análisis. En el caso de las cuencas en estudio que presentan superficies nivales, se encuentran emplazadas en la zona homogénea Rn "Cuencas Huasco, Elqui y Limarí", cuya curva de frecuencia regional nival se detalla en el cuadro a continuación.

CUADRO 5.2-10
CURVA DE FRECUENCIA REGIONAL ZONA HOMOGENEA NIVAL "RN"
CUENCAS HUASCO, ELQUI Y LIMARI

Zona	T	Q(T)/Q(10)			β
		media	máx.	mín.	
Rn	2	0,24	0,38	0,16	1,11
Rn	5	0,61	0,72	0,53	1,11
Rn	10	1,00	1,00	1,00	1,11
Rn	20	1,51	1,69	1,31	1,11
Rn	25	1,70	1,97	1,42	1,11
Rn	50	2,41	3,05	1,79	1,11
Rn	100	3,30	4,52	2,20	1,11

Para estimar el valor del caudal medio diario asociado al período de retorno 10 años se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{10} = 1{,}81 \cdot 10^{-4} \cdot An \cdot (Lat - 26{,}2)^{3{,}392}$$

Donde:

Q_{10} : Caudal medio diario con período de retorno 10 años (m^3/s).
An : Área Nival de la cuenca (km^2).
Lat : Latitud media de la cuenca, en grados (°).

Por la falta de otros métodos de cálculo y debido a la pequeña extensión de algunas cuencas, para la obtención de resultados se consultó la frecuencia máxima Q(T)/Q(10). Finalmente la expresión queda de la siguiente forma:

$$Q(T) = \beta \cdot \frac{Q(T)_{(máx)}}{Q(10)} \cdot Q10$$

En donde Q (T), corresponde al caudal instantáneo máximo según el período de retorno T.

i) Líneas de Nieve

Para calcular el área aportante pluvial es necesario definir en primer lugar la ubicación de la línea de nieves, entendiendo que en este caso corresponde a la cota promedio durante eventos de tormentas, donde se produce la interfase lluvia-nieve.

Por otra parte la línea de nieves que define el área nival de una cuenca, también presenta variaciones temporales durante el año hidrológico, por lo que se hace necesario definir una línea de nieves promedio.

En este sentido se recurre a la Ref.4. según las recomendaciones señaladas en el acápite 2.5 de este manual, las líneas de nieve promedio para la zona en estudio, son las que se indican en el cuadro siguiente:

CUADRO 5.2-11
LINEA DE NIEVES PROMEDIO

Lat	Peña-Vidal	Escobar-Vidal
(°)	H (m.s.n.m)	H (m.s.n.m) *
29.0	2490	
29.5	2420	
30.0	2350	3400
30.5	2280	3150
31.0	2210	2890
31.5	2150	2790
32.0	2080	2700
32.5	2010	2630
33.0	1940	2520
33.5	1870	2410
34.0	1780	2300
34.5	1640	2130
35.0	1470	1980
35.5	1300	1820

* Los valores en rojo corresponden a los obtenidos del estudio de Escobar-Vidal, sin embargo no figuran en las recomendaciones indicadas en la Ref.4.

En lo referente a cálculo de crecidas, los valores obtenidos por Peña y Vidal están recomendados para definir área nival, por su parte los valores de Escobar y Vidal se utilizan para definir el área pluvial.

Según las recomendaciones de la Ref.4. para latitudes menores a los 35,0°, se puede utilizar la línea de nieves de Peña y Vidal, tanto para definir área pluvial como nival. Sin embargo, a modo conservador se utilizaron los valores obtenidos por Escobar y Vidal para latitudes menores los 35,0° con el fin de maximizar el área aportante pluvial.

5.2.4 Antecedentes de las Cuencas en Estudio

Para la utilización de los modelos precipitación–escorrentía se requiere del conocimiento de algunos parámetros asociados a las cuencas, entre ellos destacan: el

área pluvial (Ap), área nival (An), el tiempo de concentración (tc) y la precipitación máxima en 24 hrs sobre la cuenca.

a) Áreas Aportantes

El área de precipitación líquida, y que por lo tanto aporta a la escorrentía directa, fueron determinadas con base en los antecedentes cartográficos de la Ref. 6, 8, 9 y 10 y las líneas de nieve (Escobar y Vidal) del Cuadro 5.2-11.

En el caso del área nival, sólo las cuencas 1, 2, 4 y 12, cuentan con superficies sobre la cota de la línea de nieves definida por Peña y Vidal. En el caso de la cuenca 12, el porcentaje de área nival es mínimo y despreciable con respecto a una crecida de origen pluvial. Por otra parte las cuencas 1, 2 y 4 están por sobre la línea de nieves de Peña y Vidal, y además están por sobre recomendación para la estimación de superficies pluviales de Escobar y Vidal; por este motivo es que en teoría se puede considerar que las crecidas nivales son de mayor importancia que las pluviales, debido a que el área aportante pluvial es nula.

Se consideró el cálculo de crecidas de deshielo para las cuencas 1, 2 y 4, para el resto de las cuencas se usaron estimaciones tomando en cuenta sólo crecidas de origen pluvial.

b) Tiempos de Concentración

En el Cuadro 5.2-14 se presentan los tiempos de concentración según los métodos descritos. Como criterio general se adoptó un tiempo de concentración promedio de los métodos California Highways, Kirpich y Normas Españolas, con un valor límite mínimo igual a 15 minutos (0,25 hrs).

CUADRO 5.2-14
TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

		Tc (hr)			Tc (hr)
N°	EMBALSE	California	Kirpich	N.Esp	Adoptado
1	EL INDIO, CIA MINERA LAG. PASTOS LARGOS	-	-	-	-
2	CIA MINERA EL INDIO TRANQUE RELAVES EL INDIO	-	-	-	-
3	CIA MINERA SAN GERONIMO SOCORRO 6	0,45	0,33	1,24	0,68
4	CIA MINERA DEL PACIFICO S.A. EMBALSE LA LAGUNA	-	-	-	-
5	CIA MINERA SAN GERONIMO LA HIGUERA	0,48	0,35	1,29	0,70
6	SOC. CONTRACTUAL MINERA LOLOL TAMBILLLOS	-	-	-	-
7	CIA MINERA C. DE ANDACOLLO QDA CAMARONES	1,54	0,88	3,06	1,83
8	MINERA TALCUNA LIMITADA TRANQUE YENI	0,15	0,12	0,45	0,25
9	QUILLAYES	-	-	-	-
10	EL DURAZNO	0,27	0,21	0,79	0,43

		Tc (hr)			Tc (hr)
N°	EMBALSE	California	Kirpich	N.Esp	Adoptado
11	QDA. MANQUEHUA	0,12	0,12	0,49	0,25
12	LLAMUCO	0,87	0,55	2,09	1,17
13	CENTINELA	-	-	-	-
14	TAHUINCO	0,27	0,22	0,8	0,43
15	LIMAHUIDA	0,21	0,18	0,6	0,33
16	LAS CAÑAS N° 2 - EL MOLLE	0,15	0,11	0,42	0,25
17	LAS CAÑAS N° 1 - LAS FUNAS	-	-	-	-
18	BATUCO EL PIEDRINO	0,18	0,16	0,62	0,32
19	QUELEN ALTO	-	-	-	-
20	PANGUESILLO	0,09	0,09	0,35	0,25
21	COIRON - LLIMPO, FUNDO EL LITAL	0,08	0,09	0,34	0,25
22	LAS CAÑAS N° 3 - TROPEZÓN	0,3	0,28	0,88	0,49
23	PERALILLO - AGROSERVICIOS CALLE LARGA	-	-	-	-
24	MILLAHUE	0,14	0,09	0,28	0,25
25	BATUCO " TRANQUE SALINAS" SAN AGUSTIN	-	-	-	-
26	LA BRUNINA (ARBOLEDA GRANDE)	-	-	-	-
27	CUNLAGUA	-	-	-	-
28	SAN AGUSTIN	0,11	0,11	0,45	0,25
29	STA. VIRGINIA - SAN GERARDO	0,1	0,09	0,35	0,25
30	HUINTIL	-	-	-	-
31	LAS COCINERAS	-	-	-	-
32	BELLAVISTA	0,53	0,36	1,27	0,72
33	CUZ-CUZ N° 1	-	-	-	-
34	CUZ-CUZ N° 2	0,11	0,11	0,38	0,25
35	PLANTA PORTEZUELO (REEMPLAZA SAN JORGE)	-	-	-	-
36	SECTOR QUILIMARI - LOS LOROS	-	-	-	-
37	LA PALMA HACIENDA EL MOLLAR	0,96	0,56	2,08	1,20
38	GUANGUALI	0,06	0,05	0,17	0,25
39	LA PALMA-AJIAL AGRICOLA ARANCIBIA	-	-	-	-
40	PUPIO N° 1	0,05	0,05	0,2	0,25
41	CONTADOR FRUTOS FUNDO LAS TOTORAS	0,13	0,11	0,38	0,25
42	VERFRUT VALLE HERMOSO - RÍO PAMA	0,13	0,11	0,43	0,25
43	VERFRUT FUNDO EL PARRAL (MANZANO)	0,34	0,27	0,88	0,49
44	AFRUVA HACIEDA RAMADILLAS	-	-	-	-
45	BAUZA RÍO COGOTÍ	0,09	0,08	0,26	0,25
46	ANDACOLLO INVERSIONES FUNDO BELLAVISTA	0,16	0,15	0,49	0,27
47	CONTADOR FRUTOS LLANOS SAN JULIAN	-	-	-	-
48	FUNDO CENTINELA S.A.	0,38	0,26	0,89	0,51
49	ANDACOLLO INV. FUNDO LA PLAYA	-	-	-	-

c) Precipitación Máxima

El índice a partir del cual se calcula las restantes precipitaciones máximas e intensidades es la precipitación máxima en 24 horas de período de retorno 10 años ($P_{24}^{T=10}$); Este se obtuvo del mapa de isoyetas de la Ref. 1.

d) Validación Extrapolación de Caudales

Con el objetivo de validar la extrapolación de caudales para períodos de retorno mayores a 100 años, se ha utilizado una serie de caudales máximos instantáneos de una estación ubicada en la IV Región (Río Cogotí en Fragüita), y se ha aplicado el modelo probabilístico de caudales extremos (Gumbel) para calcular los caudales máximos hasta períodos de retorno de 500 años. Luego, a la curva de la serie de caudales máximos obtenidos hasta T= 100 años, se le aplicó la curva de mejor ajuste, para luego, con dicha función, extrapolar los caudales para 250, 500 y 1.000 años; los datos obtenidos fueron comparados con los determinados a través de Gumbel.

A continuación se incluyen caudales máximos instantáneos de la estación fluviométrica Cogotí en Fragüita.

CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS
COGOTÍ EN FRAGÜITA (m3/s)

año	Caudal
1950	6,1
1951	3,2
1952	9,2
1953	24,3
1954	6,0
1955	2,8
1956	3,4
1957	19,0
1958	4,4
1959	8,4
1960	5,4
1961	9,1
1962	4,1
1963	19,0
1964	5,7
1965	41,7
1966	9,0
1967	3,9
1968	2,0
1969	2,0
1970	1,8
1971	0,6
1972	17,7
1973	2,4
1974	3,9
1975	5,0

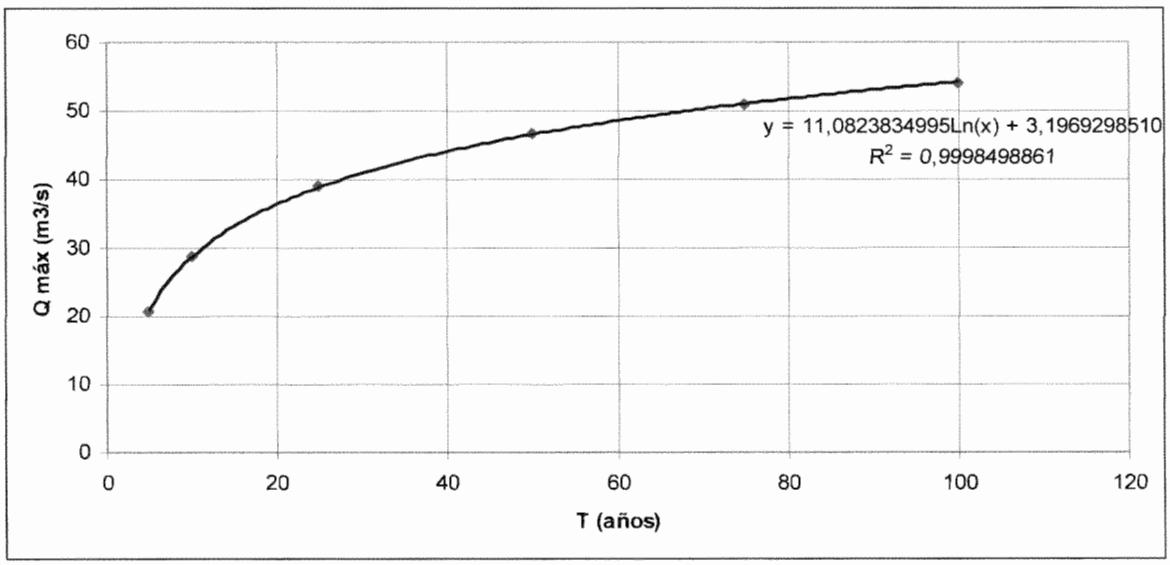
año	Caudal
1976	5,8
1977	20,3
1978	23,6
1979	3,2
1980	12,3
1981	3,3
1982	14,2
1983	23,8
1984	30,7
1985	1,3
1986	6,5
1987	58,3
1988	1,2
1989	6,5
1990	1,1
1991	11,1
1992	16,1
1993	5,7
1994	4,2
1995	0,5
1996	1,8
1997	45,2
1998	1,1

Haciendo un análisis de frecuencia de los caudales extremos a través de Gumbel (modelo probabilístico de valores extremos), se obtiene:

Caudales Máximos para Diferentes T, según Gumbel

T (años)	Caudal (m3/s)
5	**21**
10	**29**
25	**39**
50	**47**
75	**51**
100	**54**
250	**64**
500	**71**
1.000	**79**

Por otro lado, graficando los valores para T= 5 hasta 100 años, se tiene:



Para extrapolar caudales máximos para 250, 500 y 1.000 años, se probaron varios tipos de tendencias (potencial, logarítmica, exponencial, etc.), y la que mejor se ajusta es la logarítmica.

En el siguiente cuadro se incluyen los valores obtenidos al aplicar la distribución logarítmica; se incluyen los valores obtenidos según Gumbel para compararlos.

Comparación Caudales Máximos
Según Gumbel y Tendencia Logarítmica

T (años)	Gumbel	Logarítmica
5	20,82	21,03
10	28,87	28,72
25	39,05	38,87
50	46,61	46,55
75	50,99	51,04
100	54,10	54,23
250	64,00	64,39
500	71,00	72,07
1.000	78,86	79,75

Se observa una buena concordancia entre los valores obtenidos según Gumbel y a través de extrapolar los caudales utilizando hasta T= 100 años, los correspondientes de 250, 500 y 1.000 años, usando tendencia logarítmica.

e) Períodos de Retorno Según Tipo de Obra

De acuerdo con el Reglamento de Obras Mayores, el cual al día de hoy no está aprobado pero que se puede usar como una norma referencial, se definen las siguientes categorías de embalses:

- Categoría A: Embalses Pequeños, de altura de muro máxima mayor a 5 m e inferior a 12_m, o bien de capacidad superior a 50.000 m^3 e inferior a 1.500.000 m^3.

- Categoría B: Embalses Medianos, de altura de muro máxima mayor o igual a 12 m e inferior a 30 m, o bien de capacidad igual o superior a 1.500.000 m^3 e inferior a 60.000.000 m^3.

- Categoría C: Embalses Grandes, de altura máxima de muro igual o superior a 30 m, o bien de capacidad igual o superior a 60.000.000 m^3.

Las crecidas de diseño para el evacuador de seguridad serán:

- Categoría A: 250 años
- Categoría B: 500 años
- Categoría C: 1.000 años

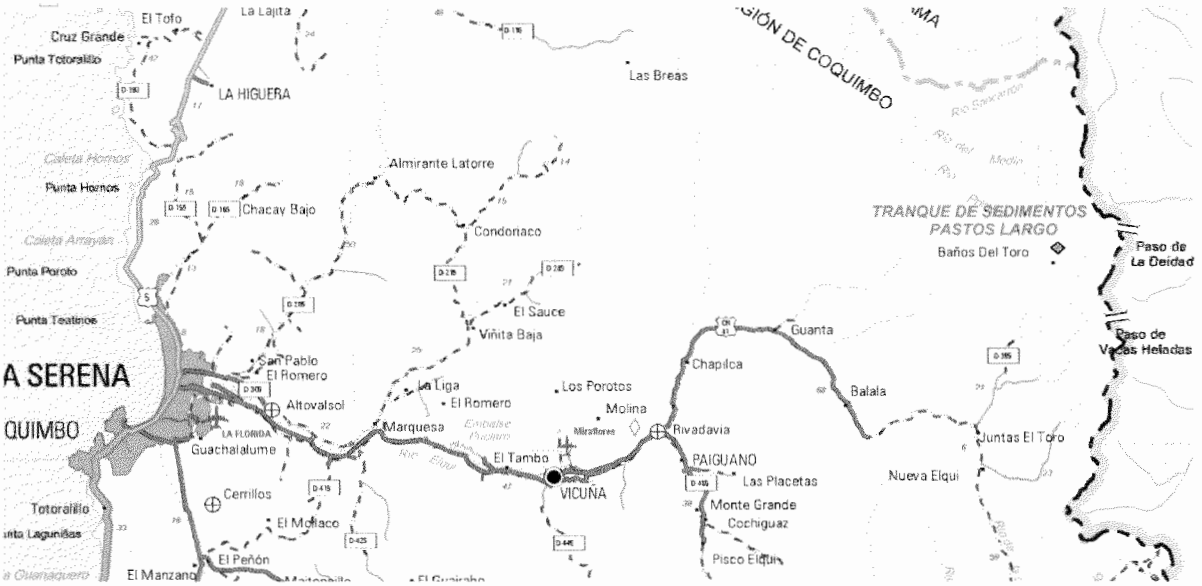
Para embalses de altura de muro menor a 5 m, se usará crecida de diseño de T= 250 años.

5.3 RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA EMBALSE

A continuación se procede a entregar un resumen del diagnóstico y los resultados obtenidos para cada uno de los embalses.

5.3.1 Embalse Pastos Largos

Ubicado en la comuna de Vicuña, provincia del Elqui.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.703.403 E: 403.258Datum: WGS 84
Altitud: 3.527 m.s.n.m



Acceso: Sector Minera El Indio, aguas arriba campamento Canchas de Esquí sector km 20.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

CIA MINERA EL INDIO	
TRANQUE DE SEDIMENTACIÓN PASTOS LARGOS	
CUENCA	RIO ELQUI
SUB - CUENCA	RIO MALO
FUENTE	RIO MALO
CIA. MINERA EL INDIO S.A.	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION	
	Sep-08
DIA	MES AÑO

COORDENADAS UTM		
	N	6.703.403
	E	403.258

DATUM						
	w	G	S	8	4	
		Huso 19				

ALTITUD m.s.n.m.	3.527

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	ELQUI
COMUNA:	VICUÑA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		15,00
ALTURA DEL MURO (m)		30,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		6,90
LARGO CORONAMIENTO (m)		186,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES	x	6
OTROS USOS SEDIMENTACIÓN	X	7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	20,00	2,75	1
	EXTERNO	28,00	1,88	1

AÑO CONSTRUCCION	1990

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	2006

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	1 m3
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

AREA REGADA: NO RIEGA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B
AÑO REPARACION	2006

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	1 M3/SEG
VERT. DE SIFON		4	
OTR: FRONTAL		5	

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	X	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

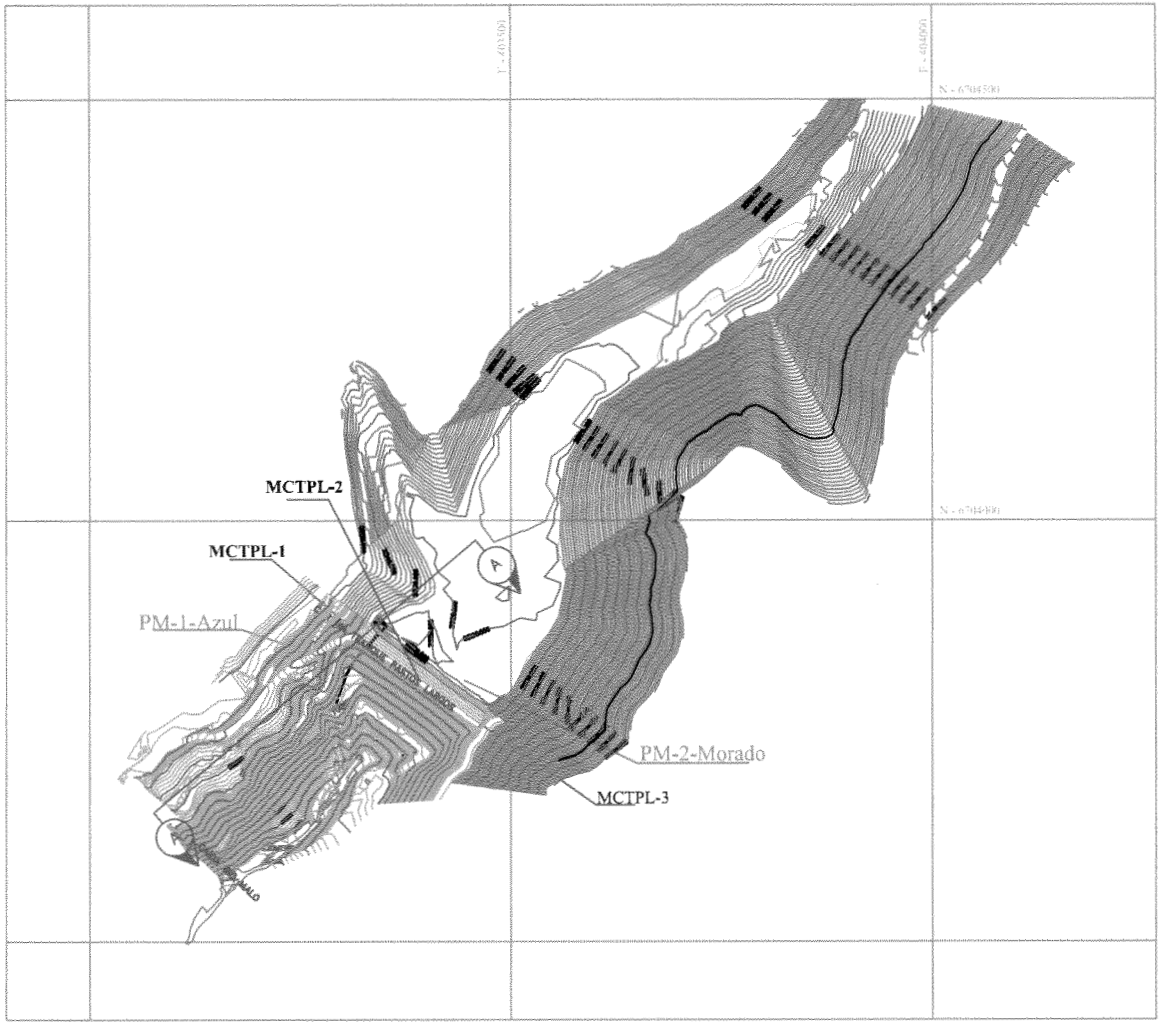
NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

ESTADO	B
AÑO REPARACION	2006

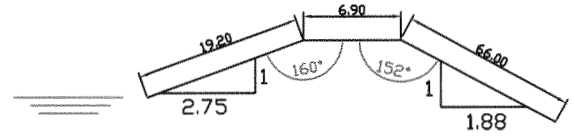
OBSERVACIONES: TRANQUE SEDIMENTADOR DEL RIO MALO. ESTE RIO SE CONDUCE ACTUALMENTE POR UN BYPAS DEL TRANQUE DE RELAVES. EL RIO MALO EN FORMA NATURAL TRAE UNA GRAN CANTIDAD DE SOLIDOS DISUELTOS LOS QUE SEDIMENTAN EN LA PARTE SUPERIOR DEL TRANQUE PASTOS LARGOS GENERANDO UN FLUJO LIMPIO HACIA SU UNIÓN CON EL RIO TORO. OBRAS DE EVACUACIÓN CON SISTEMA DE MONITOREO REMOTO DE CAUDAL Y CALIDAD DE AGUA. PRESENTA AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL EN BORDE SUPERIOR INTERNO DEL MURO. GRIETA DE 15 CM APP. DE PROFUNDIDAD.

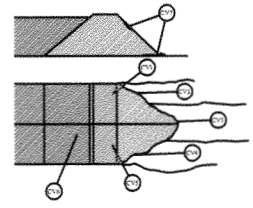
ESTADO GENERAL: BUENO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: SECTOR MINERA EL INDIO, AGUAS ARRIBA CAMPAMENTO CANCHAS DE ESQUI SECTOR KM 20.



CORTE A–A





Descripción de Puntos de Monitoreo Visual Tranque El Indio

CV-1 : Muro y estribo izquierdo superior.
CV-2 : Estribo izquierdo.
CV-3 : Pie del Muro.
CV-4 : Estribo derecho.
CV-5 : Muro y estribo derecho.
CV-6 : Cubierta del Tranque.
CV-7 : Centro Muro y/o vertedero.

"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE PASTOS LARGOS – COMPAÑIA MINERA EL INDIO

COMUNA DE VICUÑA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

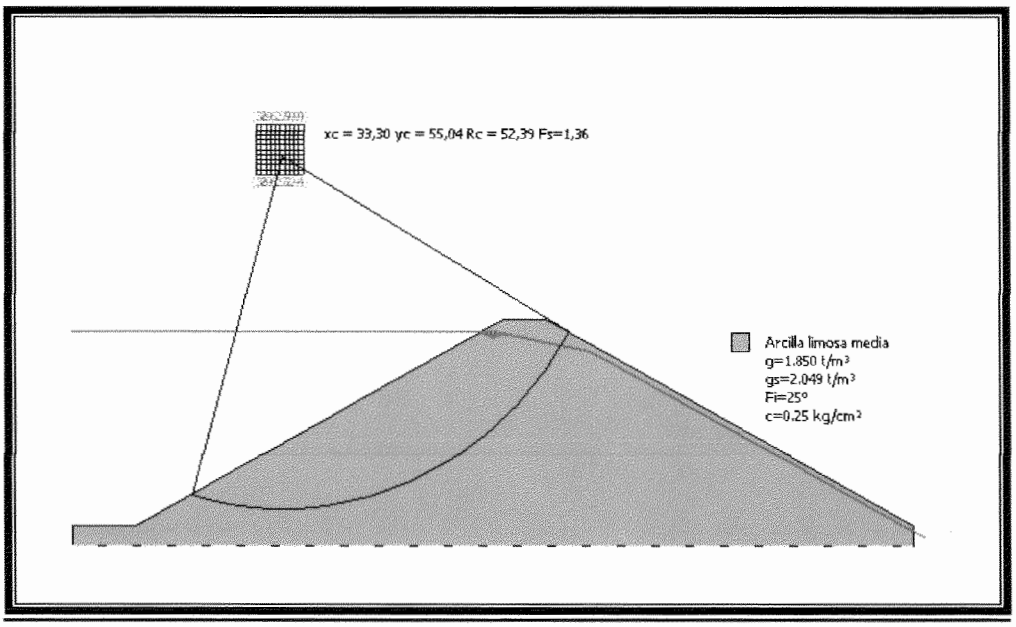
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

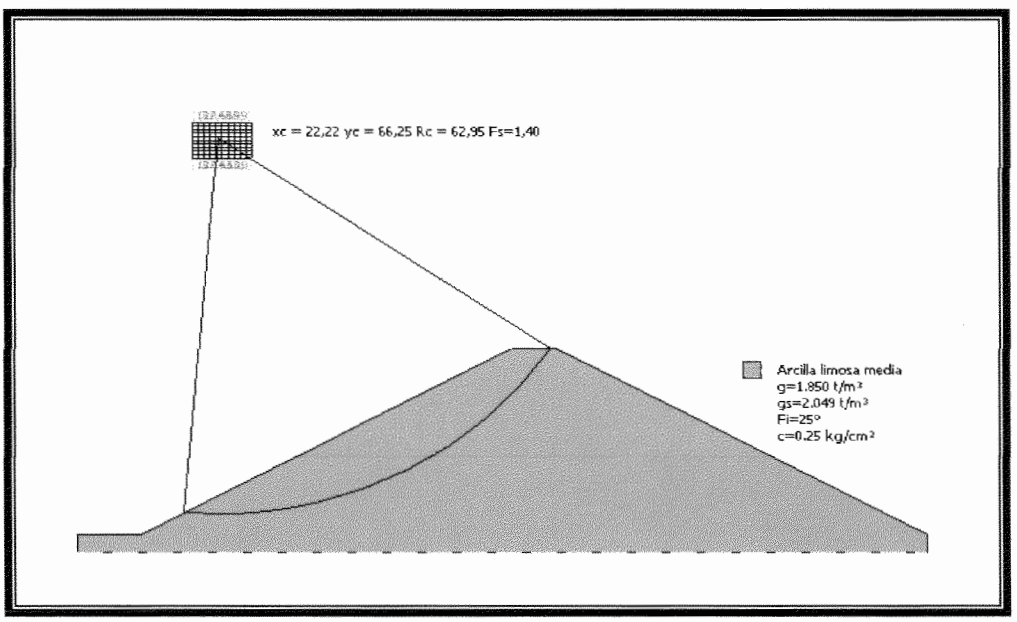
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

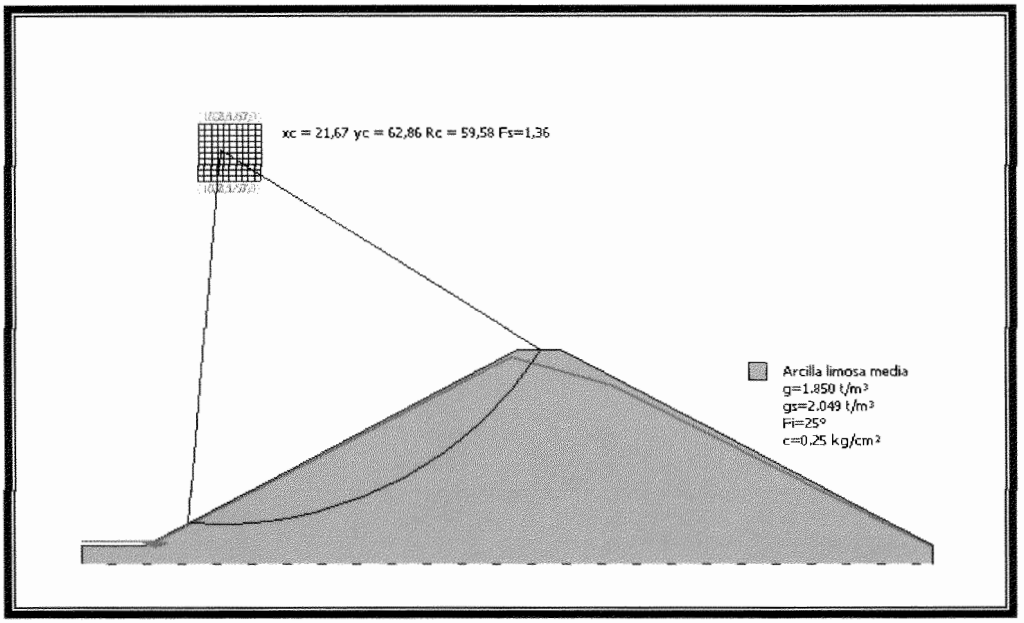
- Estático, con Agua



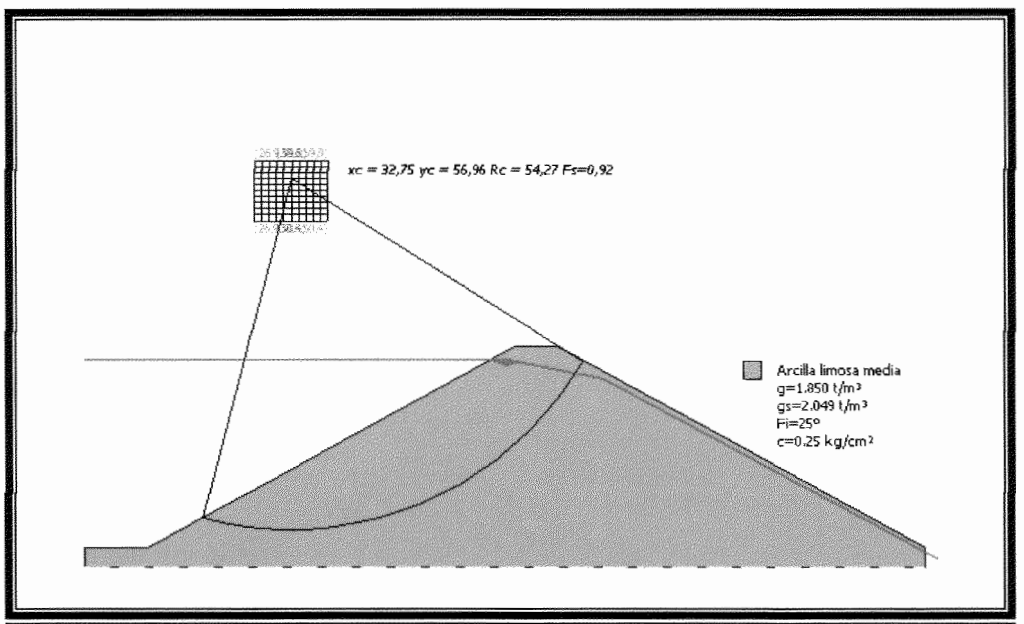
- Estático, sin Agua



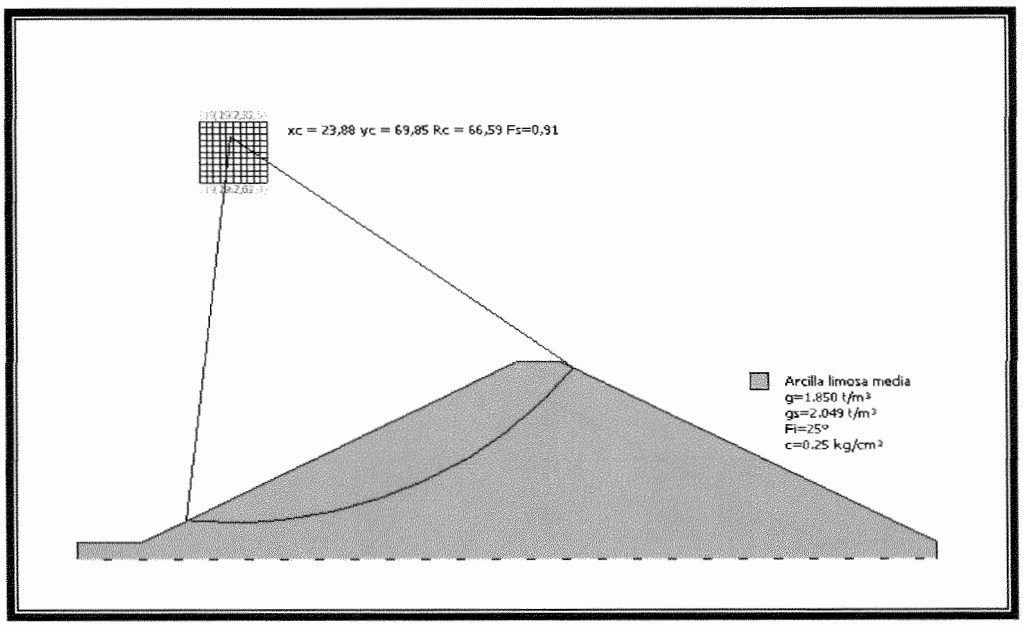
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

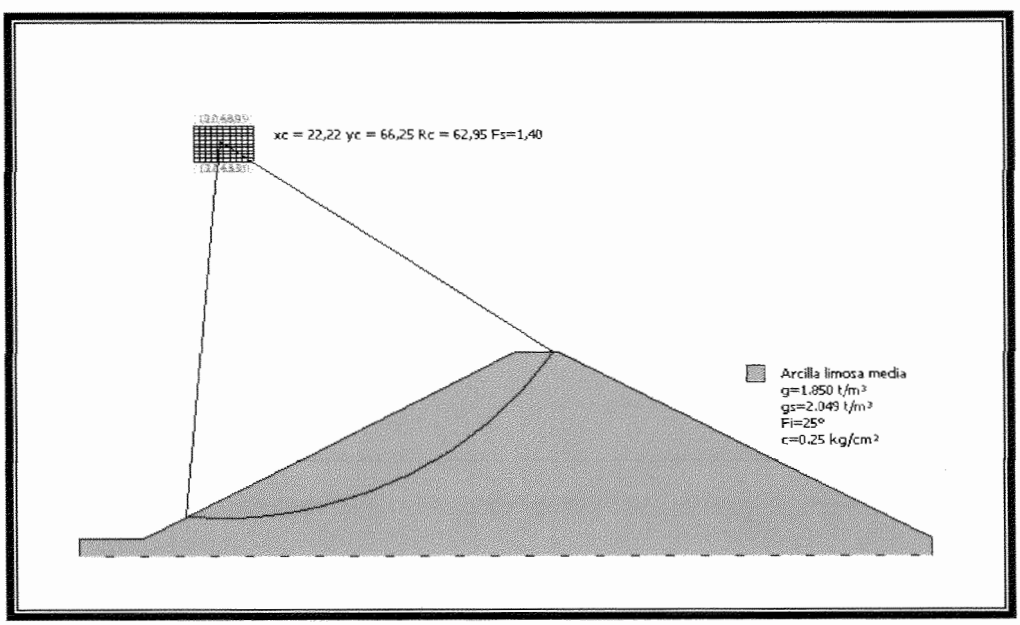


- Sísmico, sin Agua

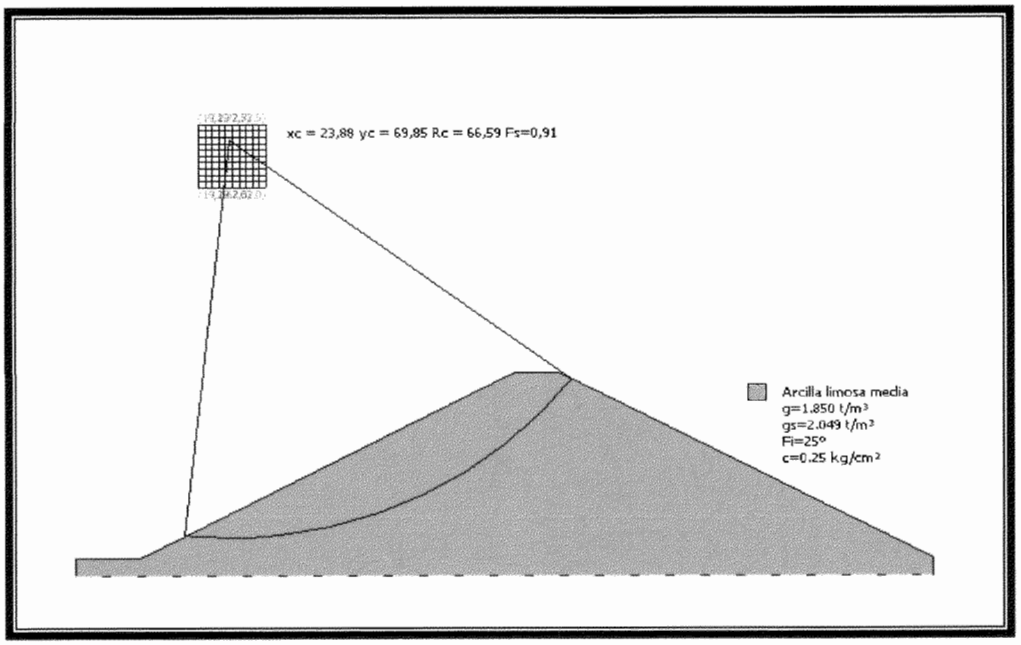


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

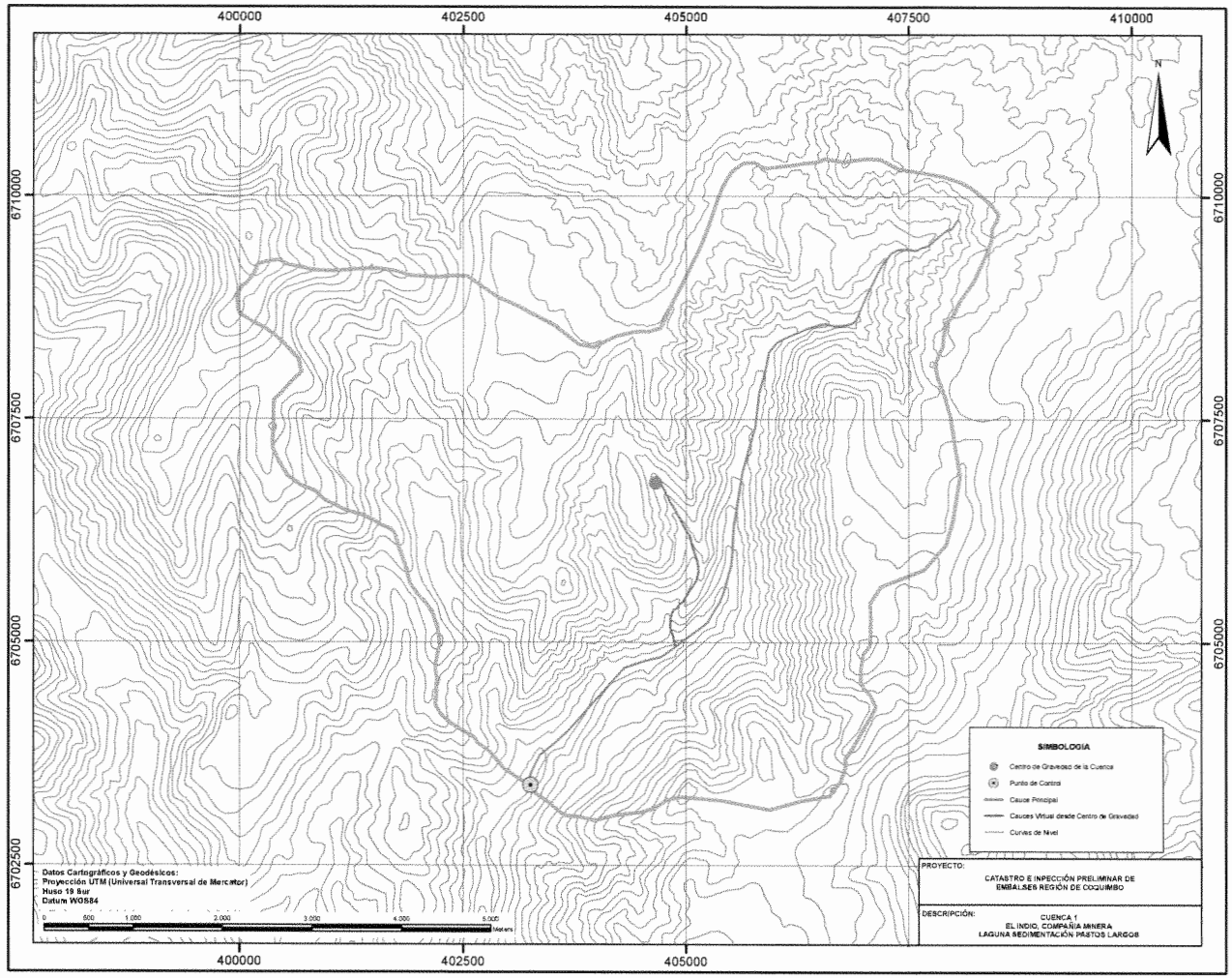


- **Resultados Estudio de Crecidas**

A continuación se incluyen los resultados del estudio de crecida efectuado.

CUENCA 1.- EL INDIO, CIA MINERA LAGUNA SEDIMENTACIÓN PASTOS LARGOS

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
1	EL INDIO, CIA MINERA LAGUNA SEDIMENTACIÓN PASTOS LARGOS	403.258	6.703.403	84 H19S	38.813.881	404.658	6.706.790	0,48	1350	8.778	4.464

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ **Método DGA-AC para Crecidas de Deshielo**

N°	EMBALSE	Zona Homogénea	T	A Nival km2	Lat °	Q(10) m3/s	Q(T)/Q(10) media	Q(T)/Q(10) máx.	Q(T)/Q(10) mín.	β	Q(T) m3/s media	Q(T) m3/s máx.	Q(T) m3/s mín.
1	EL INDIO, CIA MINERA LAGUNA SEDIMENTACIÓN PASTOS LARGOS	Rn	2	38,81	29,8	0,52	0,24	0,38	0,16	1,11	0,14	0,22	0,09
		Rn	5	38,81	29,8	0,52	0,61	0,72	0,53	1,11	0,35	0,42	0,31
		Rn	10	38,81	29,8	0,52	1,00	1,00	1,00	1,11	0,58	0,58	0,58
		Rn	20	38,81	29,8	0,52	1,51	1,69	1,31	1,11	0,88	0,98	0,76
		Rn	25	38,81	29,8	0,52	1,70	1,97	1,42	1,11	0,99	1,14	0,82
		Rn	50	38,81	29,8	0,52	2,41	3,05	1,79	1,11	1,40	1,77	1,04
		Rn	100	38,81	29,8	0,52	3,30	4,52	2,20	1,11	1,91	2,62	1,28

CAUDALES MÁXIMOS NIVALES
MÉTODO DGA-AC PARA DESHIELO (m^3/s)

N°	EMBALSE	T años	Q(T) m3/s
1	EL INDIO, CIA MINERA LAGUNA SEDIMENTACIÓN PASTOS LARGOS	2	0,22
		5	0,42
		10	0,58
		20	0,98
		25	1,14
		50	1,77
		100	2,62

Se observa que los caudales de crecida de origen nival presentan valores bastante bajos tomando en consideración el tamaño de la cuenca. Esto se debe a que el método DGA-AC para crecidas de deshielo fue calibrado para cuencas de gran superficie. En este sentido sólo la cuenca número 4 (Embalse La Laguna, ver puntos posteriores) cumple con todos los requisitos teóricos del método.

Al no tener otro método de comparación, y por seguridad, se recomienda adoptar el rendimiento de la cuenca número 4 y aplicar dicho rendimiento a la cuenca Pastos Largos; el resultado es el siguiente.

CAUDALES MÁXIMOS NIVALES RECOMENDADOS

N°	EMBALSE	T	A Nival km2	Rendimiento (q) m3/s/km2	Q (T) m3/s
1	EL INDIO, CIA MINERA LAGUNA SEDIMENTACIÓN PASTOS LARGOS	2	38,81	0,009	0,34
		5	38,81	0,017	0,65
		10	38,81	0,023	0,90
		20	38,81	0,039	1,52
		25	38,81	0,046	1,77
		50	38,81	0,071	2,75
		100	38,81	0,105	4,07

Este embalse es Categoría B (altura muro= 30 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 500 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 500 años)= 11,66 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Pastos Largos existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Pastos Largos	42,15	50,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Pastos Largos.

TALUDES EMBALSE PASTOS LARGOS

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Pastos Largos	Dx	58,27	Dx	58,27
	Dy	30,99	Dy	30,99

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Pastos Largos	1,36	1,40	1,36	0,92	0,91

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Pastos Largos	1,40	0,91

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 para los siguientes casos:

- Talud Aguas Arriba: sísmico con y sin agua
- Talud Aguas Abajo: sísmico sin agua

➢ **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

➢ **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse Pastos Largos será:

P= 10 %
V= 65%
E= 15%

Riesgo Total= 0,98 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Pastos Largos, se tiene lo siguiente:

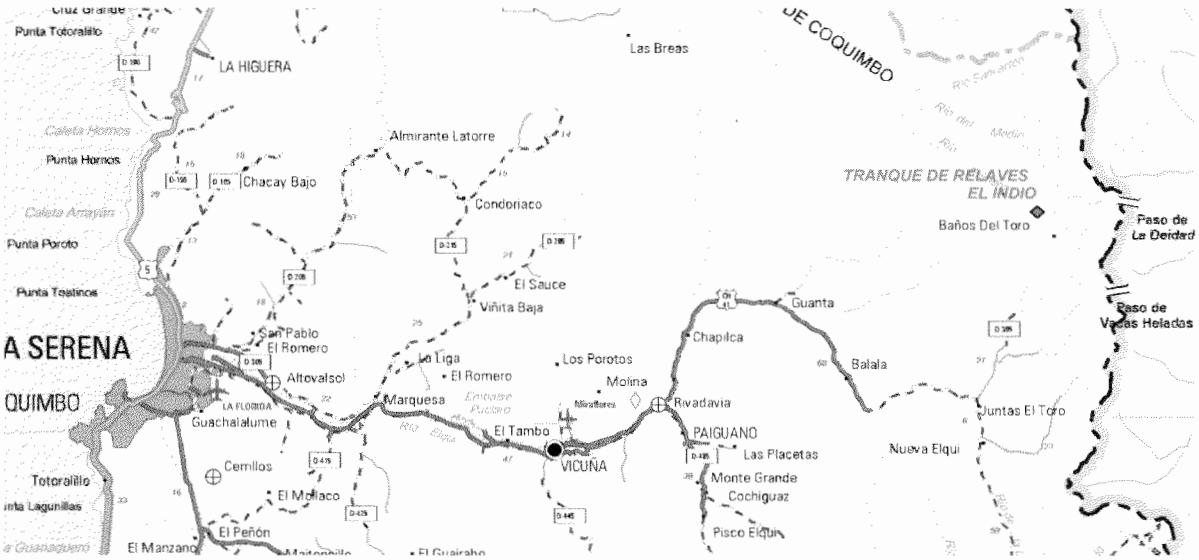
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
30	500	11,66	1	0,95	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.2 Tranque de Relaves El Indio

Ubicado en la comuna de Vicuña, provincia del Elqui.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.704.764 E: 404.403 Datum: WGS 84
Altitud: 3.641 m.s.n.m



Acceso: 2 Km. aguas arriba del tranque sedimentador Pastos Largos, sector Minera El Indio, Km. 34.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

CIA MINERA EL INDIO	
TRANQUE DE RELAVES EL INDIO	
CUENCA	
RIO ELQUI	
SUB - CUENCA	
RIO MALO	
FUENTE	
RIO MALO	
CIA. MINERA EL INDIO S.A.	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.704.764
	E	404.403

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	ELQUI
COMUNA:	VICUÑA

DATUM	w	G	S	8	4	
		HUSO 19				

ALTITUD m.s.n.m.	3.641

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES TON)	19,00
ALTURA DEL MURO (m)	68,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)	5.65 - 37.00
LARGO CORONAMIENTO (m)	310,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	20,00	2,75	1
	EXTERNO	29,00	1,43	1

AÑO CONSTRUCCION	1990

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B	
AÑO REPARACION		2006

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	SIN ENTREGA

AREA REGADA: NO APLICA

ESTADO	B	
AÑO REPARACION		2006

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR: FRONTAL		5	NO APLICA

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	X	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION			NO	

POTENCIA GENERADA

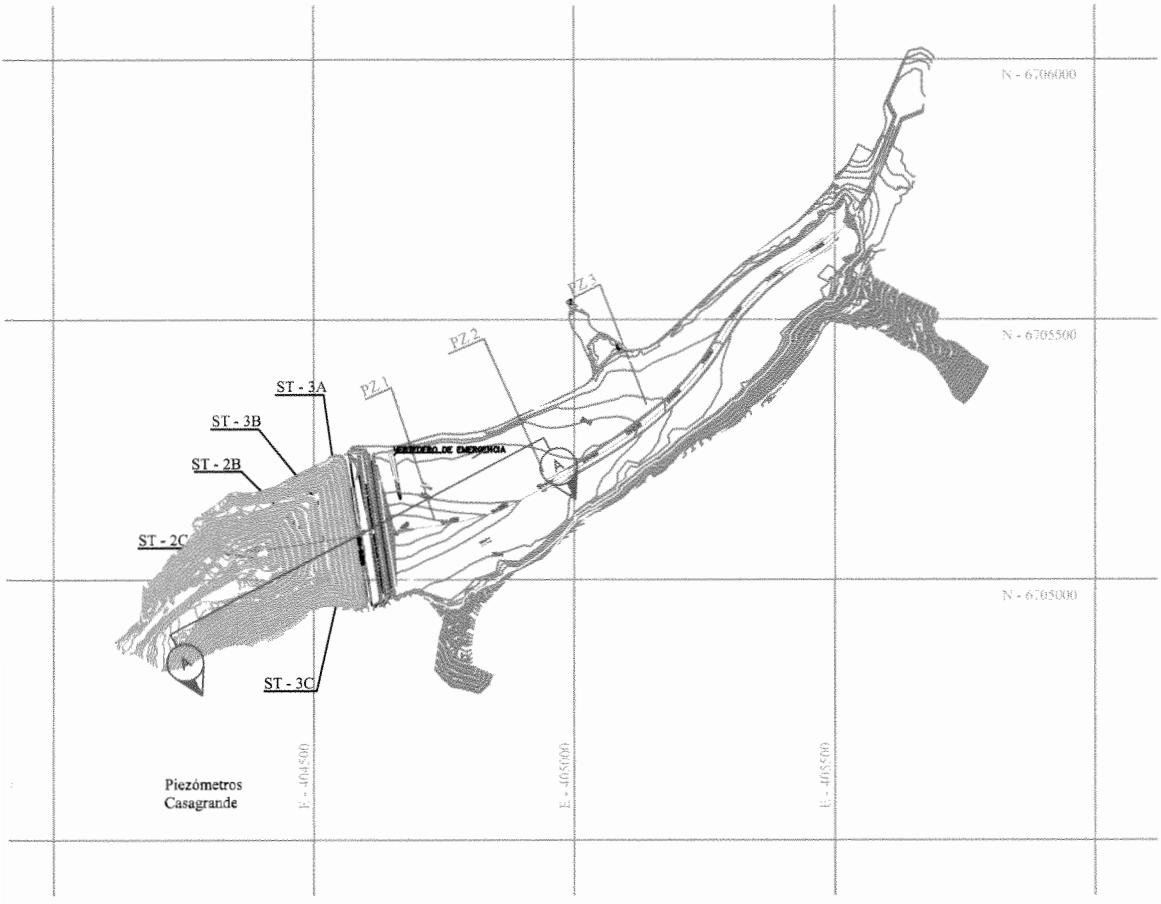
NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

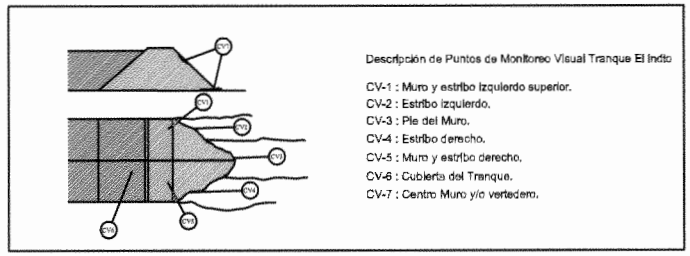
ESTADO	B	
AÑO REPARACION		2006

OBSERVACIONES: TRANQUE DE ACUMULACIÓN DE RELAVES DE MINERA EL INDIO. EL TRANQUE ESTA CUBIERTO POR MEMBRANA, ARCILLA Y UN CONGLOMERADO OBTENIDO DE LOS CERROS VECINOS PARA EVITAR LA DISPERSIÓN DE LAS ARENAS Y LA CONTAMINACIÓN CON RELAVES DEL RIO MALO. ESTE RIO TIENE SU CAUCE TRAZADO Y EXCAVADO SOBRE LA CUBETA DEL TRANQUE.

ESTADO GENERAL: BUENO

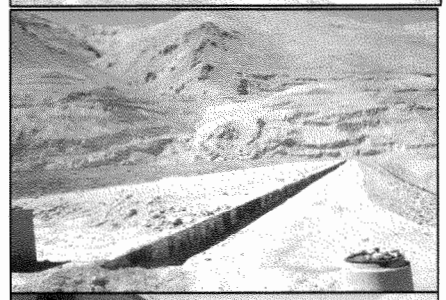
DESCRIPCION DE UBICACIÓN 2 KM AGUAS ARRIBA DEL TRANQUE SEDIMENTADOR PASTOS LARGOS, SECTOR MINERA EL INDIO, KM 34.





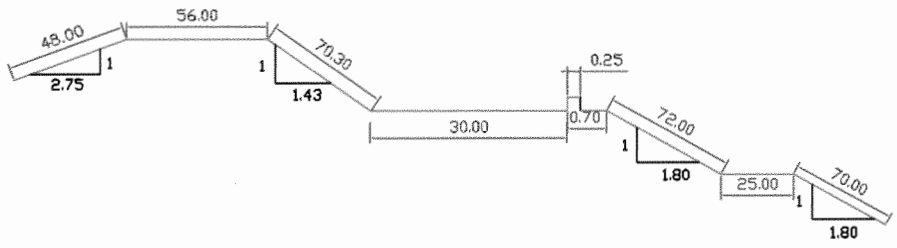
Descripción de Puntos de Monitoreo Visual Tranque El Indio

CV-1 : Muro y estribo izquierdo superior.
CV-2 : Estribo izquierdo.
CV-3 : Pie del Muro.
CV-4 : Estribo derecho.
CV-5 : Muro y estribo derecho.
CV-6 : Cubierta del Tranque.
CV-7 : Centro Muro y/o vertedero.



CORTE A–A

Relaves



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE EL INDIO – COMPAÑIA MINERA EL INDIO

COMUNA DE VICUÑA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

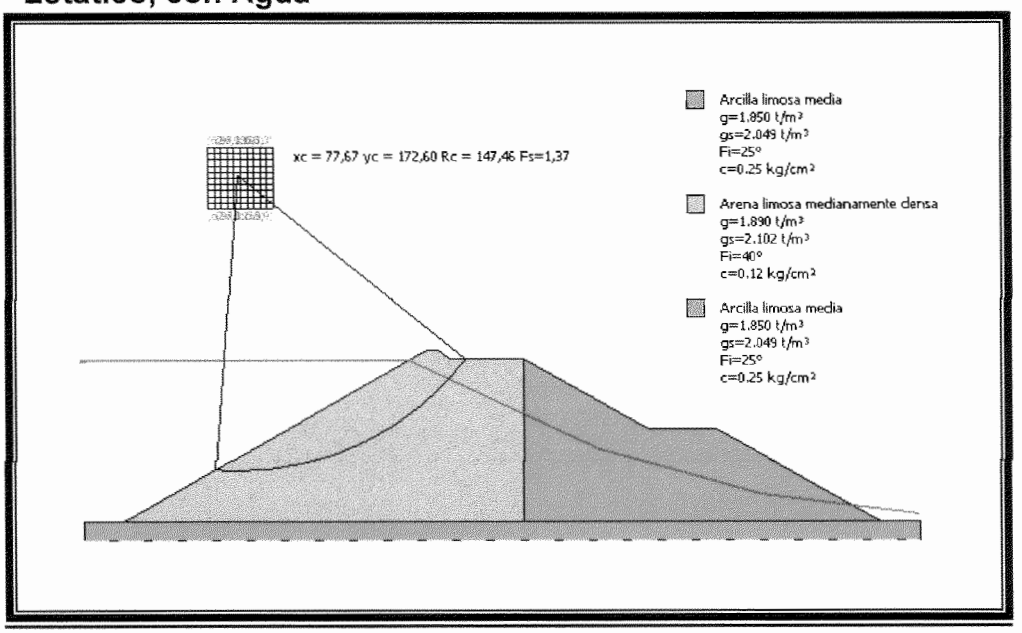
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

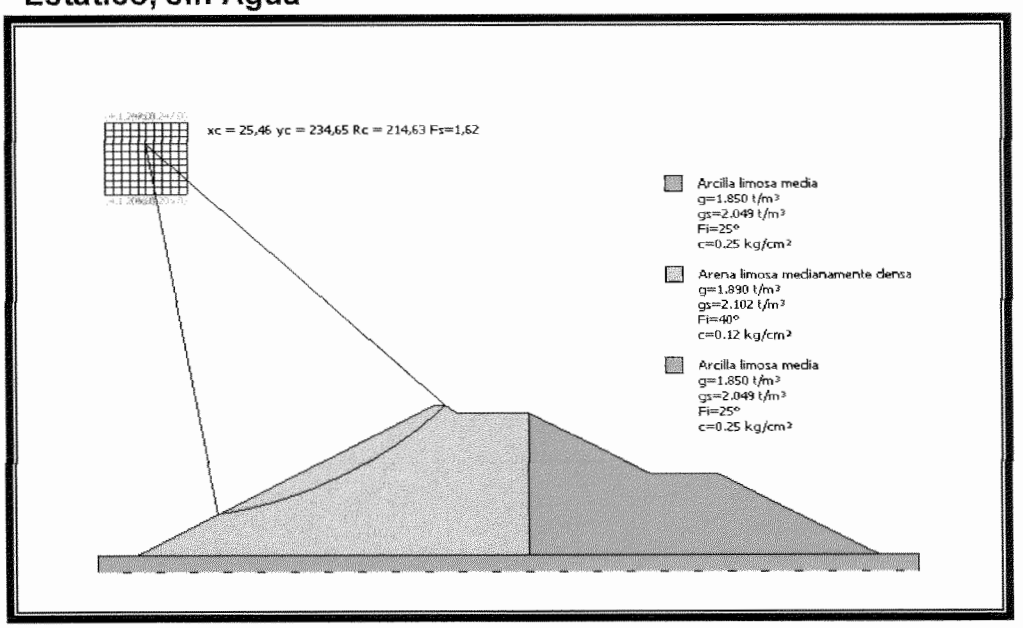
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

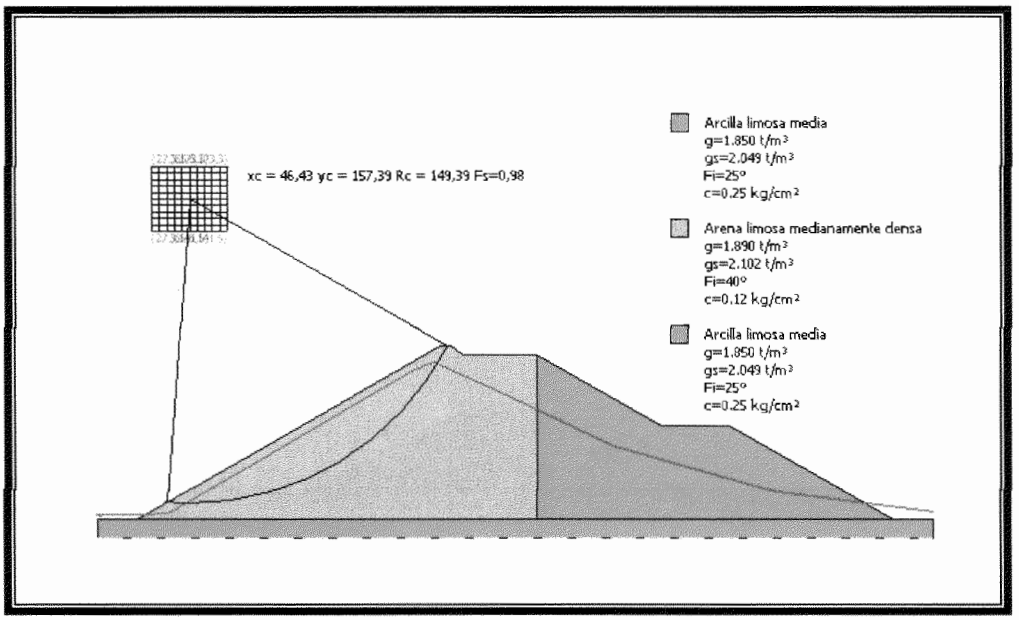
- Estático, con Agua



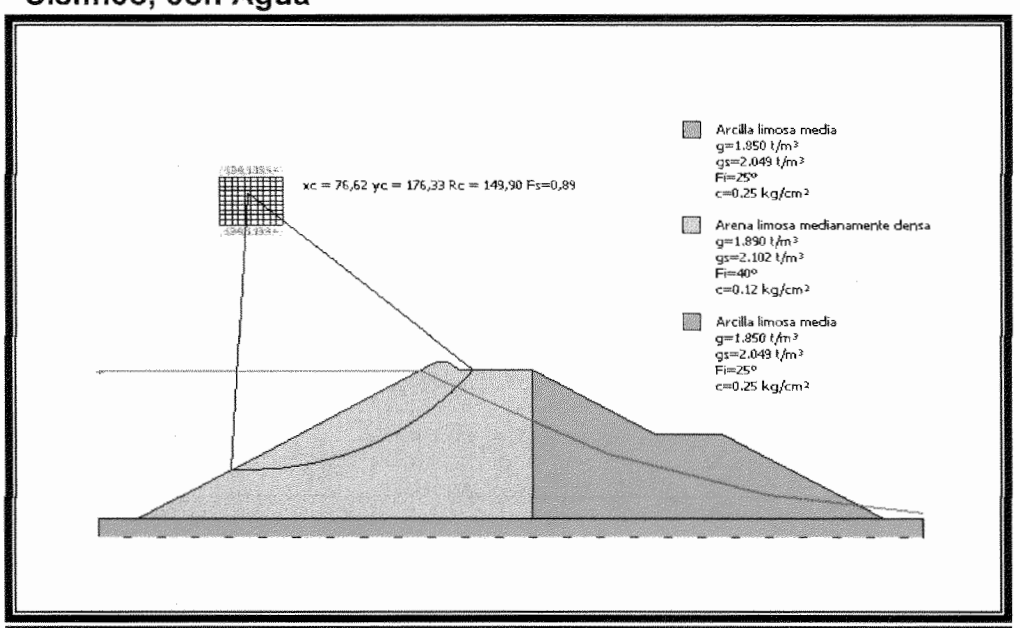
- Estático, sin Agua



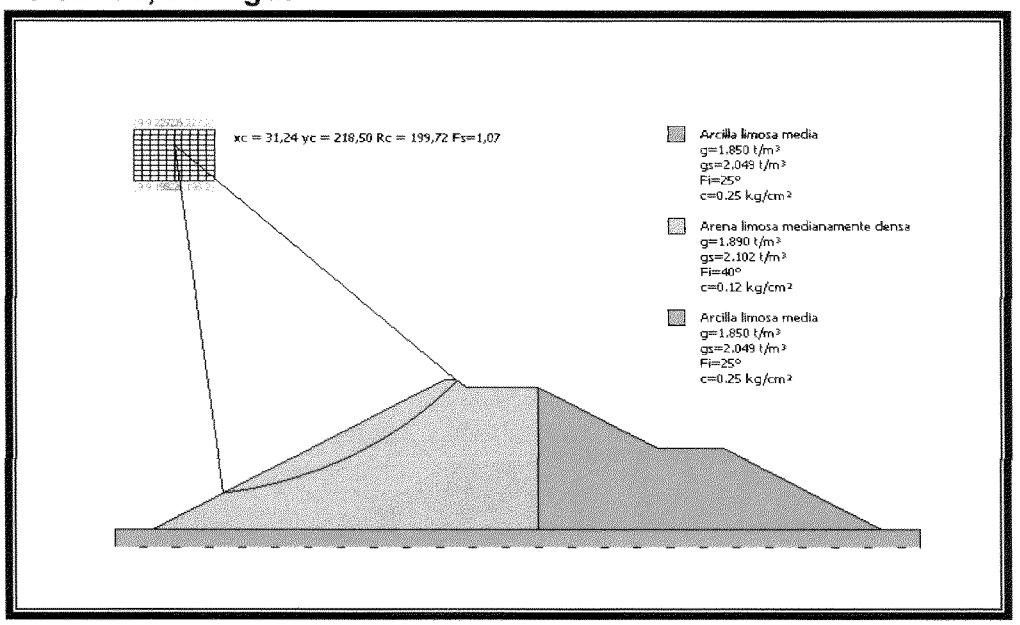
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

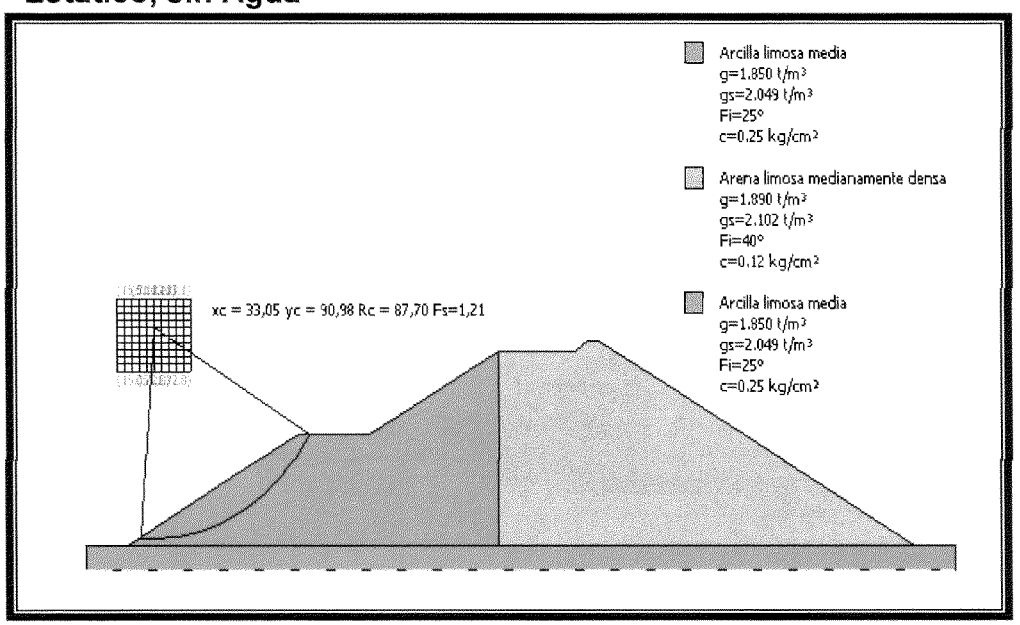


- Sísmico, sin Agua

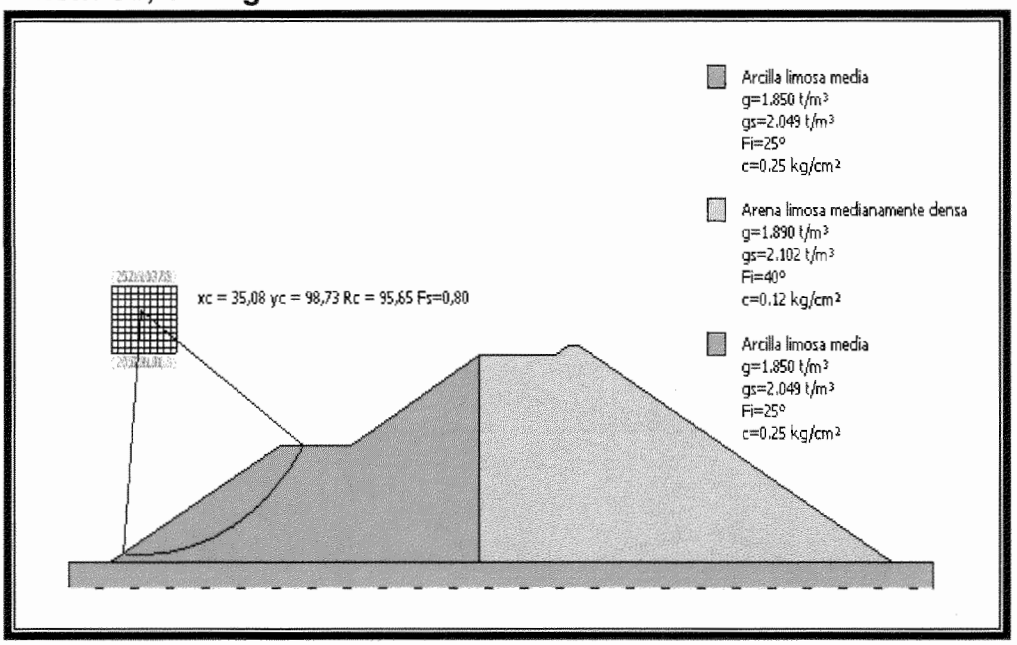


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

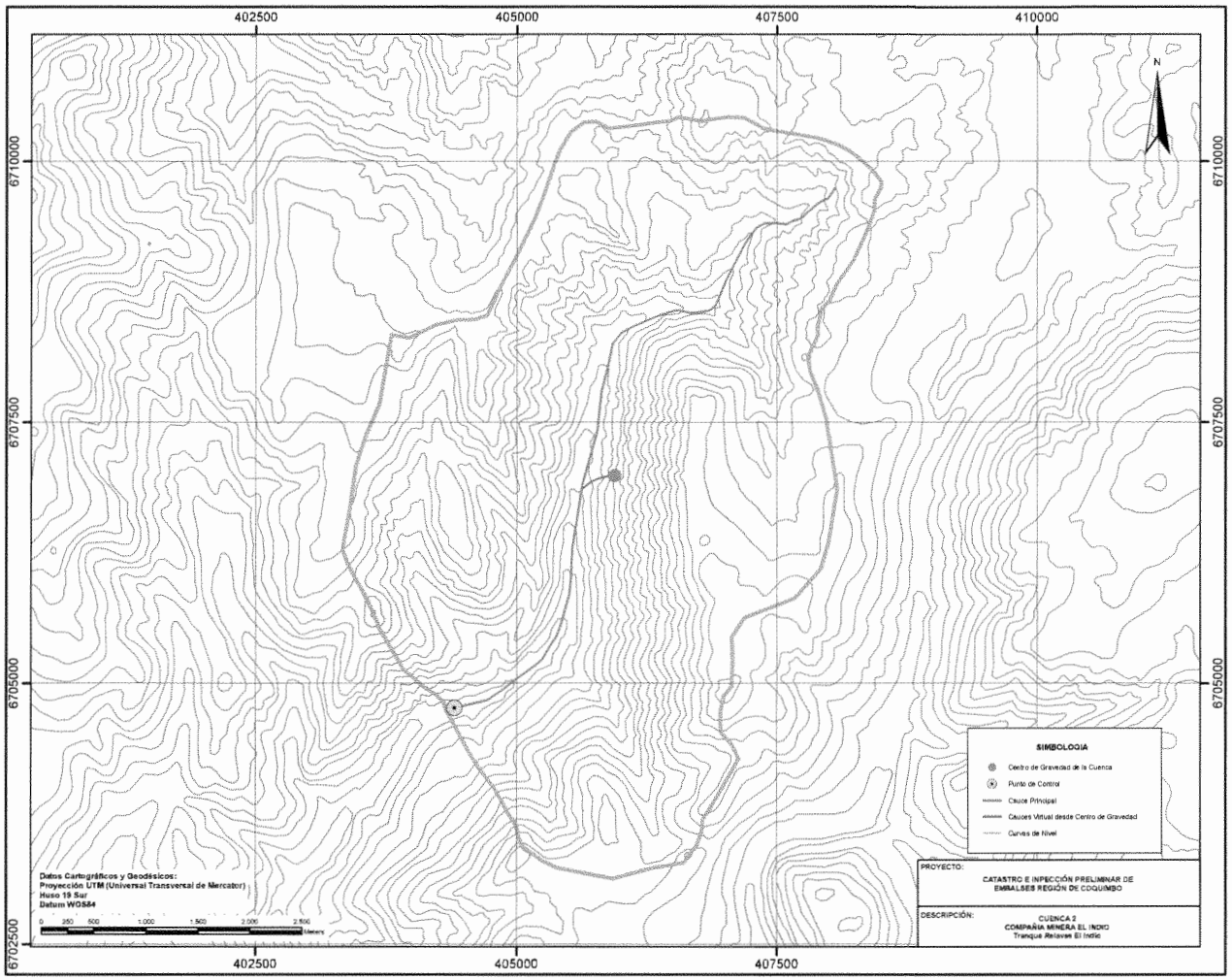


- **Resultados Estudio de Crecidas**

A continuación se incluyen los resultados del estudio de crecida efectuado.

CUENCA 2.- COMPAÑIA MINERA EL INDIO TRANQUE RELAVES EL INDIO

a) Área Aportante



- **Parámetros Morfométricos**

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
2	COMPAÑIA MINERA EL INDIO TRANQUE RELAVES EL INDIO	404.403	6.704.764	84 H19S	24.197.600	405.943	6.706.985	0,75	1.000	6.948	3.030

- **Estimación de Caudales Máximos Instantáneos**

➢ **Método DGA-AC para Crecidas de Deshielo**

N°	EMBALSE	Zona Homogénea	T	A Nival km2	Lat °	Q(10) m3/s	Q(T)/Q(10) media	Q(T)/Q(10) máx.	Q(T)/Q(10) mín.	β	Q(T) m3/s media	Q(T) m3/s máx.	Q(T) m3/s mín.
2	COMPAÑIA MINERA EL INDIO TRANQUE RELAVES EL INDIO	Rn	2	24,20	29,8	0,33	0,24	0,38	0,16	1,11	0,09	0,14	0,06
		Rn	5	24,20	29,8	0,33	0,61	0,72	0,53	1,11	0,22	0,26	0,19
		Rn	10	24,20	29,8	0,33	1,00	1,00	1,00	1,11	0,36	0,36	0,36
		Rn	20	24,20	29,8	0,33	1,51	1,69	1,31	1,11	0,55	0,61	0,47
		Rn	25	24,20	29,8	0,33	1,70	1,97	1,42	1,11	0,61	0,71	0,51
		Rn	50	24,20	29,8	0,33	2,41	3,05	1,79	1,11	0,87	1,10	0,65
		Rn	100	24,20	29,8	0,33	3,30	4,52	2,20	1,11	1,19	1,63	0,79

CAUDALES MÁXIMOS NIVALES
MÉTODO DGA-AC PARA DESHIELO (m^3/s)

N°	EMBALSE	T años	Q(T) m3/s
2	COMPAÑIA MINERA EL INDIO TRANQUE RELAVES EL INDIO	2	0,14
		5	0,26
		10	0,36
		20	0,61
		25	0,71
		50	1,10
		100	1,63

Se observa que los caudales de crecida de origen nival presentan valores bastante bajos tomando en consideración el tamaño de la cuenca. Esto se debe a que el método DGA-AC para crecidas de deshielo fue calibrado para cuencas de gran superficie. En este sentido sólo la cuenca número 4 (Embalse La Laguna, ver puntos posteriores) cumple con todos los requisitos teóricos del método.

Al no tener otro método de comparación, y por seguridad, se recomienda adoptar el rendimiento de la cuenca número 4 y aplicar dicho rendimiento a la cuenca de El Indio; el resultado es el siguiente.

CAUDALES MÁXIMOS NIVALES RECOMENDADOS

N°	EMBALSE	T	A Nival km2	Rendimiento (q) m3/s/km2	Q (T) m3/s
2	COMPAÑIA MINERA EL INDIO TRANQUE RELAVES EL INDIO	2	24,20	0,009	0,21
		5	24,20	0,017	0,40
		10	24,20	0,023	0,56
		20	24,20	0,039	0,95
		25	24,20	0,046	1,11
		50	24,20	0,071	1,71
		100	24,20	0,105	2,54

Este embalse es Categoría C (altura muro= 68 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 1.000 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 1.000 años)= 11,44 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse El Indio existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
El Indio	128,77	375,80

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse El Indio.

TALUDES EMBALSE EL INDIO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo		
El Indio	Dx	153,63	Escalón Superior	Dx	5,98
				Dy	4,19
			Descanso		37,00
			Escalón Central	Dx	62,97
	Dy	85,16		Dy	34,91

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo		
			Descanso		35,00
			Escalón Inferior	Dx	83,09
				Dy	46,06

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
El Indio	1,37	1,62	0,98	0,89	1,07

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
El Indio	1,21	0,80

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 para los siguientes casos:

- Talud Aguas Arriba: vaciado rápido y sísmico con agua
- Talud Aguas Abajo: sísmico sin agua

➢ **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse El Indio será:

P= 10 %
V= 75%
E= 15%

Riesgo Total= 1,13 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse El Indio, se tiene lo siguiente:

Altura Muro	T	Caudal	CAUDAL (m3/s)	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	[años]	[m3/s]	CRECIDAS									
68	1000	11,44	SIN	0,95	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,05	0,0%

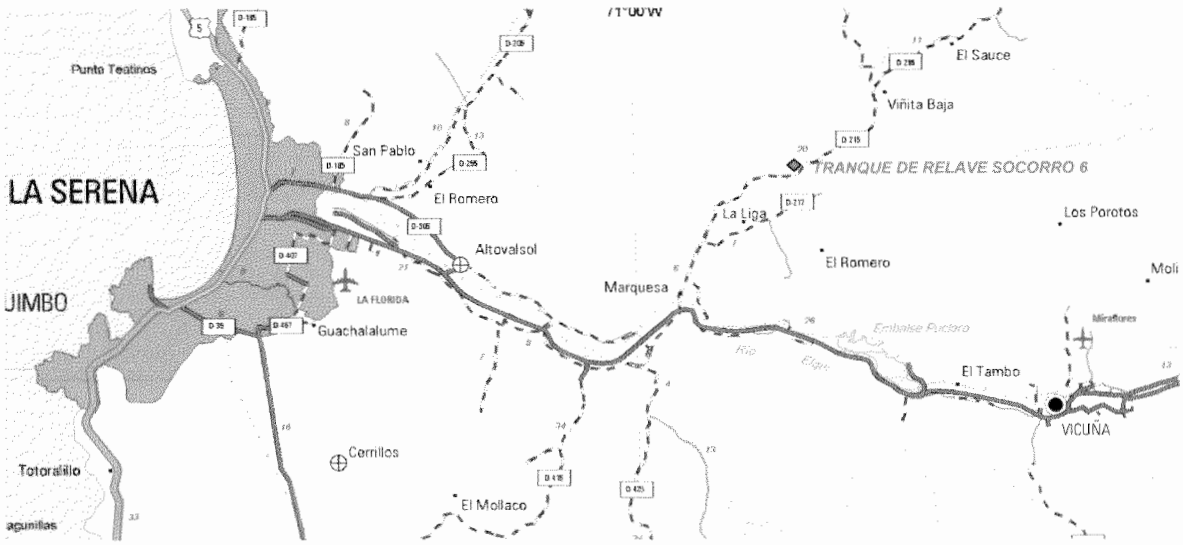
	Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.3 Tranque de Relaves Socorro 6

Ubicado en la comuna de Vicuña, provincia del Elqui.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.692.363 E: 317.154 Datum: WGS 84
Altitud: 668 m.s.n.m



Acceso: 15 Km. al interior de quebrada Talcuna, 25 Km.de la ruta Serena a Vicuña.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

CIA MINERA SAN GERÓNIMO	
SOCORRO 6	
CUENCA	
RIO ELQUI	
SUB - CUENCA	
QUEBRADA TALCUNA	
FUENTE	
CIA MINERA SAN GERÓNIMO	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
30	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.692.363
	E	317.154

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	668

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	ELQUI
COMUNA:	VICUÑA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	4,000,000 TON	
ALTURA DEL MURO (m)	67,70	
ANCHO CORONAMIENTO (m)	7,00	
LARGO CORONAMIENTO (m)	191,00	
BORDE LIBRE (m)	0,90	

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	21°	2,60	1
	EXTERNO	20°	2,74	1

AÑO CONSTRUCCION	1995

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	NO APLICA
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

AREA REGADA: NO APLICA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR: FRONTAL		5	NO APLICA

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	X	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

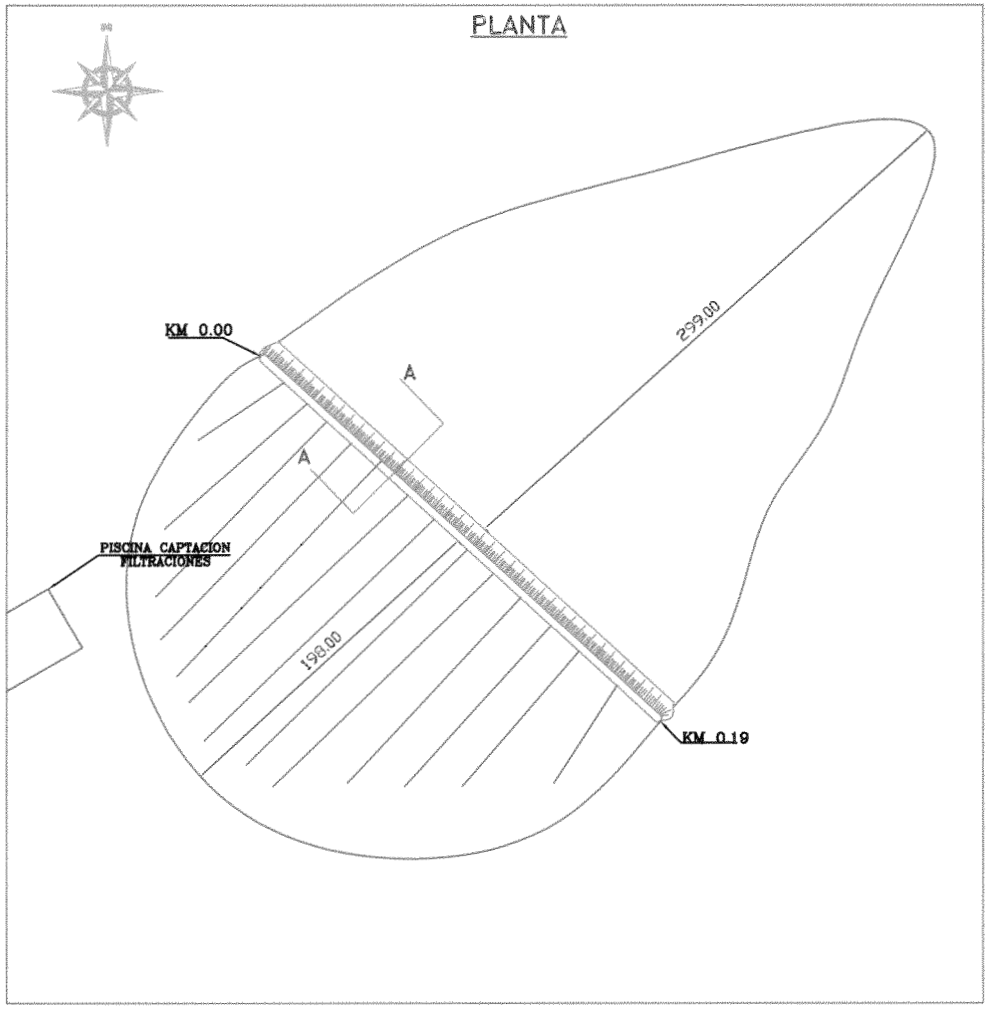
ESTADO	
AÑO REPARACION	NO APLICA

OBSERVACIONES: TRANQUE DE RELAVES EN USO, VIDA UTIL HASTA EL AÑO 2009. TIPO AGUAS ABAJO, BUEN ESTADO DE MANEJO Y CONSERVACION

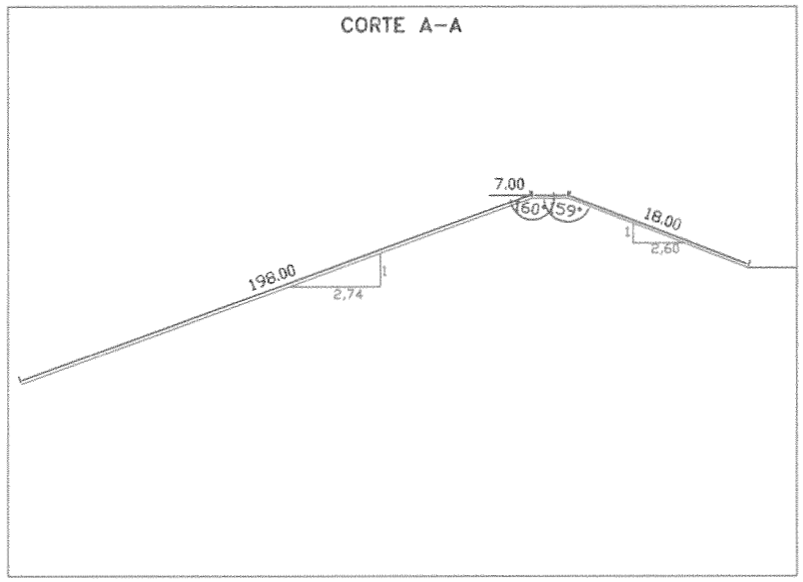
ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: 15 KM AL INTERIOR DE QUEBRADA TALCUNA, KM 25 DE LA RUTA LA SERENA A VICUÑA.

PLANTA



CORTE A–A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE SOCORRO 6

COMUNA DE VICUÑA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

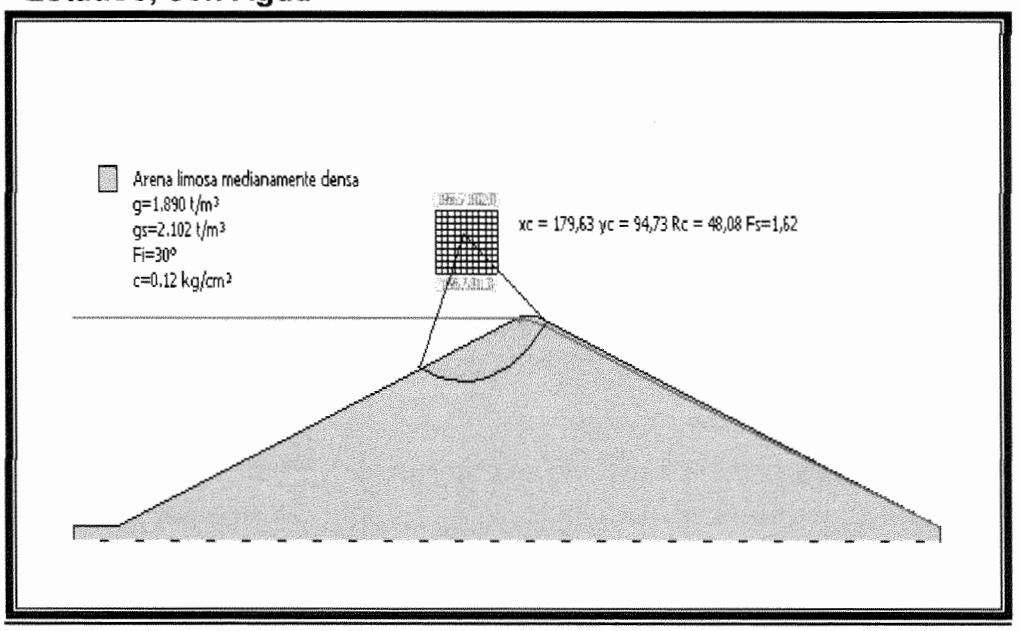
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

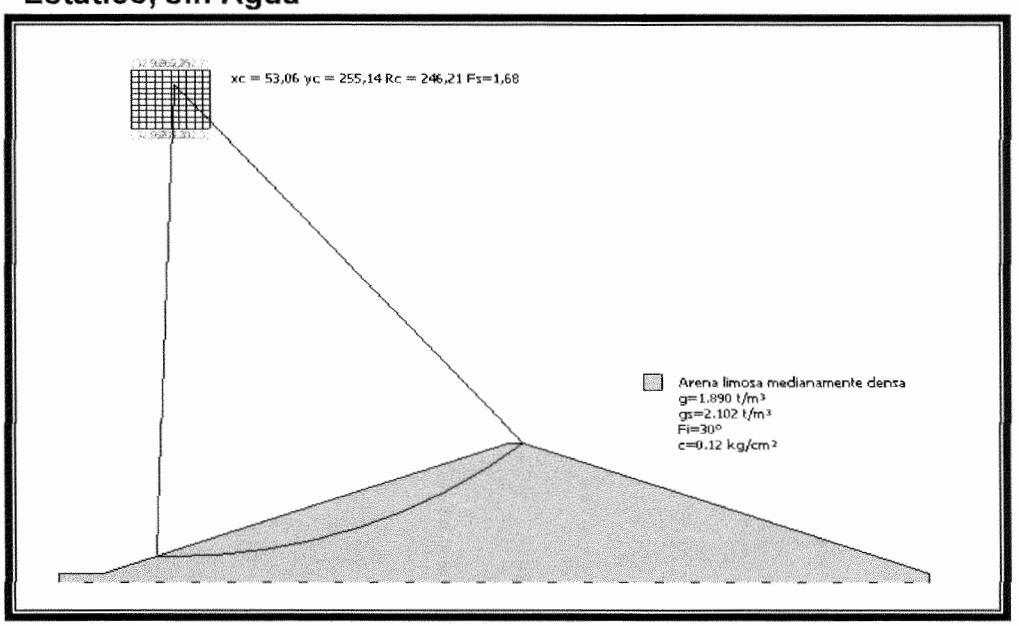
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

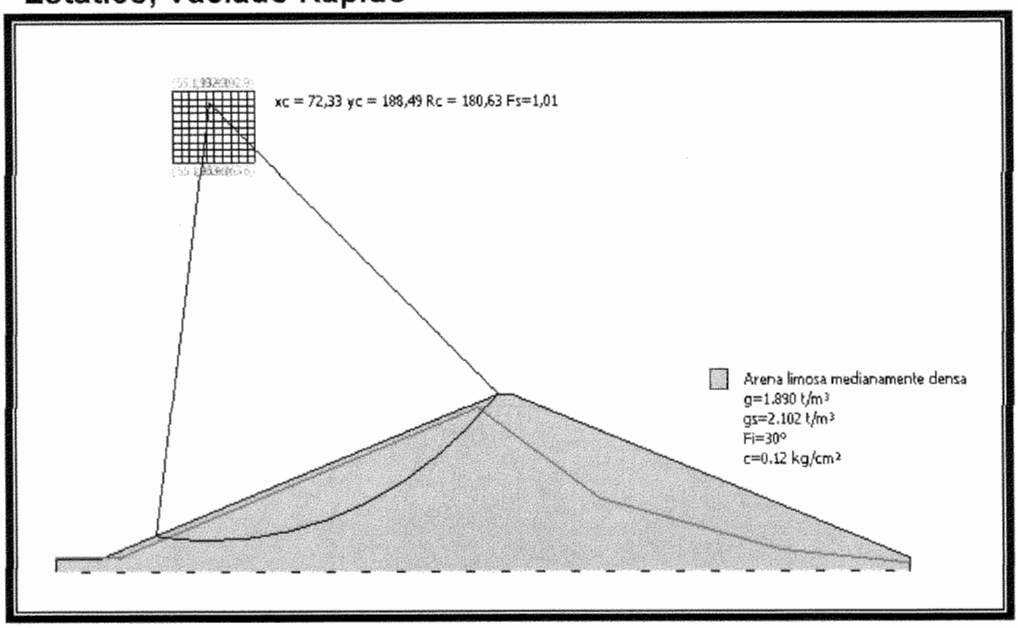
- Estático, con Agua



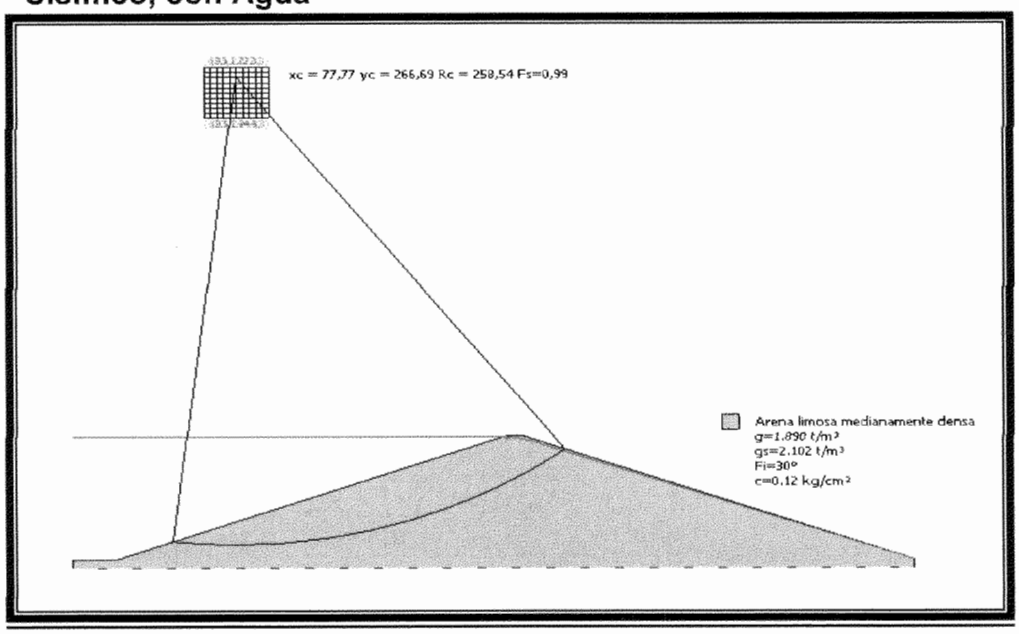
- Estático, sin Agua



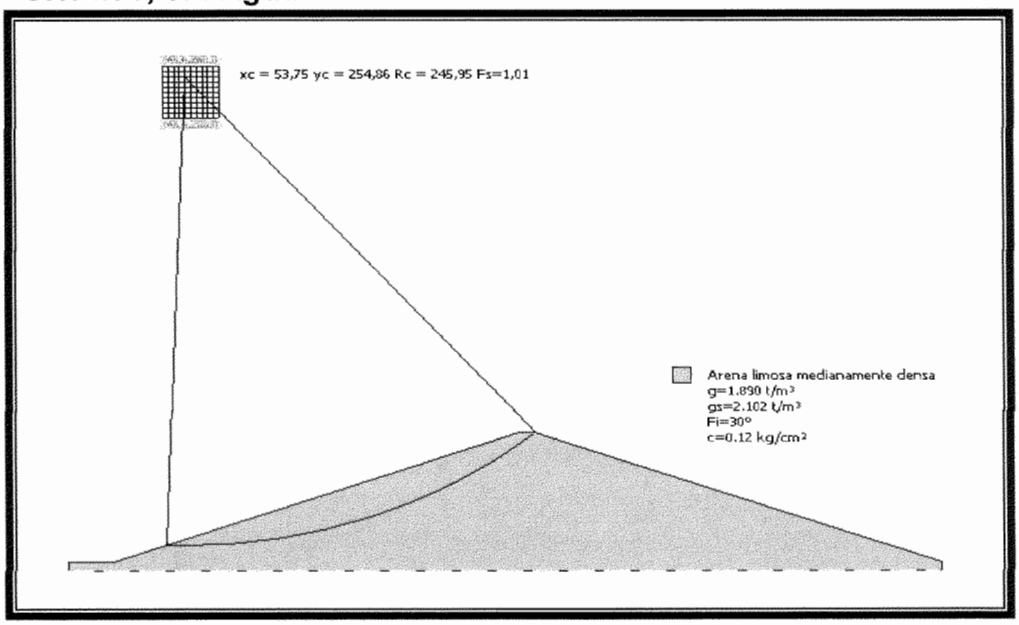
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

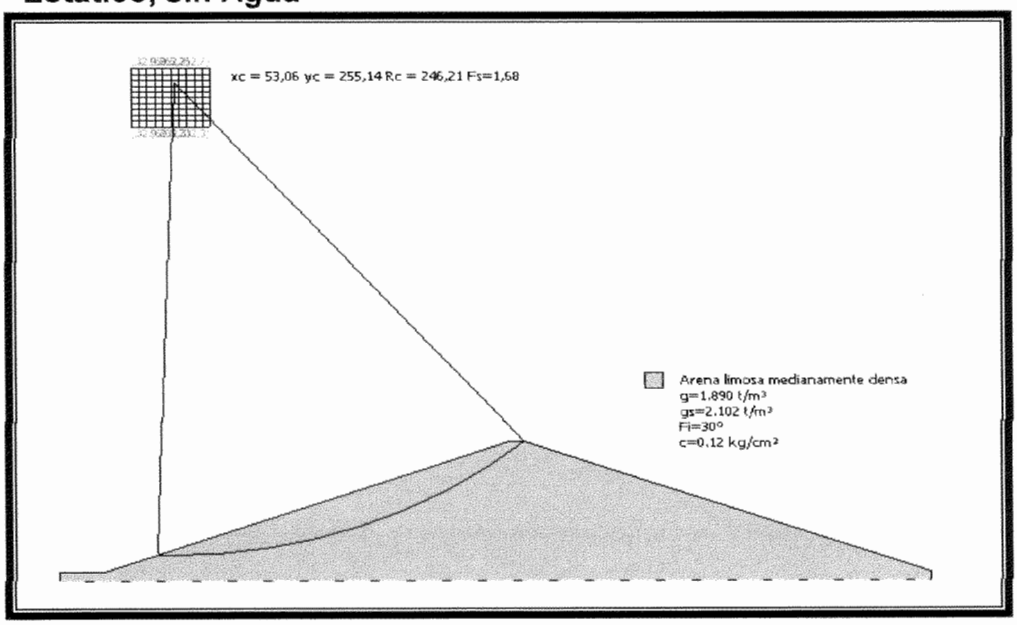


- Sísmico, sin Agua

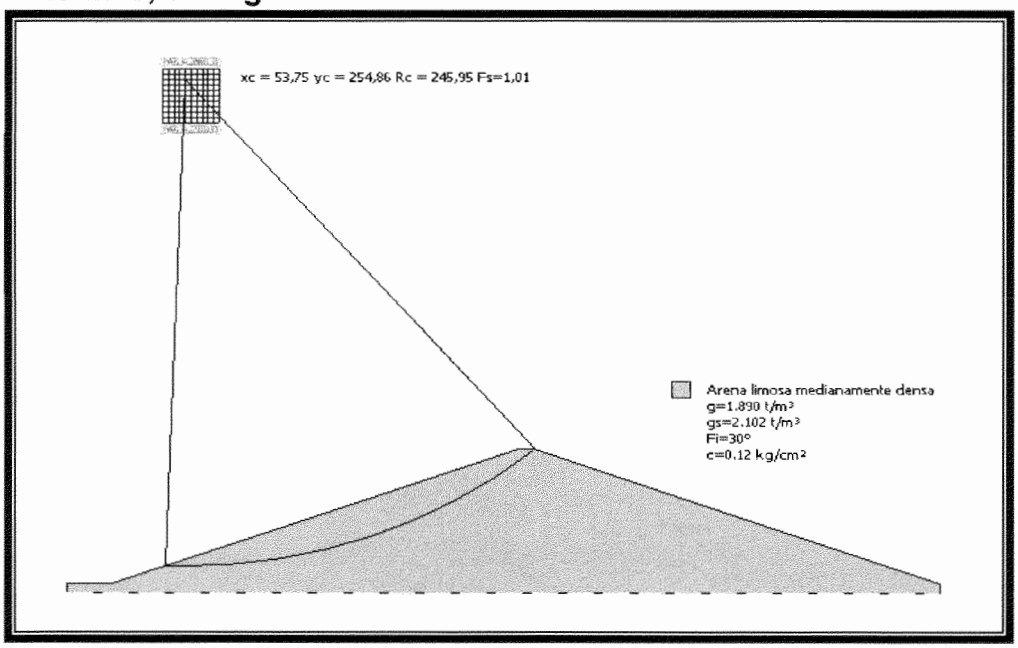


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

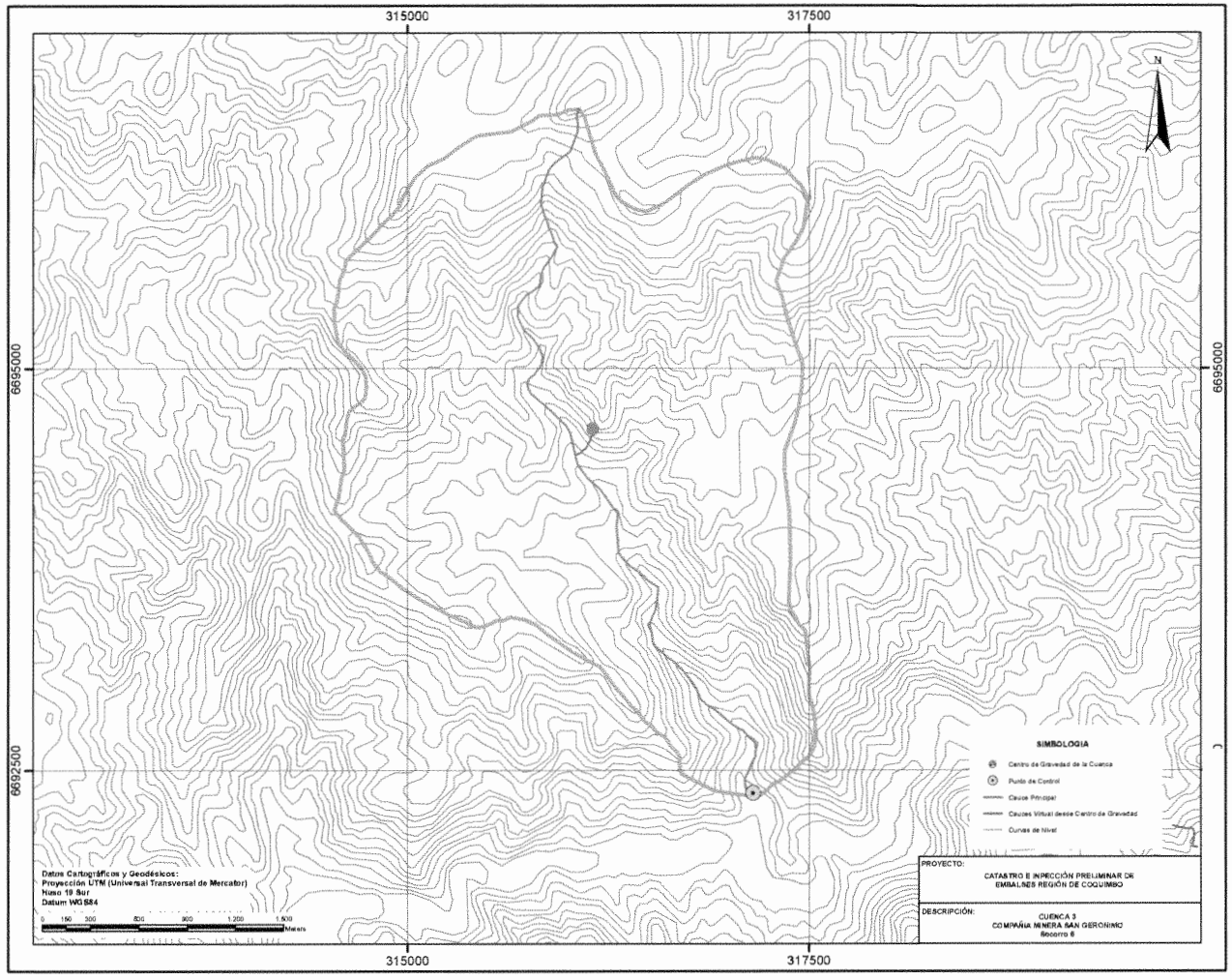


- **Resultados Estudio de Crecidas**

A continuación se incluyen los resultados del estudio hidrológico efectuado.

CUENCA 3.- COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO SOCORRO 6

a) Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
3	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO Socorro 6	317.154	6.692.363	84 H19S	8.819.399	316.153	6.694.625	0,409698	950	5.179	2.869

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
3	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO Socorro 6	Ip	2	8,82	64	0,43	0,43	0,52	0,35	1,25	0,23	0,28	0,19
		Ip	5	8,82	64	0,43	0,74	0,80	0,63	1,25	0,40	0,43	0,34
		Ip	10	8,82	64	0,43	1,00	1,00	1,00	1,25	0,53	0,53	0,53
		Ip	20	8,82	64	0,43	1,27	1,34	1,21	1,25	0,68	0,72	0,65
		Ip	25	8,82	64	0,43	1,36	1,46	1,27	1,25	0,73	0,78	0,68
		Ip	50	8,82	64	0,43	1,66	1,87	1,49	1,25	0,89	1,00	0,80
		Ip	100	8,82	64	0,43	2,00	2,33	1,71	1,25	1,07	1,24	0,91

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
3	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO Socorro 6	IV.1	IV Elqui	2	8,82	64	0,361	23	0,057	0,870	0,050	0,10
		IV.1	IV Elqui	5	8,82	64	0,705	45	0,057	0,930	0,053	0,25
		IV.1	IV Elqui	10	8,82	64	1,000	64	0,057	1,000	0,057	0,41
		IV.1	IV Elqui	20	8,82	64	1,336	85	0,057	1,060	0,060	0,63
		IV.1	IV Elqui	25	8,82	64	1,400	89	0,057	1,100	0,063	0,69
		IV.1	IV Elqui	50	8,82	64	1,853	118	0,057	1,150	0,066	1,02
		IV.1	IV Elqui	100	8,82	64	2,305	147	0,057	1,200	0,068	1,40

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
3	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO Socorro 6	IV.1	IV Elqui	2	8,82	64	0,361	23	0,025	0,870	0,022	0,68	0,14	4,63	0,25
		IV.1	IV Elqui	5	8,82	64	0,705	45	0,025	0,930	0,023	0,68	0,14	9,05	0,52
		IV.1	IV Elqui	10	8,82	64	1,000	64	0,025	1,000	0,025	0,68	0,14	12,83	0,79
		IV.1	IV Elqui	20	8,82	64	1,336	85	0,025	1,060	0,027	0,68	0,14	17,15	1,11
		IV.1	IV Elqui	25	8,82	64	1,400	89	0,025	1,100	0,028	0,68	0,14	17,97	1,21
		IV.1	IV Elqui	50	8,82	64	1,853	118	0,025	1,150	0,029	0,68	0,14	23,78	1,68
		IV.1	IV Elqui	100	8,82	64	2,305	147	0,025	1,200	0,030	0,68	0,14	29,58	2,17

CAUDALES DE CRECIDA DE ORIGEN PLUVIAL (m^3/s)

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
3	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO SOCORRO 6	2	0,23	0,10	0,25	0,19	0,25
		5	0,40	0,25	0,52	0,39	0,52
		10	0,53	0,41	0,79	0,58	0,79
		20	0,68	0,63	1,11	0,81	1,11
		25	0,73	0,69	1,21	0,88	1,21
		50	0,89	1,02	1,68	1,19	1,68
		100	1,07	1,40	2,17	1,55	2,17

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría C (altura muro= 68 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 1.000 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 1.000 años)= 8,61 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Socorro 6 existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Socorro 6	127,33	275,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Socorro 6.

TALUDES EMBALSE SOCORRO 6

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Socorro 6	Dx	186,00	Dx	186,00
	Dy	68,00	Dy	68,00

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Socorro 6	1,62	1,68	1,01	0,99	1,01

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Socorro 6	1,68	1,01

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 para los siguientes casos:

- Talud Aguas Arriba: sísmico con agua

➢ **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

➢ **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse El Indio será:

P= 10 %
V= 60%
E= 80%

Riesgo Total= 4,8 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados. Para el caso del embalse Socorro 6, se tiene lo siguiente:

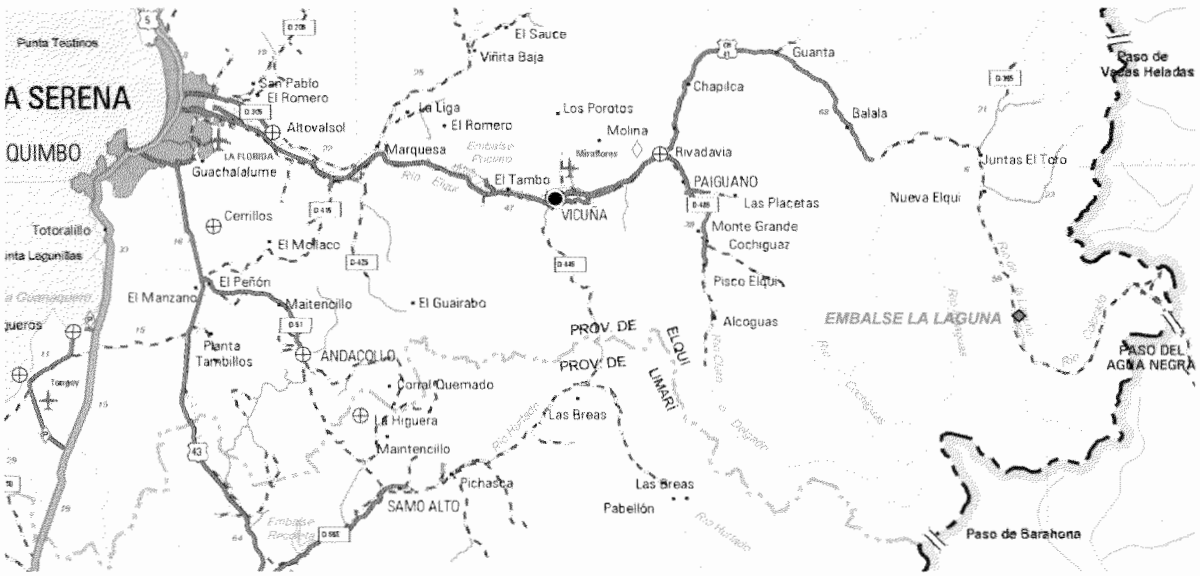
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	T	Caudal	CAUDAL (m3/s)	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	[años]	[m3/s]	CRECIDAS									
67,7	1000	8,61	SIN	0,95	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,6	0,05	2,9%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,9 %

5.3.4 Embalse La Laguna

Ubicado en la comuna de Vicuña, provincia del Elqui.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.657.986 E: 399.900 Datum: WGS 84
Altitud: 3.156 m.s.n.m



Acceso: Desde control fronterizo Juntas del Toro, 35 Km. hacia la frontera con Argentina (paso San Juan)

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE LA LAGUNA	Nº EXPEDIENTE
CUENCA: RIO ELQUI	Nº REGISTRO
SUB - CUENCA	
FUENTE	CODIGO
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL: JUNTA DE VIGILANCIA DEL RIO ELQUI Y SUS AFLUENTES	FECHA INFORMACION: 05-11-2008 (DIA / MES / AÑO)

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO	
PROVINCIA:	ELQUI	
COMUNA:	VICUÑA	

COORDENADAS UTM	N	6.657.986	
	E	399.900	
DATUM	WGS 84 HUSO 19		
ALTITUD m.s.n.m.	3.156		

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		40,10
ALTURA DEL MURO (m)		30,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		7,80
LARGO CORONAMIENTO (m)		230,00
BORDE LIBRE (m)		1,20

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	18,00	3,08	1
	EXTERNO	22,00	2,48	1

AÑO CONSTRUCCION	1937

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA

			CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO		1	50 M3/SEG
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

AREA REGADA: 24.000 HA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B	
AÑO REPARACION		NO

ESTADO	B	
AÑO REPARACION		NO

EVALUACION DE CRECIDAS

		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	70
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	

ESTADO	B	
AÑO REPARACION		NO

EVACUADOR DE FOND	S	X	1
	N		2
CAPACIDAD M3/SEG		70	
ESTADO	B		
AÑO REPARACION		NO	

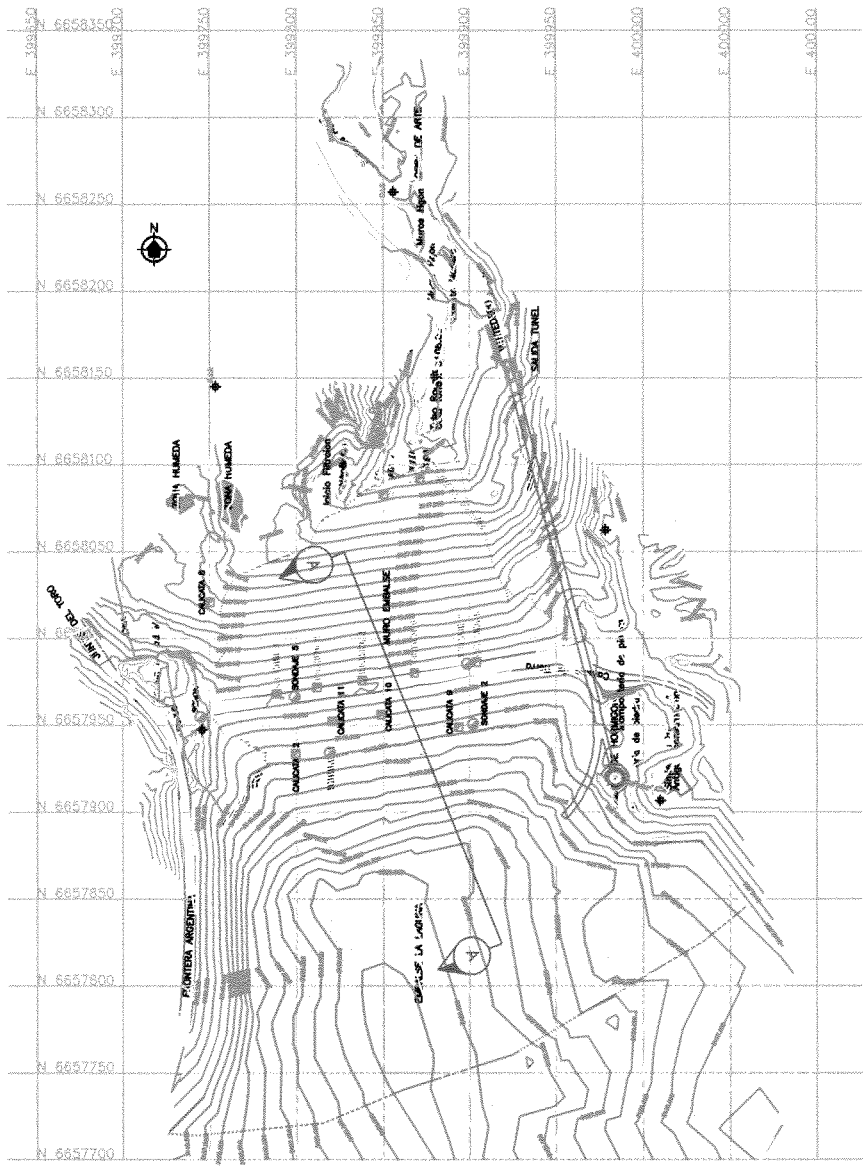
POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

OBSERVACIONES: EL EMBALSE LA LAGUNA PRESENTA UN ESTADO DEL MURO CONSIDERADO BUENO. EXISTEN IMPORTANTES FILTRACIONES EN EL PIÉ DEL MURO LAS QUE AUMENTAN CONSIDERABLEMENTE EN LA MEDIDA QUE CRECE LA COTA DE AGUA EMBALSADA. EL AFLORAMIENTO TORRENTOSO NO ES COMPATIBLE CON LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA. EN EL MOMENTO DE LA VISITA LA DOH EJECUTA UN PROYECTO DE ESTUDIO Y MEJORAMIENTO DE LAS FILTRACIONES Y CONDICIONES GENERALES DEL EMBALSE. ESTUDIOS DEL IDIEM CONCLUYEN QUE LA ESTABILIDAD GLOBAL DEL EMBALSE ESTÁ LIMITADA POR EL FUERTE NIVEL DE LAS PRESIONES DE PORO BAJO EL MURO DEL EMBALSE.

ESTADO GENERAL: FILTRACIONES CON CAUDALES DESDE 200 A 470 L/S. DADO ESTO, SE CONSIDERA ESTADO REGULAR.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: DESDE CONTROL FRONTERIZO JUNTAS DEL TORO, 35 KM HACIA LA FRONTERA CON ARGENTINA (PASO SAN JUAN)


E 399750
E 399800
E 399850
E 399900
E 399950
E 400000
E 400050
N 6658350
N 6658300
N 6658250
N 6658200
N 6658150
N 6658100
N 6658050
N 6658000
N 6657950
N 6657900
N 6657850
N 6657800
N 6657750
N 6657700
N
TUNEL HUMEDA
TUNEL HUMEDA
Inicio Filtración
CALICATA 8
CALICATA 7
CALICATA 6
CALICATA 5
CALICATA 4
CALICATA 3
CALICATA 2
CALICATA 1
SONDAJE 9
SONDAJE 10
SONDAJE 11
SONDAJE 12
MURO EMBALSE
CALICATA 10
CALICATA 9
CALICATA 11
CALICATA 12
SONDAJE 1
SONDAJE 2
SONDAJE 3
SONDAJE 4
SONDAJE 5
SONDAJE 6
SONDAJE 7
SONDAJE 8
CALICATA 13
CALICATA 14
CALICATA 15
CALICATA 16
CALICATA 17
CALICATA 18
CALICATA 19
CALICATA 20
CALICATA 21
CALICATA 22
CALICATA 23
CALICATA 24
CALICATA 25
CALICATA 26
CALICATA 27
CALICATA 28
CALICATA 29
CALICATA 30
CALICATA 31
CALICATA 32
CALICATA

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

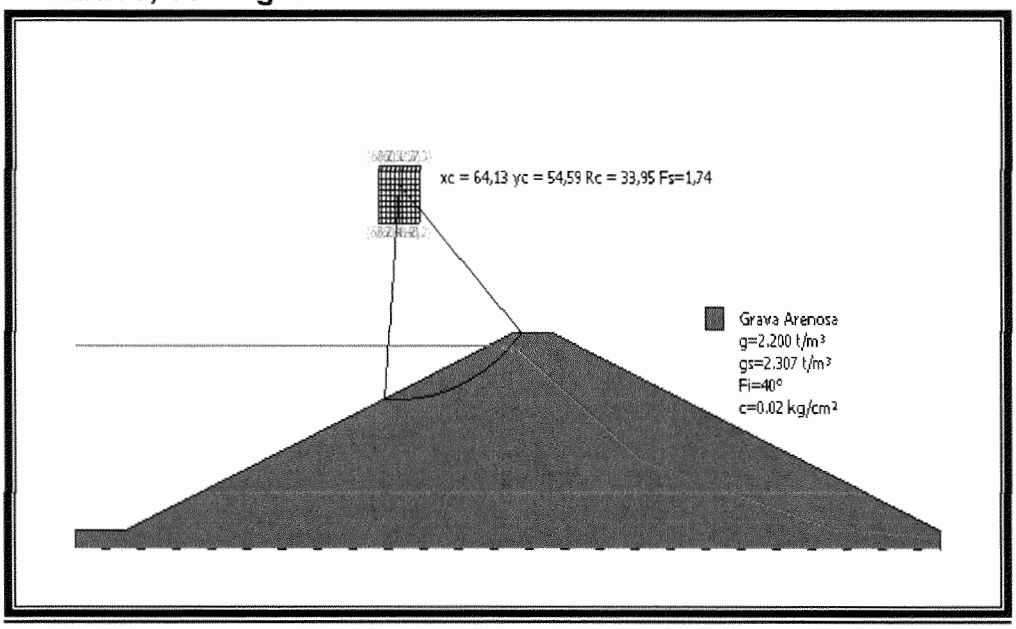
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

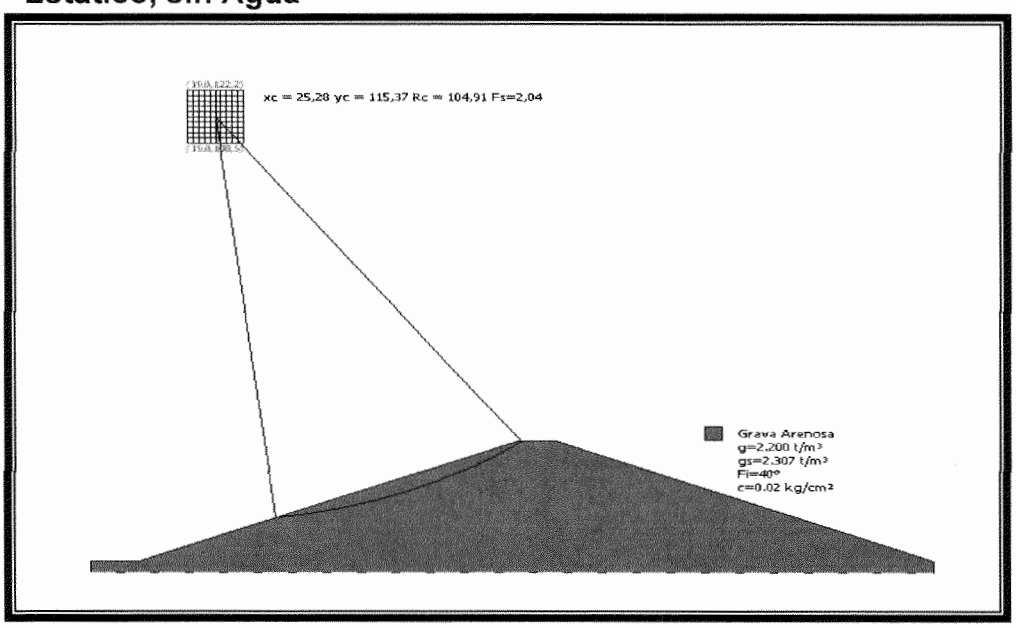
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

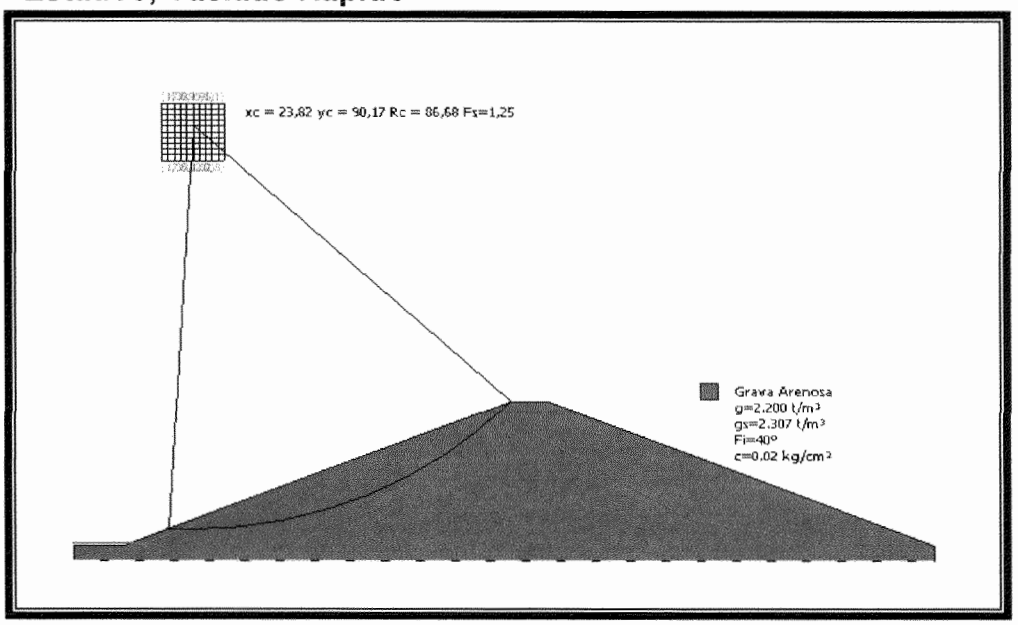
- Estático, con Agua



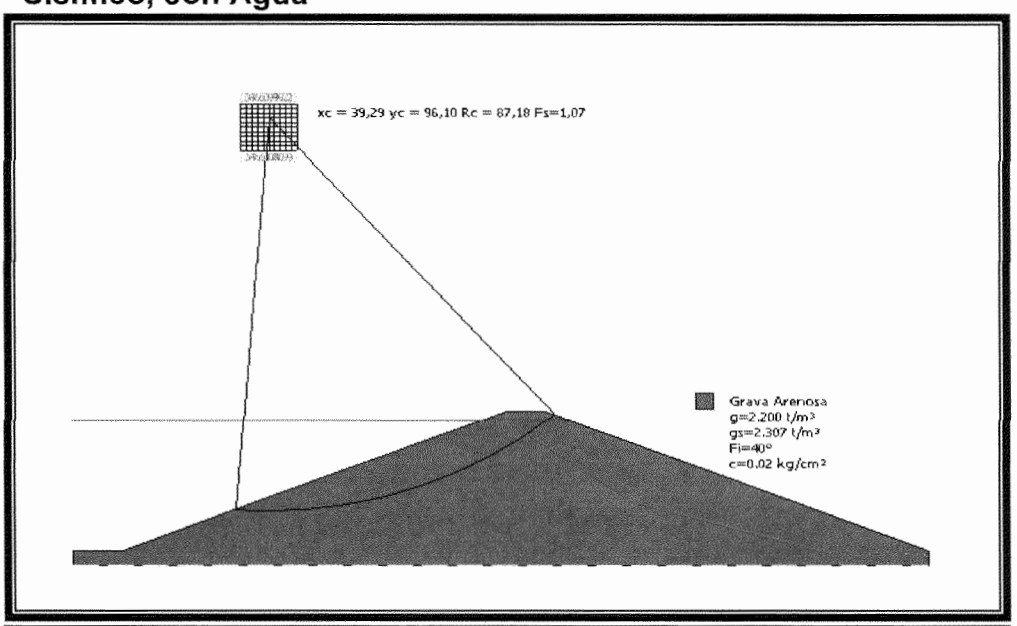
- Estático, sin Agua



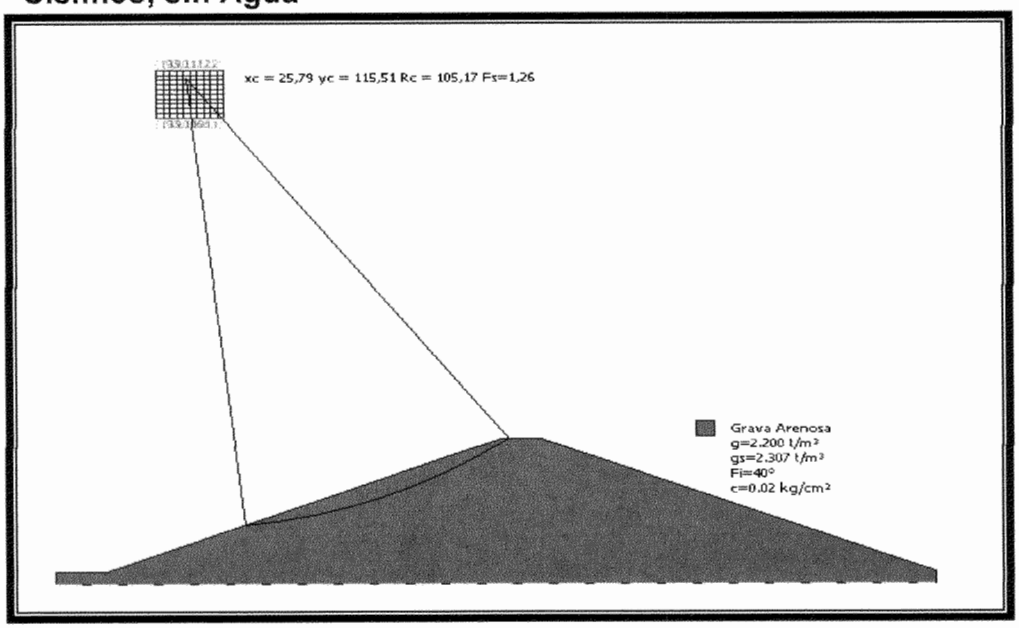
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

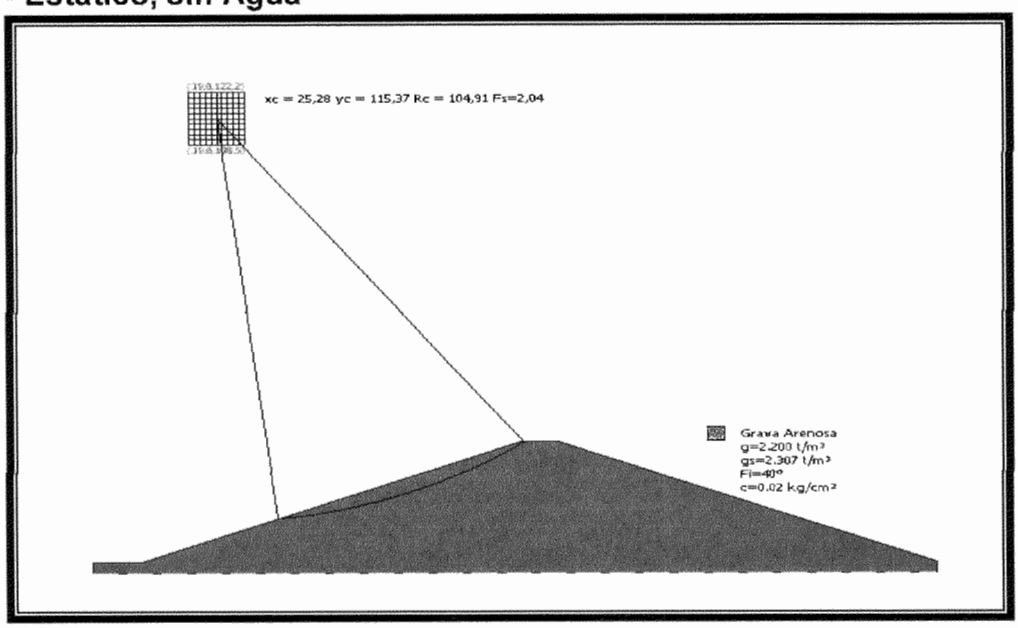


- Sísmico, sin Agua

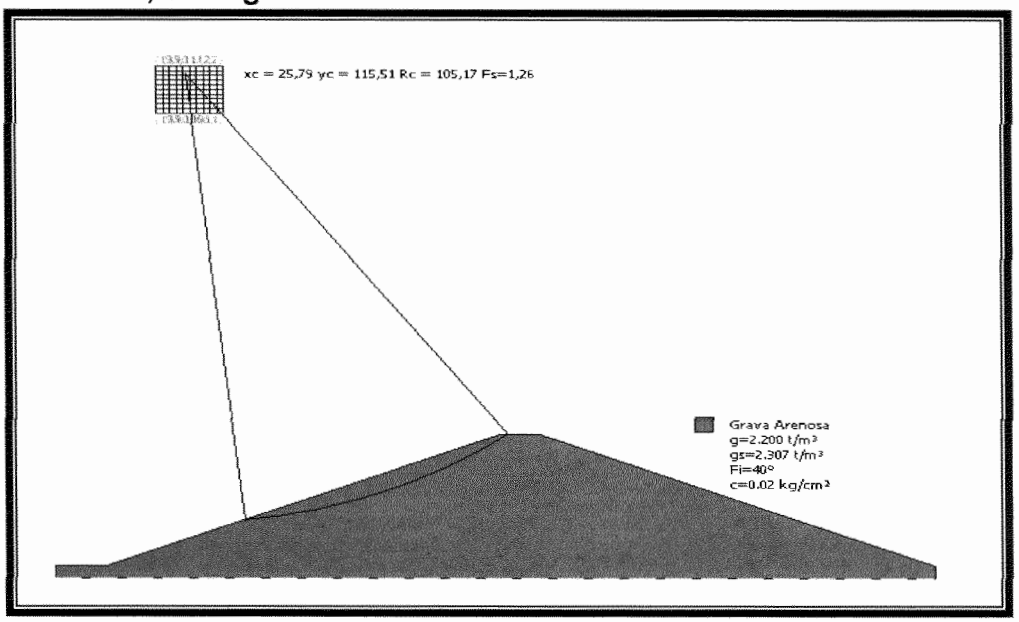


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

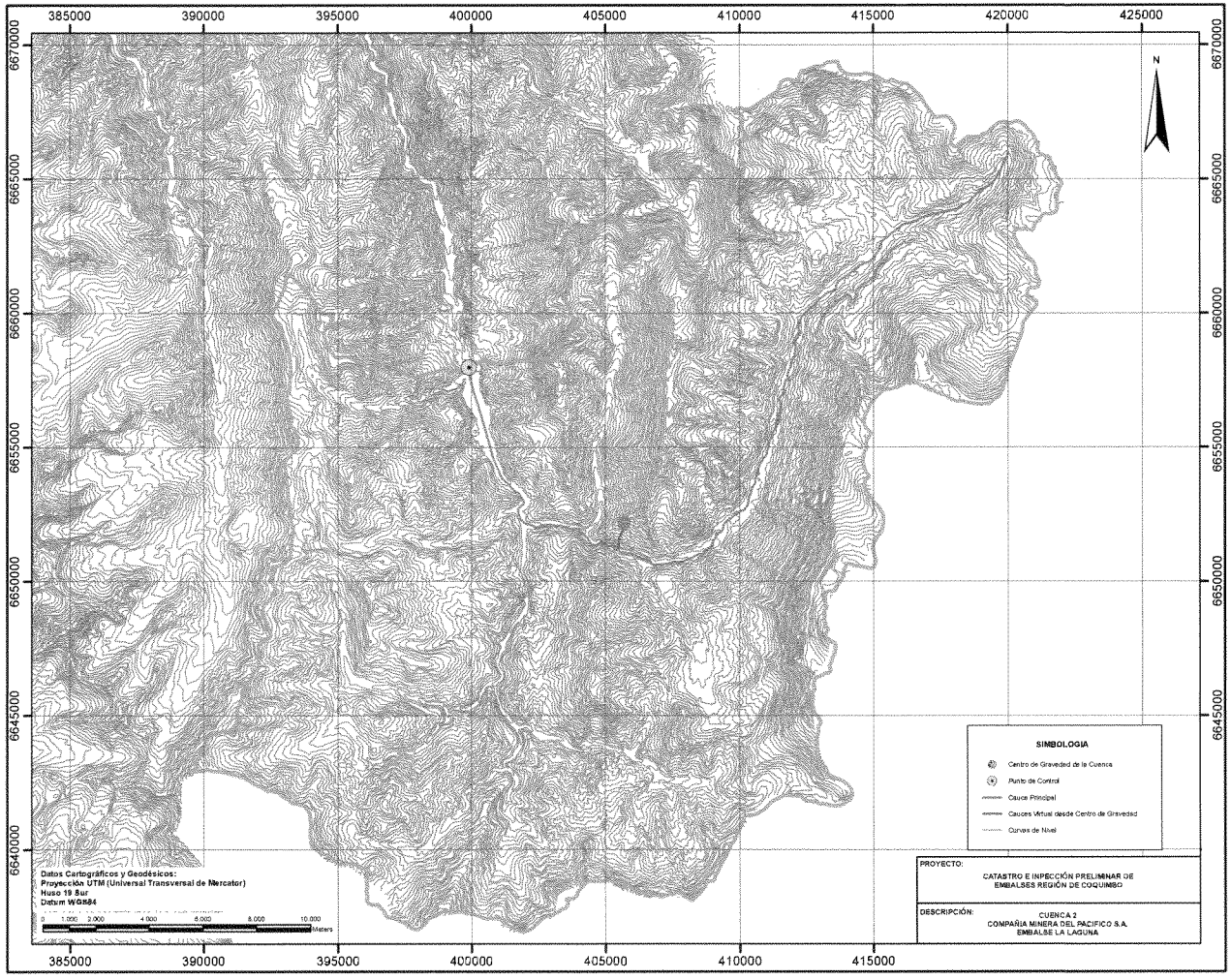


- **Resultados Estudio de Crecidas**

A continuación se incluyen los resultados del estudio hidrológico efectuado.

CUENCA 4.- COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A. EMBALSE LA LAGUNA

a) Área Aportante



- **Parámetros Morfométricos**

ID	NOMBRE	UBICACIÓN		DATUM	AREA (m2)	CENTRO DE GRAVEDAD		i (m/m)	ΔH (m)	LARGO CAUCE	
		ESTE (m)	NORTE (m)			ESTE (m)	NORTE (m)			L (m)	Lg (m)
4	COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A. EMBALSE LA LAGUNA	399.900	6.657.986	84 H19S	557.774.980	405.678	6.652.172	0,53	3.050	35.094	1.057

- **Estimación de Caudales Máximos Instantáneos**

➢ **Método DGA-AC para Crecidas de Deshielo**

N°	EMBALSE	Zona Homogénea	T	A Nival km2	Lat °	Q(10) m3/s	Q(T)/Q(10) media	Q(T)/Q(10) máx.	Q(T)/Q(10) mín.	β	Q(T) m3/s media	Q(T) m3/s máx.	Q(T) m3/s mín.
4	COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A. EMBALSE LA LAGUNA	Rn	2	557.77	30.3	11.65	0.24	0.38	0.16	1.11	3.10	4.92	2.07
		Rn	5	557.77	30.3	11.65	0.61	0.72	0.53	1.11	7.89	9.31	6.86
		Rn	10	557.77	30.3	11.65	1.00	1.00	1.00	1.11	12.94	12.94	12.94
		Rn	20	557.77	30.3	11.65	1.51	1.69	1.31	1.11	19.53	21.86	16.95
		Rn	25	557.77	30.3	11.65	1.70	1.97	1.42	1.11	21.99	25.48	18.37
		Rn	50	557.77	30.3	11.65	2.41	3.05	1.79	1.11	31.17	39.45	23.15
		Rn	100	557.77	30.3	11.65	3.30	4.52	2.20	1.11	42.69	58.47	28.46

CAUDALES MÁXIMOS NIVALES
METODO DGA-AC PARA DESHIELO (m^3/s)

N°	EMBALSE	T años	Q(T) m3/s
4	COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A. EMBALSE LA LAGUNA	2	4,92
		5	9,31
		10	12,94
		20	21,86
		25	25,48
		50	39,45
		100	58,47

Este embalse es Categoría B (altura muro= 30 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 500 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 500 años)= 166,98 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse La Laguna existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
La Laguna	54,91	75,00

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse La Laguna.

TALUDES EMBALSE LA LAGUNA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
La Laguna	Dx	76,96	Dx	76,96
	Dy	31,09	Dy	31,09

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
La Laguna	1,74	2,04	1,25	1,07	1,26

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
La Laguna	2,04	1,26

Del análisis efectuado, ningún factor de seguridad es menor a 1,0.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse La Laguna no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse La Laguna, se tiene lo siguiente:

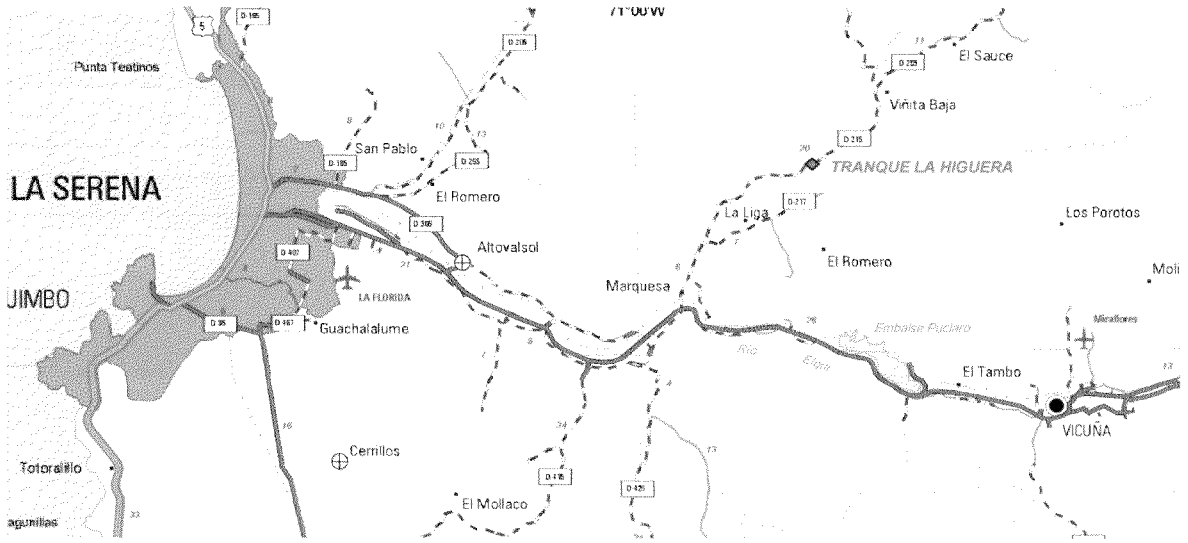
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
30	500	166,98	70	0,95	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,60	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.5 Tranque de Relaves La Higuera

Ubicado en la comuna de Vicuña, provincia del Elqui.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.692.111 E: 317.187 Datum: WGS 84
Altitud: 635 m.s.n.m



Acceso: 15 km. al interior de quebrada Talcuna, km. 25 de la ruta La Serena a Vicuña.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

CIA MINERA SAN GERÓNIMO	
LA HIGUERA	
RIO ELQUI	
CUENCA	
RIO ELQUI	
SUB - CUENCA	
QUEBRADA TALCUNA	
FUENTE	
CIA MINERA SAN GERÓNIMO	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	COQUIMBO
PROVINCIA:	ELQUI
COMUNA:	VICUÑA

COORDENADAS UTM	N	6.692.111
	E	317.187

DATUM	w	G	S	8	4

ALTITUD m.s.n.m.	635

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	3,000,000 TON	
ALTURA DEL MURO (m)	28,60	
ANCHO CORONAMIENTO (m)	3,00	
LARGO CORONAMIENTO (m)	249,00	
BORDE LIBRE (m)	0,90	

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	21	1,33	1
	EXTERNO	27	1,96	1

AÑO CONSTRUCCION	1990

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA		CAPACIDAD	
CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2		
TUBERIA FORZADA	3		
SIFON	4		
OTRO SISTEMA	5	NO APLICA	

AREA REGADA: NO APLICA

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

ESTADO	
AÑO REPARACION	NO APLICA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	NO APLICA

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION	NO APLICA			

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

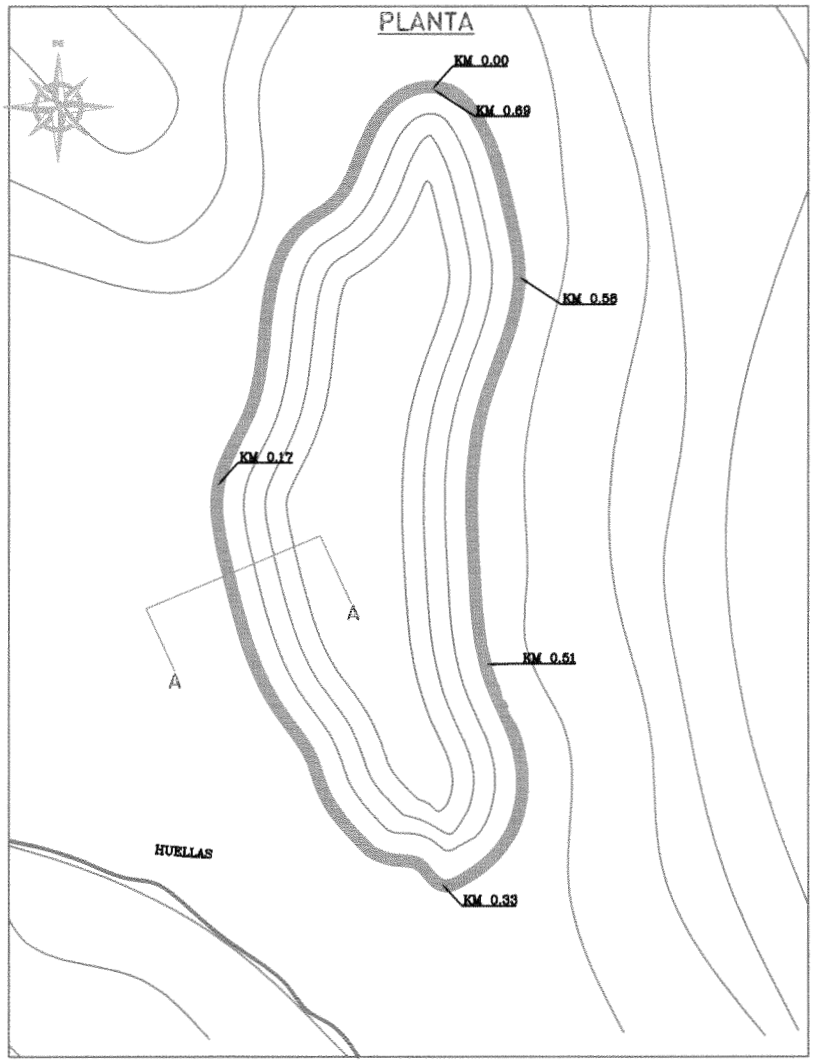
ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: TRANQUE DE RELAVES FUERA DE SERVICIO. ACTUALMENTE EN PLAN DE FORESTACIÓN.

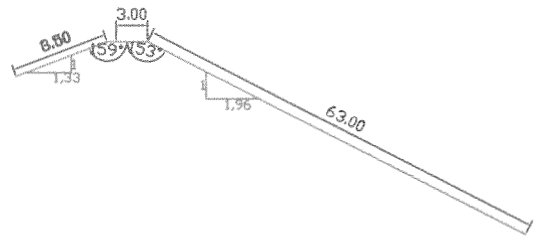
ESTADO GENERAL: BUENO, ESPECIES QUE FORESTAN HAN DADO RESULTADO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN 15 KM AL INTERIOR DE QUEBRADA TALCUNA, KM 25 DE LA RUTA LA SERENA A VICUÑA.

PLANTA



CORTE A–A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE LA HIGUERA

COMUNA DE VICUÑA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: . Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico . Con agua
  . Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

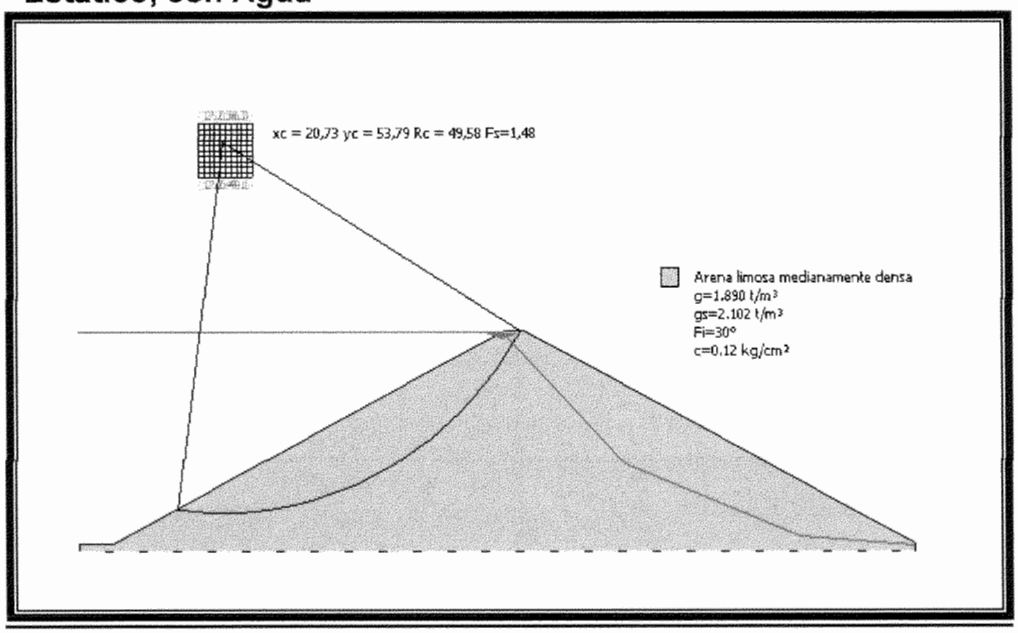
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

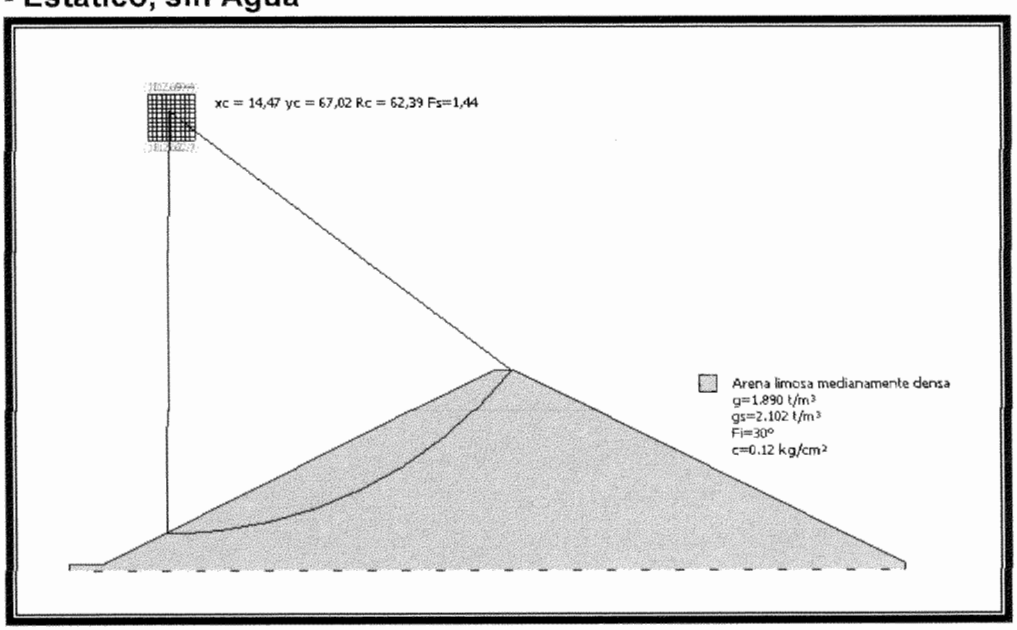
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

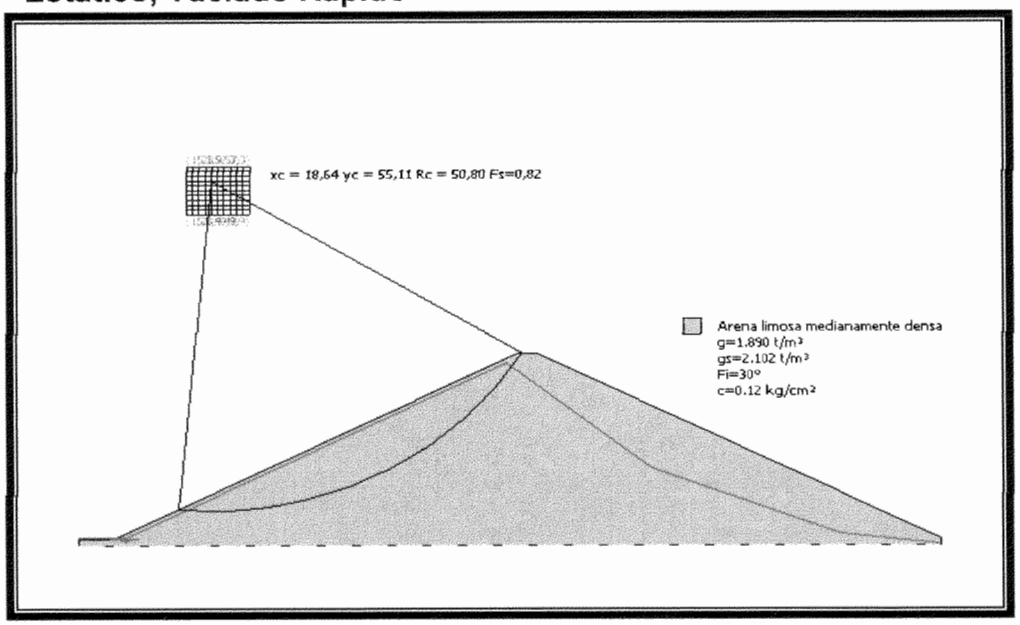
- Estático, con Agua



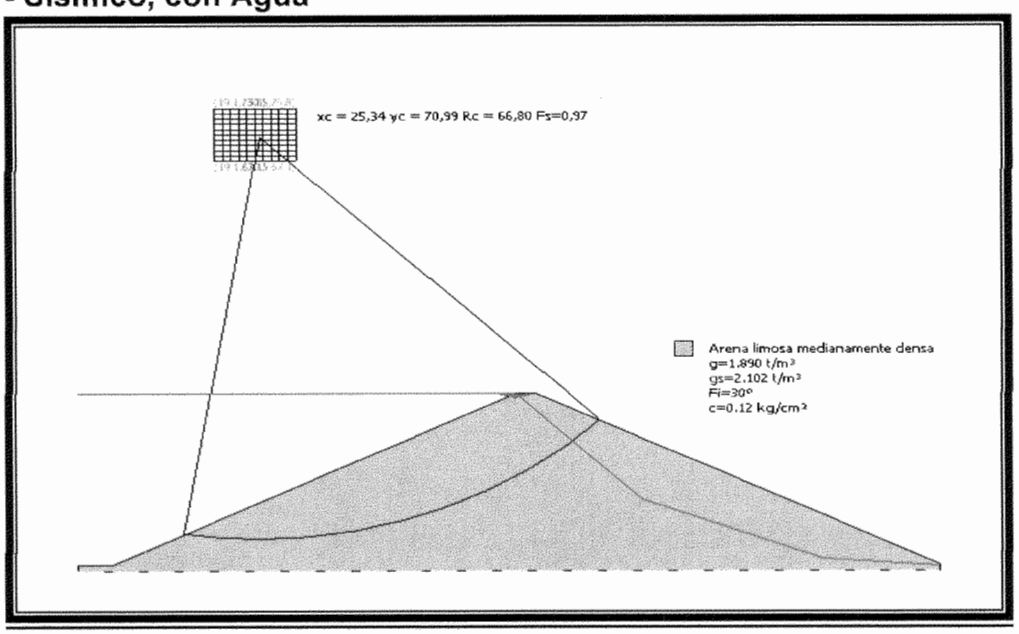
- Estático, sin Agua



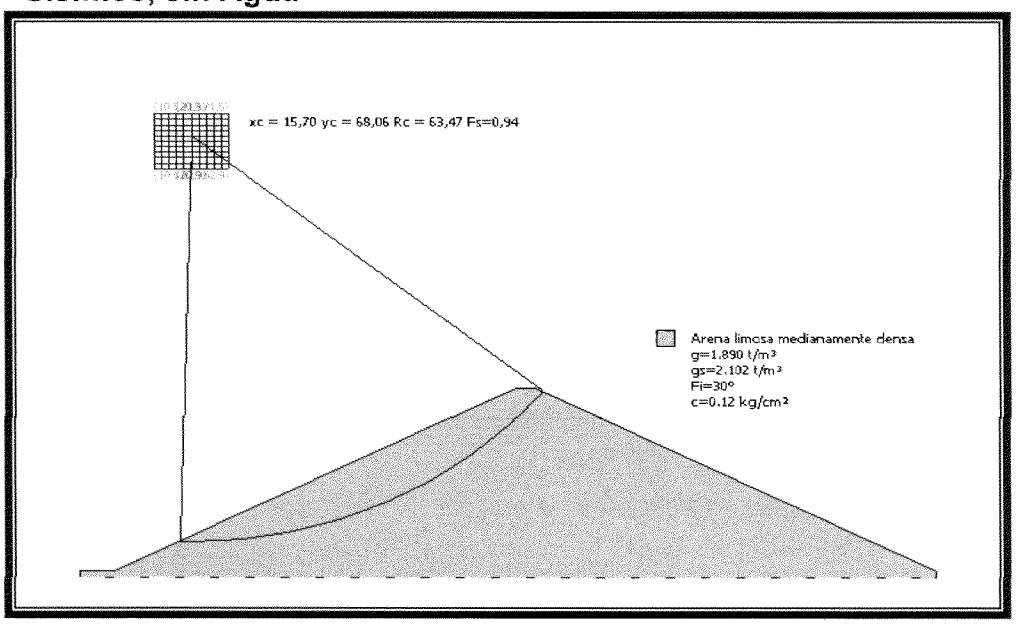
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

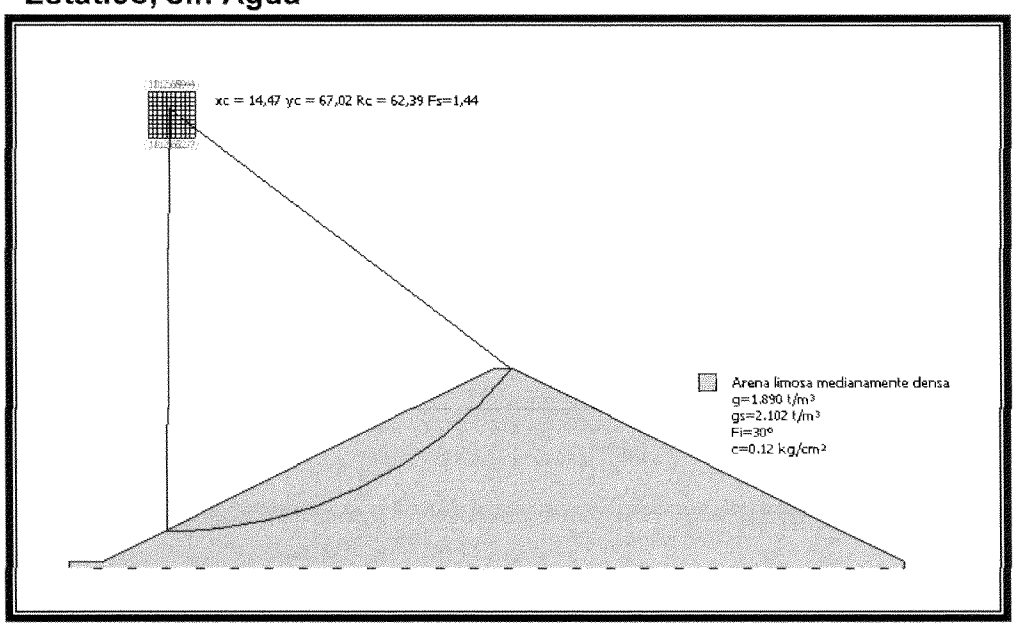


- Sísmico, sin Agua

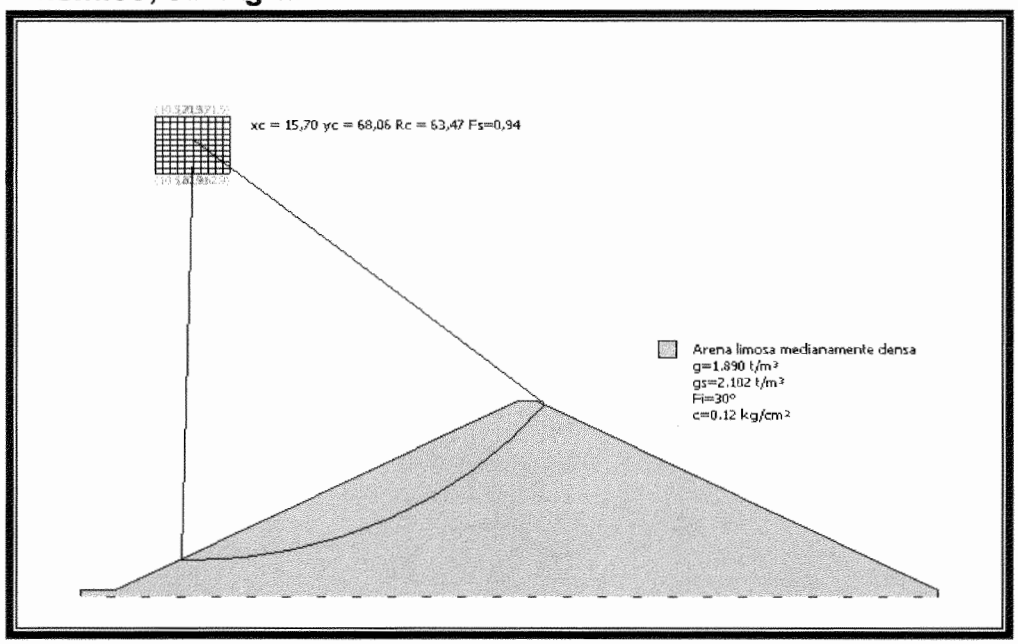


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

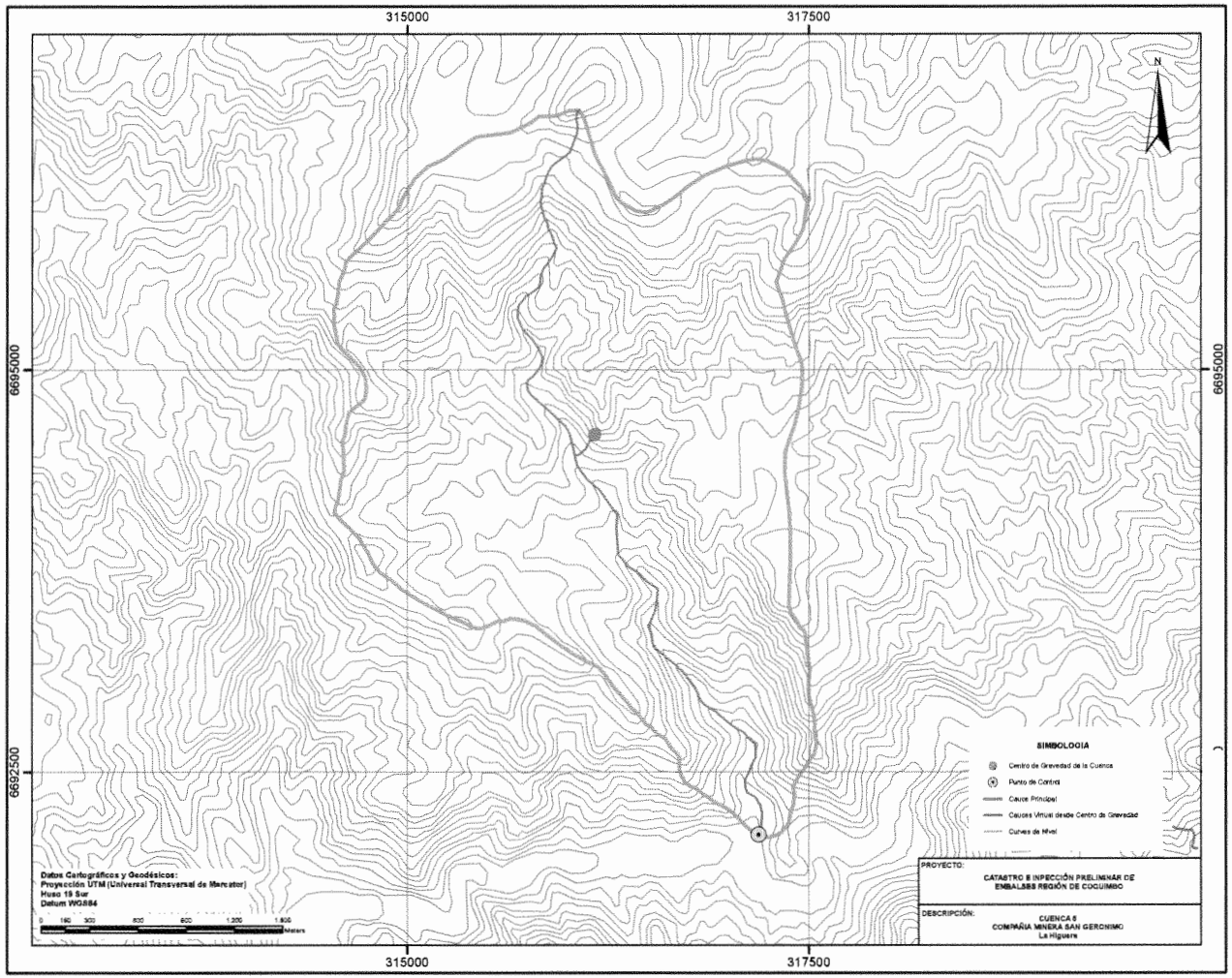


- **Resultados Estudio de Crecidas**

A continuación se incluyen los resultados del estudio hidrológico efectuado.

CUENCA 5.- COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO LA HIGUERA

a) Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
5	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO La Higuera	317.187	6.692.111	84 H19S	8.935.431	316.167	6.694.595	0,404881	975	5.444	2.934

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
5	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO La Higuera	Ip	2	8,94	64	0,43	0,43	0,52	0,35	1,25	0,23	0,28	0,19
		Ip	5	8,94	64	0,43	0,74	0,80	0,63	1,25	0,40	0,43	0,34
		Ip	10	8,94	64	0,43	1,00	1,00	1,00	1,25	0,54	0,54	0,54
		Ip	20	8,94	64	0,43	1,27	1,34	1,21	1,25	0,69	0,72	0,65
		Ip	25	8,94	64	0,43	1,36	1,46	1,27	1,25	0,73	0,79	0,69
		Ip	50	8,94	64	0,43	1,66	1,87	1,49	1,25	0,90	1,01	0,80
		Ip	100	8,94	64	0,43	2,00	2,33	1,71	1,25	1,08	1,26	0,92

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
5	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO La Higuera	IV.1	IV Elqui	2	8,94	64	0,361	23	0,057	0,870	0,050	0,10
		IV.1	IV Elqui	5	8,94	64	0,705	45	0,057	0,930	0,053	0,25
		IV.1	IV Elqui	10	8,94	64	1,000	64	0,057	1,000	0,057	0,42
		IV.1	IV Elqui	20	8,94	64	1,336	85	0,057	1,060	0,060	0,64
		IV.1	IV Elqui	25	8,94	64	1,400	89	0,057	1,100	0,063	0,70
		IV.1	IV Elqui	50	8,94	64	1,853	118	0,057	1,150	0,066	1,03
		IV.1	IV Elqui	100	8,94	64	2,305	147	0,057	1,200	0,068	1,41

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO La Higuera	IV.1	IV Elqui	2	8,94	64	0,361	23	0,025	0,870	0,022	0,70	0,14	4,51	0,24
		IV.1	IV Elqui	5	8,94	64	0,705	45	0,025	0,930	0,023	0,70	0,14	8,81	0,51
		IV.1	IV Elqui	10	8,94	64	1,000	64	0,025	1,000	0,025	0,70	0,14	12,49	0,78
		IV.1	IV Elqui	20	8,94	64	1,336	85	0,025	1,060	0,027	0,70	0,14	16,69	1,10
		IV.1	IV Elqui	25	8,94	64	1,400	89	0,025	1,100	0,028	0,70	0,14	17,50	1,19
		IV.1	IV Elqui	50	8,94	64	1,853	118	0,025	1,150	0,029	0,70	0,14	23,15	1,65
		IV.1	IV Elqui	100	8,94	64	2,305	147	0,025	1,200	0,030	0,70	0,14	28,80	2,14

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
5	COMPAÑIA MINERA SAN GERONIMO LA HIGUERA	2	0,23	0,10	0,24	0,19	0,24
		5	0,40	0,25	0,51	0,39	0,51
		10	0,54	0,42	0,78	0,58	0,78
		20	0,69	0,64	1,10	0,81	1,10
		25	0,73	0,70	1,19	0,88	1,19
		50	0,90	1,03	1,65	1,19	1,65
		100	1,08	1,41	2,14	1,55	2,14

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría B (altura muro= 30 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 500 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 500 años)= 5,91 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse La Higuera existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
La Higuera	39,42	125,50

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse La Higuera.

TALUDES EMBALSE LA HIGUERA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
La Higuera	Dx	56,13	Dx	56,13
	Dy	28,60	Dy	28,60

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
La Higuera	1,48	1,44	0,82	0,97	0,94

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
La Higuera	1,44	0,94

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 para los siguientes casos:

- Talud Aguas Arriba: vaciado rápido, sísmico con y sin agua
- Talud Aguas Abajo: sísmico sin agua

➢ **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

➢ **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse La Higuera será:

P= 10 %
V= 65%
E= 80 %

Riesgo Total= 5,20 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse La Higuera, se tiene lo siguiente:

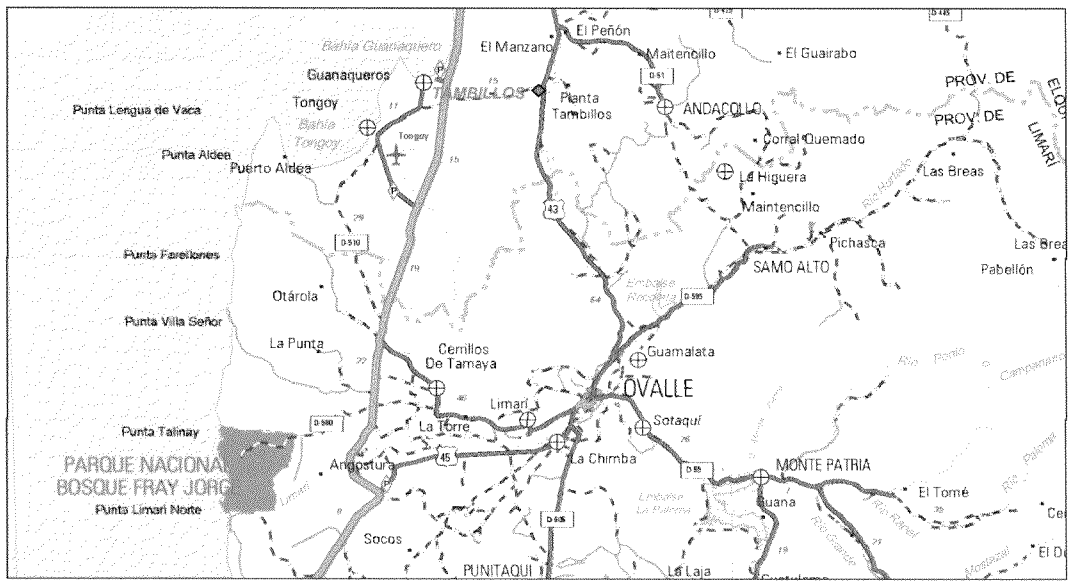
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
28,6	500	5,91	SIN	0,95	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,05	2,9%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,9 %

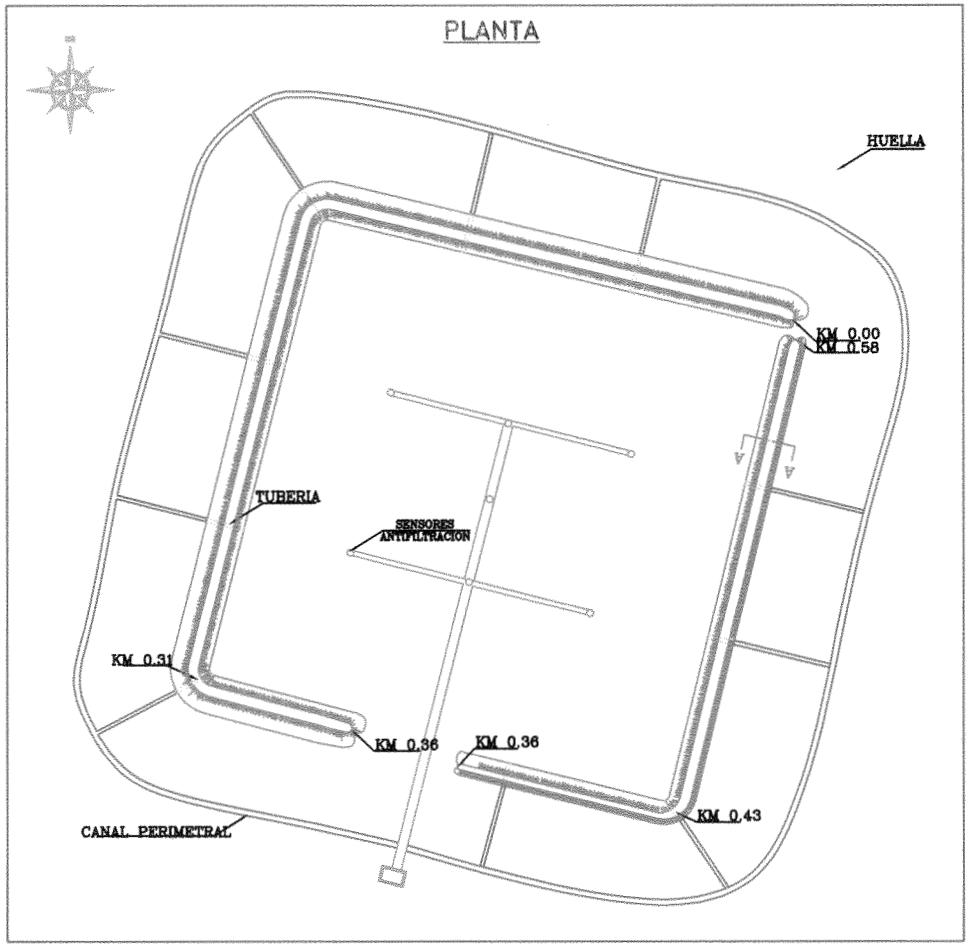
5.3.6 Tranque de Relaves Tambillos

Ubicado en la comuna de Vicuña, provincia del Elqui.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.656.797 E: 284.197 Datum: WGS 84
Altitud: 208 m.s.n.m

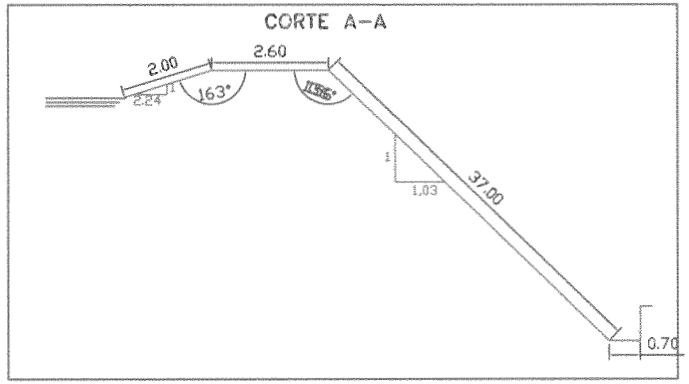


Acceso: Inmediatamente vecino a ruta 43 La Serena Ovalle, km. 30.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE TAMBILLOS

COMUNA DE VICUÑA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

TRANQUE TAMBILLOS	
SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA TAMBILLOS	
CUENCA	
QUEBRADA LAGUNILLAS	
SUB - CUENCA	
QUEBRADA TONGOICILLO	
FUENTE	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA TAMBILLOS (EX MINERA LOLOL)	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.656.797
	E	284.197

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	COQUIMBO
PROVINCIA:	ELQUI
COMUNA:	COQUIMBO

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.		208

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	1500 TON	
ALTURA DEL MURO (m)	15,05	
ANCHO CORONAMIENTO (m)	2,60	
LARGO CORONAMIENTO (m)	640,00	
BORDE LIBRE (m)	0,90	

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	17	2,24	1
	EXTERNO	24	1,03	1

AÑO CONSTRUCCION	2005

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA			CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	NO APLICA

AREA REGADA: NO APLICA

ESTADO	
BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B		
AÑO REPARACION		NO	

ESTADO	B		
AÑO REPARACION		NO	

EVALUACION DE CRECIDAS		CAPACIDAD M3/SEG		
VERT. CAIDA LIBRE		1		
VERT. POZO O BOCINA		2		
VERT. DE ALCANTARIL		3		
VERT. DE SIFON		4		
OTR: FRONTAL		5	NO APLICA	

EVACUADOR DE FOND	S	X	1		
	N		2		
CAPACIDAD M3/SEG					
ESTADO					
AÑO REPARACION		NO			

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

OBSERVACIONES: TRANQUE DE RELAVES TIPO AGUAS ARRIBA (EN ESTE CASO LOS RELAVES LLEGAN AL CENTRO). GEOMETRÍA REGULAR, ES CUADRADO, DE LADO 160 M. EN BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO. EN PROCESO DE REGULARIZACIÓN DE TALUDES, CIERRE PROGRAMADO PARA DICIEMBRE 2008. TIENE 7 CÁMARAS DE INFILTRACIÓN QUE CONDUCEN LAS AGUAS A CANAL PERIMETRAL PARA SU REPROCESO.

ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: INMEDIATAMENTE VECINO A RUTA 43 LA SERENA OVALLE, KM 30

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

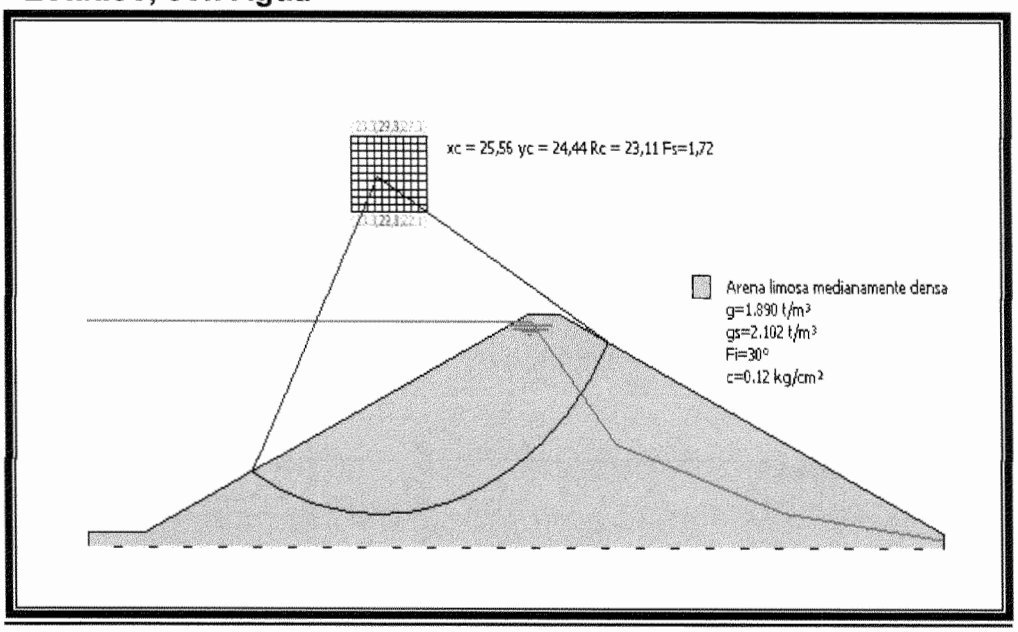
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

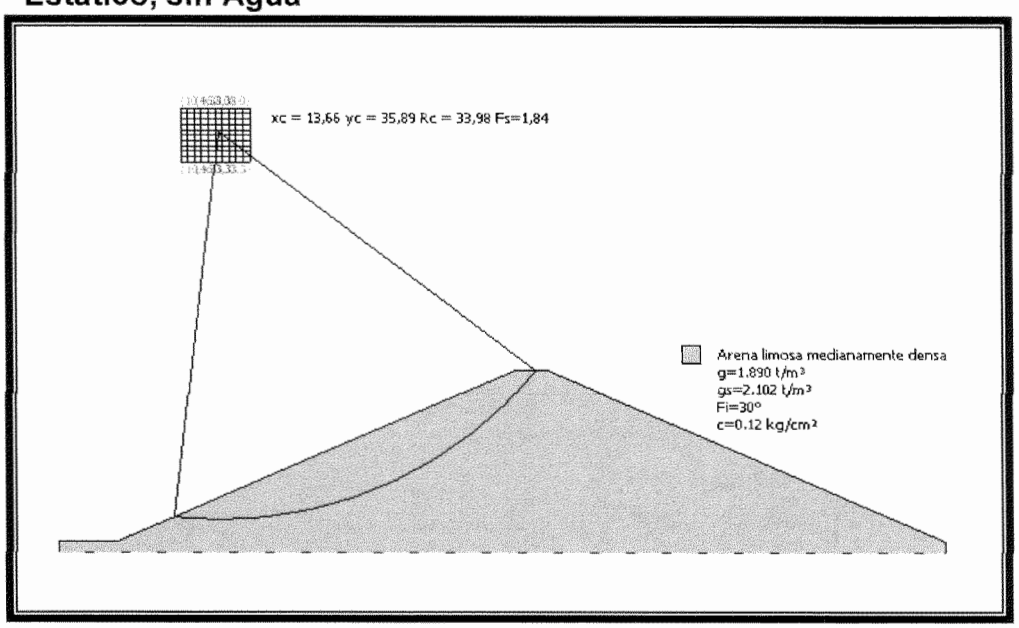
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

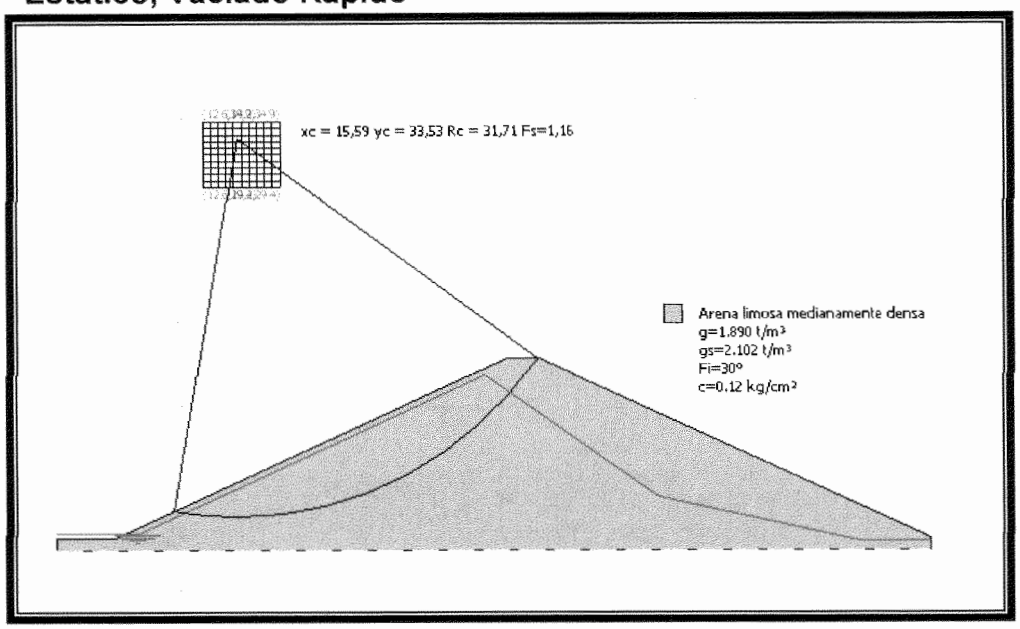
- Estático, con Agua



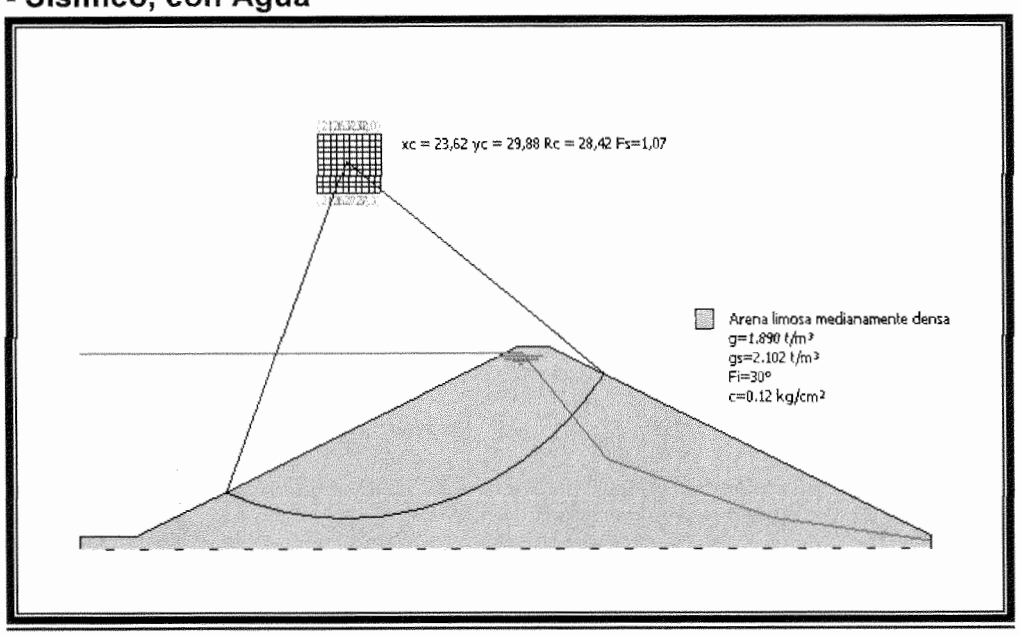
- Estático, sin Agua



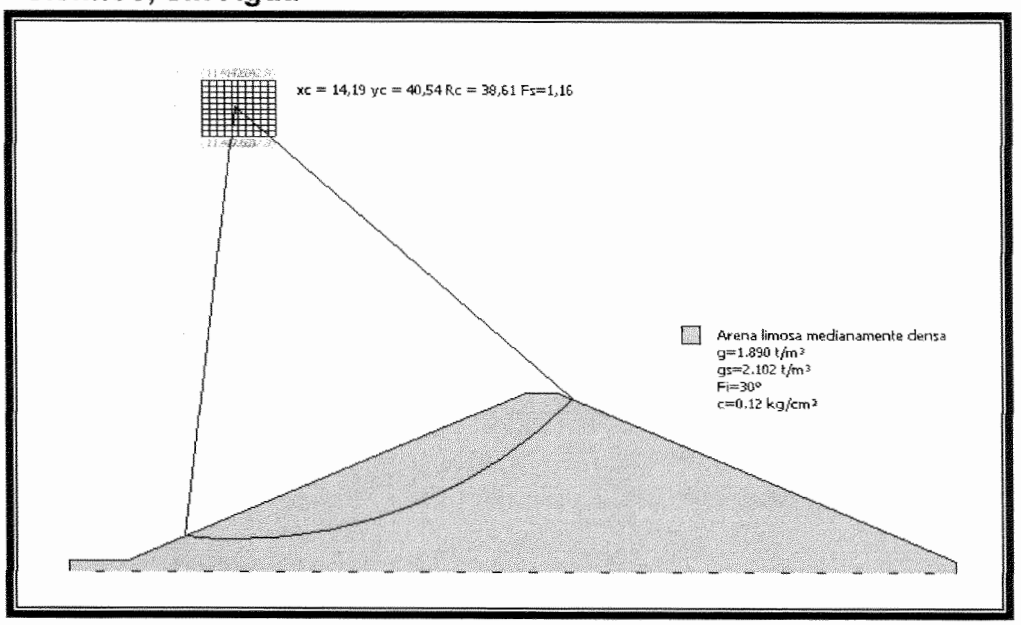
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

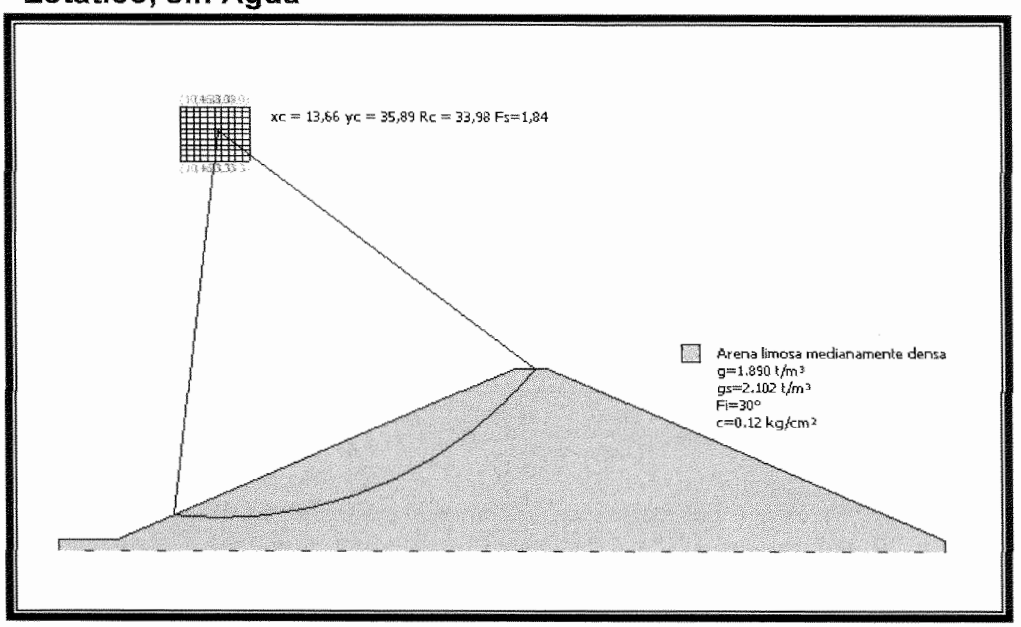


- Sísmico, sin Agua

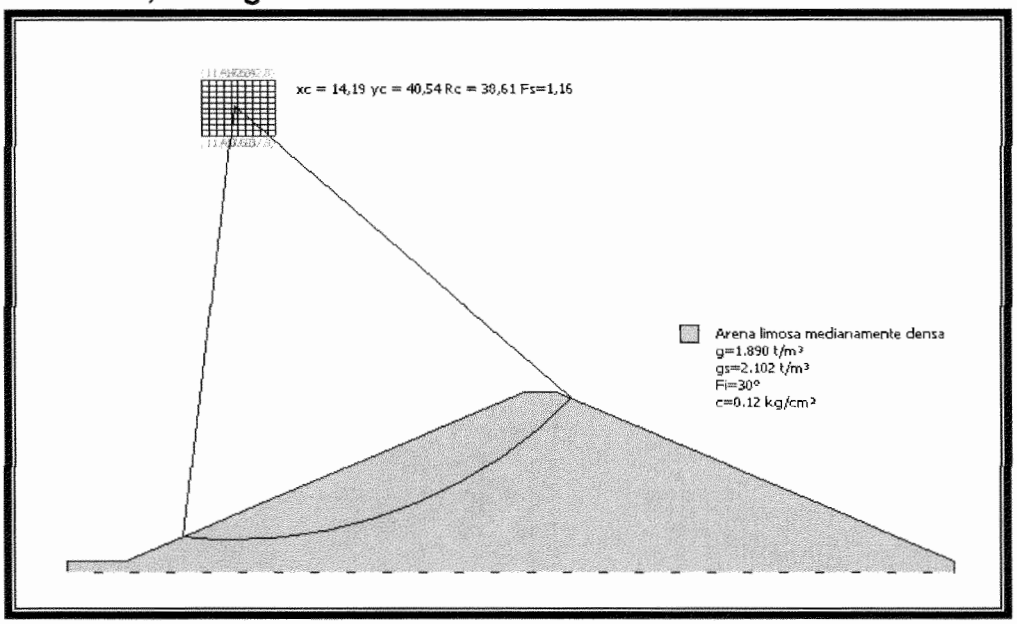


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



➢ Resultados Estudio de Crecidas

El embalse Tambillos no tiene cuenca aportante

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Tambillos existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Tambillos	24,42	60,00

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Tambillos.

TALUDES EMBALSE TAMBILLOS

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Tambillos	Dx	33,80	Dx	33,80
	Dy	15,05	Dy	15,05

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Tambillos	1,72	1,84	1,16	1,07	1,16

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Tambillos	1,84	1,16

Del análisis efectuado, no se obtuvo F.S. < 1,0 para ninguno de los casos:

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Tambillos no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Tambillos, se tiene lo siguiente:

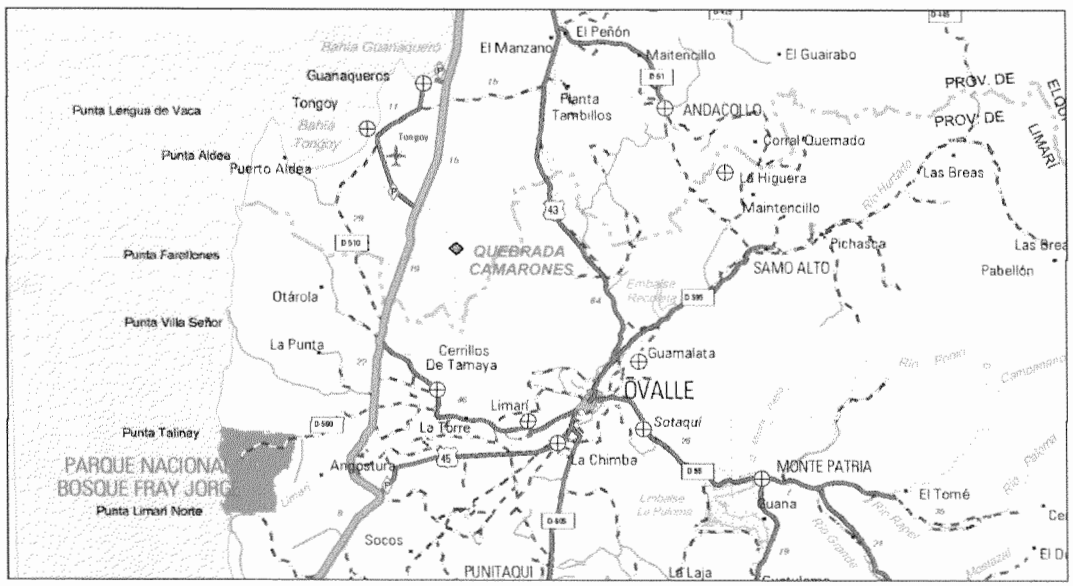
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
15,05	500	sin cuenca	SIN		0,6	0,6	1,0	0,4	0,6	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.7 Embalse Quebrada de Camarones

Ubicado en la comuna de Coquimbo, provincia del Elqui.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.636.169 E: 270.326 Datum: WGS 84
Altitud: 135 m.s.n.m



Acceso: Ruta 5 norte, 7.5 km al norte de peaje Tongoy, 1.6 km al norte de cruce Tongoy, portón de fierro azul, 7 km hacia el oriente.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

HACIENDA CAMARONES	
QUEBRADA CAMARONES	
CUENCA	
LIMARI	
SUB - CUENCA	
QUEBRADA CAMARONES	
FUENTE	
HACIENDA CAMARONES	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	COQUIMBO
PROVINCIA:	ELQUI
COMUNA:	ANDACOLLO

COORDENADAS UTM	N	6.636.169
	E	270.326

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	135

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,10
ALTURA DEL MURO (m)		12,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		0,75
LARGO CORONAMIENTO (m)		140,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	90	0,00	1
	EXTERNO	40,54	1,17	1

AÑO CONSTRUCCION	1965

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE	X	4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA

			CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA	X	3	200 L/S
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA

100HA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS

		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	NO TIENE

EVACUADOR DE FOND	S	X	1
	N		2
CAPACIDAD M3/SEG		0,2	
ESTADO	R		
AÑO REPARACION		NO	

POTENCIA GENERADA

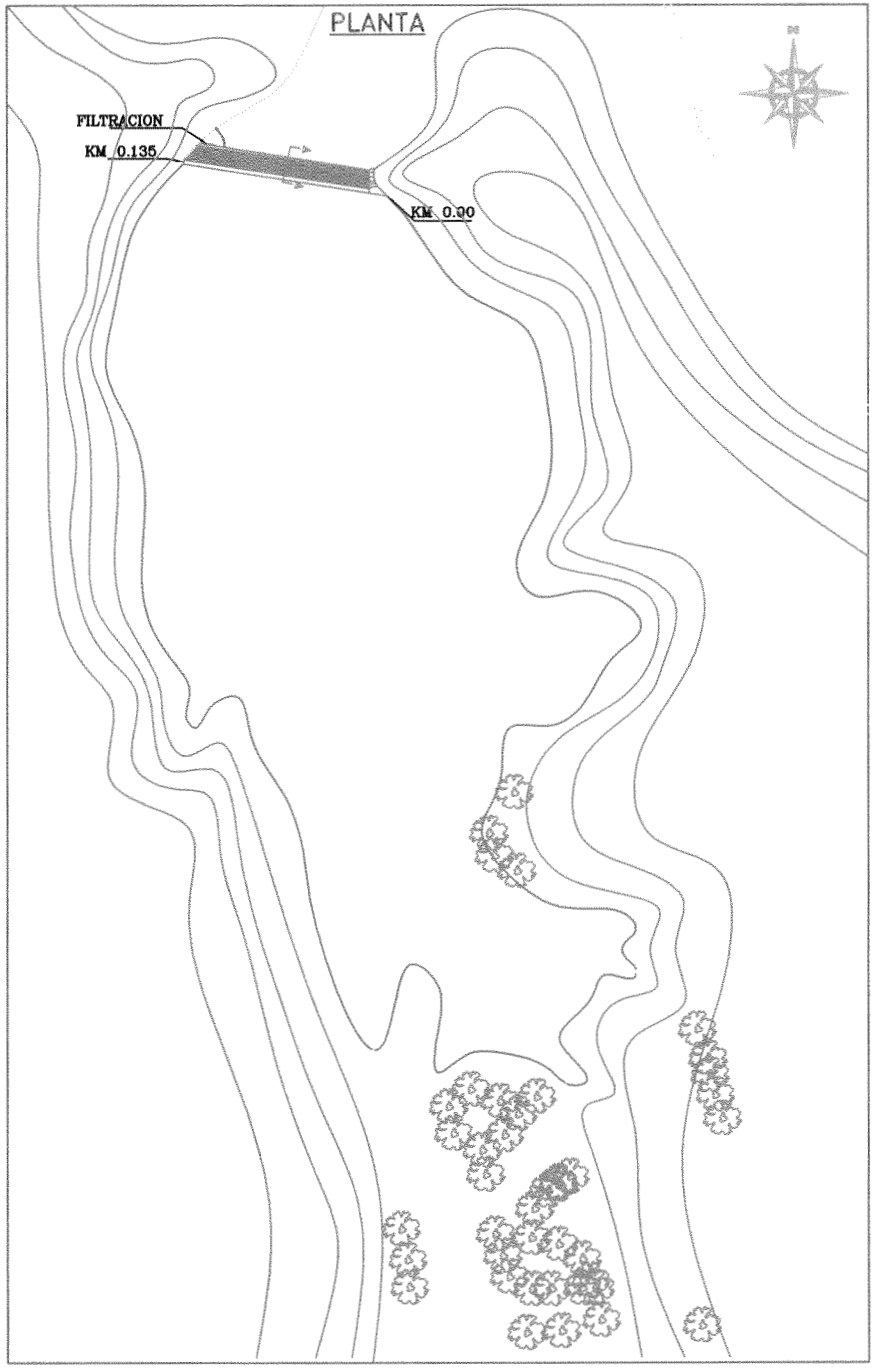
NO APLICA	KW *10^{5}	1
	HP	2

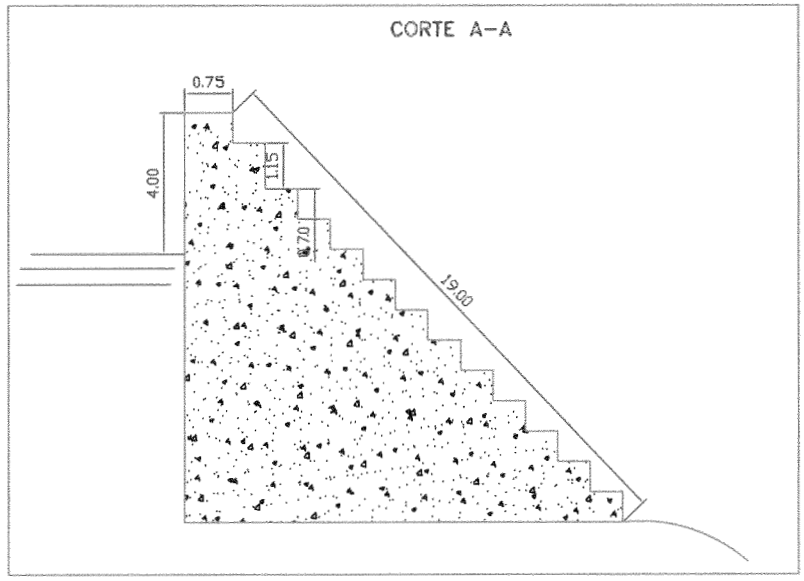
ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: PRESA DE HORMIGÓN TIPO CONTRAFUERTES. NO TIENE VERTEDERO. SOLO TIENE UNA TUBERÍA DE 150 MM. USADA COMO EVACUADOR DE FONDO. NO SE OBSERVAN MAYORES OBRAS DE DISTRIBUCIÓN. ALIMENTACIÓN SOLO DE QUEBRADAS, AGUAS LLUVIAS.

ESTADO GENERAL: REGULAR, SE VE SEMI ABANDONADO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: RUTA 5 NORTE, 7.5 KM AL NORTE DE PEAJE TONGOY, 1.6 KM AL NORTE DE CRUCE TONGOY, PORTON DE FIERRO AZUL, 7 KM HACIA EL ORIENTE.





"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE QUEBRADA CAMARONES

COMUNA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: . Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico . Con agua
  . Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

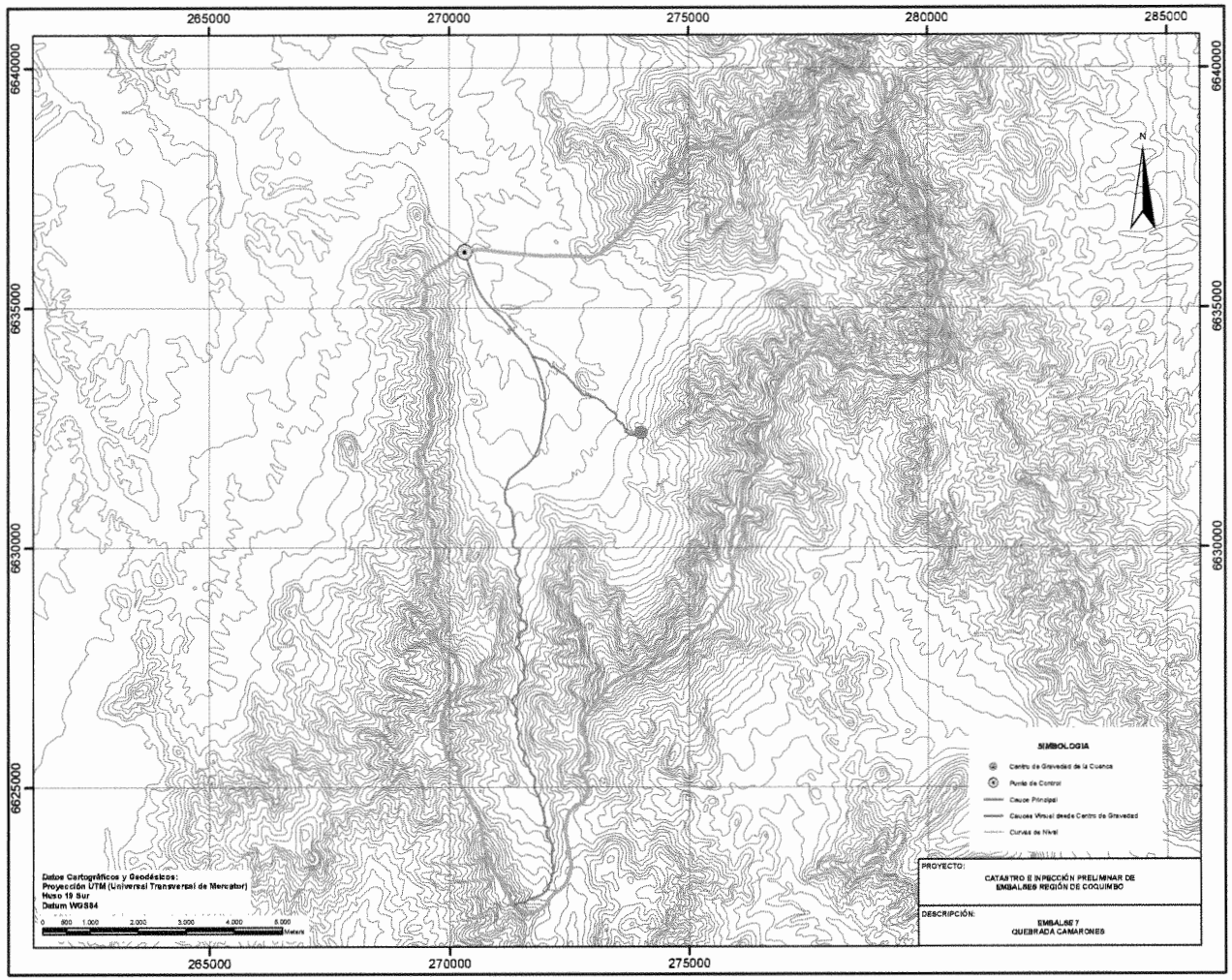
A este embalse no se le hizo análisis de estabilidad pues tiene una presa de hormigón, anclada en los dos extremos a un macizo rocoso. La presa es triangular, y por el lado de su hipotenusa (talud de aguas abajo) presenta escalones de aproximadamente 0,7 m x 0,7 m cada uno. A la vez existen 8 contrafuertes en el muro que aportan mayor inercia para soportar la componente horizontal de la presión.

- **Resultados Estudio de Crecidas**

A continuación se presentan los resultados del estudio de crecidas.

CUENCA 7.- COMPAÑIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO QUEBRADA CAMARONES

a) Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
7	COMPAÑIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO Quebrada Camarones	270.326	6.636.169	84 H19S	92.813.401	274.011	6.632.395	0,305422	1.125	15.816	5.713

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Min.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Min. (m3/s)
7	COMPAÑIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO Quebrada Camarones	Jp	2	92,81	99	10,40	0,24	0,30	0,19	2,14	5,34	6,68	4,23
		Jp	5	92,81	99	10,40	0,61	0,66	0,56	2,14	13,58	14,69	12,47
		Jp	10	92,81	99	10,40	1,00	1,00	1,00	2,14	22,26	22,26	22,26
		Jp	20	92,81	99	10,40	1,51	1,61	1,40	2,14	33,61	35,84	31,16
		Jp	25	92,81	99	10,40	1,71	1,85	1,55	2,14	38,06	41,18	34,50
		Jp	50	92,81	99	10,40	2,41	2,76	2,06	2,14	53,65	61,44	45,85
		Jp	100	92,81	99	10,40	3,30	3,94	2,66	2,14	73,46	87,70	59,21

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
7	COMPAÑIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO Quebrada Camarones	IV.2	IV Limarí	2	92,81	99	0,485	48	0,180	0,440	0,079	3,21
		IV.2	IV Limarí	5	92,81	99	0,795	79	0,180	0,750	0,135	10,09
		IV.2	IV Limarí	10	92,81	99	1,000	99	0,180	1,000	0,180	17,88
		IV.2	IV Limarí	20	92,81	99	1,192	118	0,180	1,260	0,227	28,01
		IV.2	IV Limarí	25	92,81	99	1,215	120	0,180	1,360	0,245	30,96
		IV.2	IV Limarí	50	92,81	99	1,436	142	0,180	1,620	0,292	45,37
		IV.2	IV Limarí	100	92,81	99	1,615	160	0,180	1,910	0,344	61,87

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
7	COMPAÑIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO Quebrada Camarones	IV.2	IV Limarí	2	92,81	99	0,485	48	0,078	0,440	0,034	1,83	0,25	6,52	5,77
		IV.2	IV Limarí	5	92,81	99	0,795	79	0,078	0,750	0,059	1,83	0,25	10,68	16,11
		IV.2	IV Limarí	10	92,81	99	1,000	99	0,078	1,000	0,078	1,83	0,25	13,44	27,03
		IV.2	IV Limarí	20	92,81	99	1,192	118	0,078	1,260	0,098	1,83	0,25	16,02	40,59
		IV.2	IV Limarí	25	92,81	99	1,215	120	0,078	1,360	0,106	1,83	0,25	16,33	44,66
		IV.2	IV Limarí	50	92,81	99	1,436	142	0,078	1,620	0,126	1,83	0,25	19,30	62,87
		IV.2	IV Limarí	100	92,81	99	1,615	160	0,078	1,910	0,149	1,83	0,25	21,70	83,37

➢ Hidrograma Unitario Sintético (H.U.S)

A	92,81	km2
CD	0,25	
tc	1,83	hr
Lat	30,42	°
L	15,82	km
Lg	5,71	km
S	0,31	m/m

	Zona I	
tp	2,775	hr
tb	12,229	hr
qp	63,960	l/s/mm/km2
tu	0,505	hr
tu -10	0,454	hr
tr	0,609	hr
tu +10	0,555	hr
tp'	2,801	hr
tb'	12,322	hr
qp'	63,484	l/s/mm/km2

T	P(T)	
2	48	mm
5	79	mm
10	99	mm
20	118	mm
25	120	mm
50	142	mm
100	160	mm

t/tp	q/qp
0	0
0,3	0,2
0,5	0,4
0,6	0,6
0,75	0,8
1	1
1,3	0,8
1,5	0,6
1,8	0,4
2,3	0,2
2,7	0,1

Zona 1

t	qp	corrección	q corr	verificación
0,000	0,000		0,000	
0,840	12,697	0,019	14,967	0,023
1,401	25,394	0,038	29,935	0,045
1,681	38,091	0,032	44,902	0,038
2,101	50,787	0,067	59,870	0,079
2,801	63,484	0,144	74,837	0,170
3,642	50,787	0,173	59,870	0,204
4,202	38,091	0,090	44,902	0,106
5,043	25,394	0,096	29,935	0,113
6,443	12,697	0,096	14,967	0,113
7,564	6,348	0,038	7,484	0,045
12,322	0,000	0,054	0,000	0,064
Suma		**0,848**		**1,000**

T=2

P 24	48	mm
P tc	11,91433599	mm
i	6,518039795	mm/hr
CN	83,97113194	
S	48,48490657	mm
Pef	0,096971252	mm
i ef	0,053050584	mm/hr
Interpolación	0,609300565	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		0,032323751	0,032323751	0,032323751		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,61	10,85099481		0,35074485	0		0,35074485	0,032553822
2	1,22	25,06925344		0,810332296	0,35074485	0	1,161077146	0,107763519
3	1,83	50,13850688		1,620664592	0,810332296	0,35074485	2,781741738	0,258182911
4	2,44	67,05223704		2,167379787	1,620664592	0,810332296	4,598376676	0,426790978
5	3,05	70,47387566		2,277979981	2,167379787	1,620664592	6,06602436	0,563008351
6	3,66	59,49939735		1,923243681	2,277979981	2,167379787	6,368603449	0,591091746
7	4,27	43,78273205		1,415222112	1,923243681	2,277979981	5,616445773	0,521281434
8	4,87	32,93173725		1,064477262	1,415222112	1,923243681	4,402943054	0,408652119
9	5,48	25,22241503		0,815283053	1,064477262	1,415222112	3,294982426	0,305818525
10	6,09	18,71181815		0,604836143	0,815283053	1,064477262	2,484596458	0,230603847
11	6,70	13,23856153		0,427919961	0,604836143	0,815283053	1,848039157	0,171522799
12	7,31	9,169438474		0,296390642	0,427919961	0,604836143	1,329146747	0,12336263
13	7,92	6,922413976		0,223758383	0,296390642	0,427919961	0,948068986	0,087993507
14	8,53	5,964096843		0,192781979	0,223758383	0,296390642	0,712931004	0,066169551
15	9,14	5,005779711		0,161805575	0,192781979	0,223758383	0,578345937	0,053678253
16	9,75	4,047462578		0,130829171	0,161805575	0,192781979	0,485416725	0,045053177
17	10,36	3,089145445		0,099852767	0,130829171	0,161805575	0,392487513	0,036428101
18	10,97	2,130828312		0,068876363	0,099852767	0,130829171	0,299558301	0,027803025
19	11,58	1,172511179		0,037899959	0,068876363	0,099852767	0,206629089	0,019177948
20	12,19	0,214194047		0,006923555	0,037899959	0,068876363	0,113699877	0,010552872
21		0		0	0,006923555	0,037899959	0,044823514	0,004160223
22		0		0	0	0,006923555	0,006923555	0,000642599
23		0		0	0	0	0	0
							Q max	**0,591091746**

T=5

P 24	79	mm
P tc	19,52968476	mm
i	10,68420956	mm/hr
CN	83,97113194	
S	48,48490657	mm
Pef	1,657853555	mm
i ef	0,906970851	mm/hr
Interpolación	0,609300565	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		0,552617852	0,552617852	0,552617852		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,61	10,85099481		5,996453439	0		5,996453439	0,556551238
2	1,22	25,06925344		13,85371698	5,996453439	0	19,85017042	1,842361827
3	1,83	50,13850688		27,70743396	13,85371698	5,996453439	47,55760437	4,413983005
4	2,44	67,05223704		37,05426318	27,70743396	13,85371698	78,61541412	7,296563955
5	3,05	70,47387566		38,94512176	37,05426318	27,70743396	103,7068189	9,625382569
6	3,66	59,49939735		32,88042913	38,94512176	37,05426318	108,8798141	10,10550584
7	4,27	43,78273205		24,19511933	32,88042913	38,94512176	96,02067022	8,912004969
8	4,87	32,93173725		18,19866589	24,19511933	32,88042913	75,27421435	6,986455841
9	5,48	25,22241503		13,93835681	18,19866589	24,19511933	56,33214202	5,228377687
10	6,09	18,71181815		10,34048475	13,93835681	18,19866589	42,47750744	3,942481932
11	6,70	13,23856153		7,315865429	10,34048475	13,93835681	31,59470698	2,932412209
12	7,31	9,169438474		5,06719539	7,315865429	10,34048475	22,72354556	2,109049547
13	7,92	6,922413976		3,82544954	5,06719539	7,315865429	16,20851036	1,504366972
14	8,53	5,964096843		3,295866385	3,82544954	5,06719539	12,18851131	1,131257188
15	9,14	5,005779711		2,766283229	3,295866385	3,82544954	9,887599154	0,917701705
16	9,75	4,047462578		2,236700074	2,766283229	3,295866385	8,298849688	0,770244464
17	10,36	3,089145445		1,707116919	2,236700074	2,766283229	6,710100223	0,622787223
18	10,97	2,130828312		1,177533764	1,707116919	2,236700074	5,121350758	0,475329982
19	11,58	1,172511179		0,647950609	1,177533764	1,707116919	3,532601292	0,32787274
20	12,19	0,214194047		0,118367454	0,647950609	1,177533764	1,943851827	0,180415499
21		0		0	0,118367454	0,647950609	0,766318063	0,071124586
22		0		0	0	0,118367454	0,118367454	0,010986086
23		0		0	0	0	0	0
							Q max	**10,10550584**

T=10

P 24	99	mm
P tc	24,56564121	mm
i	13,43925731	mm/hr
CN	83,97113194	
S	48,48490657	mm
Pef	3,489575401	mm
i ef	1,909060761	mm/hr
Interpolación	0,609300565	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		1,1631918	1,1631918	1,1631918		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,61	10,85099481		12,62178818	0		12,62178818	1,171471088
2	1,22	25,06925344		29,16035004	12,62178818	0	41,78213822	3,87794235
3	1,83	50,13850688		58,32070008	29,16035004	12,62178818	100,1028383	9,290884873
4	2,44	67,05223704		77,99461231	58,32070008	29,16035004	165,4756624	15,35835901
5	3,05	70,47387566		81,97463429	77,99461231	58,32070008	218,2899467	20,26023236
6	3,66	59,49939735		69,20921111	81,97463429	77,99461231	229,1784577	21,2708321
7	4,27	43,78273205		50,92771491	69,20921111	81,97463429	202,1115603	18,75866129
8	4,87	32,93173725		38,30592673	50,92771491	69,20921111	158,4428528	14,70562003
9	5,48	25,22241503		29,33850635	38,30592673	50,92771491	118,572148	11,00508432
10	6,09	18,71181815		21,76543344	29,33850635	38,30592673	89,40986652	8,298433794
11	6,70	13,23856153		15,39898621	21,76543344	29,33850635	66,502926	6,172362738
12	7,31	9,169438474		10,66581564	15,39898621	21,76543344	47,8302353	4,439286808
13	7,92	6,922413976		8,052095175	10,66581564	15,39898621	34,11689703	3,166505245
14	8,53	5,964096843		6,937388544	8,052095175	10,66581564	25,65529936	2,381155588
15	9,14	5,005779711		5,822681913	6,937388544	8,052095175	20,81216563	1,931647874
16	9,75	4,047462578		4,707975282	5,822681913	6,937388544	17,46804574	1,621268734
17	10,36	3,089145445		3,593268651	4,707975282	5,822681913	14,12392585	1,310889593
18	10,97	2,130828312		2,47856202	3,593268651	4,707975282	10,77980595	1,000510453
19	11,58	1,172511179		1,36385539	2,47856202	3,593268651	7,435686061	0,690131312
20	12,19	0,214194047		0,249148759	1,36385539	2,47856202	4,091566169	0,379752172
21		0		0	0,249148759	1,36385539	1,613004148	0,149708401
22		0		0	0	0,249148759	0,249148759	0,023124344
23		0		0	0	0	0	0
							Q max	**21,2708321**

T=20

P 24	118	mm
P tc	29,28224432	mm
i	16,01959471	mm/hr
CN	83,97113194	
S	48,48490657	mm
Pef	5,63510462	mm
i ef	3,082826957	mm/hr
Interpolación	0,609300565	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		1,878368207	1,878368207	1,878368207		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,61	10,85099481		20,38216366	0		20,38216366	1,891737929
2	1,22	25,06925344		47,08928863	20,38216366	0	67,47145229	6,262254957
3	1,83	50,13850688		94,17857726	47,08928863	20,38216366	161,6500295	15,00328901
4	2,44	67,05223704		125,9487902	94,17857726	47,08928863	267,2166561	24,80128666
5	3,05	70,47387566		132,3758874	125,9487902	94,17857726	352,5032549	32,71702595
6	3,66	59,49939735		111,7617763	132,3758874	125,9487902	370,086454	34,34898246
7	4,27	43,78273205		82,24009189	111,7617763	132,3758874	326,3777556	30,29222951
8	4,87	32,93173725		61,85792823	82,24009189	111,7617763	255,8597964	23,74721788
9	5,48	25,22241503		47,37698249	61,85792823	82,24009189	191,4750026	17,7714462
10	6,09	18,71181815		35,1476843	47,37698249	61,85792823	144,382595	13,40063969
11	6,70	13,23856153		24,86689307	35,1476843	47,37698249	107,3915599	9,96737591
12	7,31	9,169438474		17,2235817	24,86689307	35,1476843	77,23815907	7,168736231
13	7,92	6,922413976		13,00284233	17,2235817	24,86689307	55,0933171	5,113398133
14	8,53	5,964096843		11,20276989	13,00284233	17,2235817	41,42919392	3,845184388
15	9,14	5,005779711		9,402697458	11,20276989	13,00284233	33,60830968	3,119301523
16	9,75	4,047462578		7,602625024	9,402697458	11,20276989	28,20809237	2,618088989
17	10,36	3,089145445		5,80255259	7,602625024	9,402697458	22,80787507	2,116876455
18	10,97	2,130828312		4,002480156	5,80255259	7,602625024	17,40765777	1,615663921
19	11,58	1,172511179		2,202407722	4,002480156	5,80255259	12,00744047	1,114451387
20	12,19	0,214194047		0,402335287	2,202407722	4,002480156	6,607223165	0,613238853
21		0		0	0,402335287	2,202407722	2,604743009	0,241755057
22		0		0	0	0,402335287	0,402335287	0,037342106
23		0		0	0	0	0	0
							Q max	**34,34898246**

T=25

P 24	120	mm
P tc	29,8483402	mm
i	16,32929182	mm/hr
CN	83,97113194	
S	48,48490657	mm
Pef	5,916365963	mm
i ef	3,236698111	mm/hr
Interpolación	0,609300565	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		1,972121988	1,972121988	1,972121988		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,61	10,85099481		21,39948545	0		21,39948545	1,986159024
2	1,22	25,06925344		49,43962593	21,39948545	0	70,83911137	6,57481885
3	1,83	50,13850688		98,87925185	49,43962593	21,39948545	169,7183632	15,7521385
4	2,44	67,05223704		132,235191	98,87925185	49,43962593	280,5540688	26,03917729
5	3,05	70,47387566		138,9830797	132,235191	98,87925185	370,0975226	34,35000977
6	3,66	59,49939735		117,3400698	138,9830797	132,235191	388,5583405	36,06342107
7	4,27	43,78273205		86,34488856	117,3400698	138,9830797	342,6680381	31,80418603
8	4,87	32,93173725		64,94540311	86,34488856	117,3400698	268,6303614	24,93249746
9	5,48	25,22241503		49,74167927	64,94540311	86,34488856	201,0319709	18,65846093
10	6,09	18,71181815		36,901988	49,74167927	64,94540311	151,5890704	14,06949718
11	6,70	13,23856153		26,10805827	36,901988	49,74167927	112,7517255	10,46487112
12	7,31	9,169438474		18,08325123	26,10805827	36,901988	81,0932975	7,526544739
13	7,92	6,922413976		13,65184481	18,08325123	26,10805827	57,84315431	5,368619876
14	8,53	5,964096843		11,76192652	13,65184481	18,08325123	43,49702256	4,037106597
15	9,14	5,005779711		9,872008233	11,76192652	13,65184481	35,28577956	3,274993208
16	9,75	4,047462578		7,982089944	9,872008233	11,76192652	29,6160247	2,748763976
17	10,36	3,089145445		6,092171655	7,982089944	9,872008233	23,94626983	2,222534744
18	10,97	2,130828312		4,202253367	6,092171655	7,982089944	18,27651497	1,696305512
19	11,58	1,172511179		2,312335078	4,202253367	6,092171655	12,6067601	1,17007628
20	12,19	0,214194047		0,422416789	2,312335078	4,202253367	6,937005234	0,643847048
21		0		0	0,422416789	2,312335078	2,734751867	0,253821622
22		0		0	0	0,422416789	0,422416789	0,039205939
23		0		0	0	0	0	0
							Q max	**36,06342107**

T=50

P 24	142	mm
P tc	35,27626078	mm
i	19,2987735	mm/hr
CN	83,97113194	
S	48,48490657	mm
Pef	8,834223028	mm
i ef	4,832985852	mm/hr
Interpolación	0,609300565	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		2,944741009	2,944741009	2,944741009		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,61	10,85099481		31,9533694	0		31,9533694	2,965700888
2	1,22	25,06925344		73,82245868	31,9533694	0	105,7758281	9,817414348
3	1,83	50,13850688		147,6449174	73,82245868	31,9533694	253,4207455	23,52084127
4	2,44	67,05223704		197,4514722	147,6449174	73,82245868	418,9188482	38,88128305
5	3,05	70,47387566		207,5273117	197,4514722	147,6449174	552,6237013	51,29088519
6	3,66	59,49939735		175,2103154	207,5273117	197,4514722	580,1890993	53,84932353
7	4,27	43,78273205		128,9288066	175,2103154	207,5273117	511,6664337	47,48950189
8	4,87	32,93173725		96,97543718	128,9288066	175,2103154	401,1145592	37,22880643
9	5,48	25,22241503		74,27347991	96,97543718	128,9288066	300,1777237	27,86051544
10	6,09	18,71181815		55,10145826	74,27347991	96,97543718	226,3503753	21,00834815
11	6,70	13,23856153		38,98413503	55,10145826	74,27347991	168,3590732	15,62597817
12	7,31	9,169438474		27,00162151	38,98413503	55,10145826	121,0872148	11,23851622
13	7,92	6,922413976		20,38471632	27,00162151	38,98413503	86,37047286	8,016337332
14	8,53	5,964096843		17,56272056	20,38471632	27,00162151	64,94905839	6,028143001
15	9,14	5,005779711		14,7407248	17,56272056	20,38471632	52,68816168	4,890167478
16	9,75	4,047462578		11,91872904	14,7407248	17,56272056	44,22217439	4,104410405
17	10,36	3,089145445		9,096733276	11,91872904	14,7407248	35,75618711	3,318653333
18	10,97	2,130828312		6,274737515	9,096733276	11,91872904	27,29019983	2,53289626
19	11,58	1,172511179		3,452741754	6,274737515	9,096733276	18,82421255	1,747139188
20	12,19	0,214194047		0,630745993	3,452741754	6,274737515	10,35822526	0,961382115
21		0		0	0,630745993	3,452741754	4,083487748	0,379002386
22		0		0	0	0,630745993	0,630745993	0,058541681
23		0		0	0	0	0	0
							Q max	**53,84932353**

T=100

P 24	160	mm
P tc	39,67351055	mm
i	21,70440055	mm/hr
CN	83,97113194	
S	48,48490657	mm
Pef	11,45266201	mm
i ef	6,265469333	mm/hr
Interpolación	0,609300565	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		3,817554004	3,817554004	3,817554004		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,61	10,85099481		41,42425867	0		41,42425867	3,844726331
2	1,22	25,06925344		95,70322884	41,42425867	0	137,1274875	12,72726849
3	1,83	50,13850688		191,4064577	95,70322884	41,42425867	328,5339452	30,4923528
4	2,44	67,05223704		255,975536	191,4064577	95,70322884	543,0852225	50,40558653
5	3,05	70,47387566		269,0378262	255,975536	191,4064577	716,4198198	66,49336002
6	3,66	59,49939735		227,1421626	269,0378262	255,975536	752,1555247	69,81011233
7	4,27	43,78273205		167,142944	227,1421626	269,0378262	663,3229328	61,56525735
8	4,87	32,93173725		125,7186854	167,142944	227,1421626	520,003792	48,26332047
9	5,48	25,22241503		96,28793149	125,7186854	167,142944	389,1495609	36,11829425
10	6,09	18,71181815		71,43337629	96,28793149	125,7186854	293,4399932	27,23516375
11	6,70	13,23856153		50,53892356	71,43337629	96,28793149	218,2602313	20,25747437
12	7,31	9,169438474		35,00482656	50,53892356	71,43337629	156,9771264	14,56958098
13	7,92	6,922413976		26,42668919	35,00482656	50,53892356	111,9704393	10,39235728
14	8,53	5,964096843		22,76826178	26,42668919	35,00482656	84,19977753	7,814867716
15	9,14	5,005779711		19,10983438	22,76826178	26,42668919	68,30478535	6,339599433
16	9,75	4,047462578		15,45140697	19,10983438	22,76826178	57,32950313	5,320946163
17	10,36	3,089145445		11,79297956	15,45140697	19,10983438	46,35422091	4,302292893
18	10,97	2,130828312		8,134552155	11,79297956	15,45140697	35,37893869	3,283639623
19	11,58	1,172511179		4,476124748	8,134552155	11,79297956	24,40365646	2,264986353
20	12,19	0,214194047		0,817697341	4,476124748	8,134552155	13,42837424	1,246333083
21		0		0	0,817697341	4,476124748	5,293822088	0,491337632
22		0		0	0	0,817697341	0,817697341	0,075893271
23		0		0	0	0	0	0
							Q max	**69,81011233**

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC	V-K MOD	RAC MOD	HUS	HEC-HMS	PROM	MAX
7	COMPAÑIA MINERA CARMEN DE ANDACOLLO QUEBRADA CAMARONES	2	5,34	3,21	5,77	0,59	0,50	3,08	5,77
		5	13,58	10,09	16,11	10,11	10,20	12,02	16,11
		10	22,26	17,88	27,03	21,27	21,70	22,03	27,03
		20	33,61	28,01	40,59	34,35	35,10	34,33	40,59
		25	38,06	30,96	44,66	36,06	36,80	37,31	44,66
		50	53,65	45,37	62,87	53,85	54,90	54,13	62,87
		100	73,46	61,87	83,37	69,81	71,00	71,90	83,37

Nota: se adopta promedio de los caudales máximos

Este embalse es Categoría A (altura muro= 12 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 500 años)= 122 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con lo señalado en párrafos precedentes, a este embalse no se le hizo análisis de filtraciones.

- **Estabilidad de Taludes**

De acuerdo con lo señalado en párrafos precedentes, a este embalse no se le hizo análisis de estabilidad de taludes.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

R= P x V x E

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

Al embalse Quebrada de Camarones no se le hizo análisis de estabilidad.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Quebrada de Camarones, se tiene lo siguiente:

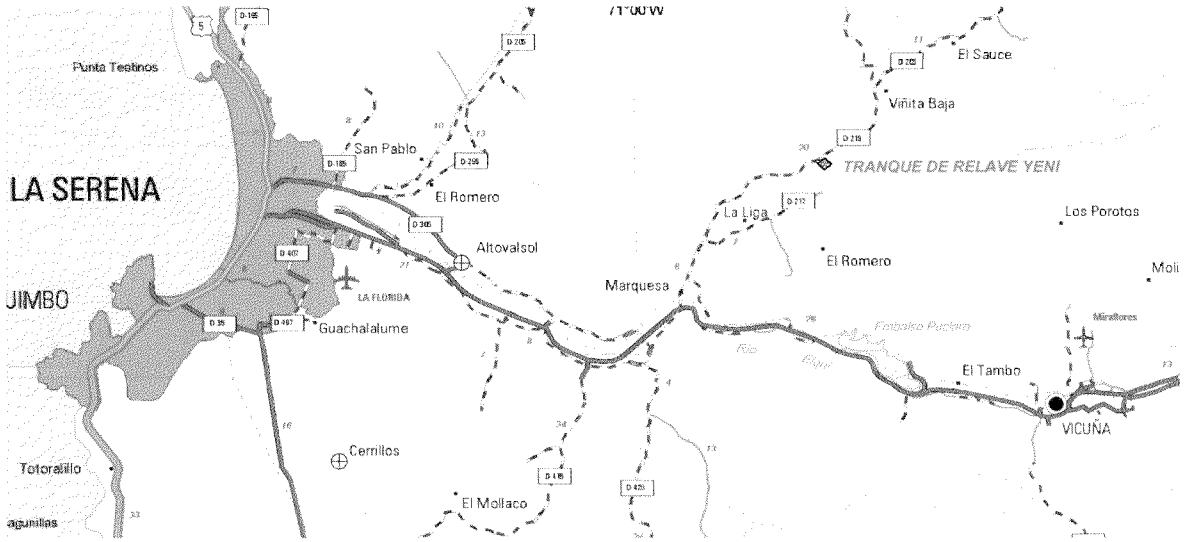
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
12	250	122,00	SIN	0,95	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,6	0,50	28,9%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 28,9 %

5.3.8 Tranque Yeni

Ubicado en la comuna de Vicuña, provincia del Elqui.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.692.547 E: 319.613 Datum: WGS 84
Altitud: 812 m.s.n.m



Acceso: 17 km. al interior de quebrada Talcuna, km. 25 de la ruta La Serena a Vicuña.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

MINERA TALCUNA LIMITADA	
TRANQUE YENI	
CUENCA	
RIO ELQUI	
SUB - CUENCA	
QUEBRADA TALCUNA	
FUENTE	
MINERA TALCUNA LIMITADA	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.692.547
	E	319.613

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	COQUIMBO
PROVINCIA:	ELQUI
COMUNA:	VICUÑA

DATUM	w	G	S	84

ALTITUD m.s.n.m.	812

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		3,500,000 TON
ALTURA DEL MURO (m)		83,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		4,50
LARGO CORONAMIENTO (m)		189,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	21°	2,60	1
	EXTERNO	20°	2,74	1

AÑO CONSTRUCCION	2004

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA			CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	No Aplica

AREA REGADA: NO APLICA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B
AÑO REPARACION	#

ESTADO	
AÑO REPARACION	Sin reparación

EVALUACION DE CRECIDAS

VERT. CAIDA LIBRE	1		
VERT. POZO O BOCINA	2		
VERT. DE ALCANTARIL	3		
VERT. DE SIFON	4		
OTR: FRONTAL	5	NO APLICA	

CAPACIDAD M3/SEG

EVACUADOR DE FOND	S	X	1
	N		2
CAPACIDAD M3/SEG		0,1	
ESTADO	B		
AÑO REPARACION	Sin reparación		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

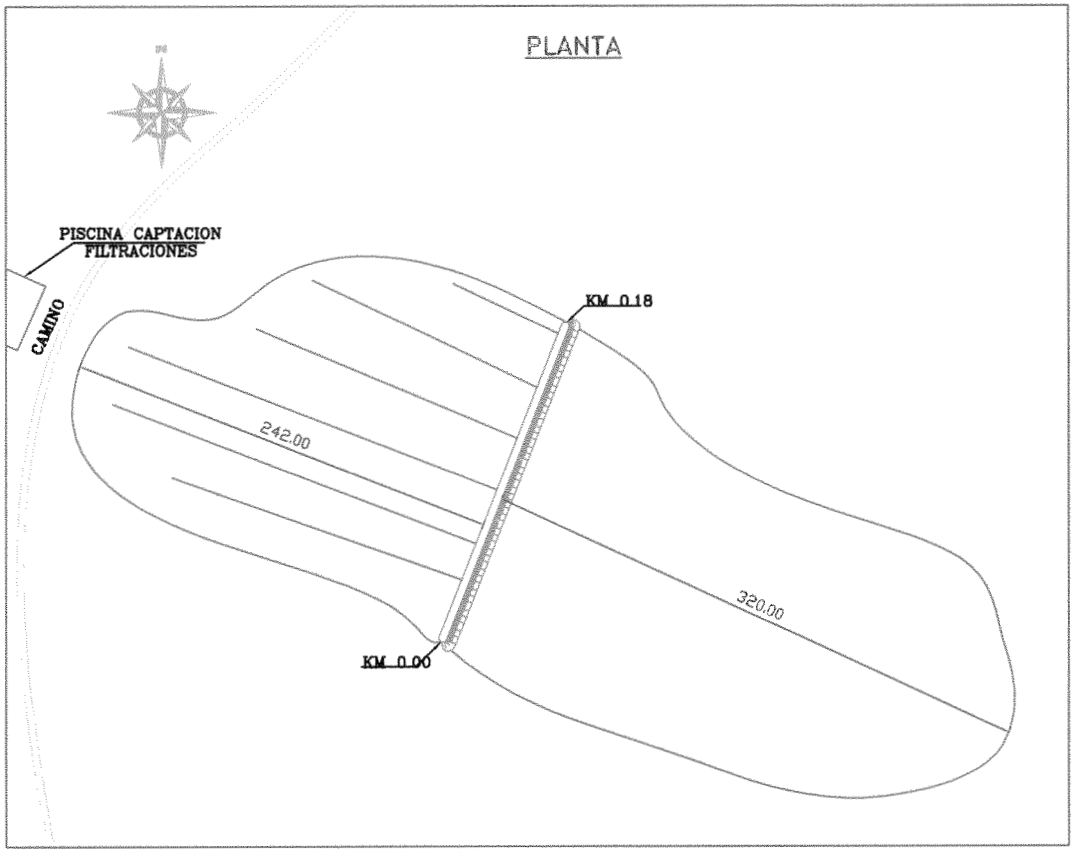
ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: TRANQUE DE RELAVES, COTA ACTUAL 808 MSNM, COTA LIMITE 826 MSNM. CAP. MÁXIMA 3,500,000 TON.
UBICADO EN QUEBRADA LAS TÓRTOLAS, CAE EN QUEBRADA MARQUESA Y DE AHÍ A QUEBRADA TALCUNA.
BUEN PLAN DE MANEJO, CONTROLADO, MURO COMPACTADO A 95% DEL PROCTOR. ACTUALMENTE CONTIENE 1,600,000 TON.

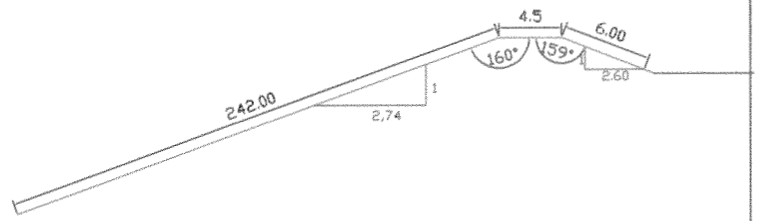
ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: 17 KM AL INTERIOR DE QUEBRADA TALCUNA, KM 25 DE LA RUTA LA SERENA A VICUÑA

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE YENI

COMUNA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

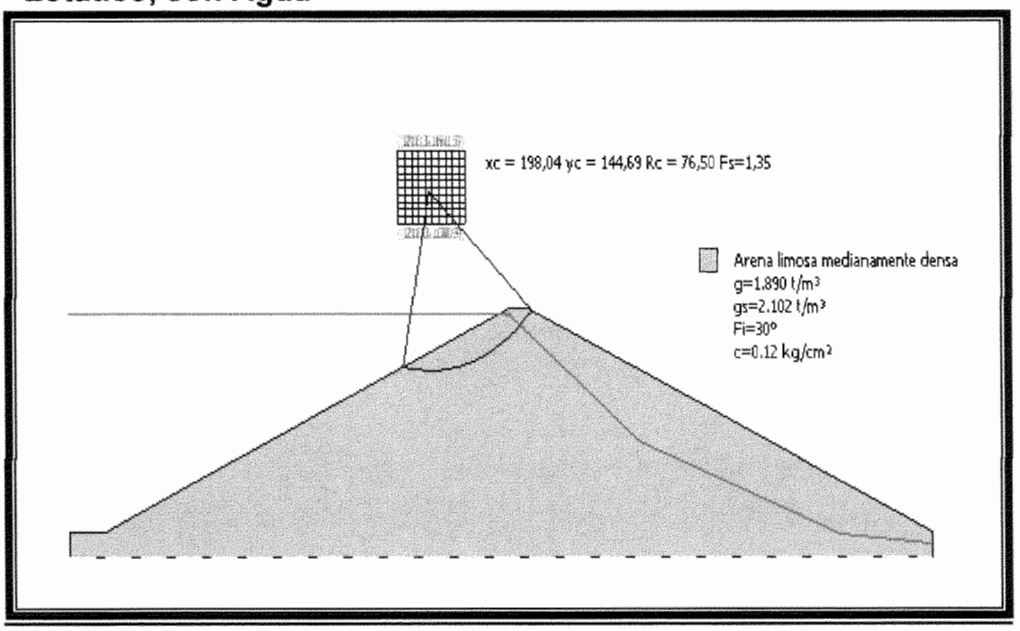
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

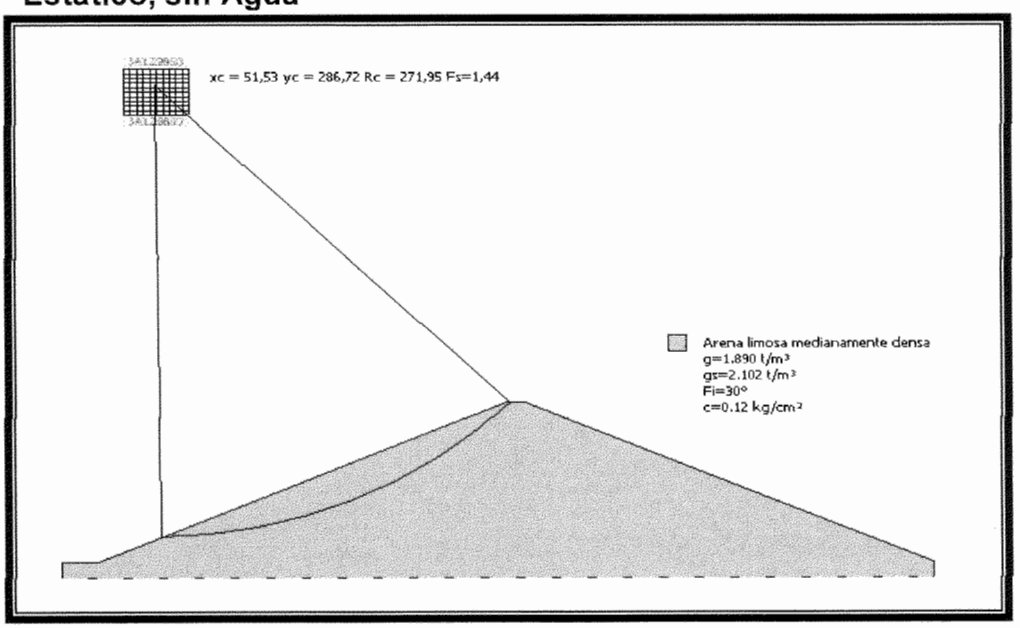
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

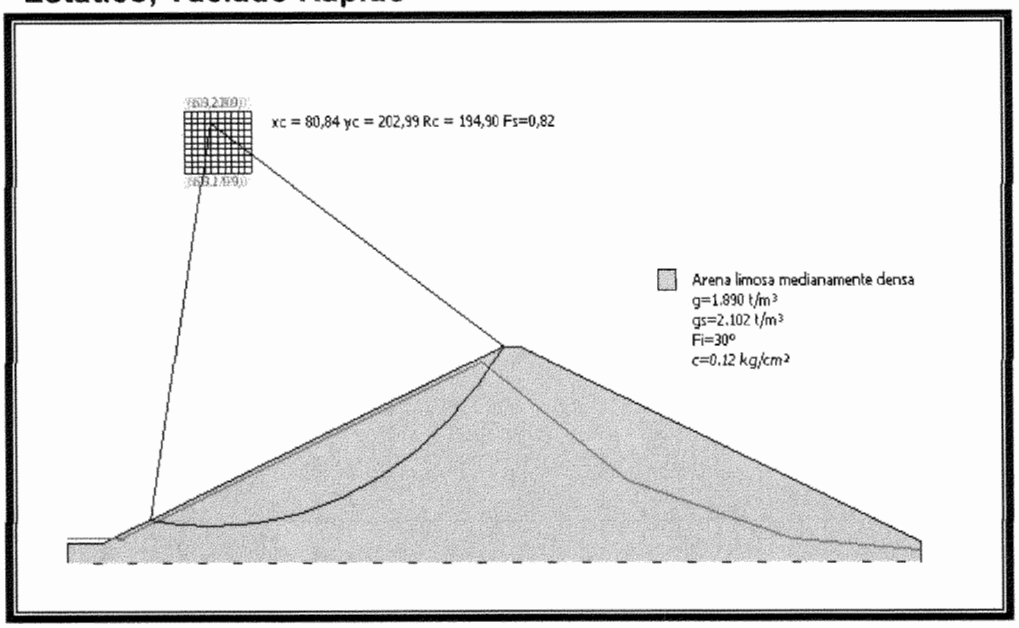
- Estático, con Agua



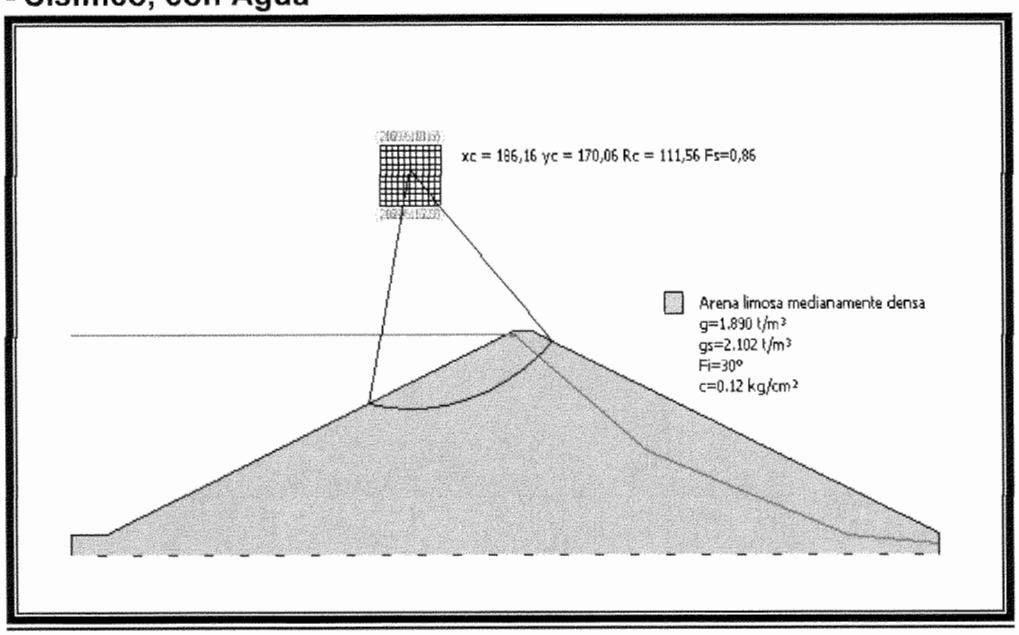
- Estático, sin Agua



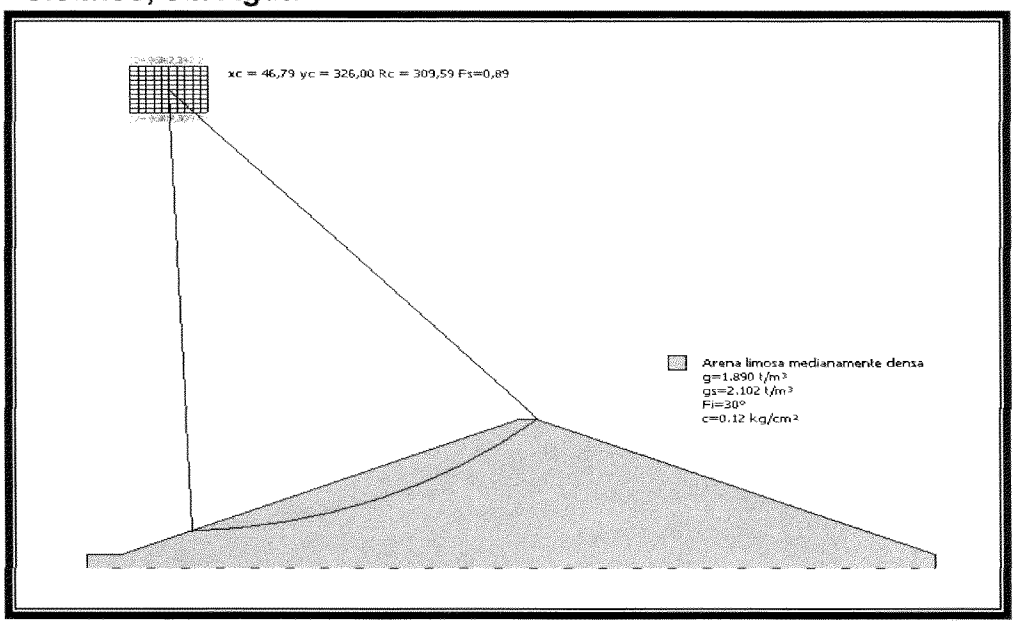
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

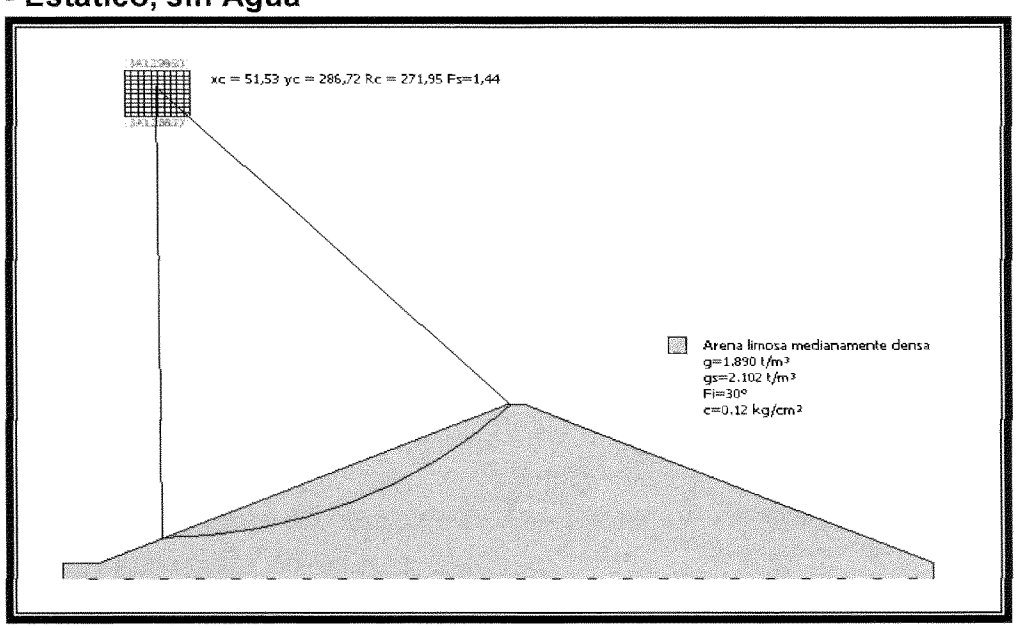


- Sísmico, sin Agua

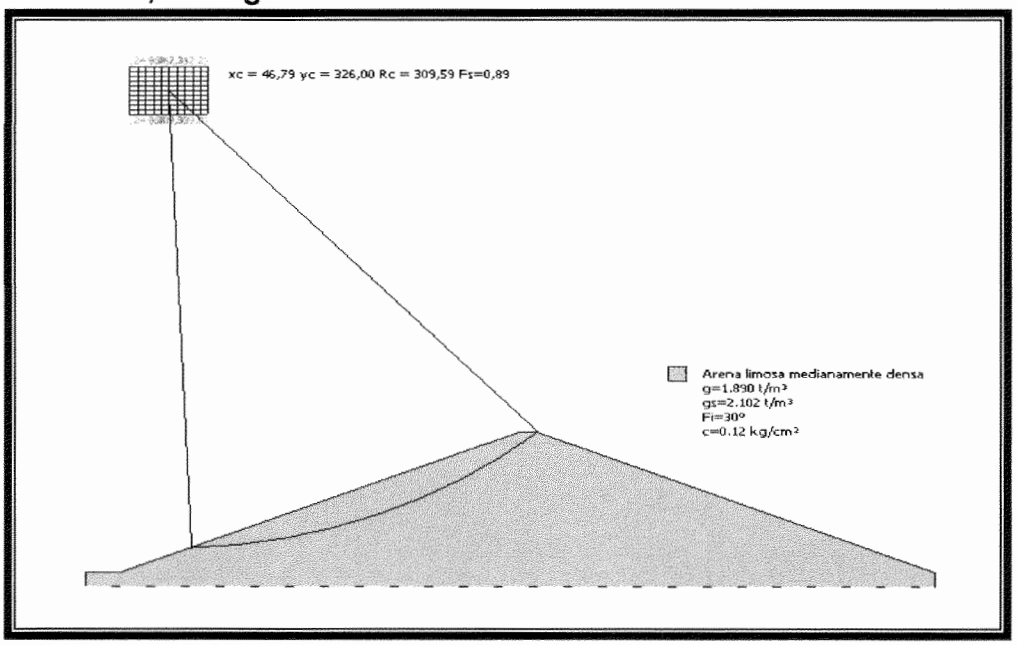


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

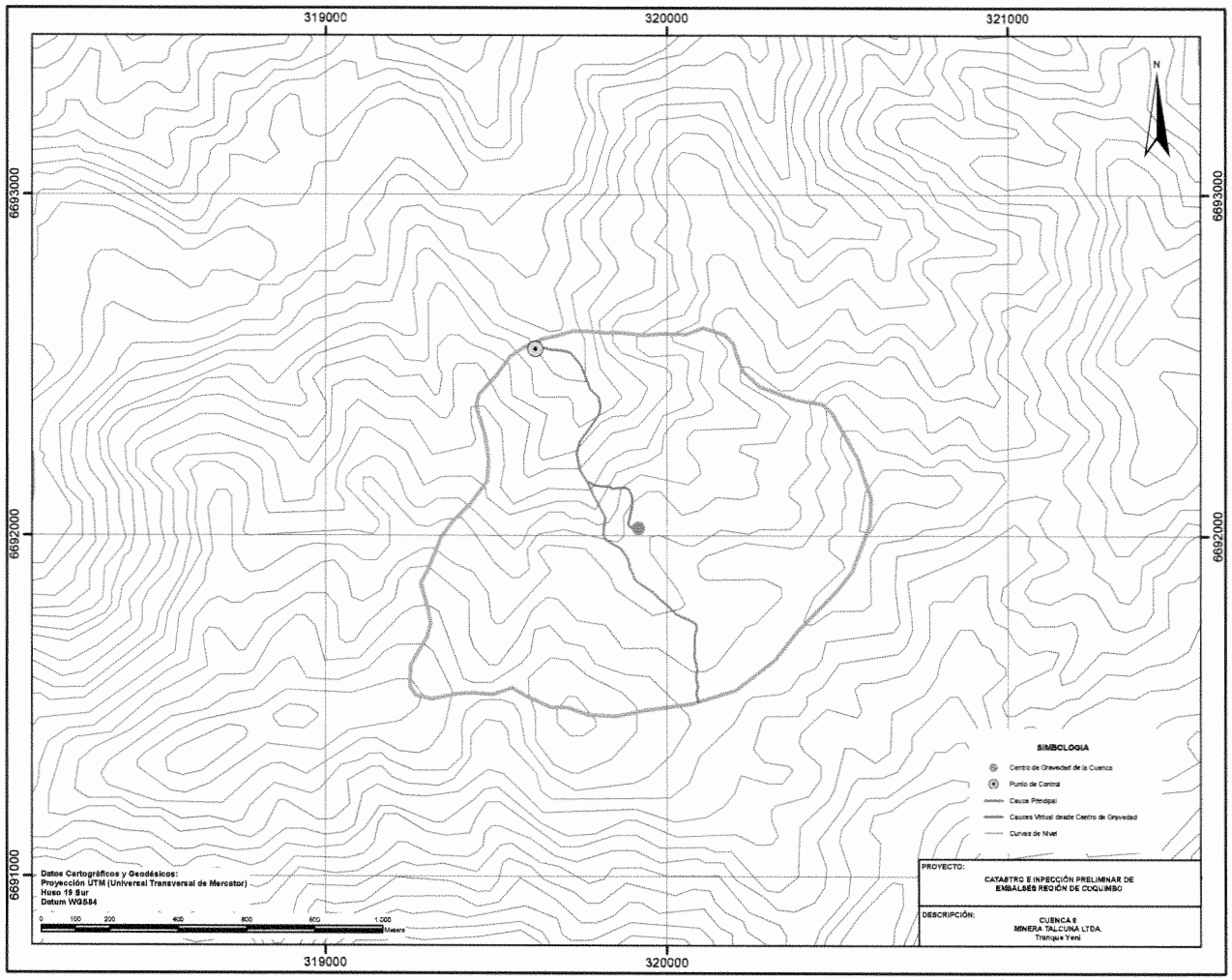


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 8.- MINERA TALCUNA LIMITADA TRANQUE YENI

a) Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
8	MINERA TALCUNA LIMITADA Tranque Yeni	319.613	6.692.547	84 H19S	1.130.883	319.916	6.692.022	0,362797	300	1.331	808

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
8	MINERA TALCUNA LIMITADA Tranque Yeni	Ip	2	1,13	65	0,09	0,43	0,52	0,35	1,25	0,05	0,06	0,04
		Ip	5	1,13	65	0,09	0,74	0,80	0,63	1,25	0,08	0,09	0,07
		Ip	10	1,13	65	0,09	1,00	1,00	1,00	1,25	0,11	0,11	0,11
		Ip	20	1,13	65	0,09	1,27	1,34	1,21	1,25	0,15	0,15	0,14
		Ip	25	1,13	65	0,09	1,36	1,46	1,27	1,25	0,16	0,17	0,15
		Ip	50	1,13	65	0,09	1,66	1,87	1,49	1,25	0,19	0,21	0,17
		Ip	100	1,13	65	0,09	2,00	2,33	1,71	1,25	0,23	0,27	0,20

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
8	MINERA TALCUNA LIMITADA Tranque Yeni	IV.1	IV Elqui	2	1,13	65	0,361	23	0,057	0,870	0,050	0,02
		IV.1	IV Elqui	5	1,13	65	0,705	46	0,057	0,930	0,053	0,04
		IV.1	IV Elqui	10	1,13	65	1,000	65	0,057	1,000	0,057	0,07
		IV.1	IV Elqui	20	1,13	65	1,336	87	0,057	1,060	0,060	0,11
		IV.1	IV Elqui	25	1,13	65	1,400	91	0,057	1,100	0,063	0,12
		IV.1	IV Elqui	50	1,13	65	1,853	120	0,057	1,150	0,066	0,17
		IV.1	IV Elqui	100	1,13	65	2,305	150	0,057	1,200	0,068	0,23

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
8	MINERA TALCUNA LIMITADA Tranque Yeni	IV.1	IV Elqui	2	1,13	65	0,361	23	0,025	0,870	0,022	0,25	0,09	8,07	0,06
		IV.1	IV Elqui	5	1,13	65	0,705	46	0,025	0,930	0,023	0,25	0,09	15,75	0,12
		IV.1	IV Elqui	10	1,13	65	1,000	65	0,025	1,000	0,025	0,25	0,09	22,34	0,18
		IV.1	IV Elqui	20	1,13	65	1,336	87	0,025	1,060	0,027	0,25	0,09	29,85	0,25
		IV.1	IV Elqui	25	1,13	65	1,400	91	0,025	1,100	0,028	0,25	0,09	31,29	0,27
		IV.1	IV Elqui	50	1,13	65	1,853	120	0,025	1,150	0,029	0,25	0,09	41,40	0,37
		IV.1	IV Elqui	100	1,13	65	2,305	150	0,025	1,200	0,030	0,25	0,09	51,50	0,49

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
8	MINERA TALCUNA LIMITADA Tranque Yeni	2	0,05	0,02	0,06	0,04	0,06
		5	0,08	0,04	0,12	0,08	0,12
		10	0,11	0,07	0,18	0,12	0,18
		20	0,15	0,11	0,25	0,17	0,25
		25	0,16	0,12	0,27	0,18	0,27
		50	0,19	0,17	0,37	0,25	0,37
		100	0,23	0,23	0,49	0,32	0,49

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría C (altura muro= 83 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 1.000 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 500 años)= 1,82 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Yeni existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Yeni	152,83	405,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Yeni.

TALUDES EMBALSE YENI

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Yeni	Dx	223,00	Dx	223,00
	Dy	95,00	Dy	95,00

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Yeni	1,35	1,44	0,82	0,88	0,89

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Yeni	1,44	0,89

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 para los siguientes casos:

- Talud Aguas Arriba: vaciado rápido, sísmico con y sin agua
- Talud Aguas Abajo: sísmico sin agua

➢ **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

➢ **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse Yeni será:

P= 10 %
V= 70 %
E= 80 %

Riesgo Total= 5,60 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados. Para el caso del embalse Yeni, se tiene lo siguiente:

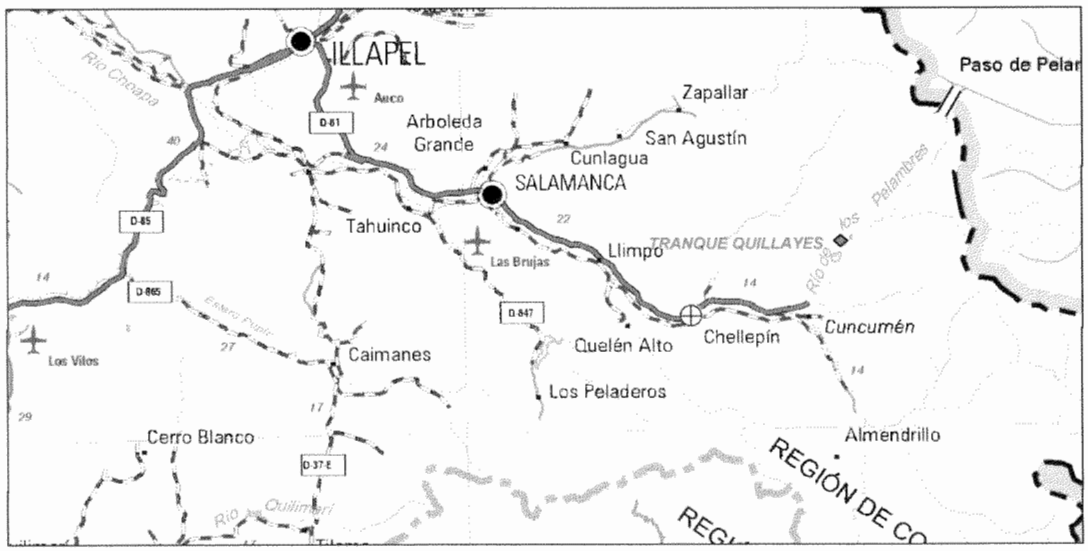
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
83	1000	1,82	SIN	0,95	0,6	0,6	0,8	0,4	0,6	0,6	0,05	2,9%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,9 %

5.3.9 Tranque Quillayes

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.474.879 E: 348.341 Datum: WGS 84
Altitud: 1.449 m.s.n.m



Acceso: En sector de minera Los Pelambres, 2 km de control portones.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

MINERA LOS PELAMBRES	
QUILLAYES	
CHOAPA	
CUENCA	
SUB - CUENCA	
FUENTE	
MINERA PELAMBRES	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.474.879
	E	348.341

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	1245	

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	100,000 TON
ALTURA DEL MURO (m)	262,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)	1,50
LARGO CORONAMIENTO (m)	728,00
BORDE LIBRE (m)	1,20

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	34° - 28°	1,48	1
	EXTERNO	17°	3,27	1

AÑO CONSTRUCCION	1990

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	M
AÑO REPARACION	

OBRAS DE ENTREGA

			CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	Recuperación

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA

NO APLICA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS

		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	NO APLICA

EVACUADOR DE FOND	S	X	1	
	N		2	
CAPACIDAD M3/SEG		2,00		
ESTADO	B			
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

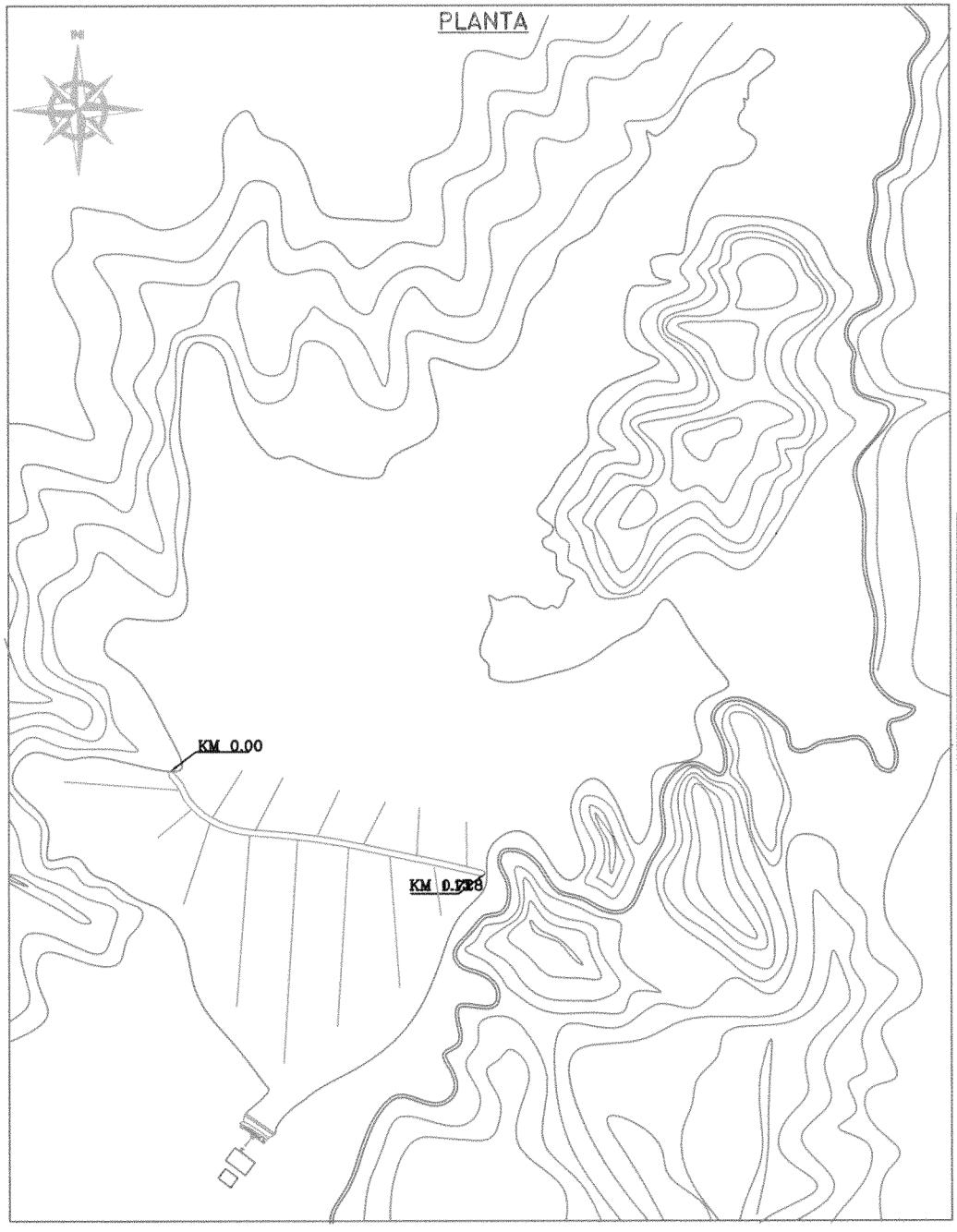
ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: TRANQUE QUILLAYES, MINERA PELAMBRE, CIERRA EN DICIEMBRE DE 2008. SE VE EROSIÓN POR AGUAS LLUVIAS.
TRANQUE CON ADECUADO PLAN DE MANEJO, PERMANENTEMENTE CONTROLADO POR MINERA PELAMBRES.
AL MOMENTO DE VISITA EXISTEN PROBLEMAS POR FILTRACIONES EN TUNEL DE CONDUCCIÓN DE AGUAS DEL RIO CUNCUMEN.
TIENE OBRAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS FILTRADAS DEL TRANQUE CON SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN. SE OBSERVAN INTENTOS DE FORESTACIÓN.

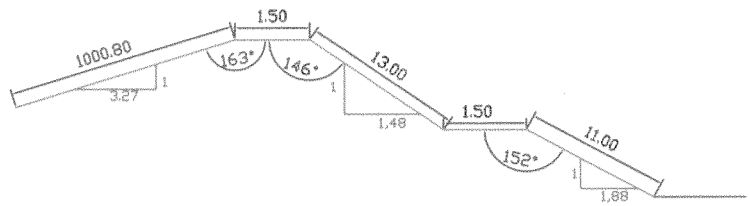
ESTADO GENERAL: BUENO

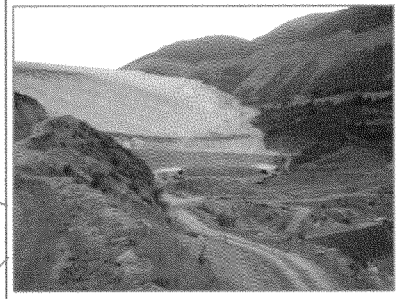
DESCRIPCION DE UBICACIÓN EN SECTOR DE MINERA LOS PELAMBRES, 2KM DE CONTROL PORTONES.

PLANTA



CORTE A-A





"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE LOS QUILLAYES

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

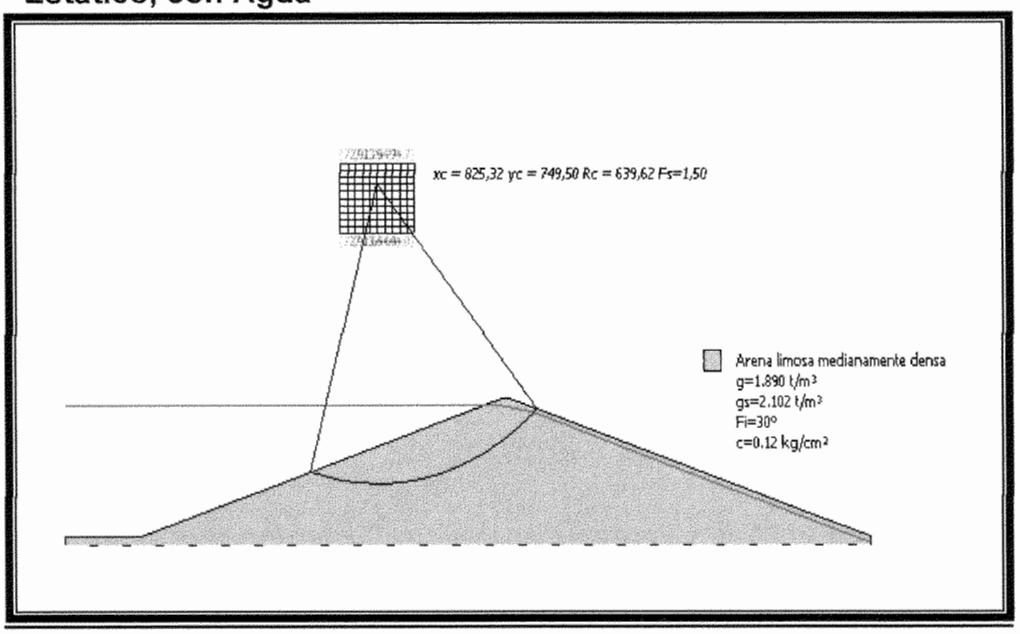
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

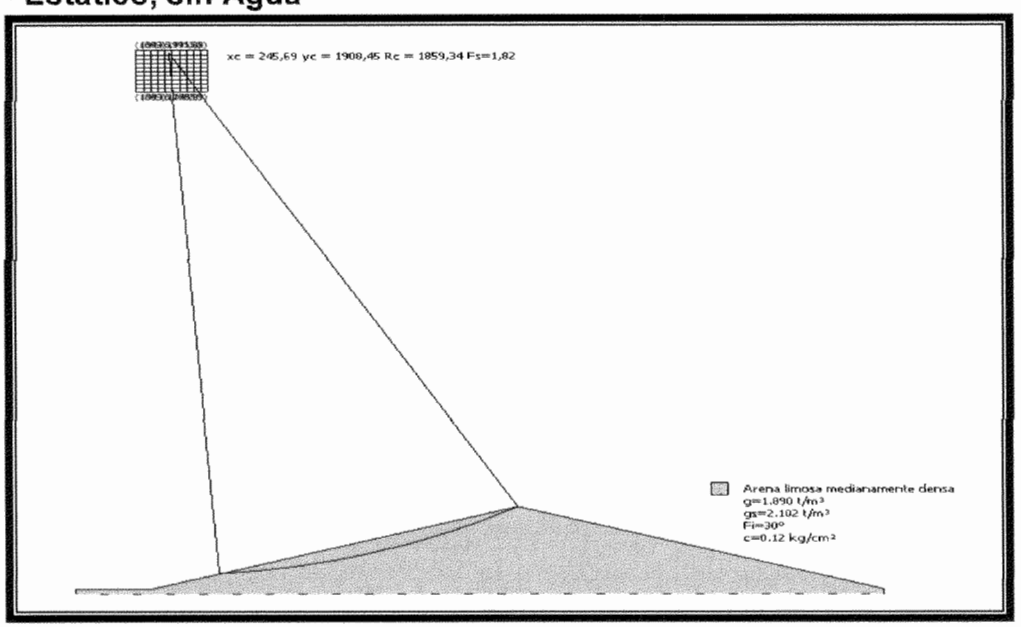
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

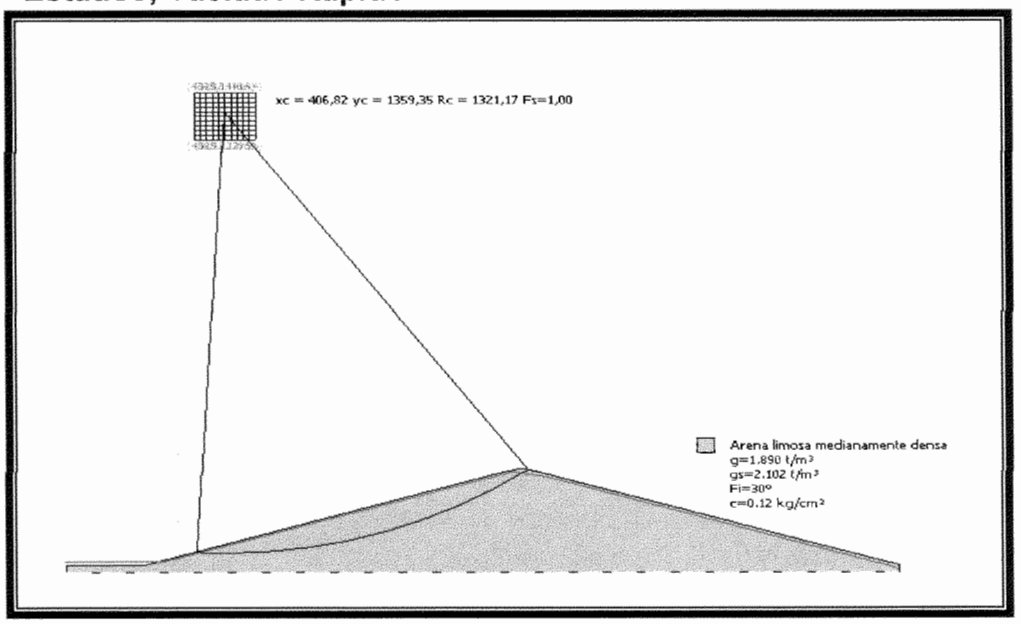
- Estático, con Agua



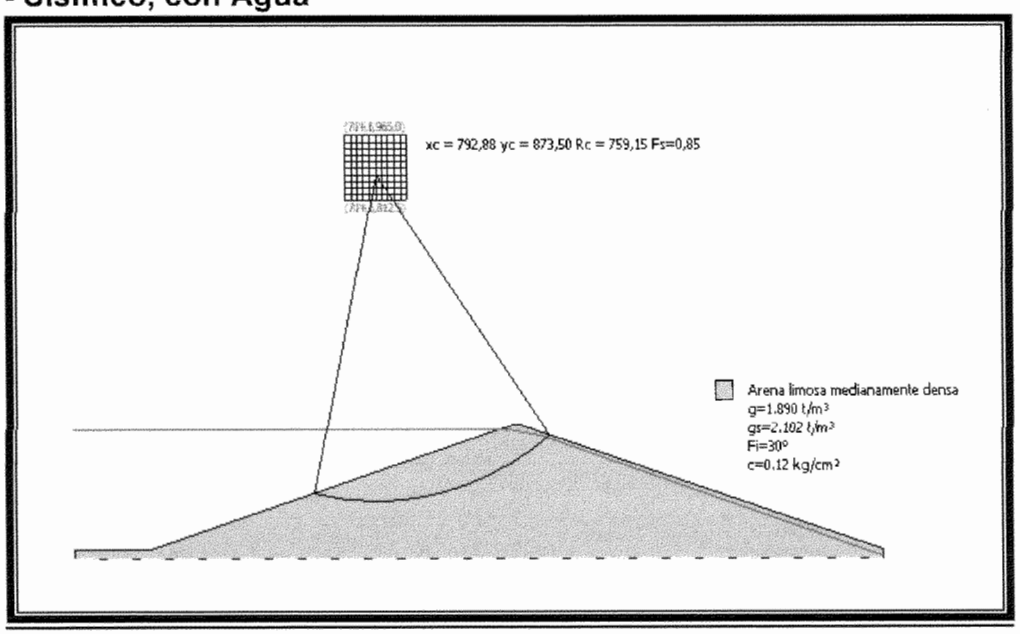
- Estático, sin Agua



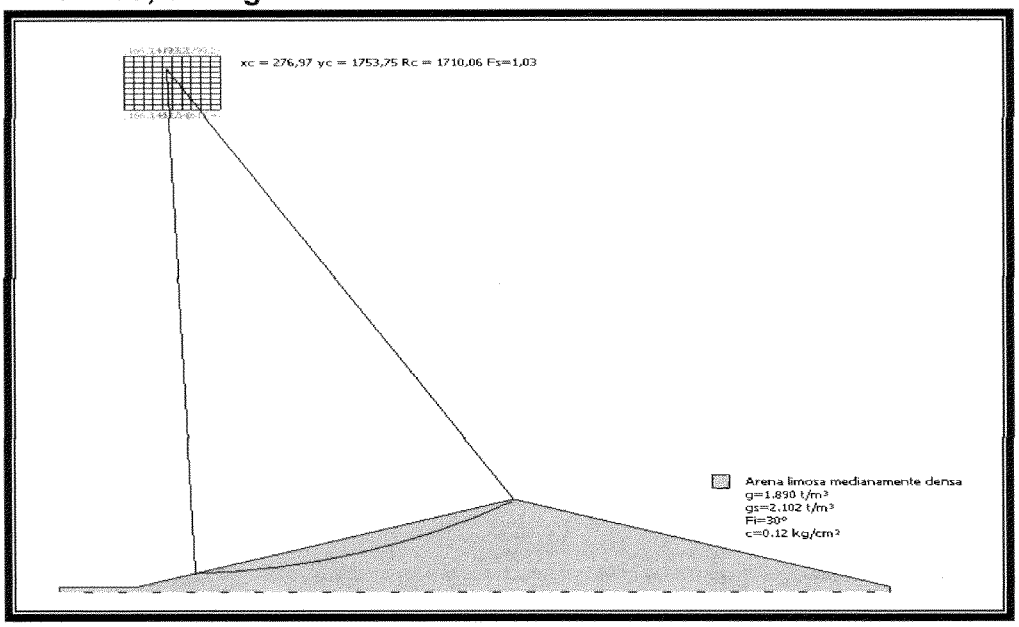
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

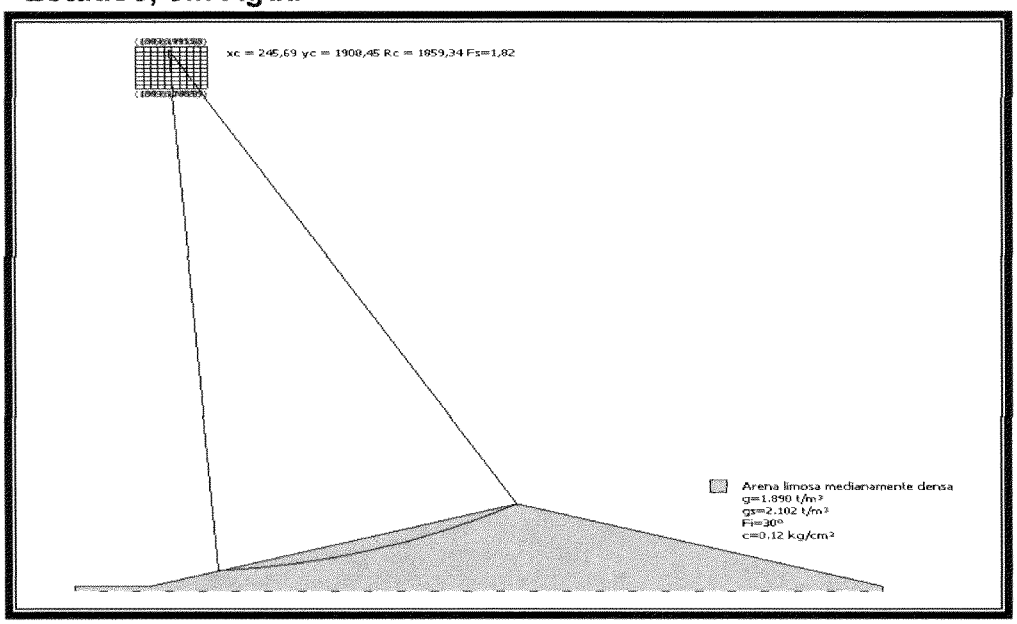


- Sísmico, sin Agua

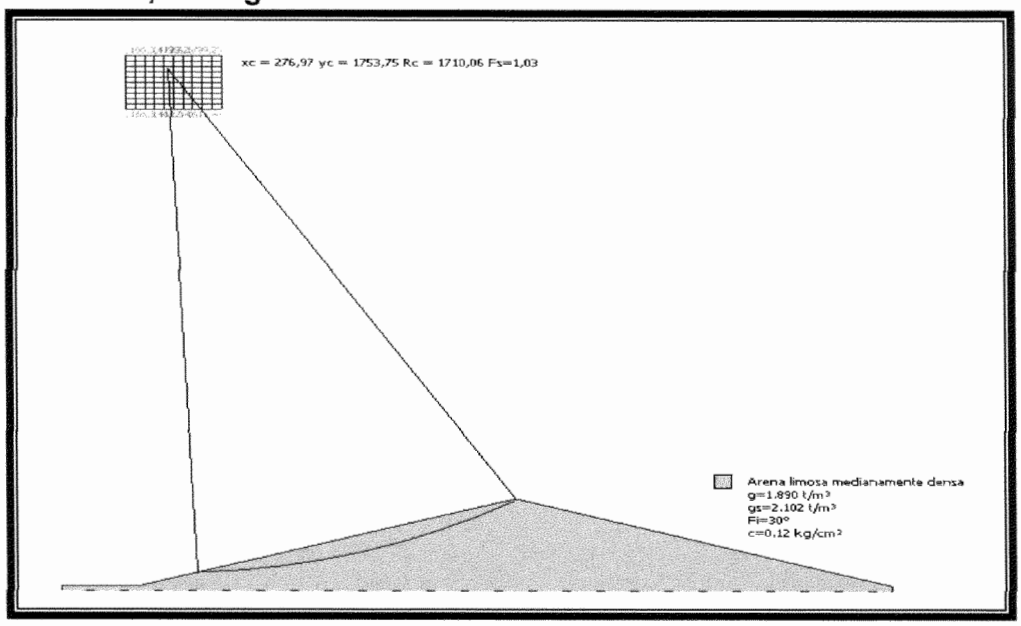


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

Este embalse tiene un túnel evacuador de crecidas, de capacidad suficiente para evacuar las aguas de su cuenca aportante. En efecto, el Tranque considera el desvío de las aguas naturales del río Cuncumén, tomándolas aguas arriba del depósito y conduciéndolas a través de un túnel de más de 5 kilómetros de longitud hasta el curso natural aguas abajo del Tranque, asegurando que no haya contacto con el relave o aguas industriales. El túnel tiene una capacidad por sobre los 20 m^3/s. Existe una nueva obra a construir, con resolución aprobada. La obra consiste en la construcción de una canaleta rectangular de hormigón en el interior del túnel de desvío, a lo largo de toda su longitud, por el cual se conducirán las aguas desviadas del río Cuncumén. El caudal de diseño de la obra a implementar es de 15 m^3/s. Se ha verificado la capacidad de la sección remanente del túnel para una altura de agua que no sobrepase la pared de la canaleta construida, considerando una revancha de 0,35 m en la parte exterior y de 0,5 m en el interior de la canaleta. El máximo caudal de porteo de la sección remanente del túnel será de 87 m3/s, por lo que la capacidad total de porteo de túnel será de 107 m3/s, lo que permite mantener los criterios de manejo de crecidas del tranque Quillayes. Las dimensiones de la canaleta son de 1,5 m de ancho de base y 2 m de altura. Las paredes y piso serán de 15 a 20 cm de espesor. El largo total del canal a construir es de 5.200 m.

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Quillayes existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Quillayes	643,33	1340,00

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Quillayes.

TALUDES EMBALSE QUILLAYES

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Quillayes	Dx	956,00	Dx	956,00
	Dy	292,00	Dy	292,00

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Quillayes	1,50	1,82	1,00	0,85	1,03

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Quillayes	1,82	1,03

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 para el siguiente caso:

- Talud Aguas Arriba: sísmico con agua

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros:	E= 80 %
Resto de los embalses/tranques:	E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse Yeni será:

P= 10 %
V= 75 %
E= 15 %

Riesgo Total= 1,13 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Quillayes, se tiene lo siguiente:

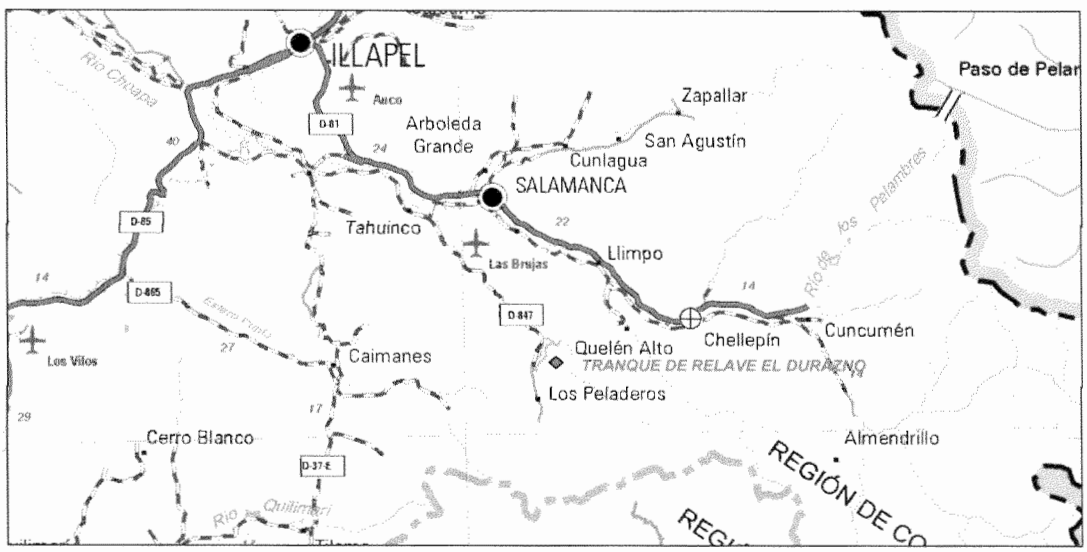
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
262	1000		SIN		1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,40	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.10 Tranque de Relaves El Durazno

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.466.708 E: 322.248 Datum: WGS 84
Altitud: 848 m.s.n.m



Acceso: Aguas arriba embalse Corrales, disco pare donde sale camino de derivación a túnel del Mauro, seguir derecho por 1 km. y se llega a instalaciones de minera Callejas.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EL DURAZNO	
CUENCA	
CHOAPA	
SUB - CUENCA	
ESTERO EL DURAZNO	
FUENTE	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
MINERA CALLEJAS (ABANDONADA)	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

COORDENADAS UTM	N	6.466.708
	E	322.248

DATUM	w	G	S	8	4

ALTITUD m.s.n.m.	848

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE		
BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		2000 TON		
ALTURA DEL MURO (m)		10,50		
ANCHO CORONAMIENTO (m)		4,50		
LARGO CORONAMIENTO (m)		215,00		
BORDE LIBRE (m)		0,90		

			x	y
TALUD	INTERNO	34	1,48	1
MURO (°)	EXTERNO	22	2,47	1

AÑO CONSTRUCCION	1980

TIPO DE PRESA		
DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA				CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	X	1		O.1 M3/S
CON SALIDA AL CANAL		2		
TUBERIA FORZADA		3		
SIFON		4		
OTRO SISTEMA		5		

AREA REGADA: NO APLICA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	M
AÑO REPARACION	

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

EVALUACION DE CRECIDAS			CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR: FRONTAL		5	NO APLICA

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA: NO APLICA KW *10^6 1 / HP 2

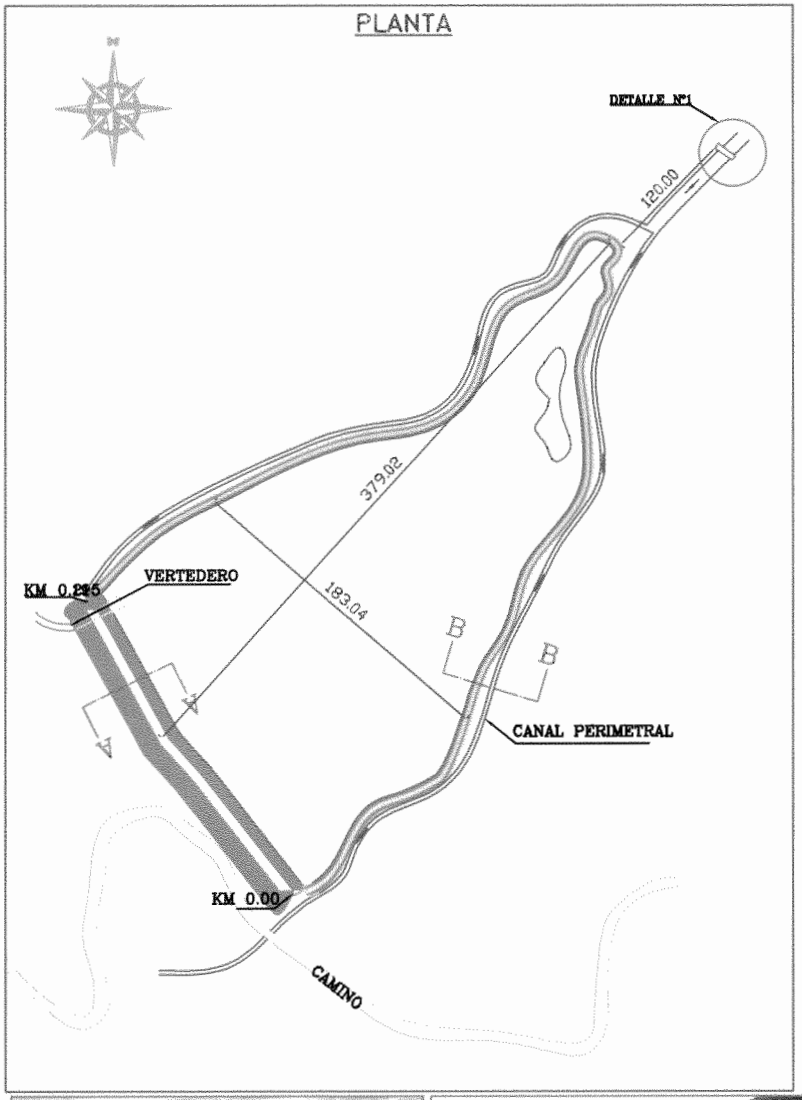
ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: TRANQUE DE RELAVES PERTENECIENTE A MINERA CALLEJAS, EN SITUACIÓN DE ABANDONO.
NO EXISTE PLAN DE CIERRE NI FORESTACIÓN, LOS RELAVES CONTAMINAN EL ESTERO EL DURAZNO, AFLUENTE DEL EMBALSE CORRALES.
CARACTERÍSTICAS DEL RELAVE, ARENAS GRISES, APARENTEMENTE PRODUCTO DE FLOTACIÓN.
EXISTE UN CANAL QUE RECIBE AGUAS LLUVIAS EL QUE TRANSPORTA LAS ARENAS AL ESTERO.

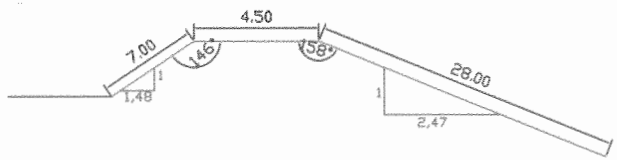
ESTADO GENERAL: MALO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: AGUAS ARRIBA EMBALSE CORRALES, DISCO PARE DONDE SALE CAMINO DE DERIVACIÓN A TUNEL DEL MAURO, SEGUIR DERECHO POR 1 KM Y SE LLEGA A INSTALACIONES DE MINERA CALLEJAS.

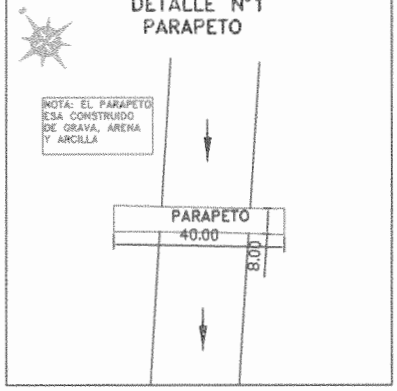
PLANTA



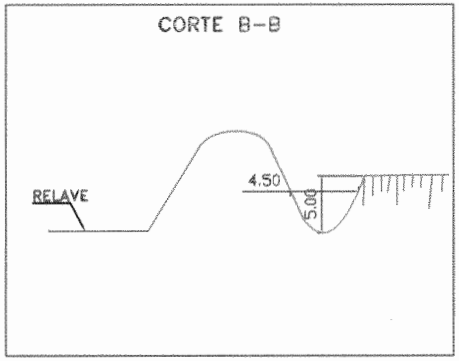
CORTE A-A

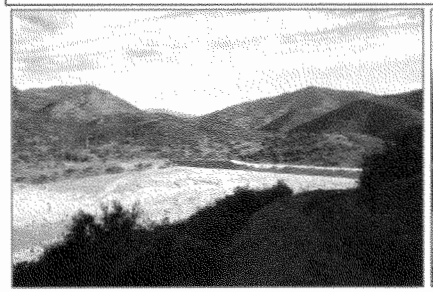


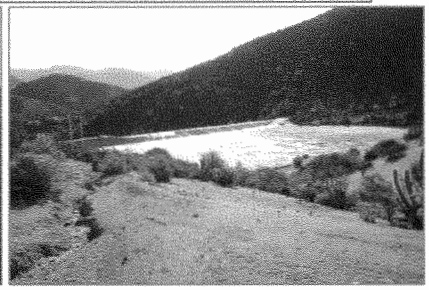
DETALLE N°1
PARAPETO



CORTE B-B







"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE EL DURAZNO

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

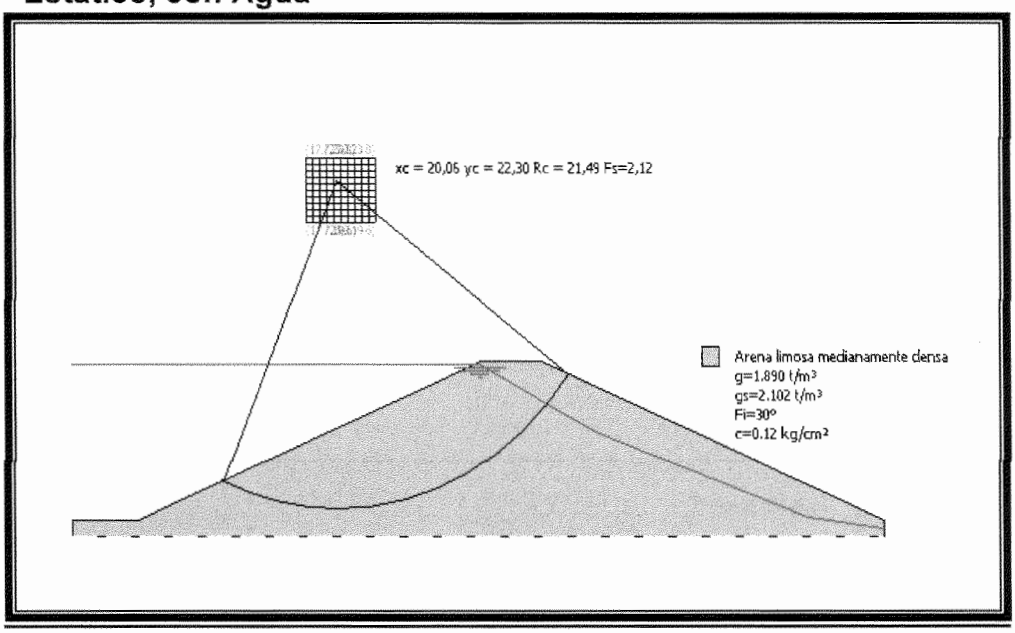
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

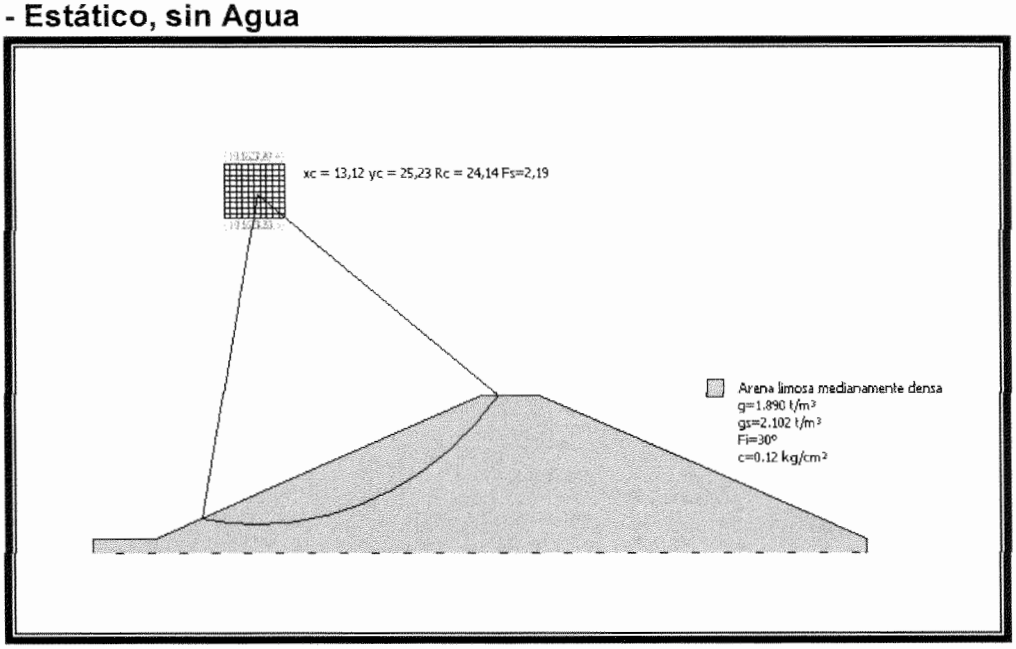
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

- Estático, con Agua

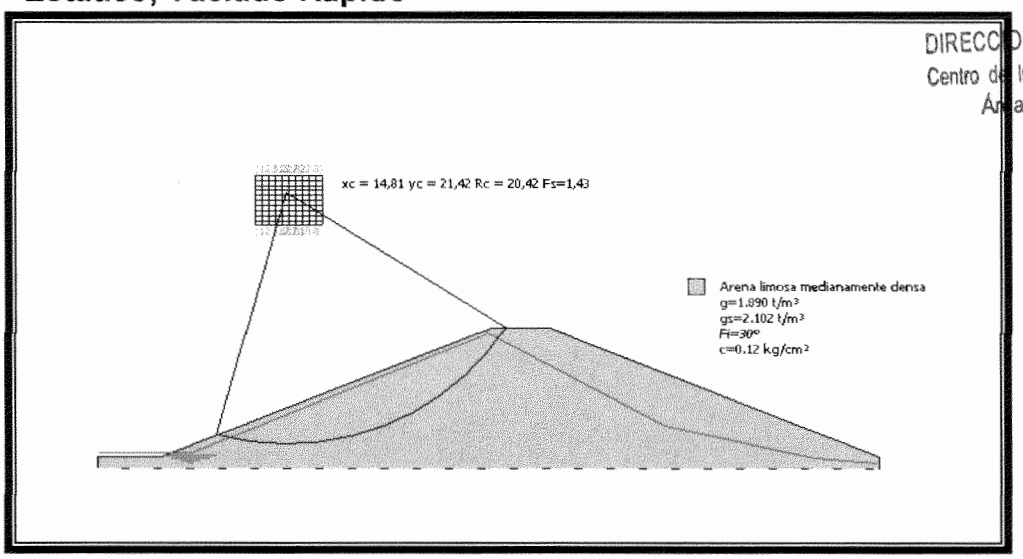


- Estático, sin Agua

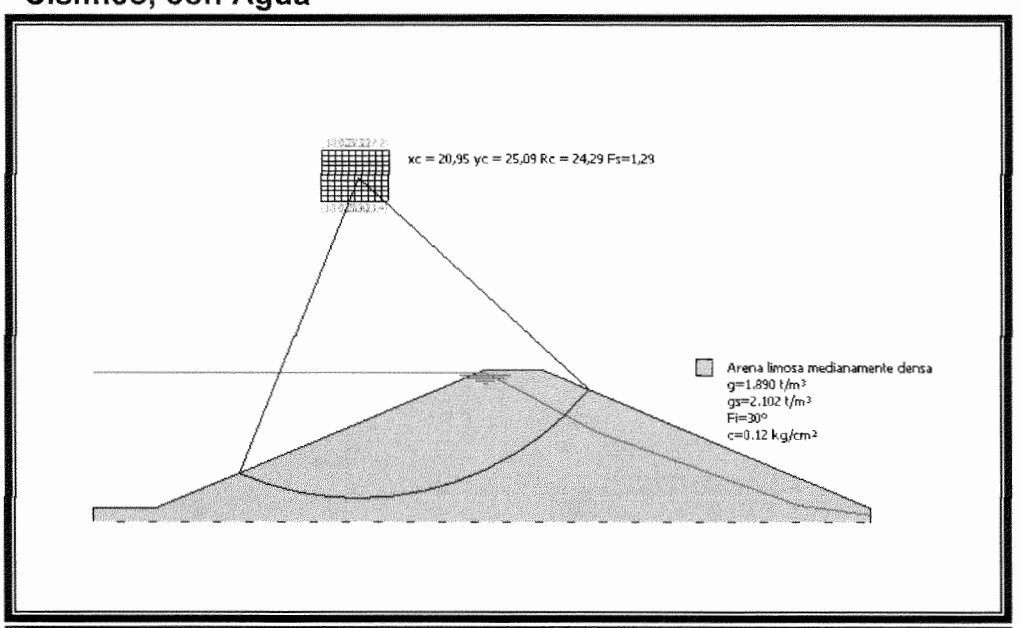


- Estático, Vaciado Rápido

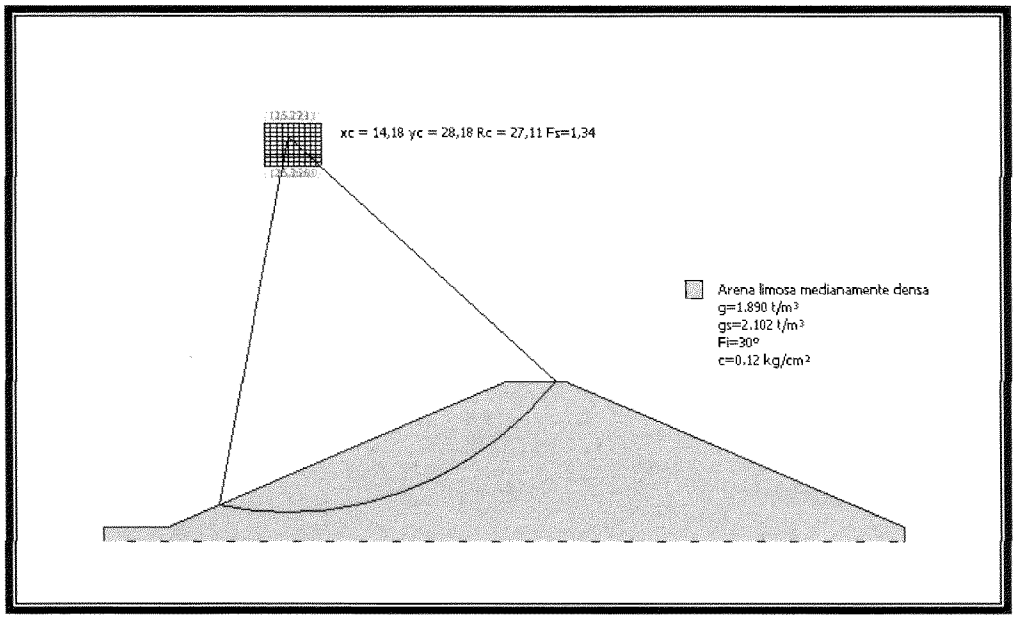
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Área de Documentación



- Sísmico, con Agua

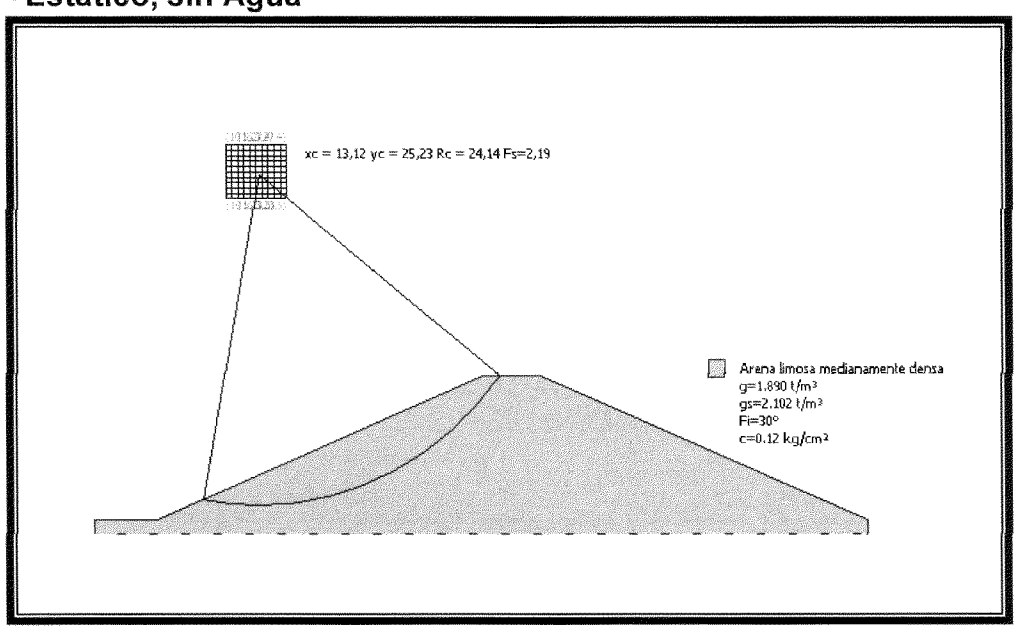


- Sísmico, sin Agua

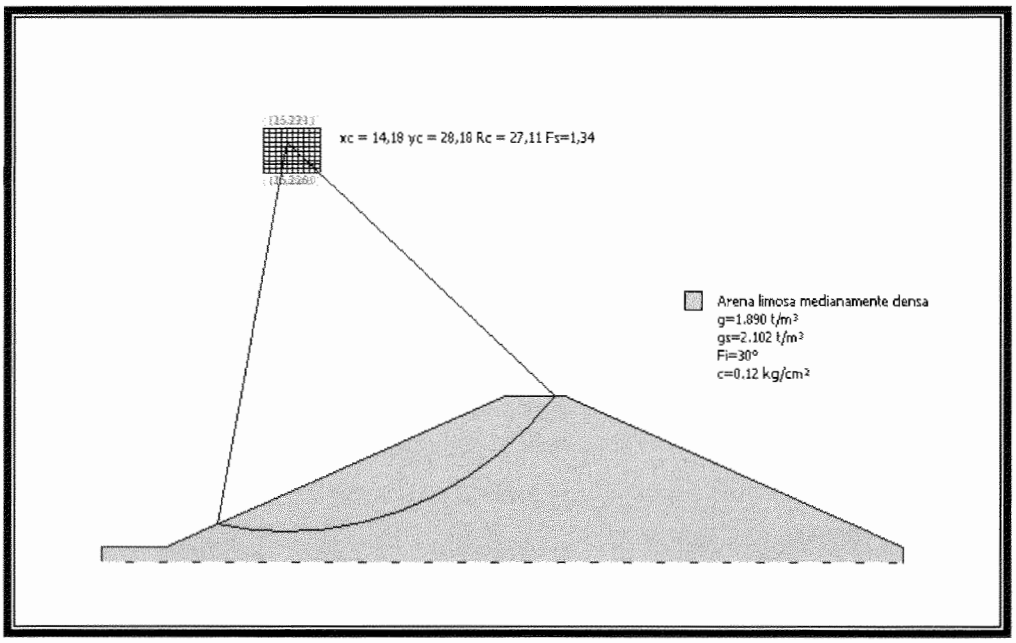


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

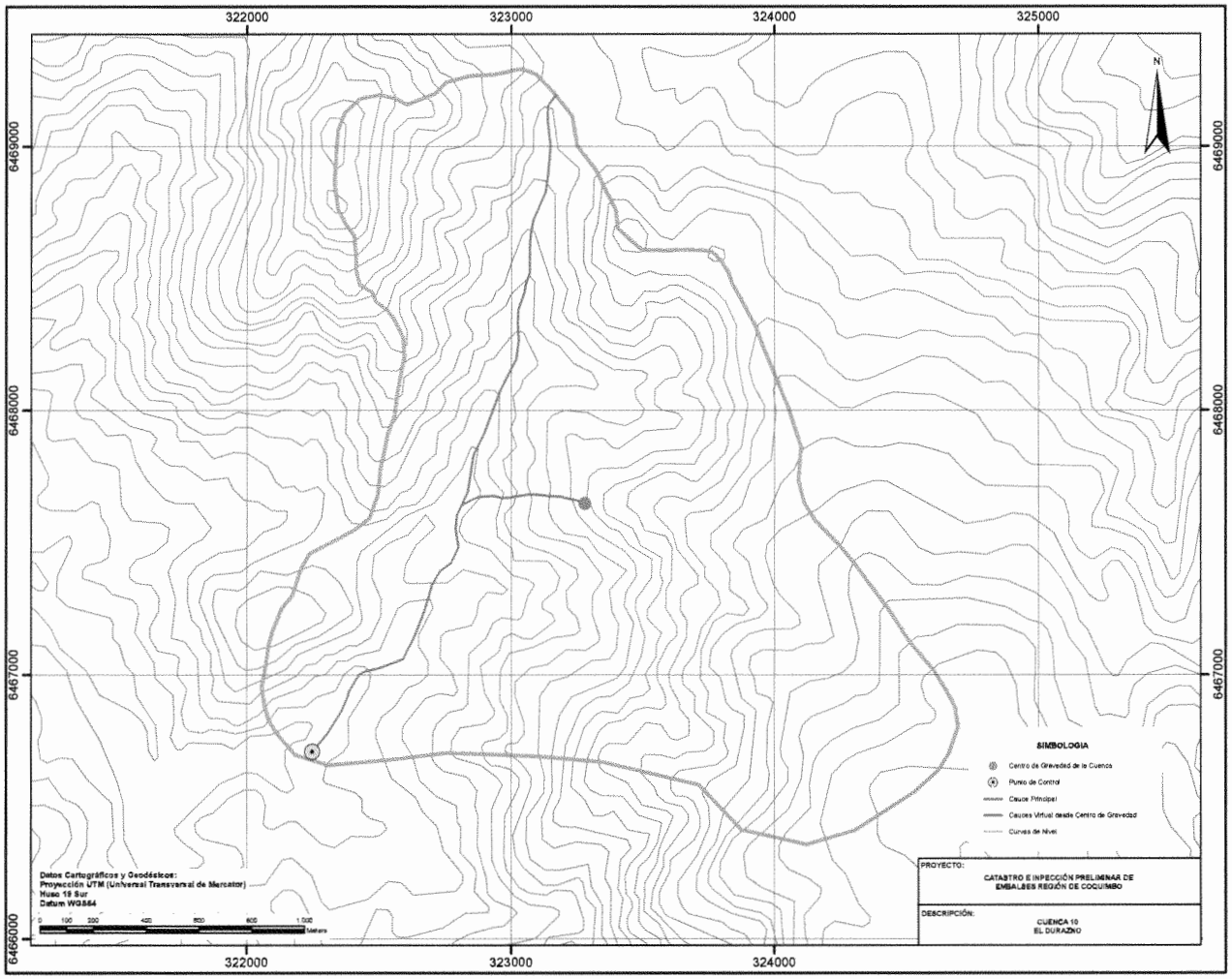


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio de crecidas se presentan a continuación.

CUENCA 10.- EL DURAZNO

a) Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
10	EL DURAZNO	322.248	6.466.708	84 H19S	4.433.759	323.280	6.467.648	0,368121	575	2.791	1.648

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
10	EL DURAZNO	Kp	2	4,43	99	0,98	0,24	0,48	0,13	1,59	0,37	0,75	0,20
		Kp	5	4,43	99	0,98	0,60	0,78	0,50	1,59	0,94	1,22	0,78
		Kp	10	4,43	99	0,98	1,00	1,00	1,00	1,59	1,56	1,56	1,56
		Kp	20	4,43	99	0,98	1,61	1,77	1,49	1,59	2,51	2,76	2,33
		Kp	25	4,43	99	0,98	1,82	1,96	1,67	1,59	2,84	3,06	2,61
		Kp	50	4,43	99	0,98	2,61	3,03	2,33	1,59	4,08	4,73	3,64
		Kp	100	4,43	99	0,98	3,67	4,47	2,81	1,59	5,73	6,98	4,39

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
10	EL DURAZNO	IV.6	IV Choapa	2	4,43	99	0,485	48	0,200	0,330	0,066	0,18
		IV.6	IV Choapa	5	4,43	99	0,780	77	0,200	0,680	0,136	0,68
		IV.6	IV Choapa	10	4,43	99	1,000	99	0,200	1,000	0,200	1,37
		IV.6	IV Choapa	20	4,43	99	1,218	121	0,200	1,380	0,276	2,41
		IV.6	IV Choapa	25	4,43	99	1,250	124	0,200	1,540	0,308	2,78
		IV.6	IV Choapa	50	4,43	99	1,517	150	0,200	2,000	0,400	4,58
		IV.6	IV Choapa	100	4,43	99	1,753	174	0,200	2,560	0,512	7,02

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
10	EL DURAZNO	IV.6	IV Choapa	2	4,43	99	0,485	48	0,080	0,330	0,026	0,43	0,11	12,72	0,41
		IV.6	IV Choapa	5	4,43	99	0,780	77	0,080	0,680	0,054	0,43	0,11	20,46	1,37
		IV.6	IV Choapa	10	4,43	99	1,000	99	0,080	1,000	0,080	0,43	0,11	26,24	2,58
		IV.6	IV Choapa	20	4,43	99	1,218	121	0,080	1,380	0,110	0,43	0,11	31,95	4,34
		IV.6	IV Choapa	25	4,43	99	1,250	124	0,080	1,540	0,123	0,43	0,11	32,80	4,98
		IV.6	IV Choapa	50	4,43	99	1,517	150	0,080	2,000	0,160	0,43	0,11	39,80	7,84
		IV.6	IV Choapa	100	4,43	99	1,753	174	0,080	2,560	0,205	0,43	0,11	45,99	11,60

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
10	EL DURAZNO	2	0,37	0,18	0,41	0,32	0,41
		5	0,94	0,68	1,37	1,00	1,37
		10	1,56	1,37	2,58	1,84	2,58
		20	2,51	2,41	4,34	3,09	4,34
		25	2,84	2,78	4,98	3,53	4,98
		50	4,08	4,58	7,84	5,50	7,84
		100	5,73	7,02	11,60	8,12	11,60

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 10,5 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 31,07 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el tranque El Durazno no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
El Durazno	19,81	17,45

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del tranque El Durazno.

TALUDES TRANQUE EL DURAZNO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
El Durazno	Dx	25,96	Dx	25,96
	Dy	10,49	Dy	10,49

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
El Durazno	2,12	2,19	1,43	1,29	1,34

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
El Durazno	2,19	1,34

Del análisis efectuado, el F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El tranque El Durazno no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del tranque El Durazno, se tiene lo siguiente:

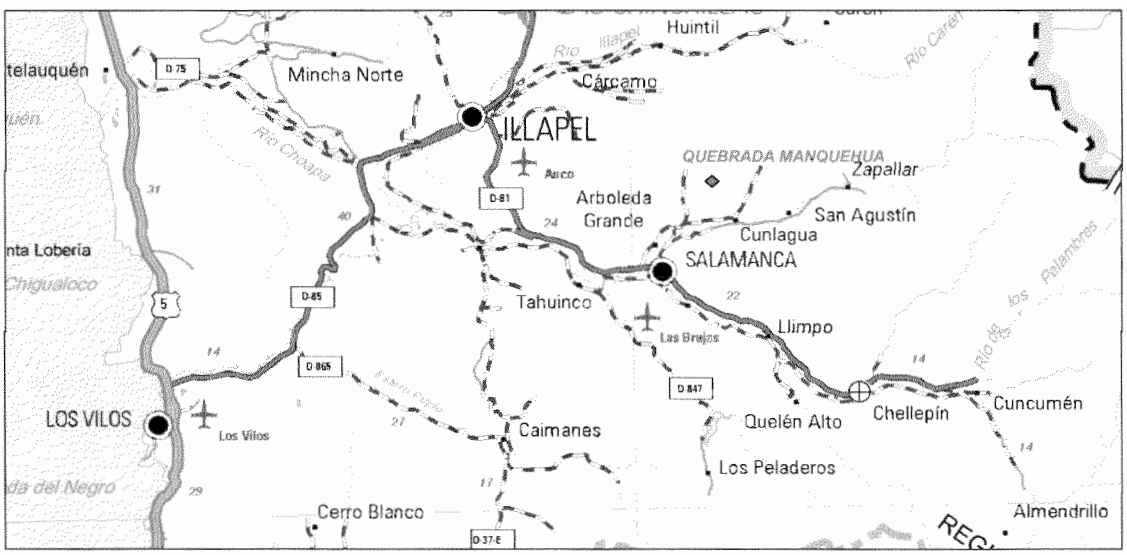
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
10,5	250	31,07	SIN	0,95	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,6	0,05	2,9%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,9 %

5.3.11 Embalse Quebrada Manquehua

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.490.601 E: 316.650 Datum: WGS 84
Altitud: 953 m.s.n.m



Acceso: Por quebrada Chalinga hacia el sector de Arboleda Grande, ingresar hacia quebrada Manquehua, recorrido total 10 km., hasta cancha de fútbol, luego internarse por quebrada al nororiente 800 m.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

QUEBRADA MANQUEHUA	
CUENCA	
CHOAPA	
SUB - CUENCA	
MANQUEHUA	
FUENTE	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
PEQUEÑOS PARCELEROS AREA QUEBRADA MANQUEHUA	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

COORDENADAS UTM	N	6.490.601
	E	316.650

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	953

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE		
BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION	X	1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,000624
ALTURA DEL MURO (m)	2,60
ANCHO CORONAMIENTO (m)	0,60
LARGO CORONAMIENTO (m)	12,00
BORDE LIBRE (m)	No Aplica

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	90	0,00	1
	EXTERNO	90	0,00	1

AÑO CONSTRUCCION	2002

TIPO DE PRESA		
DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD	X	5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA: 20 HA

ESTADO	
BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	NO APLICA

ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	X	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA

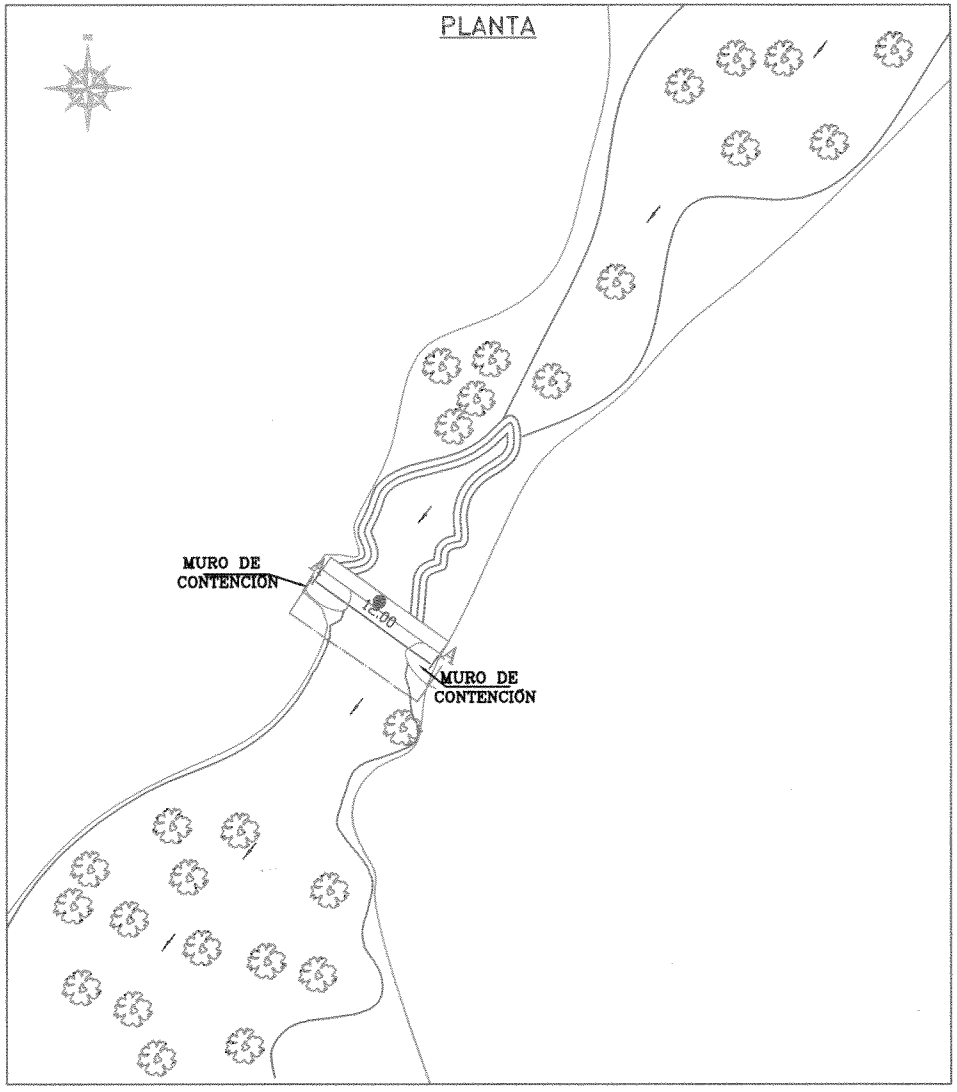
NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

OBSERVACIONES: CORRESPONDE A UNA OBRA DE CIERRE DE UNA QUEBRADA, UNA PEQUEÑA REPRESA DE GAVIONES REVESTIDA CON HORMIGÓN. TIENE EL DOBLE PROPÓSITO DE ACUMULAR AGUAS DE RIEGO, COMO REGULADOR NOCTURNO, Y A LA VEZ ABASTECE DE AGUA DE USO DOMÉSTICO A TRAVES DE UNA UNA CAÑERÍA DE PLANSA DE 1". REPRESA CONSTRUIDA CON APORTES DE CONAF.

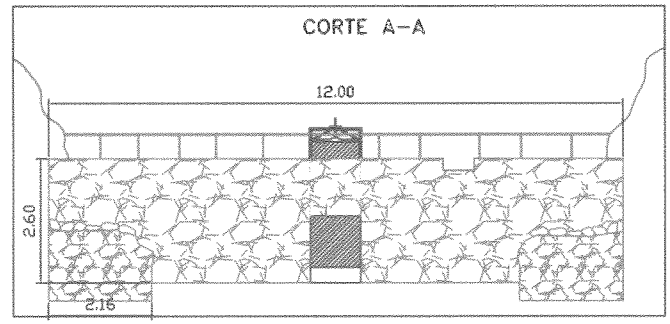
ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: POR QUEBRADA CHALINGA HACIA EL SECTOR DE ARBOLEDA GRANDE, INGRESAR HACIA QUEBRADA MANQUEHUA, RECORRIDO TOTAL 10 KM, HASTA CANCHA DE FUTBOL. LUEGO INTERNARSE POR QUEBRADA AL NORORIENTE 800 M.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

QUEBRADA MANQUEHUA

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

Para este embalse no se hizo análisis de estabilidad de taludes, debido a que corresponde a una pequeña presa construida con gaviones estucados por su cara interior sobre un radier de hormigón, acumula 6.240 m^3.

- **Resultados Estudio de Crecidas**

A continuación se presentan los resultados del estudio de crecidas.

- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
11	QDA. MANQUEHUA	316.650	6.490.601	84 H19S	2.153.229	317.587	6.491.355	0,564775	1.000	1.631	1.369

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
11	QDA. MANQUEHUA	Kp	2	2,15	105	0,66	0,24	0,48	0,13	1,59	0,25	0,51	0,14
		Kp	5	2,15	105	0,66	0,60	0,78	0,50	1,59	0,63	0,82	0,53
		Kp	10	2,15	105	0,66	1,00	1,00	1,00	1,59	1,05	1,05	1,05
		Kp	20	2,15	105	0,66	1,61	1,77	1,49	1,59	1,70	1,87	1,57
		Kp	25	2,15	105	0,66	1,82	1,96	1,67	1,59	1,92	2,07	1,76
		Kp	50	2,15	105	0,66	2,61	3,03	2,33	1,59	2,75	3,20	2,46
		Kp	100	2,15	105	0,66	3,67	4,47	2,81	1,59	3,87	4,71	2,96

➢ Método Verni-King Modificado

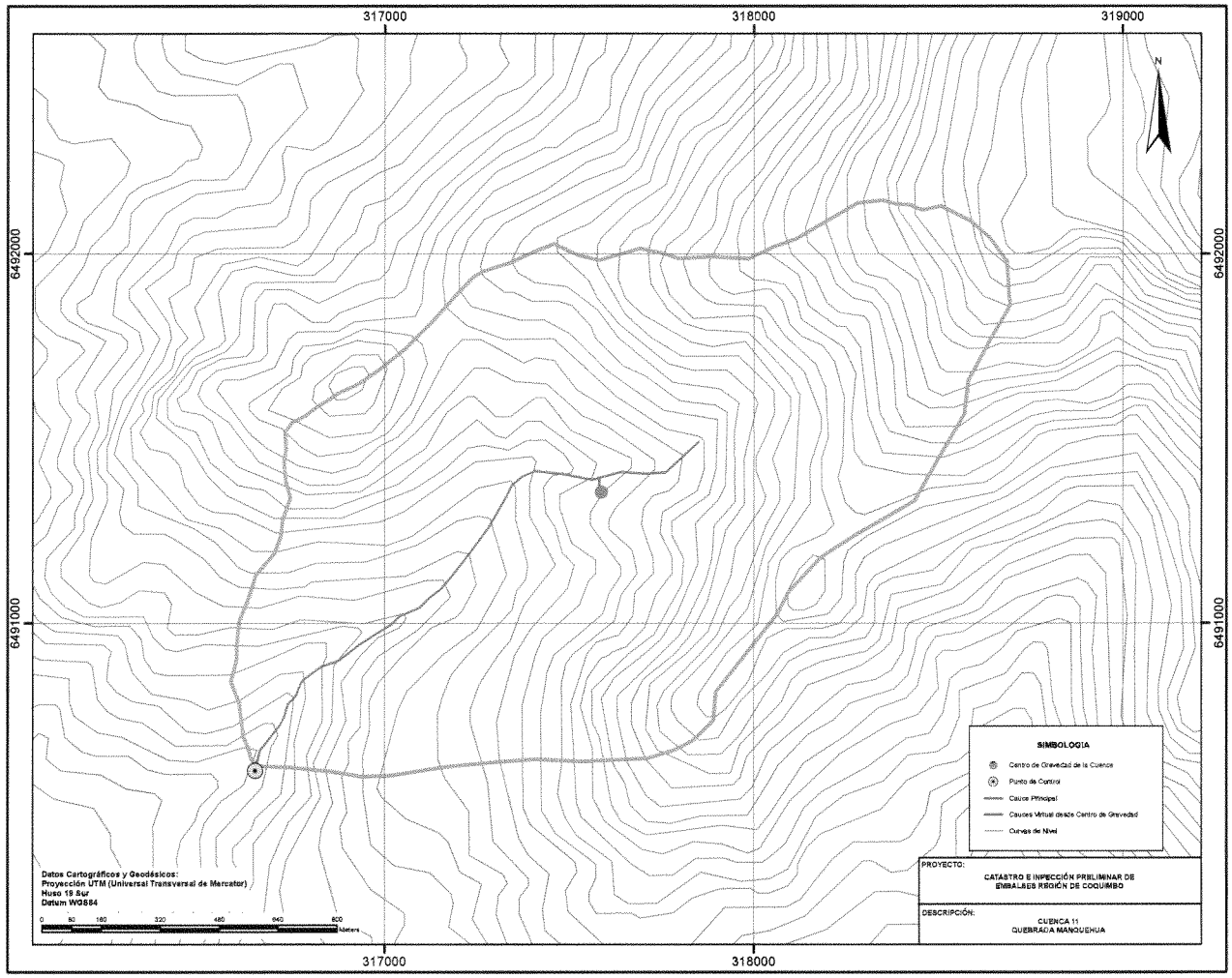
ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
11	QDA. MANQUEHUA	IV.5	IV Choapa	2	2,15	105	0,527	55	0,200	0,330	0,066	0,12
		IV.5	IV Choapa	5	2,15	105	0,802	84	0,200	0,680	0,136	0,40
		IV.5	IV Choapa	10	2,15	105	1,000	105	0,200	1,000	0,200	0,77
		IV.5	IV Choapa	20	2,15	105	1,200	125	0,200	1,380	0,276	1,34
		IV.5	IV Choapa	25	2,15	105	1,229	128	0,200	1,540	0,308	1,54
		IV.5	IV Choapa	50	2,15	105	1,473	154	0,200	2,000	0,400	2,50
		IV.5	IV Choapa	100	2,15	105	1,689	177	0,200	2,560	0,512	3,80

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
11	QDA. MANQUEHUA	IV.5	IV Choapa	2	2,15	105	0,527	55	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	18,96	0,30
		IV.5	IV Choapa	5	2,15	105	0,802	84	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	28,85	0,94
		IV.5	IV Choapa	10	2,15	105	1,000	105	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	35,98	1,72
		IV.5	IV Choapa	20	2,15	105	1,200	125	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	43,17	2,85
		IV.5	IV Choapa	25	2,15	105	1,229	128	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	44,22	3,26
		IV.5	IV Choapa	50	2,15	105	1,473	154	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	52,99	5,07
		IV.5	IV Choapa	100	2,15	105	1,689	177	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	60,77	7,44

CUENCA 11.- QDA. MANQUEHUA

a) Área Aportante



CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
11	QDA. MANQUEHUA	2	0,25	0,12	0,30	0,22	0,30
		5	0,63	0,40	0,94	0,66	0,94
		10	1,05	0,77	1,72	1,18	1,72
		20	1,70	1,34	2,85	1,96	2,85
		25	1,92	1,54	3,26	2,24	3,26
		50	2,75	2,50	5,07	3,44	5,07
		100	3,87	3,80	7,44	5,04	7,44

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 2,6 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 19,03 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con lo señalado precedentemente, no se determinó riesgo de filtración a este tranque.

- **Estabilidad de Taludes**

De acuerdo con lo señalado precedentemente, no se determinó estabilidad de taludes a este tranque.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

R= P x V x E

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

De acuerdo con lo señalado precedentemente, no se hizo análisis de estabilidad.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del tranque Quebrada Manquehua, se tiene lo siguiente:

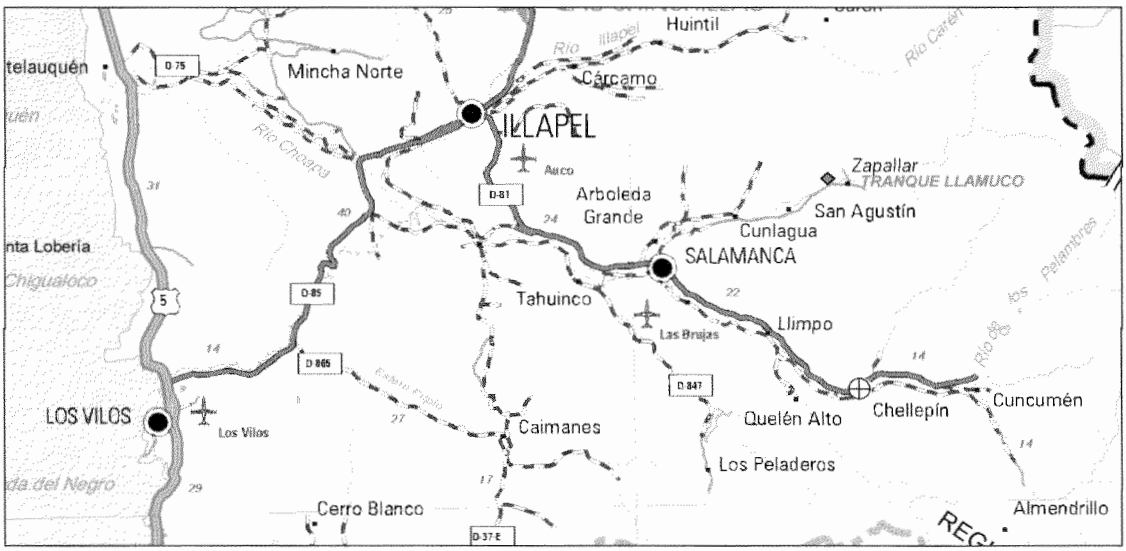
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
2,6	250	19,03	SIN	0,95	0,8	0,8	0,9	0,6	0,4	0,3	0,05	1,6%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 1,6 %

5.3.12 Tranque de Relaves Llamuco

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia de Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.492.656 E: 331.495 Datum: WGS 84
Altitud: 1.245 m.s.n.m



Acceso: Internarse por quebrada Chalinga en dirección a Zapallar 23 km. luego cruzar el río hacia el nor oriente y avanzar por quebrada Llamuco 1.5 km. existe portón cerrado, a la fecha de la visita el camino se encontraba cortado por el Río Chalinga.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

	LLAMUCO
	CHOAPA
	CUENCA
	SUB - CUENCA
	ESTERO CHALINGA
	FUENTE
	NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
	MINERA LLAMUCO (ABANDONADO)

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.492.656
	E	331.495

DATUM	W	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	1.245

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	30000 TON	
ALTURA DEL MURO (m)	No Aplica	
ANCHO CORONAMIENTO (m)	No Aplica	
LARGO CORONAMIENTO (m)	250,00	
BORDE LIBRE (m)	No Aplica	

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

TALUD MURO (°)	INTERNO	SIN MEDICION	
	EXTERNO	SIN MEDICION	

AÑO CONSTRUCCION	1960	

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	M	
AÑO REPARACION		NO

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	NO APLICA
OTRO SISTEMA		5	

AREA REGADA: NO APLICA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	M	
AÑO REPARACION		NO

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR: FRONTAL		5	NO APLICA

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION	NO			

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

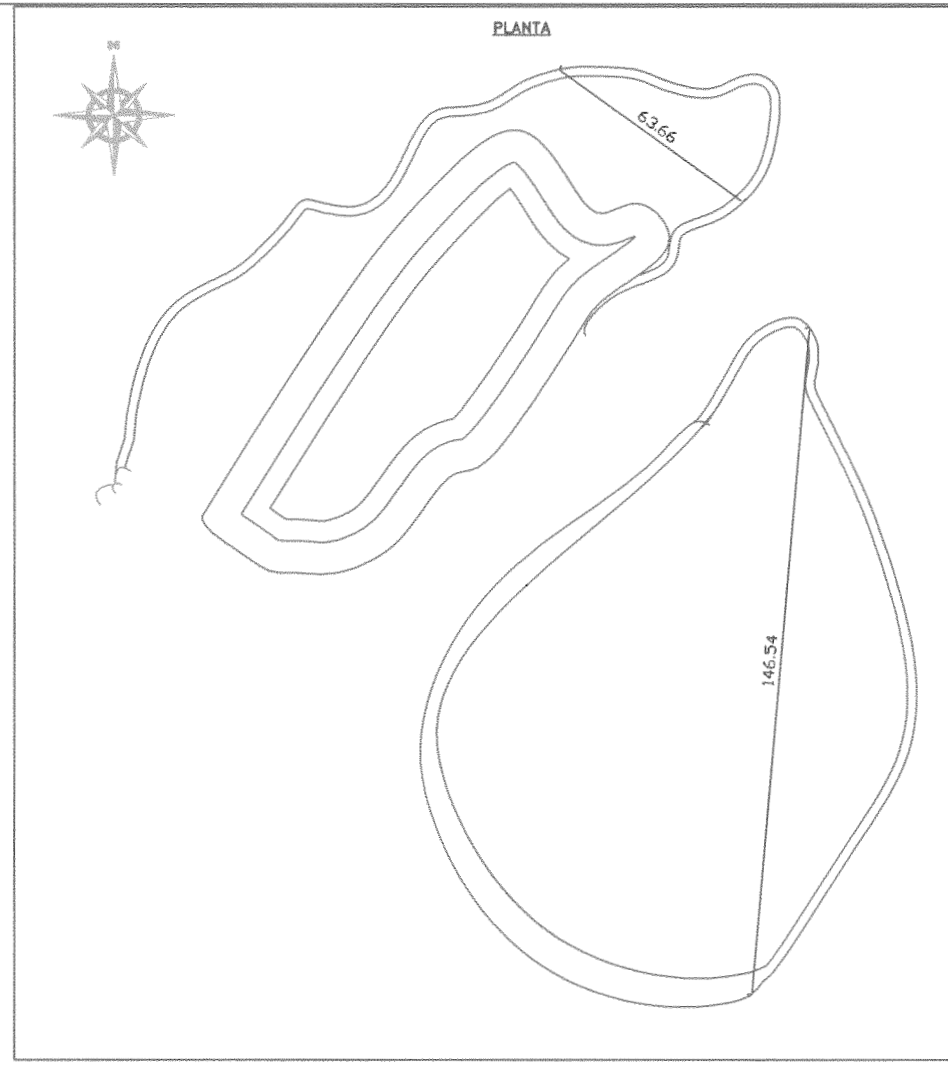
ESTADO		
AÑO REPARACION		NO

OBSERVACIONES: CORRESPONDE A TRANQUE DE RELAVES DE UNA SUPERFICIE DE 4,7 Ha. SE ENCUENTRA DIVIDIDO EN 3 SECTORES. EL MATERIAL SE ENCUENTRA OXIDADO PERO ES ABIERTAMENTE PRODUCTO DE LIXIVIACIÓN, RICO EN ÁCIDO SULFÚRICO. ES DE EXTREMA DIFICULTAD LA EXPLORACIÓN Y ACCESO AL CUERPO PRINCIPAL. EL ESTERO LLAMUCO HA RE-CONSTRUIDO SU CAUCE A TRAVÉS DEL RELAVE OCASIONANDO UN IMPORTANTE EFECTO DE ARRASTRE DE LAS ARENAS ALTAMENTE CONTAMINADAS. LOS EFECTOS MAS PROBABLES Y EVIDENTES SON CONTAMINACIÓN DEL RIO CHALINGA Y LUEGO DEL RIO CHOAPA.

ESTADO GENERAL: MALO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: INTERNARSE POR QUEBRADA CHALINGA EN DIRECCIÓN A ZAPALLAR 23 KM. LUEGO CRUZAR EL RIO HACIA EL NOR ORIENTE Y AVANZAR POR QUEBRADA LLAMUCO 1.5 KM. EXISTE PORTON CERRADO. A LA FECHA DE LA VISITA EL CAMINO SE ENCONTRABA CORTADO POR EL RIO CHALINGA.

PLANTA



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE LLAMUCO

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

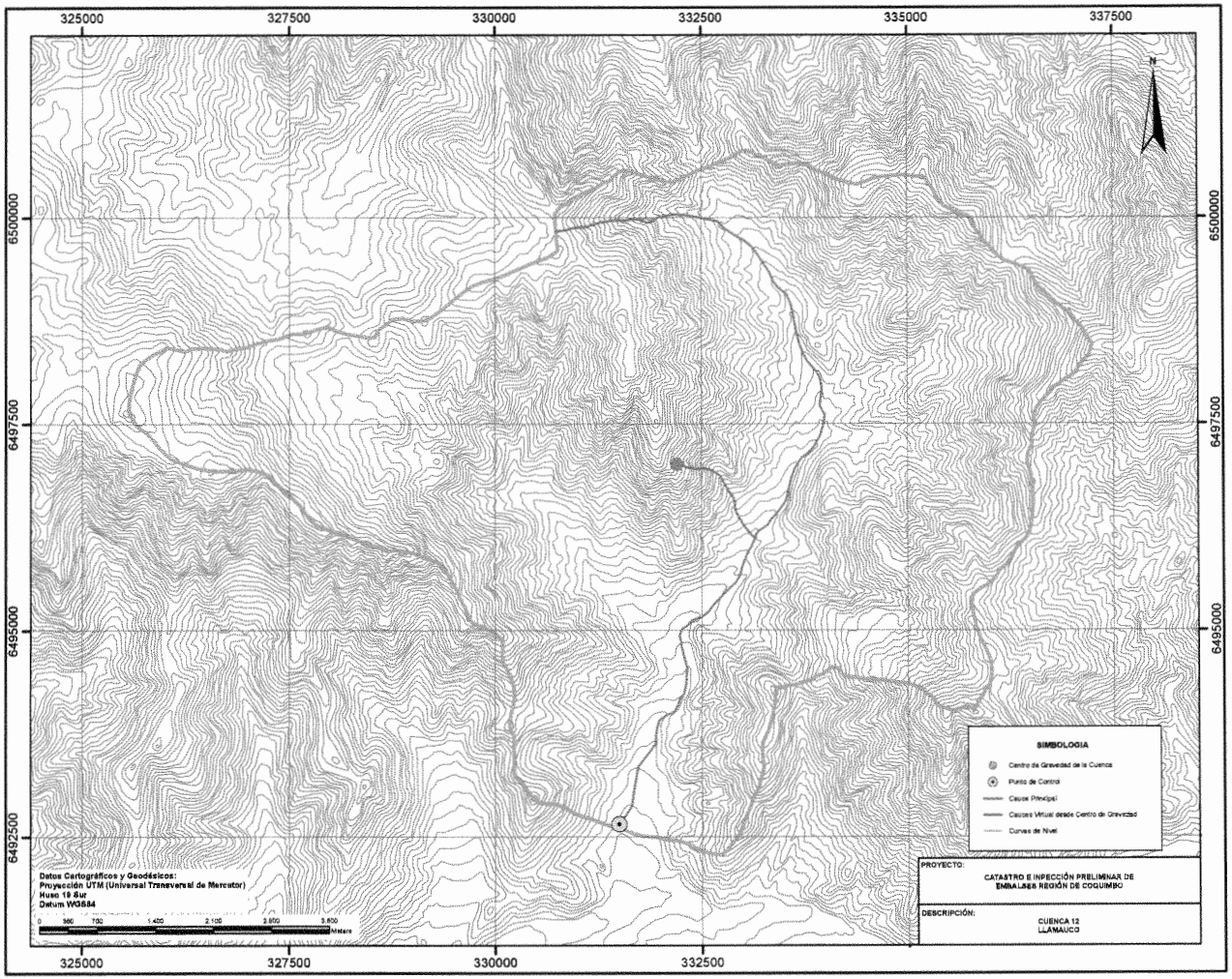
Para este embalse no se hizo análisis de estabilidad de taludes, debido a que corresponde a un tranque de relaves fuera de uso, abandonado. El estero Llamuco cortó el cuerpo principal de este tranque, provocando arrastre de sus arenas hacia el Río Chalinga y posteriormente al Río Choapa. Su probabilidad de falla es 1, toda vez que se ve que ya falló y sus arenas se desplazan arrastradas por el agua hacia el río. El acceso al cuerpo principal es dificultoso y peligroso; el borde al que hay que acercarse para verificar ángulos es inestable y pone en riesgo la integridad de quien mide. Este tranque es el más crítico de los visitados, no tiene canales de contornos ni elementos decantadores. El posible daño potencial es del tipo ambiental, pues no tiene comunidades habitadas aguas abajo.

- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 12.- LLAMUCO

a) Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
12	LLAMUCO	331.495	6.492.656	84 H19S	53.274.592	332.199	6.497.012	0,480974	1.575	10.728	5.563

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Min.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
12	LLAMUCO	Kp	2	53,27	121	12,61	0,24	0,48	0,13	1,59	4,81	9,63	2,61
		Kp	5	53,27	121	12,61	0,60	0,78	0,50	1,59	12,03	15,64	10,03
		Kp	10	53,27	121	12,61	1,00	1,00	1,00	1,59	20,06	20,06	20,06
		Kp	20	53,27	121	12,61	1,61	1,77	1,49	1,59	32,29	35,50	29,89
		Kp	25	53,27	121	12,61	1,82	1,96	1,67	1,59	36,50	39,31	33,50
		Kp	50	53,27	121	12,61	2,61	3,03	2,33	1,59	52,35	60,77	46,73
		Kp	100	53,27	121	12,61	3,67	4,47	2,81	1,59	73,61	89,66	56,36

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
12	LLAMUCO	IV.5	IV Choapa	2	53,27	121	0,527	64	0,200	0,330	0,066	2,33
		IV.5	IV Choapa	5	53,27	121	0,802	97	0,200	0,680	0,136	8,09
		IV.5	IV Choapa	10	53,27	121	1,000	121	0,200	1,000	0,200	15,63
		IV.5	IV Choapa	20	53,27	121	1,200	145	0,200	1,380	0,276	27,04
		IV.5	IV Choapa	25	53,27	121	1,229	149	0,200	1,540	0,308	31,09
		IV.5	IV Choapa	50	53,27	121	1,473	178	0,200	2,000	0,400	50,54
		IV.5	IV Choapa	100	53,27	121	1,689	204	0,200	2,560	0,512	76,65

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
12	LLAMUCO	IV.5	IV Choapa	2	53,27	121	0,527	64	0,080	0,330	0,026	1,17	0,18	9,58	3,74
		IV.5	IV Choapa	5	53,27	121	0,802	97	0,080	0,680	0,054	1,17	0,18	14,58	11,74
		IV.5	IV Choapa	10	53,27	121	1,000	121	0,080	1,000	0,080	1,17	0,18	18,18	21,53
		IV.5	IV Choapa	20	53,27	121	1,200	145	0,080	1,380	0,110	1,17	0,18	21,82	35,65
		IV.5	IV Choapa	25	53,27	121	1,229	149	0,080	1,540	0,123	1,17	0,18	22,35	40,74
		IV.5	IV Choapa	50	53,27	121	1,473	178	0,080	2,000	0,160	1,17	0,18	26,78	63,42
		IV.5	IV Choapa	100	53,27	121	1,689	204	0,080	2,560	0,205	1,17	0,18	30,71	93,08

➢ Hidrograma Unitario Sintético (H.U.S)

A	53,27	km2
CD	0,18	
tc	1,17	hr
Lat	31,65	°
L	10,73	km
Lg	5,56	km
S	0,48	m/m

	Zona I	
tp	2,117	hr
tb	9,834	hr
qp	79,350	l/s/mm/km2
tu	0,385	hr
tu -10	0,346	hr
tr	0,389	hr
tu +10	0,423	hr
tp'	2,118	hr
tb'	9,838	hr
qp'	79,316	l/s/mm/km2

T	P(T)	
2	64	mm
5	97	mm
10	121	mm
20	145	mm
25	149	mm
50	178	mm
100	204	mm

t/tp	q/qp
0	0
0,3	0,2
0,5	0,4
0,6	0,6
0,75	0,8
1	1
1,3	0,8
1,5	0,6
1,8	0,4
2,3	0,2
2,7	0,1

Zona 1

t	qp	corrección	q corr	verificación
0,000	0,000		0,000	
0,635	15,863	0,018	19,616	0,022
1,059	31,726	0,036	39,231	0,045
1,271	47,590	0,030	58,847	0,037
1,588	63,453	0,063	78,463	0,079
2,118	79,316	0,136	98,078	0,168
2,753	63,453	0,163	78,463	0,202
3,177	47,590	0,085	58,847	0,105
3,812	31,726	0,091	39,231	0,112
4,871	15,863	0,091	19,616	0,112
5,718	7,932	0,036	9,808	0,045
9,838	0,000	0,059	0,000	0,073
Suma		**0,809**		**1,000**

T=2

P 24	64	mm
P tc	11,19426868	mm
i	9,582618691	mm/hr
CN	90,52456969	
S	26,5868074	mm
Pef	1,06389668	mm
i ef	0,910726418	mm/hr
Interpolación	0,389394905	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		0,354632227	0,354632227	0,354632227		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,39	12,02151383		4,26321622	0		4,26321622	0,227121105
2	0,78	26,25672346		9,31148031	4,26321622	0	13,57469653	0,723186419
3	1,17	49,34671629		17,49993588	9,31148031	4,26321622	31,07463241	1,655488363
4	1,56	76,55647459		27,14939306	17,49993588	9,31148031	53,96080925	2,874740097
5	1,95	91,74471906		32,53563401	27,14939306	17,49993588	77,18496296	4,11199741
6	2,34	91,3345509		32,39017517	32,53563401	27,14939306	92,07520224	4,905268833
7	2,73	79,31303706		28,12695895	32,39017517	32,53563401	93,05276813	4,957348256
8	3,12	61,70601271		21,88294069	28,12695895	32,39017517	82,4000748	4,389830366
9	3,50	48,73146404		17,28174761	21,88294069	28,12695895	67,29164725	3,584935052
10	3,89	37,71847898		13,37618819	17,28174761	21,88294069	52,54087649	2,799093758
11	4,28	30,50557068		10,81825846	13,37618819	17,28174761	41,47619426	2,209627327
12	4,67	23,29266238		8,260328727	10,81825846	13,37618819	32,45477538	1,729014917
13	5,06	17,40570983		6,172625634	8,260328727	10,81825846	25,25121282	1,345248061
14	5,45	12,89764214		4,573919552	6,172625634	8,260328727	19,00687391	1,012583453
15	5,84	9,516150697		3,374733712	4,573919552	6,172625634	14,1212789	0,752305372
16	6,23	8,589048953		3,045953556	3,374733712	4,573919552	10,99460682	0,585733193
17	6,62	7,66194721		2,7171734	3,045953556	3,374733712	9,137860668	0,486815799
18	7,01	6,734845467		2,388393245	2,7171734	3,045953556	8,151520201	0,434268913
19	7,40	5,807743724		2,059613089	2,388393245	2,7171734	7,165179734	0,381722027
20	7,79	4,88064198		1,730832934	2,059613089	2,388393245	6,178839267	0,329175141
21	8,177292998	3,953540237		1,402052778	1,730832934	2,059613089	5,192498801	0,276628255
22	8,566687903	3,026438494		1,073272622	1,402052778	1,730832934	4,206158334	0,224081369
23	8,956082808	2,099336751		0,744492467	1,073272622	1,402052778	3,219817867	0,171534483
							Q max	**4,957348256**

T=5

P 24	97	mm
P tc	17,03568022	mm
i	14,58303641	mm/hr
CN	90,52456969	
S	26,5868074	mm
Pef	3,584872522	mm
i ef	3,068754863	mm/hr
Interpolación	0,389394905	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		1,194957507	1,194957507	1,194957507		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,39	12,02151383		14,36519821	0		14,36519821	0,765300073
2	0,78	26,25672346		31,37566883	14,36519821	0	45,74086703	2,436826029
3	1,17	49,34671629		58,9672291	31,37566883	14,36519821	104,7080961	5,578281101
4	1,56	76,55647459		91,48173406	58,9672291	31,37566883	181,824632	9,686633085
5	1,95	91,74471906		109,6310408	91,48173406	58,9672291	260,080004	13,8556561
6	2,34	91,3345509		109,1409073	109,6310408	91,48173406	310,2536822	16,52863833
7	2,73	79,31303706		94,77570908	109,1409073	109,6310408	313,5476572	16,70412351
8	3,12	61,70601271		73,73606315	94,77570908	109,1409073	277,6526795	14,79183322
9	3,50	48,73146404		58,23202881	73,73606315	94,77570908	226,743801	12,07968349
10	3,89	37,71847898		45,07197963	58,23202881	73,73606315	177,0400716	9,431737581
11	4,28	30,50557068		36,45286071	45,07197963	58,23202881	139,7568691	7,445490183
12	4,67	23,29266238		27,83374178	36,45286071	45,07197963	109,3585821	5,826033844
13	5,06	17,40570983		20,79908363	27,83374178	36,45286071	85,08568612	4,532905213
14	5,45	12,89764214		15,4121343	20,79908363	27,83374178	64,04495971	3,411969098
15	5,84	9,516150697		11,37139572	15,4121343	20,79908363	47,58261365	2,534944329
16	6,23	8,589048953		10,26354853	11,37139572	15,4121343	37,04707855	1,973667994
17	6,62	7,66194721		9,155701341	10,26354853	11,37139572	30,79064559	1,640359081
18	7,01	6,734845467		8,047854152	9,155701341	10,26354853	27,46710402	1,46329876
19	7,40	5,807743724		6,940006964	8,047854152	9,155701341	24,14356246	1,286238439
20	7,79	4,88064198		5,832159776	6,940006964	8,047854152	20,82002089	1,109178118
21	8,18	3,953540237		4,724312587	5,832159776	6,940006964	17,49647933	0,932117798
22	8,57	3,026438494		3,616465399	4,724312587	5,832159776	14,17293776	0,755057477
23	8,96	2,099336751		2,508618211	3,616465399	4,724312587	10,8493962	0,577997156
							Q max	**16,70412351**

T=10

P 24	121	mm
P tc	21,24149654	mm
i	18,18333717	mm/hr
CN	90,52456969	
S	26,5868074	mm
Pef	5,965007189	mm
i ef	5,106219177	mm/hr
Interpolación	0,389394905	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		1,98833573	1,98833573	1,98833573		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,39	12,02151383		23,90280548	0		23,90280548	1,273412209
2	0,78	26,25672346		52,2071814	23,90280548	0	76,10998688	4,054728498
3	1,17	49,34671629		98,11783914	52,2071814	23,90280548	174,227826	9,281916346
4	1,56	76,55647459		152,2199738	98,11783914	52,2071814	302,5449943	16,11796113
5	1,95	91,74471906		182,4193029	152,2199738	98,11783914	432,7571158	23,05495878
6	2,34	91,3345509		181,6037509	182,4193029	152,2199738	516,2430276	27,50263667
7	2,73	79,31303706		157,7009454	181,6037509	182,4193029	521,7239992	27,79463319
8	3,12	61,70601271		122,6922698	157,7009454	181,6037509	461,9969661	24,61269987
9	3,50	48,73146404		96,89451111	122,6922698	157,7009454	377,2877263	20,09984969
10	3,89	37,71847898		74,99699942	96,89451111	122,6922698	294,5837803	15,69383071
11	4,28	30,50557068		60,65531613	74,99699942	96,89451111	232,5468267	12,38883731
12	4,67	23,29266238		46,31363285	60,65531613	74,99699942	181,9659484	9,694161659
13	5,06	17,40570983		34,60839475	46,31363285	60,65531613	141,5773437	7,542475224
14	5,45	12,89764214		25,64484269	34,60839475	46,31363285	106,5668703	5,677306535
15	5,84	9,516150697		18,92130244	25,64484269	34,60839475	79,17453987	4,217991309
16	6,23	8,589048953		17,07791292	18,92130244	25,64484269	61,64405805	3,284062042
17	6,62	7,66194721		15,2345234	17,07791292	18,92130244	51,23373875	2,729456529
18	7,01	6,734845467		13,39113387	15,2345234	17,07791292	45,70357019	2,434839055
19	7,40	5,807743724		11,54774435	13,39113387	15,2345234	40,17340162	2,140221581
20	7,79	4,88064198		9,704354833	11,54774435	13,39113387	34,64323306	1,845604107
21	8,18	3,953540237		7,860965312	9,704354833	11,54774435	29,1130645	1,550986633
22	8,57	3,026438494		6,01757579	7,860965312	9,704354833	23,58289593	1,256369159
23	8,96	2,099336751		4,174186269	6,01757579	7,860965312	18,05272737	0,961751685
							Q max	**27,79463319**

T=20

P 24	145	mm
P tc	25,48979585	mm
i	21,82000461	mm/hr
CN	90,52456969	
S	26,5868074	mm
Pef	8,702602799	mm
i ef	7,449680426	mm/hr
Interpolación	0,389394905	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		2,9008676	2,9008676	2,9008676		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,39	12,02151383		34,87281997	0		34,87281997	1,857835256
2	0,78	26,25672346		76,16727837	34,87281997	0	111,0400983	5,915615935
3	1,17	49,34671629		143,1482904	76,16727837	34,87281997	254,1883888	13,5417827
4	1,56	76,55647459		222,0801967	143,1482904	76,16727837	441,3957655	23,51517932
5	1,95	91,74471906		266,139283	222,0801967	143,1482904	631,3677701	33,63586035
6	2,34	91,3345509		264,9494394	266,139283	222,0801967	753,1689191	40,12476687
7	2,73	79,31303706		230,0766194	264,9494394	266,139283	761,1653418	40,55077303
8	3,12	61,70601271		179,000973	230,0766194	264,9494394	674,0270318	35,90851512
9	3,50	48,73146404		141,3635251	179,000973	230,0766194	550,4411175	29,32452596
10	3,89	37,71847898		109,4163136	141,3635251	179,000973	429,7808117	22,89639739
11	4,28	30,50557068		88,49262159	109,4163136	141,3635251	339,2724603	18,0746019
12	4,67	23,29266238		67,56892961	88,49262159	109,4163136	265,4778648	14,14322493
13	5,06	17,40570983		50,49165968	67,56892961	88,49262159	206,5532109	11,00403804
14	5,45	12,89764214		37,41435219	50,49165968	67,56892961	155,4749415	8,282864074
15	5,84	9,516150697		27,60509323	37,41435219	50,49165968	115,5111051	6,153806996
16	6,23	8,589048953		24,91569382	27,60509323	37,41435219	89,93513924	4,791257849
17	6,62	7,66194721		22,22629441	24,91569382	27,60509323	74,74708146	3,982120268
18	7,01	6,734845467		19,536895	22,22629441	24,91569382	66,67888323	3,552290299
19	7,40	5,807743724		16,84749559	19,536895	22,22629441	58,61068501	3,122460331
20	7,79	4,88064198		14,15809619	16,84749559	19,536895	50,54248678	2,692630362
21	8,18	3,953540237		11,46869678	14,15809619	16,84749559	42,47428856	2,262800393
22	8,57	3,026438494		8,779297369	11,46869678	14,15809619	34,40609033	1,832970425
23	8,96	2,099336751		6,08989796	8,779297369	11,46869678	26,33789211	1,403140456
							Q max	**40,55077303**

T=25

P 24	149	mm
P tc	26,10621734	mm
i	22,34767929	mm/hr
CN	90,52456969	
S	26,5868074	mm
Pef	9,122331976	mm
i ef	7,808980777	mm/hr
Interpolación	0,389394905	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		3,040777325	3,040777325	3,040777325		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,39	12,02151383		36,55474668	0		36,55474668	1,947439215
2	0,78	26,25672346		79,84084935	36,55474668	0	116,395596	6,200927889
3	1,17	49,34671629		150,052376	79,84084935	36,55474668	266,447972	14,194907
4	1,56	76,55647459		232,791192	150,052376	79,84084935	462,6844174	24,64932356
5	1,95	91,74471906		278,9752614	232,791192	150,052376	661,8188295	35,25812812
6	2,34	91,3345509		277,7280314	278,9752614	232,791192	789,4944849	42,05999657
7	2,73	79,31303706		241,1732847	277,7280314	278,9752614	797,8765775	42,50654913
8	3,12	61,70601271		187,6342443	241,1732847	277,7280314	706,5355604	37,64039371
9	3,50	48,73146404		148,1815309	187,6342443	241,1732847	576,9890599	30,73885675
10	3,89	37,71847898		114,6934956	148,1815309	187,6342443	450,5092708	24,00069759
11	4,28	30,50557068		92,76064762	114,6934956	148,1815309	355,6356741	18,94634544
12	4,67	23,29266238		70,82779961	92,76064762	114,6934956	278,2819429	14,82535697
13	5,06	17,40570983		52,92688777	70,82779961	92,76064762	216,515335	11,53476613
14	5,45	12,89764214		39,21885777	52,92688777	70,82779961	162,9735451	8,682349125
15	5,84	9,516150697		28,93649526	39,21885777	52,92688777	121,0822408	6,450606977
16	6,23	8,589048953		26,1173853	28,93649526	39,21885777	94,27273833	5,022341671
17	6,62	7,66194721		23,29827534	26,1173853	28,93649526	78,35215591	4,174179138
18	7,01	6,734845467		20,47916538	23,29827534	26,1173853	69,89482603	3,72361834
19	7,40	5,807743724		17,66005543	20,47916538	23,29827534	61,43749615	3,273057541
20	7,79	4,88064198		14,84094547	17,66005543	20,47916538	52,98016628	2,822496742
21	8,18	3,953540237		12,02183551	14,84094547	17,66005543	44,5228364	2,371935944
22	8,57	3,026438494		9,202725548	12,02183551	14,84094547	36,06550652	1,921375145
23	8,96	2,099336751		6,383615589	9,202725548	12,02183551	27,60817664	1,470814347
							Q max	**42,50654913**

T=50

P 24	178	mm
P tc	31,2887244	mm
i	26,78405566	mm/hr
CN	90,52456969	
S	26,5868074	mm
Pef	12,83362202	mm
i ef	10,98595271	mm/hr
Interpolación	0,389394905	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		4,277874007	4,277874007	4,277874007		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,39	12,02151383		51,42652155	0		51,42652155	2,739726953
2	0,78	26,25672346		112,3229548	51,42652155	0	163,7494764	8,723686543
3	1,17	49,34671629		211,0990349	112,3229548	51,42652155	374,8485113	19,9699015
4	1,56	76,55647459		327,4989527	211,0990349	112,3229548	650,9209425	34,67754763
5	1,95	91,74471906		392,4723489	327,4989527	211,0990349	931,0703366	49,60239231
6	2,34	91,3345509		390,7177012	392,4723489	327,4989527	1110,689003	59,17150347
7	2,73	79,31303706		339,2911797	390,7177012	392,4723489	1122,48123	59,79972954
8	3,12	61,70601271		263,9705478	339,2911797	390,7177012	993,9794287	52,95384852
9	3,50	48,73146404		208,4670633	263,9705478	339,2911797	811,7287908	43,24452015
10	3,89	37,71847898		161,3549008	208,4670633	263,9705478	633,792512	33,76503749
11	4,28	30,50557068		130,4989879	161,3549008	208,4670633	500,320952	26,65439459
12	4,67	23,29266238		99,64307495	130,4989879	161,3549008	391,4969636	20,85684101
13	5,06	17,40570983		74,45943363	99,64307495	130,4989879	304,6014965	16,22752045
14	5,45	12,89764214		55,17448805	74,45943363	99,64307495	229,2769966	12,21463845
15	5,84	9,516150697		40,70889371	55,17448805	74,45943363	170,3428154	9,07494399
16	6,23	8,589048953		36,74286926	40,70889371	55,17448805	132,626251	7,065609412
17	6,62	7,66194721		32,77684481	36,74286926	40,70889371	110,2286078	5,872384106
18	7,01	6,734845467		28,81082036	32,77684481	36,74286926	98,33053443	5,238519103
19	7,40	5,807743724		24,84479591	28,81082036	32,77684481	86,43246109	4,6046541
20	7,79	4,88064198		20,87877146	24,84479591	28,81082036	74,53438774	3,970789097
21	8,18	3,953540237		16,91274701	20,87877146	24,84479591	62,63631439	3,336924094
22	8,57	3,026438494		12,94672257	16,91274701	20,87877146	50,73824104	2,70305909
23	8,96	2,099336751		8,980698117	12,94672257	16,91274701	38,8401677	2,069194087
							Q max	**59,7997295**

T=100

P 24	204	mm
P tc	35,87688765	mm
i	30,71165649	mm/hr
CN	90,52456969	
S	26,5868074	mm
Pef	16,34198699	mm
i ef	13,98921489	mm/hr
Interpolación	0,389394905	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		5,447328998	5,447328998	5,447328998		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,39	12,02151383		65,48514089	0		65,48514089	3,488694163
2	0,78	26,25672346		143,0290111	65,48514089	0	208,514152	11,10850637
3	1,17	49,34671629		268,8077986	143,0290111	65,48514089	477,3219506	25,42913217
4	1,56	76,55647459		417,028304	268,8077986	143,0290111	828,8651137	44,15745076
5	1,95	91,74471906		499,7636685	417,028304	268,8077986	1185,599771	63,16234408
6	2,34	91,3345509		497,5293476	499,7636685	417,028304	1414,32132	75,34739129
7	2,73	79,31303706		432,0442067	497,5293476	499,7636685	1429,337223	76,14735737
8	3,12	61,70601271		336,1329524	432,0442067	497,5293476	1265,706507	67,42999773
9	3,50	48,73146404		265,4563172	336,1329524	432,0442067	1033,633476	55,06640172
10	3,89	37,71847898		205,4649643	265,4563172	336,1329524	807,0542338	42,99548503
11	4,28	30,50557068		166,1738798	205,4649643	265,4563172	637,0951612	33,94098478
12	4,67	23,29266238		126,8827952	166,1738798	205,4649643	498,5216393	26,55853694
13	5,06	17,40570983		94,81462786	126,8827952	166,1738798	387,8713028	20,66368541
14	5,45	12,89764214		70,25770002	94,81462786	126,8827952	291,9551231	15,55379007
15	5,84	9,516150697		51,83760363	70,25770002	94,81462786	216,9099315	11,5557881
16	6,23	8,589048953		46,78737543	51,83760363	70,25770002	168,8826791	8,997155824
17	6,62	7,66194721		41,73714722	46,78737543	51,83760363	140,3621263	7,47773501
18	7,01	6,734845467		36,68691901	41,73714722	46,78737543	125,2114416	6,670588467
19	7,40	5,807743724		31,6366908	36,68691901	41,73714722	110,060757	5,863441925
20	7,79	4,88064198		26,58646259	31,6366908	36,68691901	94,91007239	5,056295383
21	8,18	3,953540237		21,53623438	26,58646259	31,6366908	79,75938776	4,249148841
22	8,57	3,026438494		16,48600617	21,53623438	26,58646259	64,60870313	3,442002299
23	8,96	2,099336751		11,43577796	16,48600617	21,53623438	49,4580185	2,634855757
							Q max	**76,1473574**

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC	V-K MOD	RAC MOD	HUS	HEC-HMS	PROM	MAX
12	LLAMUCO	**2**	4,81	2,33	3,74	4,96	1,45	3,46	4,96
		5	12,03	8,09	11,74	16,70	21,50	14,01	21,50
		10	20,06	15,63	21,53	27,79	34,60	23,92	34,60
		20	32,29	27,04	35,65	40,55	49,50	37,01	49,50
		25	36,50	31,09	40,74	42,51	51,70	40,51	51,70
		50	52,35	50,54	63,42	59,80	71,80	59,58	71,80
		100	73,61	76,65	93,08	76,15	90,60	82,02	93,08

Nota: se adopta el promedio de los caudales máximos

Este embalse es Categoría C (altura muro > 30 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 1.000 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 1.000 años)= 302,07 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con lo señalado precedentemente, no se determinó riesgo de filtración a este tranque.

- **Estabilidad de Taludes**

De acuerdo con lo señalado precedentemente, no se determinó estabilidad de taludes a este tranque.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

R= P x V x E

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

De acuerdo con lo señalado precedentemente, no se hizo análisis de estabilidad.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del tranque Llamuco, se tiene lo siguiente:

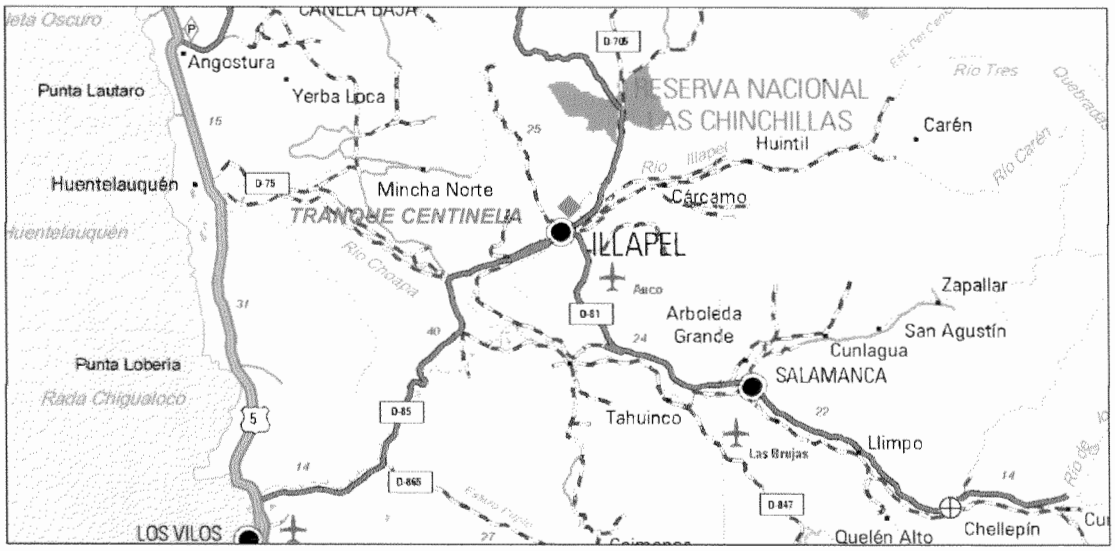
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
> 30	1000	302,07	SIN	0,95	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,6	0,05	2,9%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,9 %

5.3.13 Tranque de Relaves Centinela

Ubicado en la comuna de Illapel, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.500.042 E: 296.504 Datum: WGS 84
Altitud: 473 m.s.n.m



Acceso: Ruta Illapel - Combarbalá km 1 cruzar línea del tren e inmediatamente al norte a 300 m se encuentra el tranque, vecino a unos eucalíptos.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

TRANQUE DE RELAVES CENTINELA	
CUENCA	
CHOAPA	
SUB - CUENCA	
ILLAPEL	
FUENTE	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
TRANQUE DE RELAVES CENTINELA	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	ILLAPEL

COORDENADAS UTM		
	N	6.500.042
	E	296.504

DATUM						
	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	473

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		200,000 TON
ALTURA DEL MURO (m)		11,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		4,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		330,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA	X	5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	47	0,93	1
	EXTERNO	44	1,03	1

AÑO CONSTRUCCION	1990

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	NO APLICA
OTRO SISTEMA		5	

AREA REGADA: NO APLICA

ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	NO APLICA
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA: NO APLICA

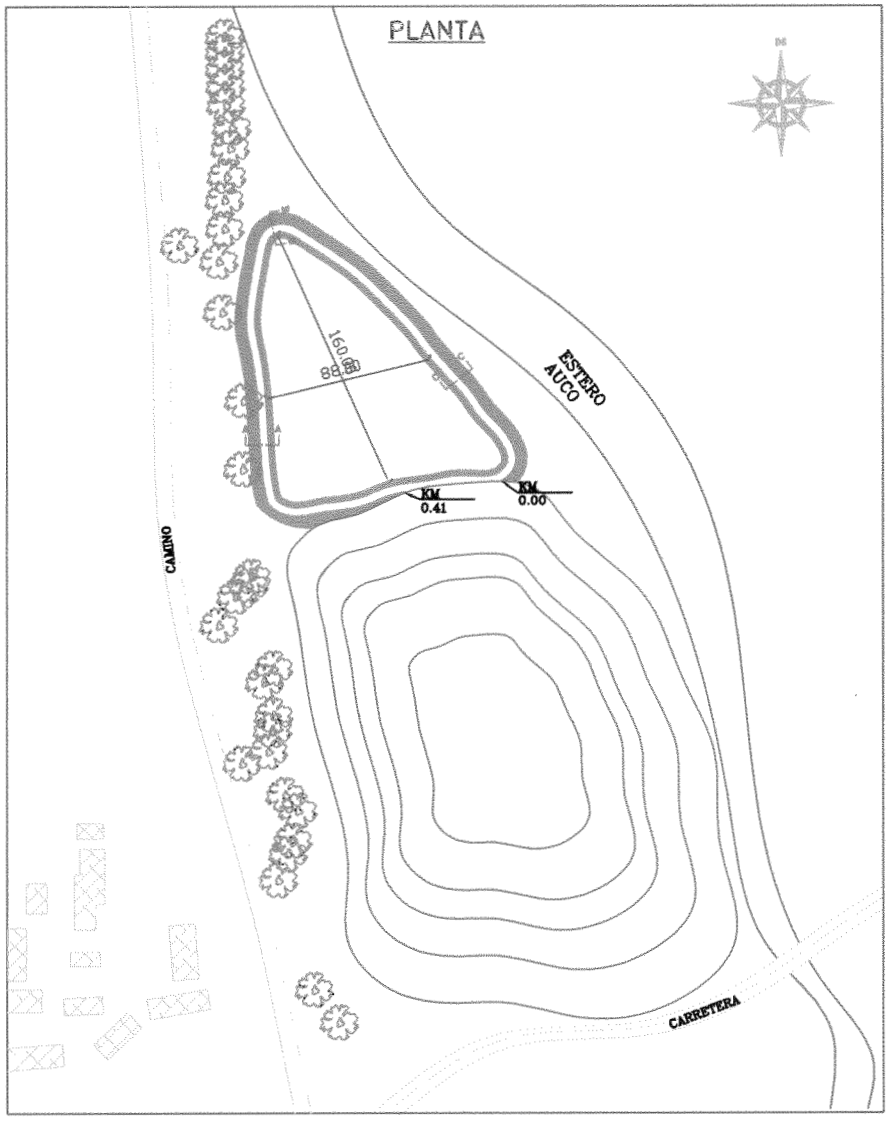
KW *10^6		1
HP		2

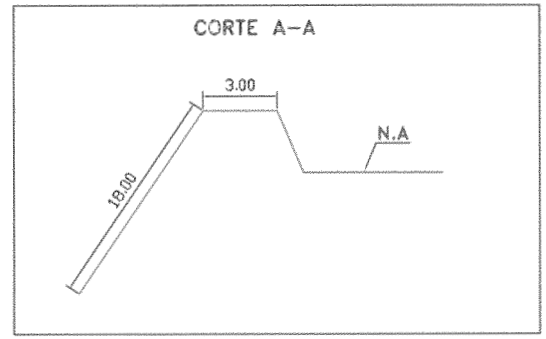
ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

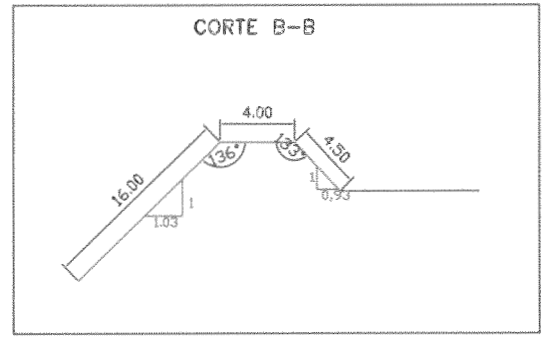
OBSERVACIONES: TRANQUE DE RELAVES PROPIEDAD DE MINERA CENTINELA. TALUDES DEMASIADO PRONUNCIADOS, DUDOSA ESTABILIDAD. SUPERVISADO POR SERNAGEOMIN. SU POTENCIAL FALLA AFECTA DIRECTAMENTE AL ESTERO AUCO. COMPACTACIÓN DE MUROS ES POBRE. EL TRANQUE SIGUE CRECIENDO LEVANTANDO EL MURO. SE OCUPAN ARENAS DE RELAVE VECINO.

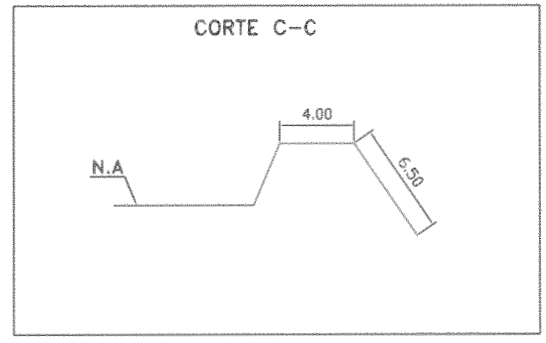
ESTADO GENERAL: REGULAR

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: RUTA ILLAPEL - COMBARBALÁ KM 1. CRUZAR LINEA DEL TREN E INMEDIATAMENTE AL NORTE A 300 M SE ENCUENTRA EL RELAVE, VECINO A UNOS EUCALIPTUS.









"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE CENTINELA

COMUNA DE ILLAPEL

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

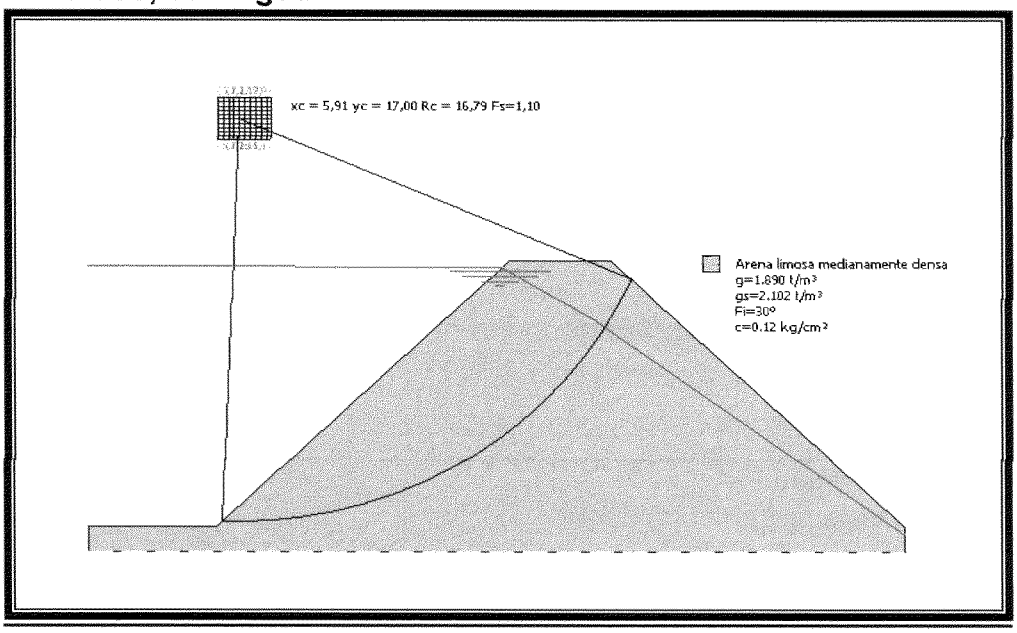
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

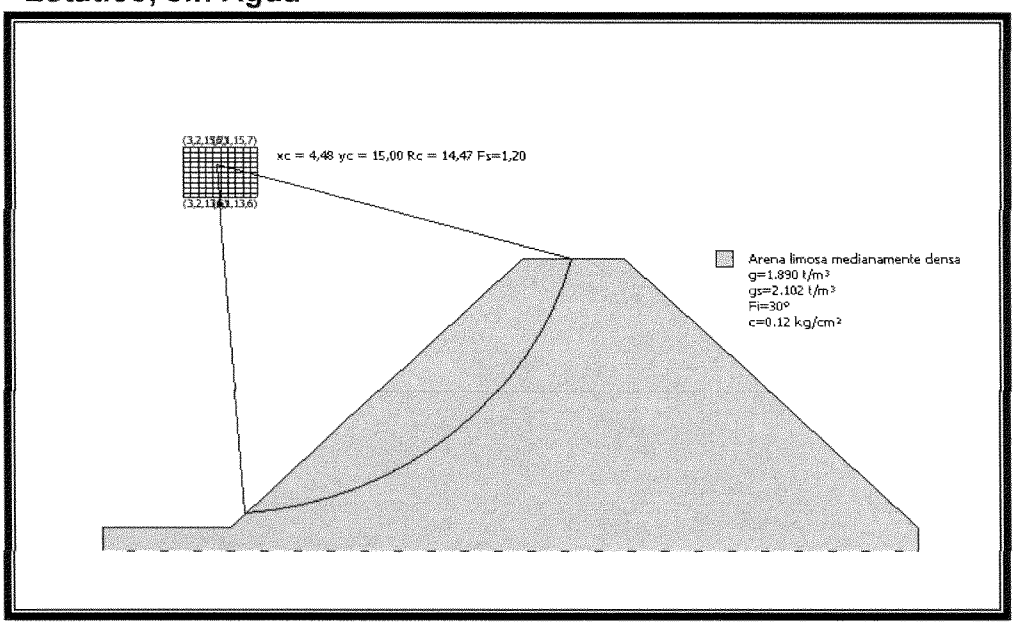
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

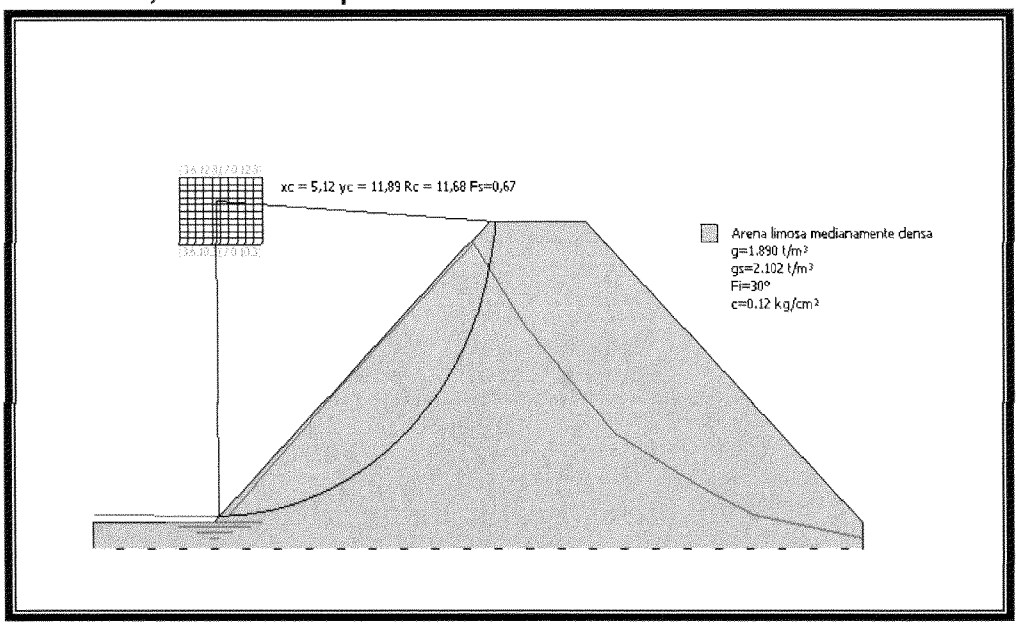
- Estático, con Agua



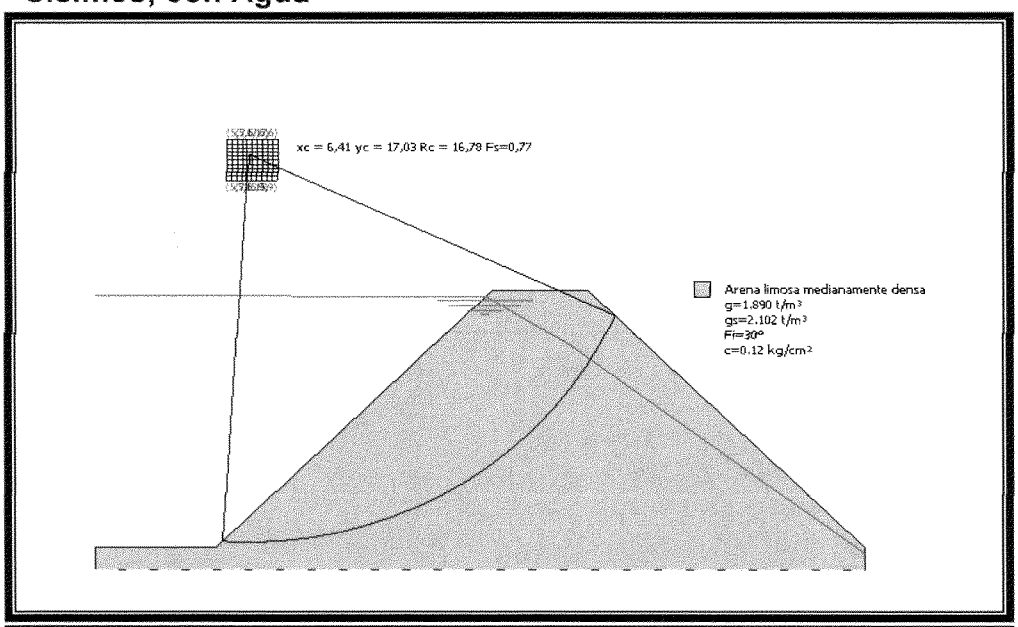
- Estático, sin Agua



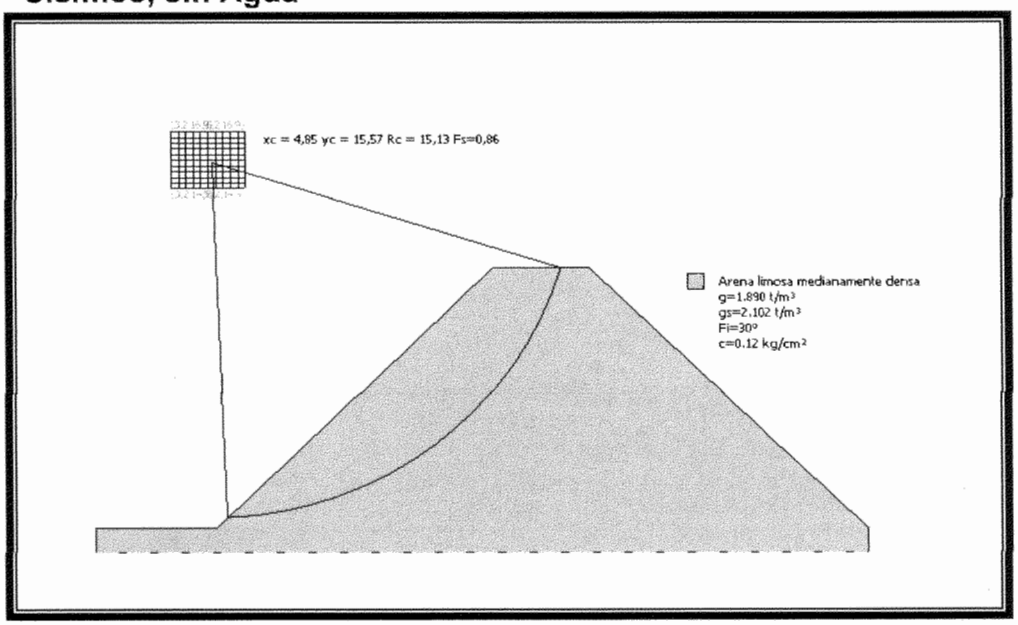
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

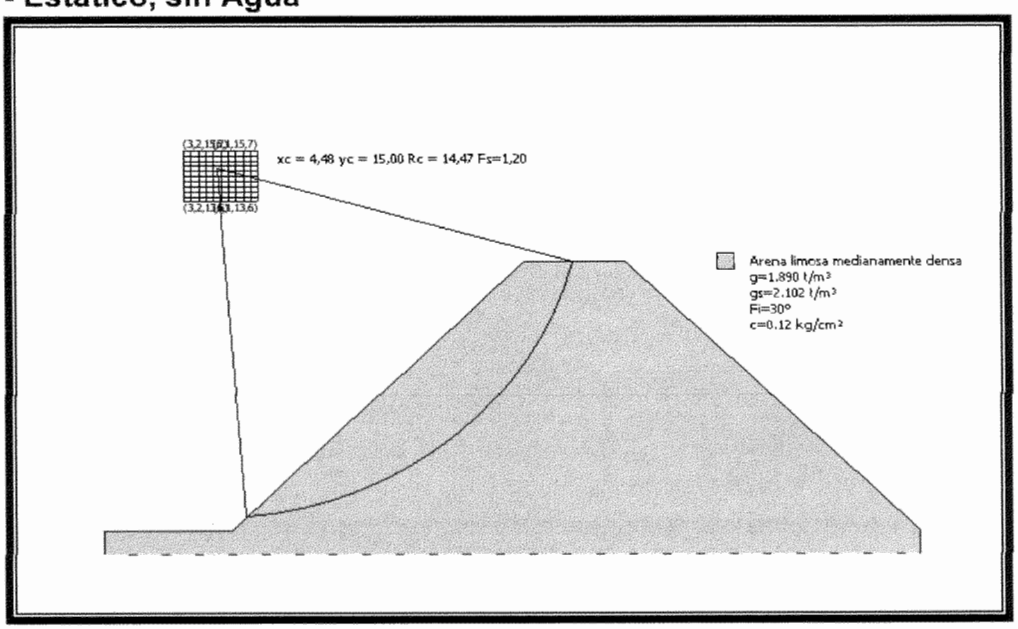


- Sísmico, sin Agua

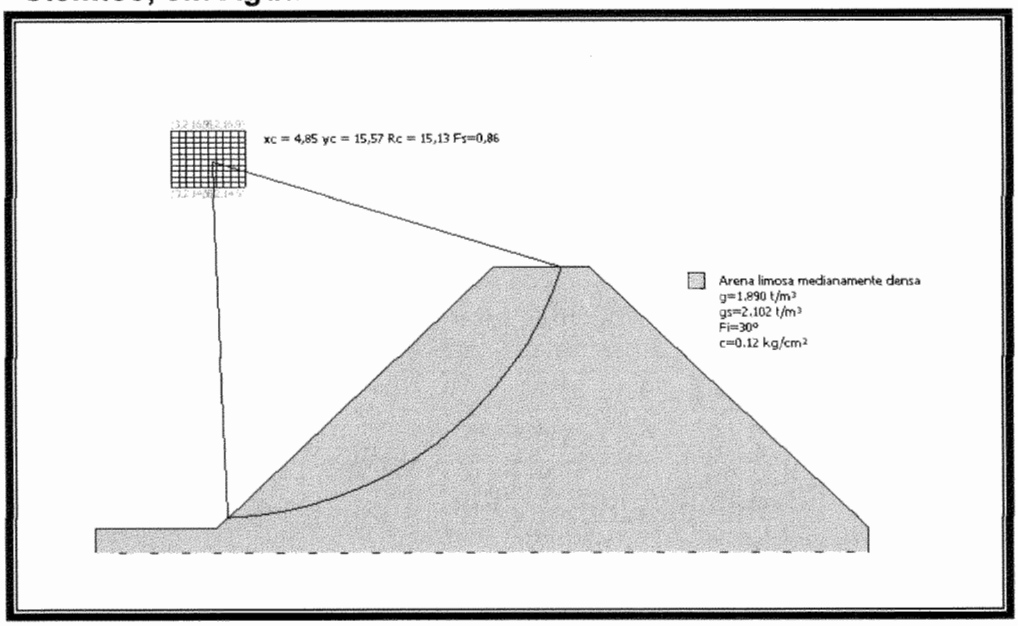


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



➢ Resultados Estudio de Crecidas

El embalse Centinela no tiene cuenca aportante.

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Centinela existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Centinela	10,01	33,05

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Centinela.

TALUDES EMBALSE CENTINELA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Centinela	Dx	11,51	Dx	11,51
	Dy	11,11	Dy	11,11

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Centinela	1,10	1,20	0,67	0,77	0,86

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Centinela	1,20	0,86

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 para los siguientes casos:

- Talud Aguas Arriba: vaciado rápido, sísmico con y sin agua
- Talud Aguas Abajo: sísmico sin agua

➢ Aplicación de Hazop

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.

V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse Yeni será:

P= 10 %
V= 80 %
E= 80 %

Riesgo Total= 6,40 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Centinela, se tiene lo siguiente:

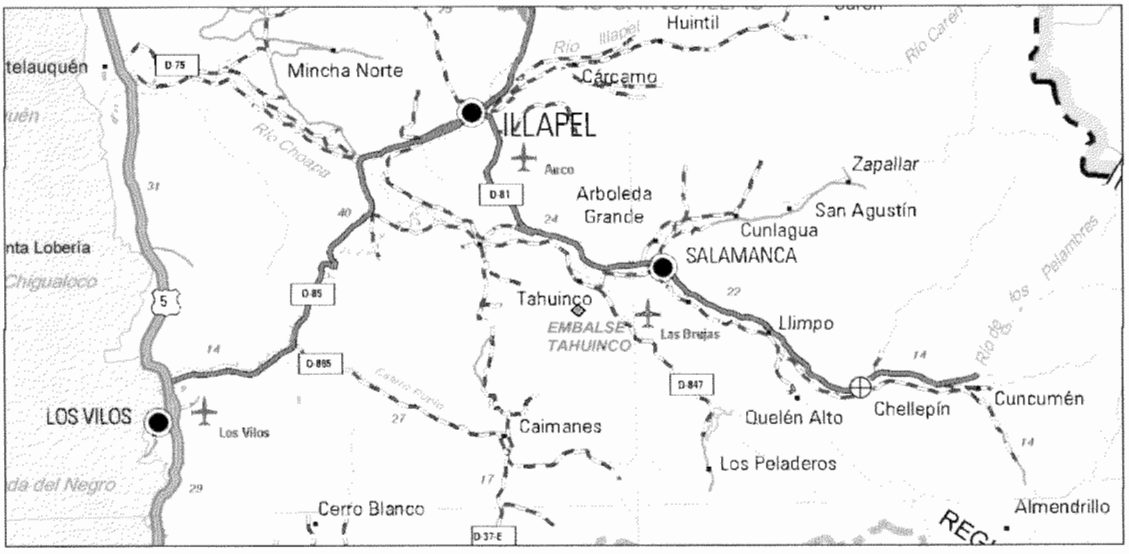
Altura Muro	T	Caudal	CAUDAL (m3/s)	P	Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
			EVACUADOR DE		C						P	
[m]	[años]	[m3/s]	CRECIDAS									
11	250	sin cuenca	SIN		0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.14 Embalse Tahuinco

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.479.143 E: 305.474 Datum: WGS 84
Altitud: 469 m.s.n.m



Acceso: Desde Salamanca cruzar puente fiscal por ruta hacia Las Cañas y avanzar 7,5 km en ese cruce virar hacia el sur y avanzar 1,5 km para luego virar al poniente 100 m.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE TAHUINCO	
CUENCA	CHOAPA
SUB - CUENCA	
FUENTE	CANAL EL MOLLE
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	JUNTA DE VIGILANCIA RIO CHOAPA

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

COORDENADAS UTM		
	N	6.479.143
	E	305.474

DATUM						
	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	469

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,06
ALTURA DEL MURO (m)	2,10
ANCHO CORONAMIENTO (m)	3,00
LARGO CORONAMIENTO (m)	270,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	22	2,47	1
	EXTERNO	27	1,96	1

AÑO CONSTRUCCION	1985

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2	200 L/S	
TUBERIA FORZADA	3		
SIFON	4		
OTRO SISTEMA	5		

AREA REGADA: 30 Ha

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	200 L/S
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

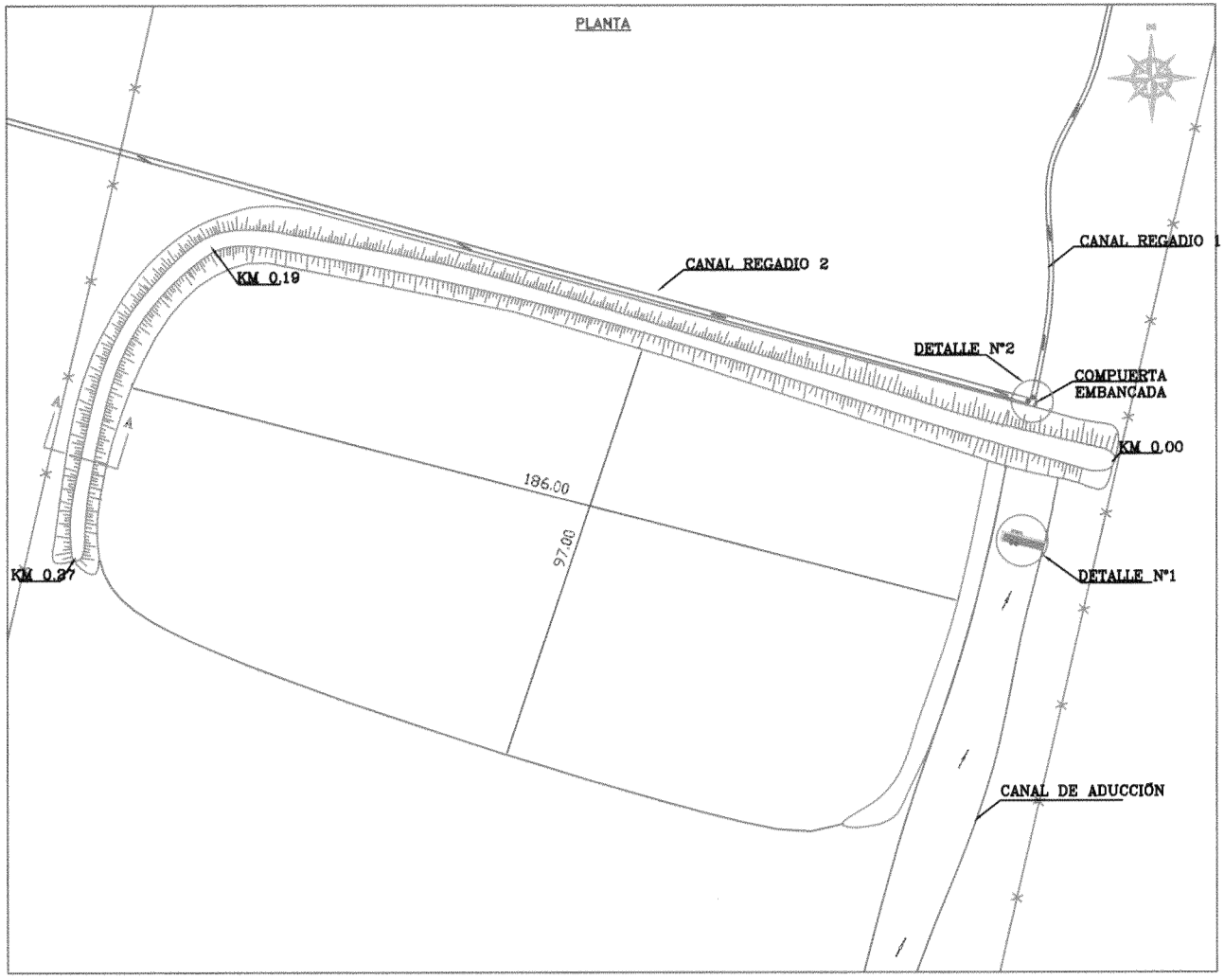
ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: EMBALSE EN BUEN ESTADO GENERAL. SE OBSERVA UN EXCESO DE VEGETACIÓN EN EL MURO. VERTEDERO FUNCIONA EN EL MISMO SISTEMA DE LA ENTREGA.
EN CASO DE FALLA AFECTA SOLO PRADERAS, PARRONALES Y CULTIVOS MENORES.

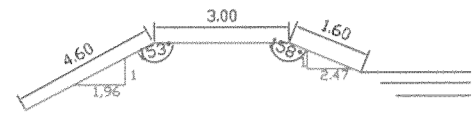
ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN DESDE SALAMANCA CRUZAR PUENTE FISCAL POR RUTA HACIA LAS CAÑAS Y AVANZAR 7.5 KM.
EN ESE CRUCE VIRAR HACIA EL SUR Y AVANZAR 1.5 KM PARA LUEGO VIRAR AL PONIENTE 100 M.

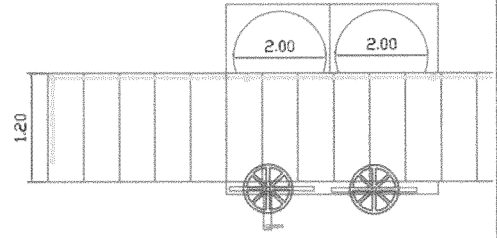
PLANTA



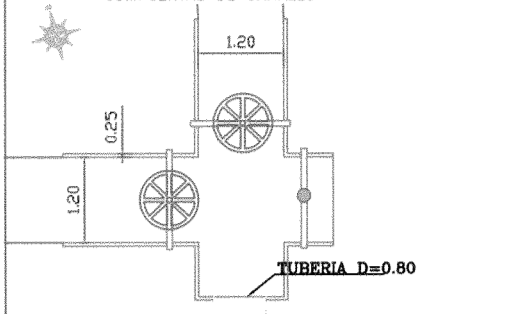
CORTE A-A



DETALLE N°1
COMPUERTAS CANAL ADUCTOR



DETALLE N°2
COMPUERTAS DE CANALES



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE TAHUINCO

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

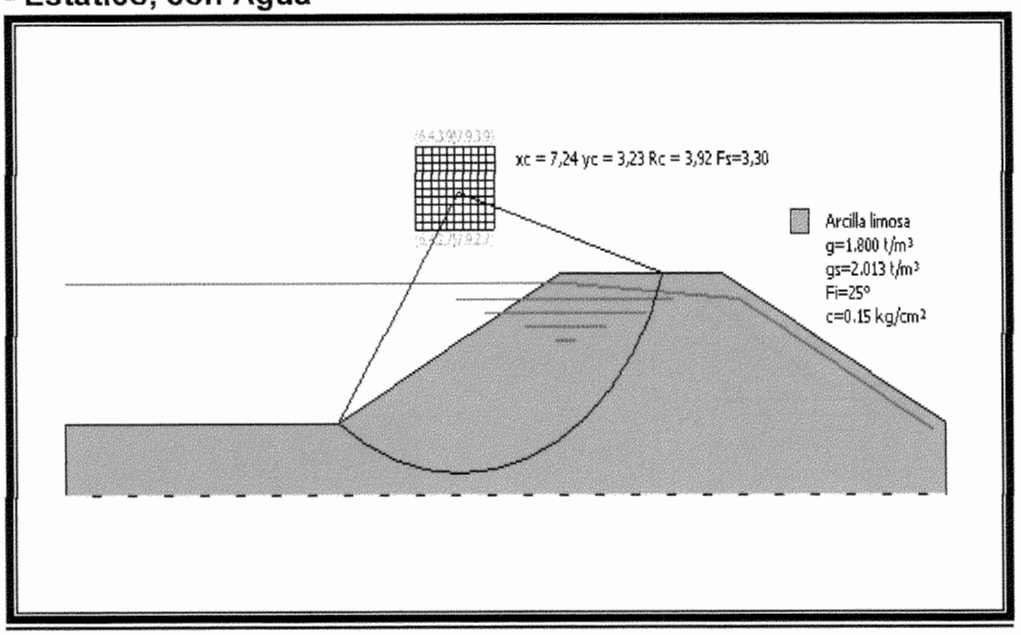
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

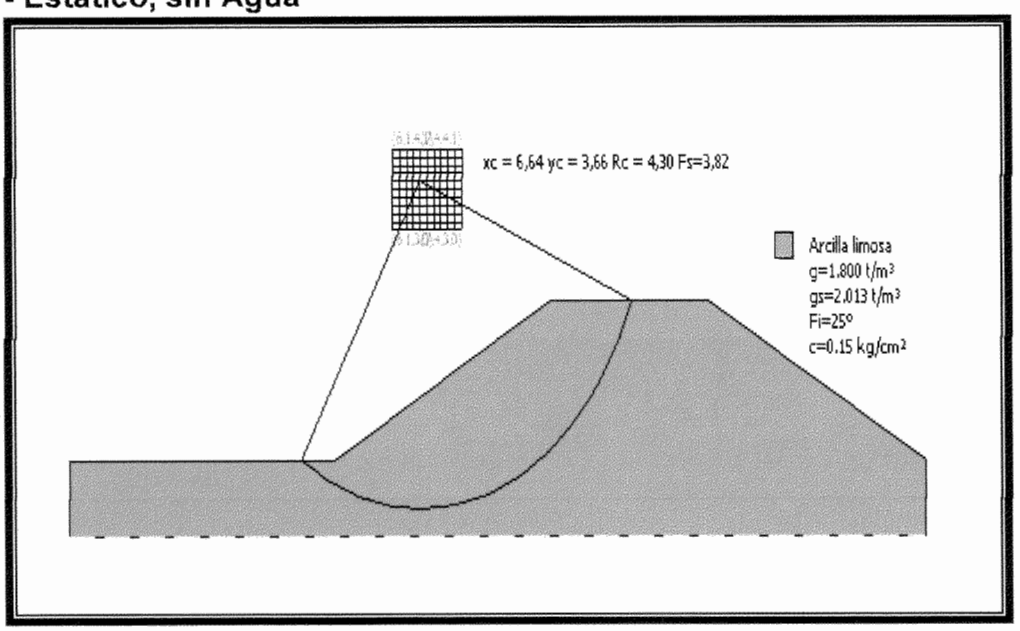
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

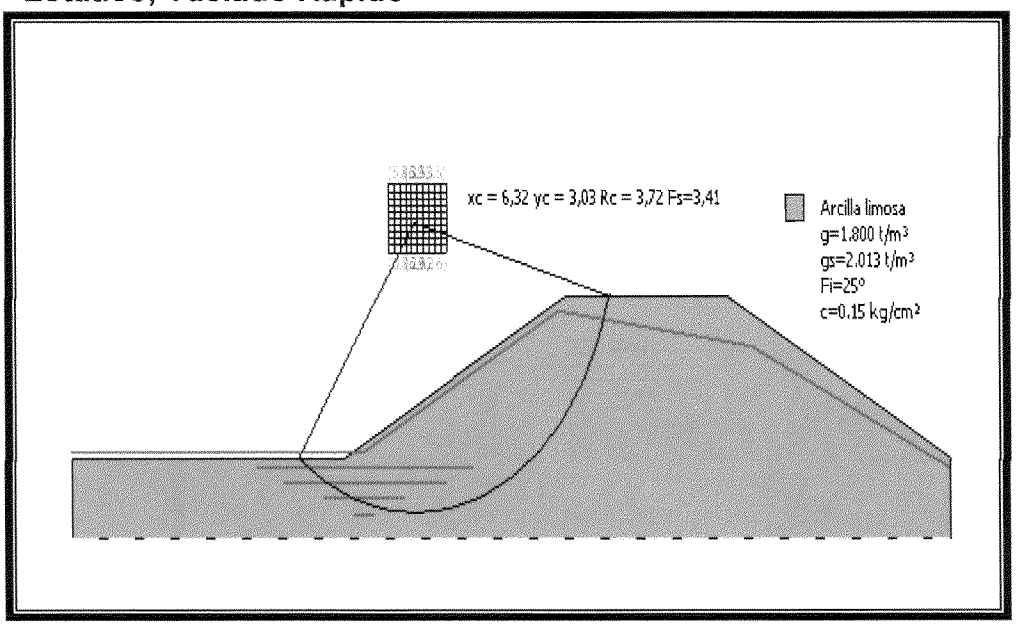
- Estático, con Agua



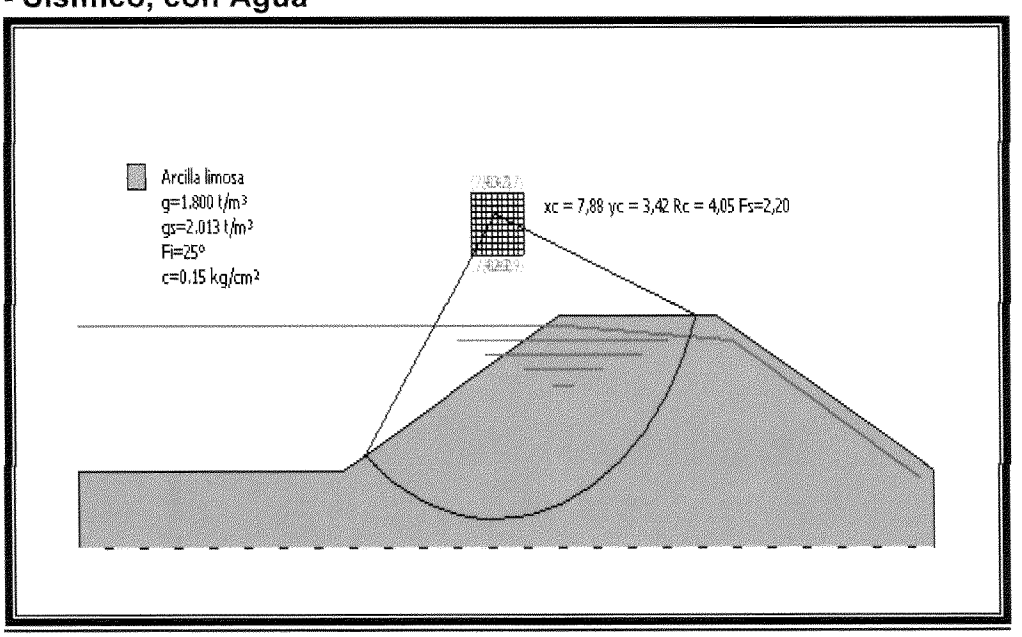
- Estático, sin Agua



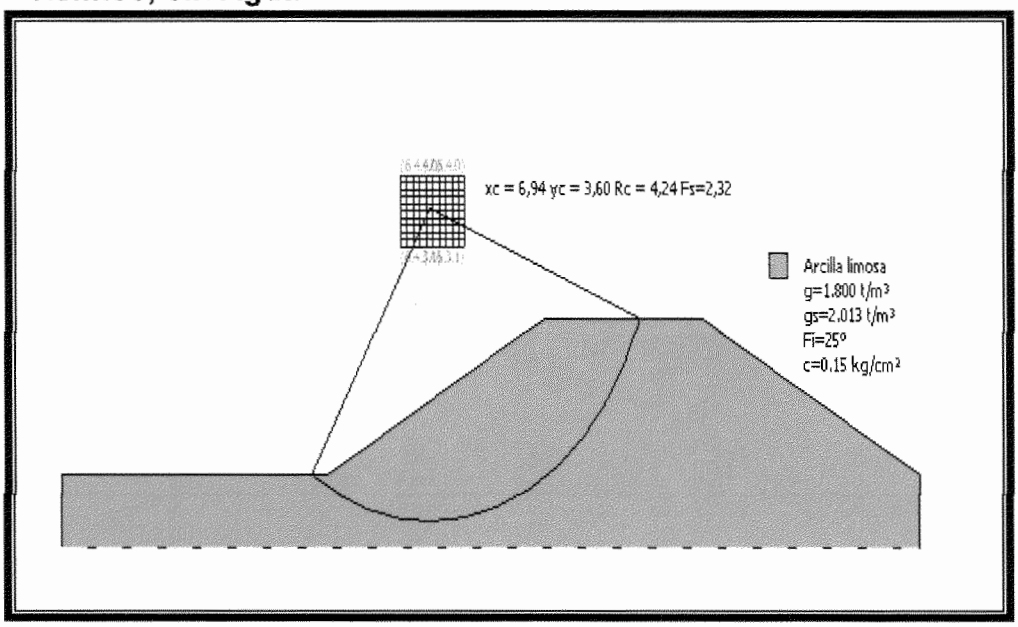
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

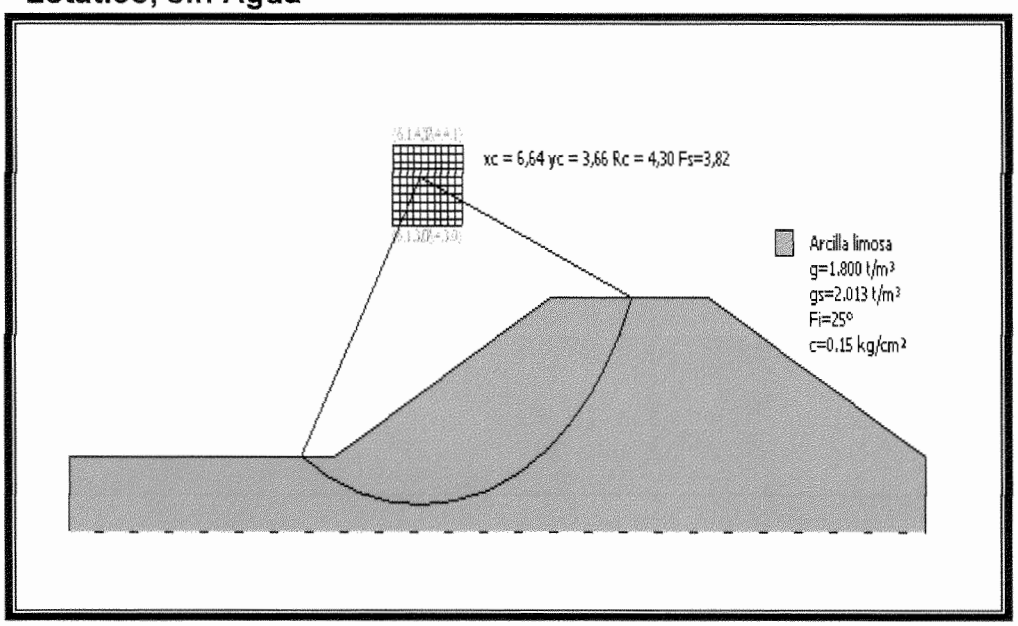


- Sísmico, sin Agua

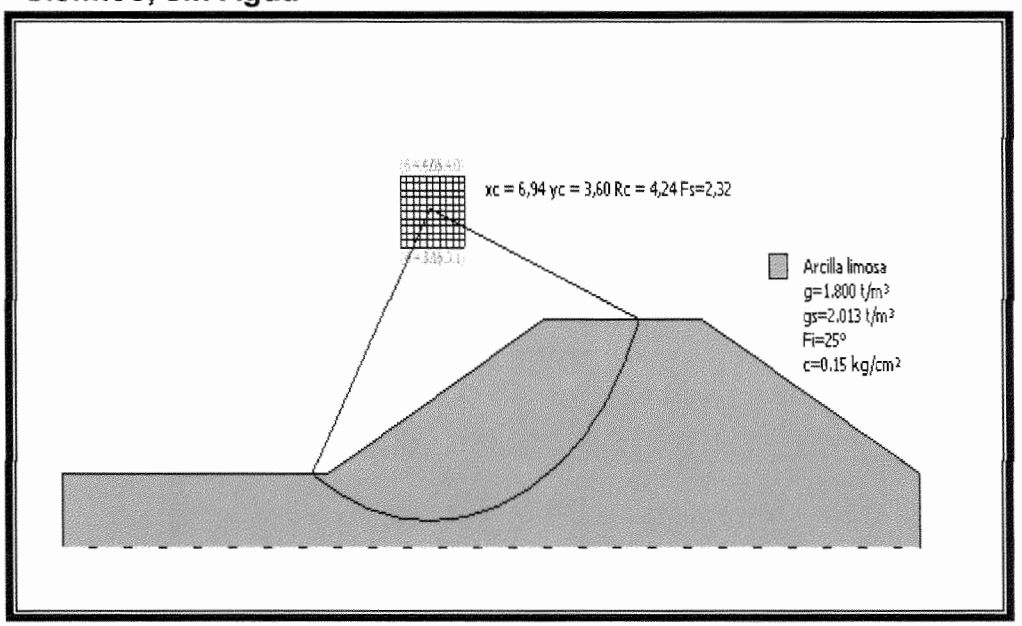


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

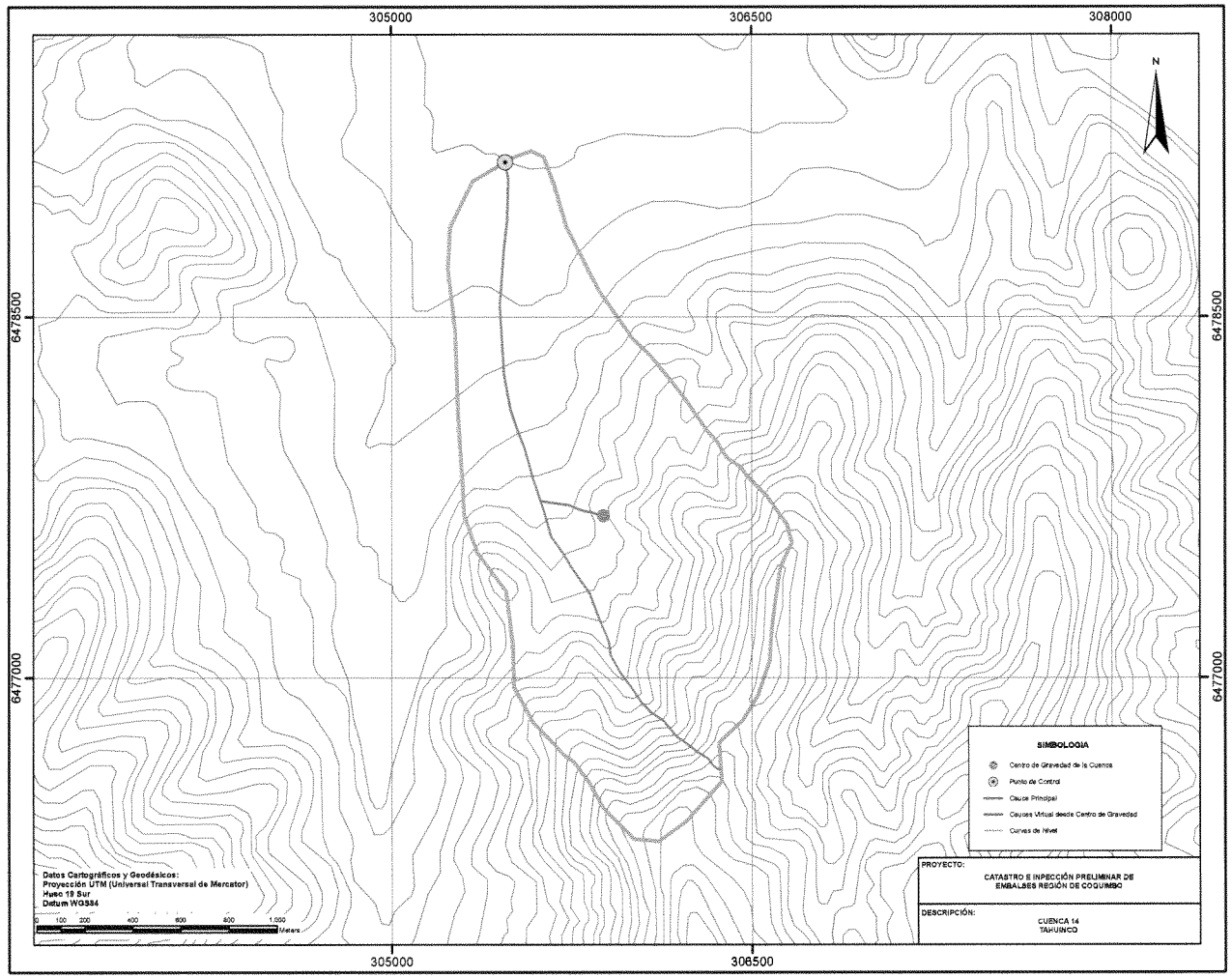


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 14.- TAHUINCO

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
14	TAHUINCO	305.474	6.479.143	84 H19S	2.361.650	305.881	6.477.674	0,351514	600	2.812	1.704

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
14	TAHUINCO	Kp	2	2,36	90	0,45	0,24	0,48	0,13	1,59	0,17	0,34	0,09
		Kp	5	2,36	90	0,45	0,60	0,78	0,50	1,59	0,43	0,56	0,36
		Kp	10	2,36	90	0,45	1,00	1,00	1,00	1,59	0,72	0,72	0,72
		Kp	20	2,36	90	0,45	1,61	1,77	1,49	1,59	1,15	1,27	1,07
		Kp	25	2,36	90	0,45	1,82	1,96	1,67	1,59	1,31	1,41	1,20
		Kp	50	2,36	90	0,45	2,61	3,03	2,33	1,59	1,87	2,17	1,67
		Kp	100	2,36	90	0,45	3,67	4,47	2,81	1,59	2,63	3,21	2,02

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
14	TAHUINCO	IV.5	IV Choapa	2	2,36	90	0,527	48	0,200	0,330	0,066	0,10
		IV.5	IV Choapa	5	2,36	90	0,802	72	0,200	0,680	0,136	0,36
		IV.5	IV Choapa	10	2,36	90	1,000	90	0,200	1,000	0,200	0,70
		IV.5	IV Choapa	20	2,36	90	1,200	108	0,200	1,380	0,276	1,21
		IV.5	IV Choapa	25	2,36	90	1,229	111	0,200	1,540	0,308	1,39
		IV.5	IV Choapa	50	2,36	90	1,473	133	0,200	2,000	0,400	2,26
		IV.5	IV Choapa	100	2,36	90	1,689	152	0,200	2,560	0,512	3,43

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
14	TAHUINCO	IV.5	IV Choapa	2	2,36	90	0,527	48	0,080	0,330	0,026	0,43	0,11	12,52	0,22
		IV.5	IV Choapa	5	2,36	90	0,802	72	0,080	0,680	0,054	0,43	0,11	19,05	0,68
		IV.5	IV Choapa	10	2,36	90	1,000	90	0,080	1,000	0,080	0,43	0,11	23,75	1,25
		IV.5	IV Choapa	20	2,36	90	1,200	108	0,080	1,380	0,110	0,43	0,11	28,50	2,06
		IV.5	IV Choapa	25	2,36	90	1,229	111	0,080	1,540	0,123	0,43	0,11	29,19	2,36
		IV.5	IV Choapa	50	2,36	90	1,473	133	0,080	2,000	0,160	0,43	0,11	34,99	3,67
		IV.5	IV Choapa	100	2,36	90	1,689	152	0,080	2,560	0,205	0,43	0,11	40,12	5,39

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
14	TAHUINCO	2	0,17	0,10	0,22	0,16	0,22
		5	0,43	0,36	0,68	0,49	0,68
		10	0,72	0,70	1,25	0,89	1,25
		20	1,15	1,21	2,06	1,48	2,06
		25	1,31	1,39	2,36	1,69	2,36
		50	1,87	2,26	3,67	2,60	3,67
		100	2,63	3,43	5,39	3,82	5,39

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 2,1 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 500 años)= 13,71 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Tahuinco no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Tahuinco	4,73	3,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Tahuinco.

TALUDES EMBALSE TAHUINCO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Tahuinco	Dx	4,10	Dx	4,10
	Dy	2,09	Dy	2,09

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Tahuinco	3,30	3,82	3,41	2,20	2,32

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Tahuinco	3,82	2,32

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos:

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El tranque Tahuinco no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del tranque Tahuinco, se tiene lo siguiente:

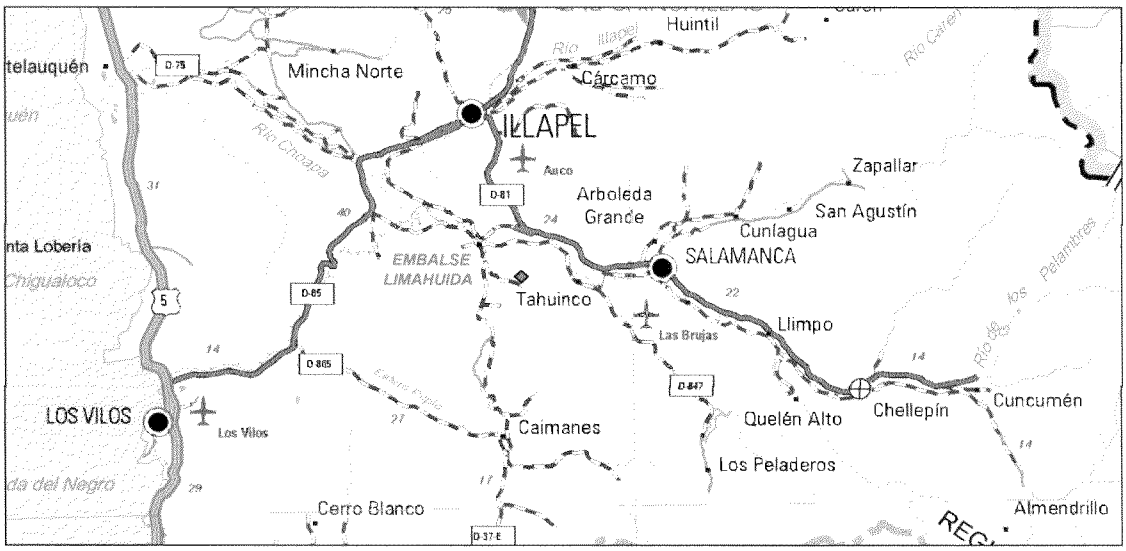
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
2,1	250	13,71	0,20	0,95	0,6	0,8	0,9	0,5	0,5	0,5	0,05	2,3%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,3 %

5.3.15 Embalse Limáhuida

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.481.044 E: 297.361 Datum: WGS 84
Altitud: 410 m.s.n.m



Acceso: Camino Salamanca a Limáhuida (hacia el poniente de puente fiscal), al sur avanzar 2,2 km y seguir bifurcación a sur oriente, recorrer en camino rural 2,5 km en dirección sur.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

	LIMAHUIDA
	CUENCA
	CHOAPA
	SUB - CUENCA
	FUENTE
	CANAL EL MOLLE
	NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
	JUNTA DE VIGILANCIA RIO CHOAPA

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

COORDENADAS UTM		
	N	6.481.044
	E	297.361

DATUM						
	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	410

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE		
BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,60		
ALTURA DEL MURO (m)		10,10		
ANCHO CORONAMIENTO (m)		2,40		
LARGO CORONAMIENTO (m)		250,00		
BORDE LIBRE (m)		0,90		

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	27	1,96	1
	EXTERNO	25	2,14	1

AÑO CONSTRUCCION	1990

TIPO DE PRESA		
DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA			CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	300 L/S
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

AREA REGADA: 40 Ha

ESTADO	
BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

EVALUACION DE CRECIDAS		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: lateral	5	1 M3/S

EVACUADOR DE FOND	S	X	1
	N		2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

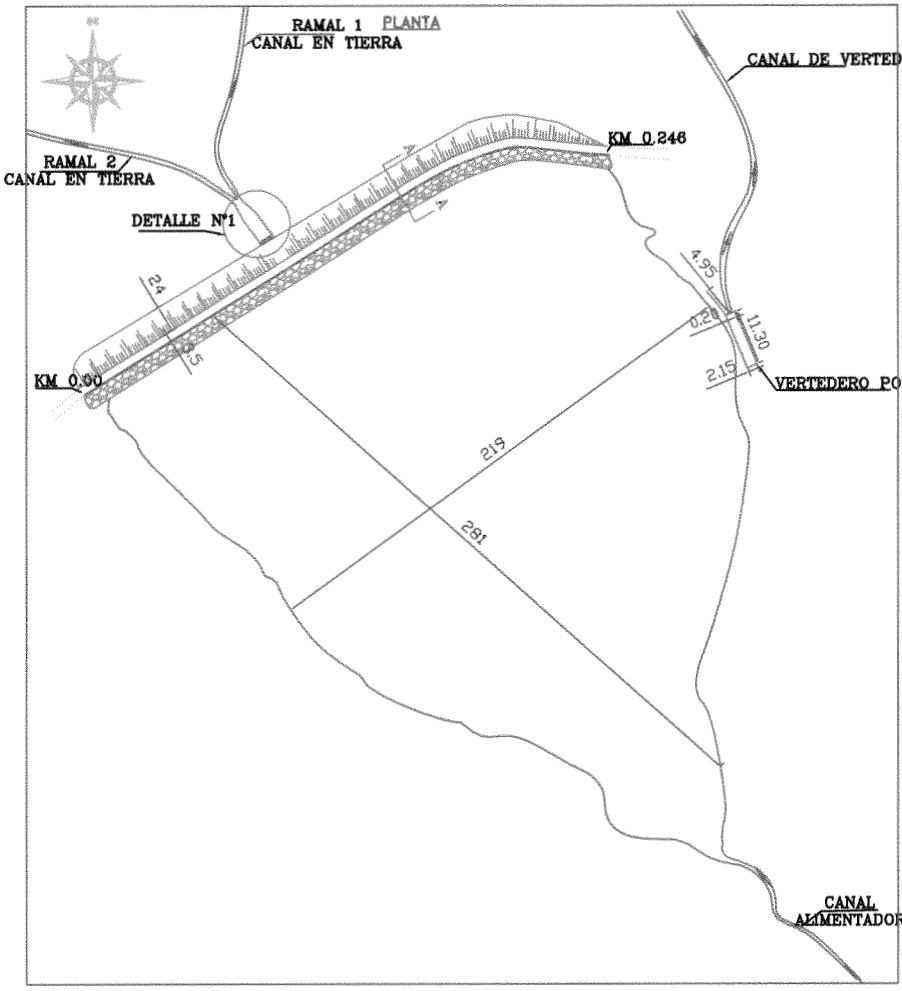
POTENCIA GENERADA		
NO APLICA	KW *10^5	1
	HP	2

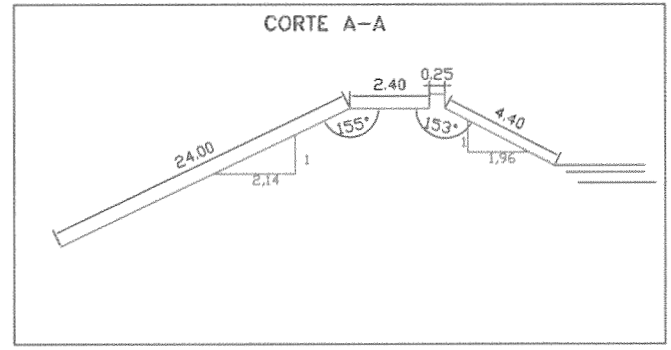
ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

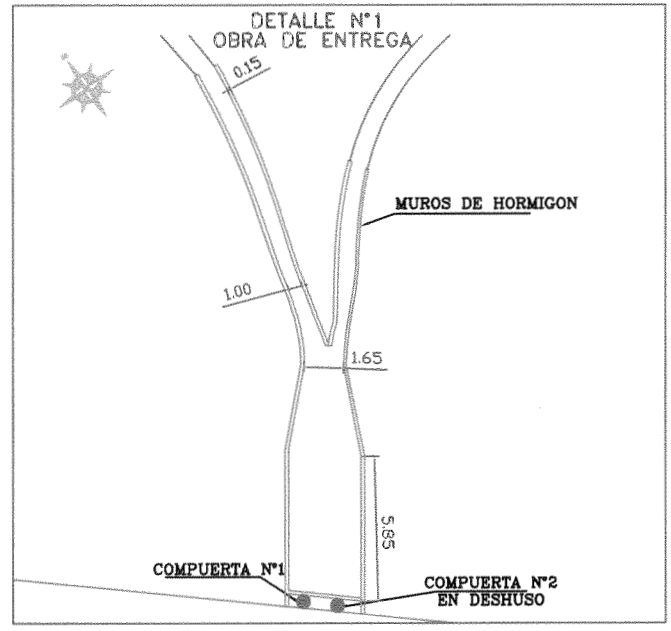
OBSERVACIONES: EMBALSE EN BUEN ESTADO, EMBANQUE MENOR, DOS TUBERÍAS DE DESCARGA. CONSTRUIDO EN TIERRA, POSEE UN MURO DE CORONAMIENTO EN HORMIGÓN. ENTREGA A CANAL QUE SE BIFURCA.
AREA POSIBLE DE INUNDAR COMPUESTA DE SECTOR AGRÍCOLA. VERTEDERO LATERAL DE ALTA CAPACIDAD, 1 M3/S.

ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN CAMINO SALAMANCA A LIMAHUIDA (HACIA EL PONIENTE DE PUENTE FISCAL). AL LLEGAR A CASERÍO LIMAHUIDA TOMAR CAMINO AL SUR. AVANZAR 2.2 KM Y SEGUIR BIFURCACIÓN A SUR ORIENTE, RECORRER EN CAMINO RURAL 2.5 KM EN DIRECCIÓN SUR.







"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LIMAHUIDA

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

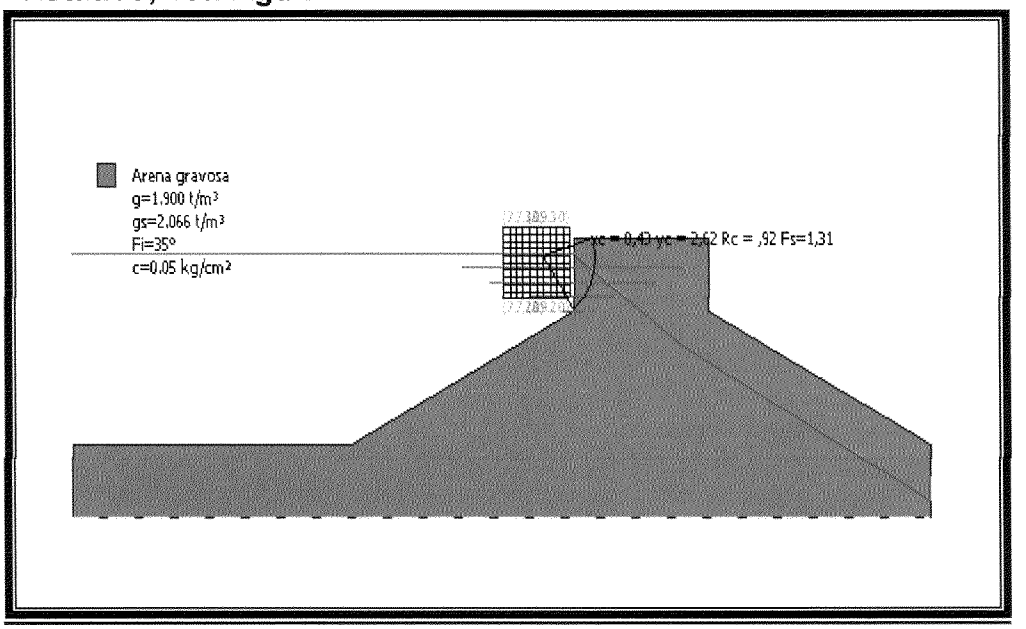
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

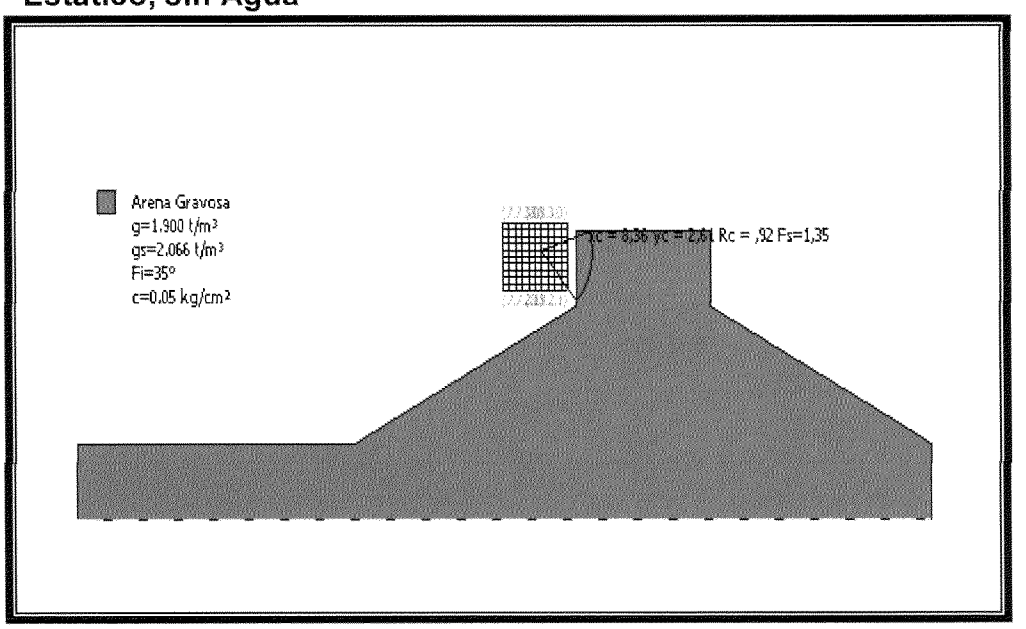
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

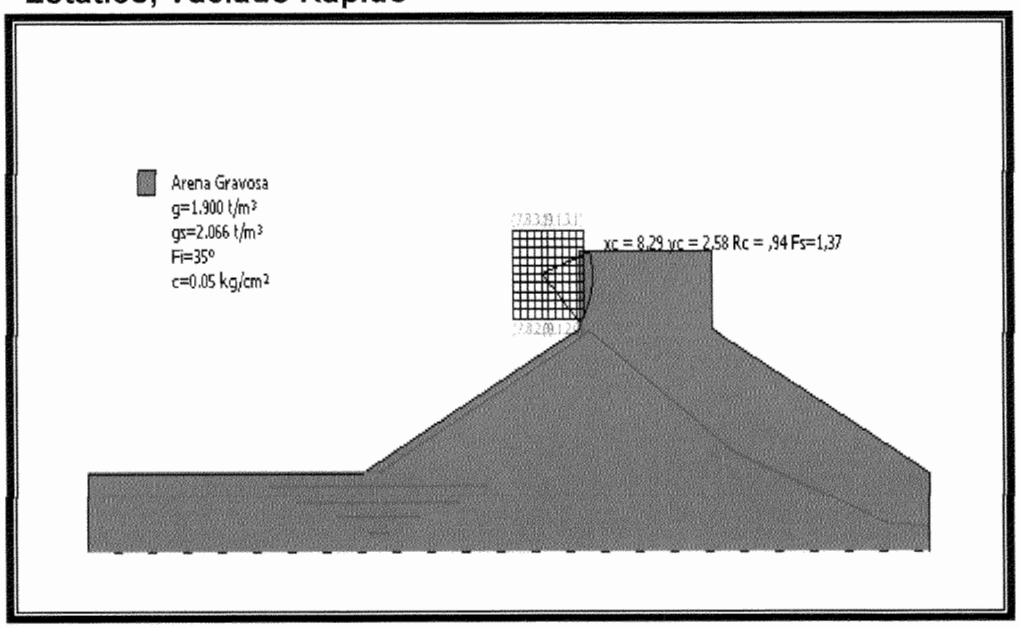
- Estático, con Agua



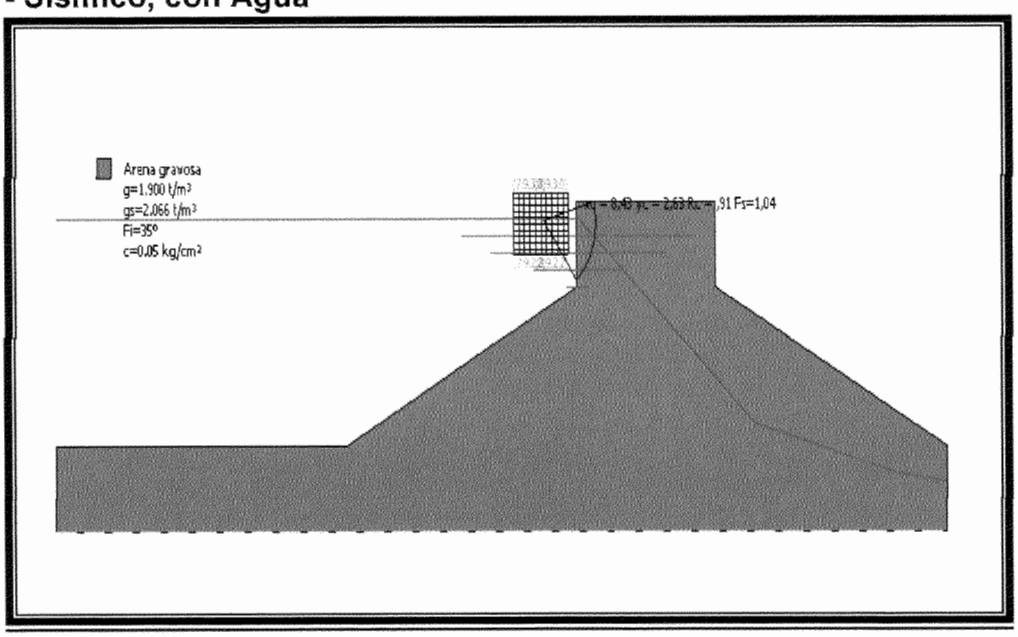
- Estático, sin Agua



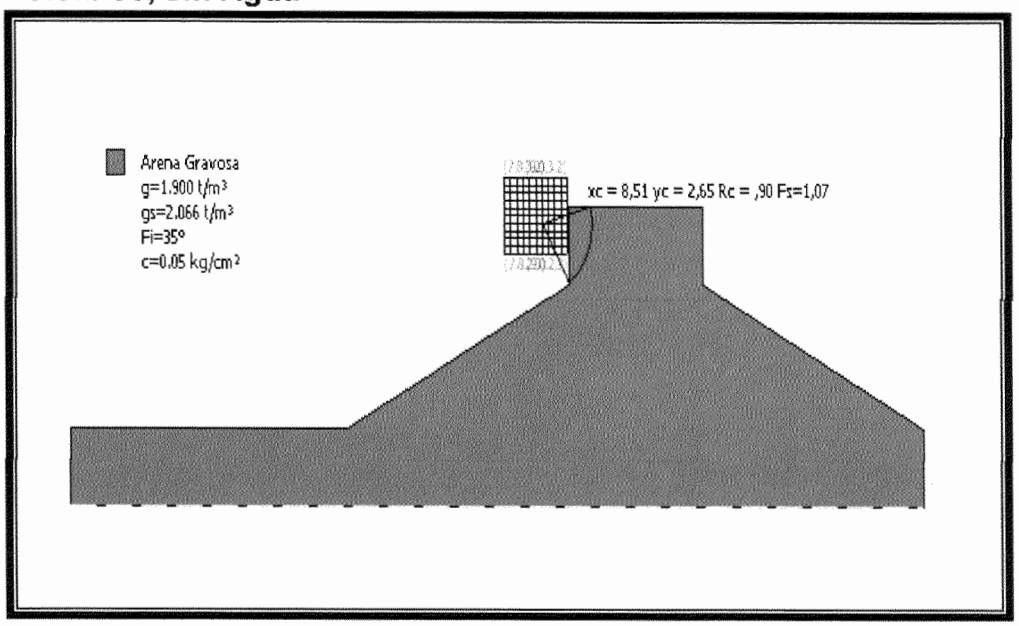
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

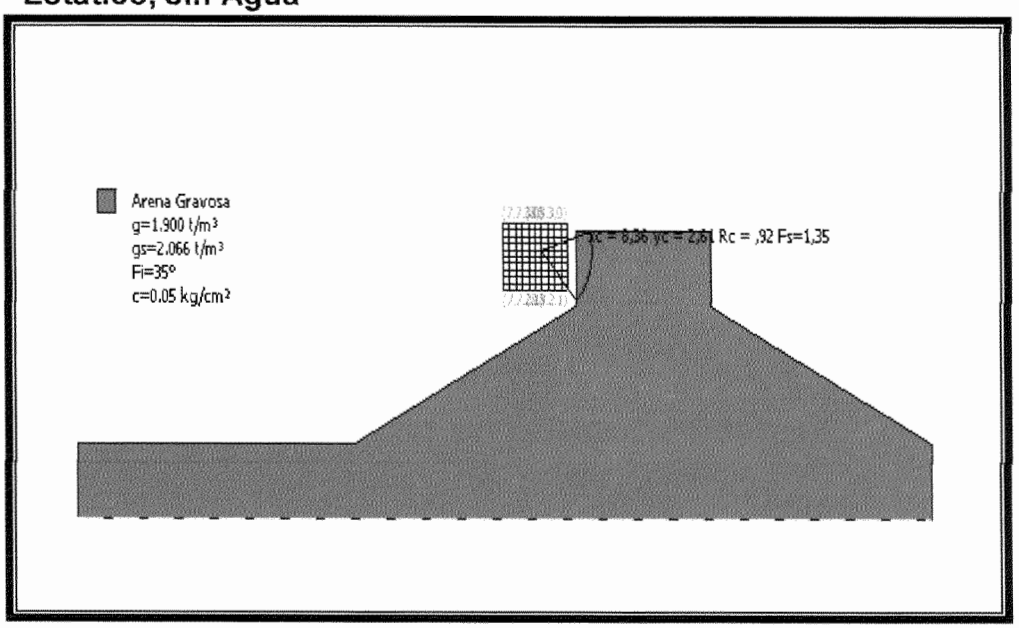


- Sísmico, sin Agua

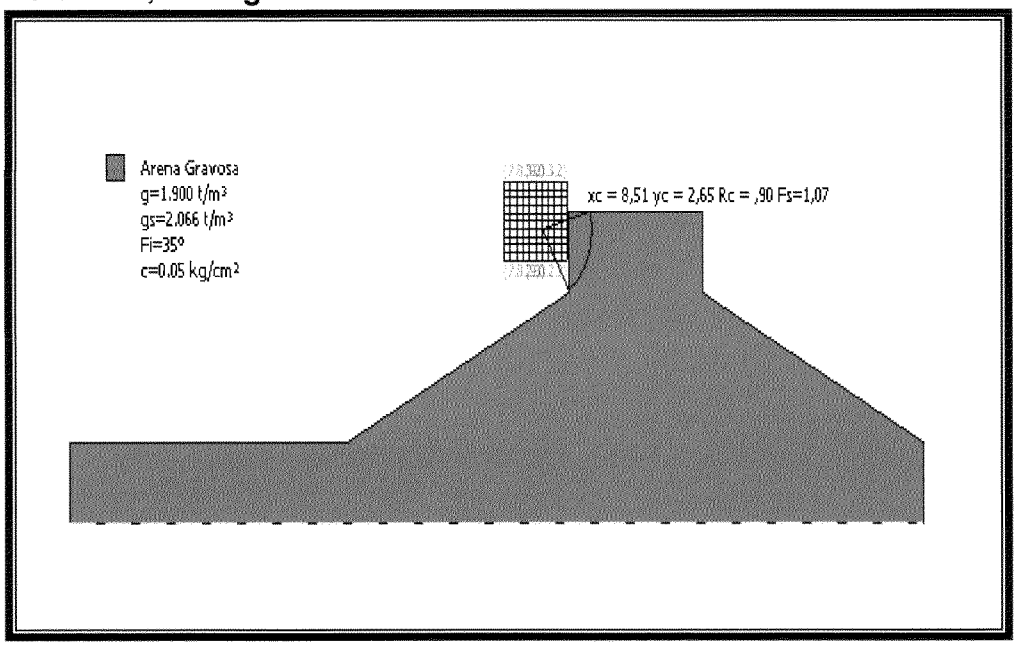


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

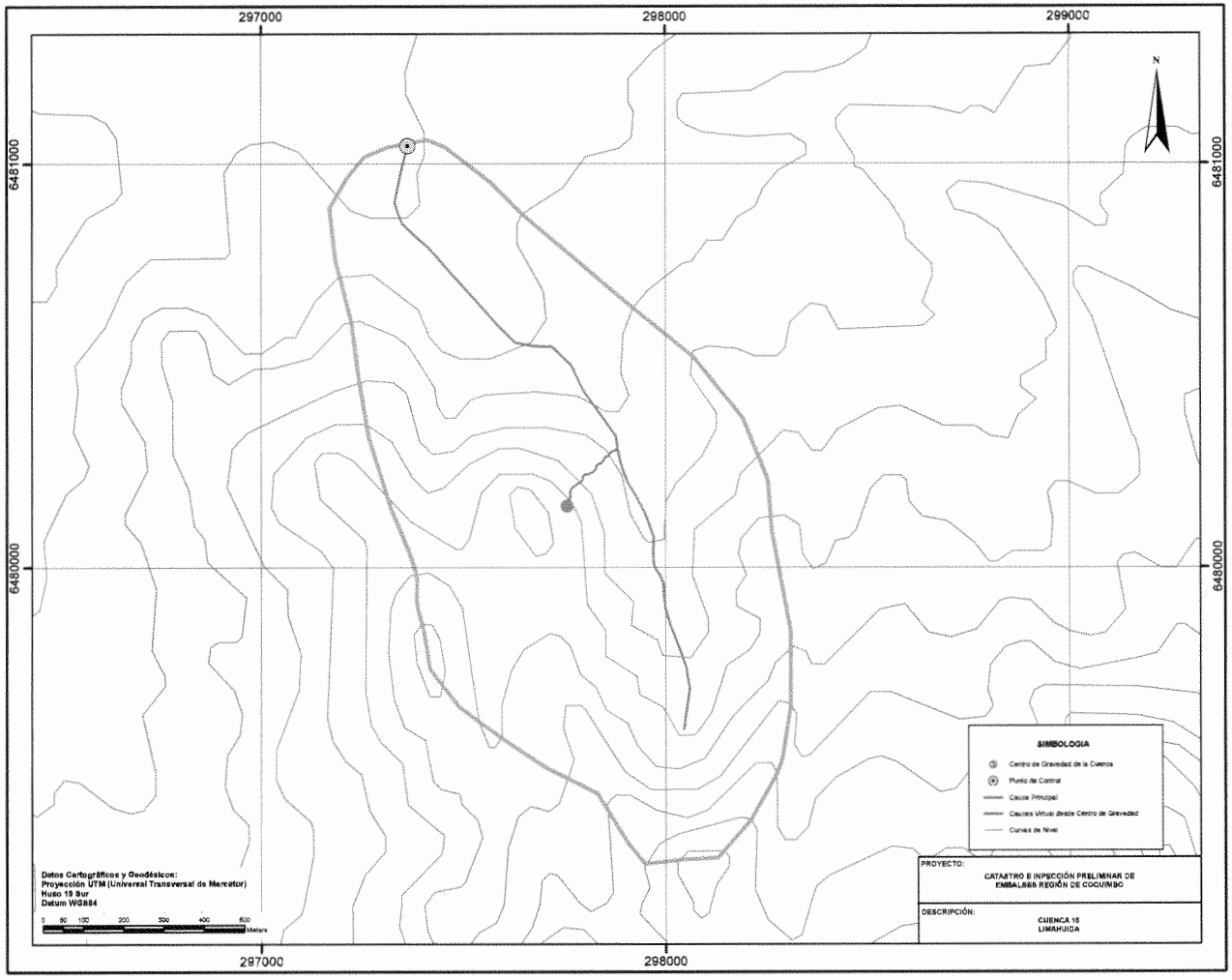


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 15.- LIMAHUIDA

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
15	LIMAHUIDA	297.361	6.481.044	84 H19S	1.265.342	297.756	6.480.152	0,233063	250	1.734	1.213

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
15	LIMAHUIDA	Kp	2	1,27	80	0,19	0,24	0,48	0,13	1,59	0,07	0,15	0,04
		Kp	5	1,27	80	0,19	0,60	0,78	0,50	1,59	0,18	0,24	0,15
		Kp	10	1,27	80	0,19	1,00	1,00	1,00	1,59	0,31	0,31	0,31
		Kp	20	1,27	80	0,19	1,61	1,77	1,49	1,59	0,50	0,54	0,46
		Kp	25	1,27	80	0,19	1,82	1,96	1,67	1,59	0,56	0,60	0,51
		Kp	50	1,27	80	0,19	2,61	3,03	2,33	1,59	0,80	0,93	0,72
		Kp	100	1,27	80	0,19	3,67	4,47	2,81	1,59	1,13	1,38	0,87

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
15	LIMAHUIDA	IV.5	IV Choapa	2	1,27	80	0,527	42	0,200	0,330	0,066	0,05
		IV.5	IV Choapa	5	1,27	80	0,802	64	0,200	0,680	0,136	0,18
		IV.5	IV Choapa	10	1,27	80	1,000	80	0,200	1,000	0,200	0,35
		IV.5	IV Choapa	20	1,27	80	1,200	96	0,200	1,380	0,276	0,61
		IV.5	IV Choapa	25	1,27	80	1,229	99	0,200	1,540	0,308	0,70
		IV.5	IV Choapa	50	1,27	80	1,473	118	0,200	2,000	0,400	1,13
		IV.5	IV Choapa	100	1,27	80	1,689	136	0,200	2,560	0,512	1,72

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
15	LIMAHUIDA	IV.5	IV Choapa	2	1,27	80	0,527	42	0,080	0,330	0,026	0,33	0,10	12,80	0,12
		IV.5	IV Choapa	5	1,27	80	0,802	64	0,080	0,680	0,054	0,33	0,10	19,48	0,37
		IV.5	IV Choapa	10	1,27	80	1,000	80	0,080	1,000	0,080	0,33	0,10	24,29	0,68
		IV.5	IV Choapa	20	1,27	80	1,200	96	0,080	1,380	0,110	0,33	0,10	29,15	1,13
		IV.5	IV Choapa	25	1,27	80	1,229	99	0,080	1,540	0,123	0,33	0,10	29,85	1,29
		IV.5	IV Choapa	50	1,27	80	1,473	118	0,080	2,000	0,160	0,33	0,10	35,78	2,01
		IV.5	IV Choapa	100	1,27	80	1,689	136	0,080	2,560	0,205	0,33	0,10	41,03	2,95

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
15	LIMAHUIDA	2	0,07	0,05	0,12	0,08	0,12
		5	0,18	0,18	0,37	0,25	0,37
		10	0,31	0,35	0,68	0,45	0,68
		20	0,50	0,61	1,13	0,74	1,13
		25	0,56	0,70	1,29	0,85	1,29
		50	0,80	1,13	2,01	1,32	2,01
		100	1,13	1,72	2,95	1,93	2,95

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 10,1 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 500 años)= 7,52 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Limáhuida no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Limáhuida	4,46	3,10

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Limáhuida.

TALUDES EMBALSE LIMÁHUIDA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Limahuida	Dx	3,99	Dx	3,99
	Dy	1,86	Dy	1,86

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Limahuida	1,31	1,35	1,37	1,04	1,07

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Limahuida	1,35	1,07

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos:

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Limáhuida no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Limáhuida, se tiene lo siguiente:

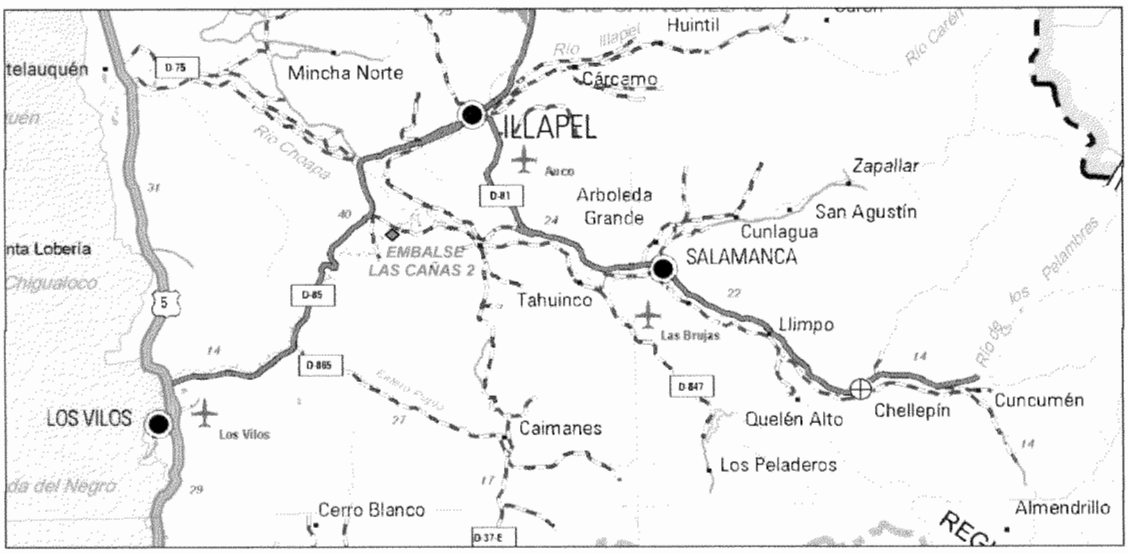
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
10,1	250	7,52	1,00	0,95	0,6	0,8	0,9	0,5	0,5	0,5	0,05	2,3%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,3 %

5.3.16 Embalse Las Cañas 2

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.486.428 E: 286.840 Datum: WGS 84
Altitud: 379 m.s.n.m



Acceso: Camino Combarbalá - Las Cañas, 500 m antes de llegar a población Las Cañas dirigirse al sur poniente 200 m.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EL MOLLE	
LAS CAÑAS N° 2	
CUENCA	
CHOAPA	
SUB - CUENCA	
FUENTE	
CANAL BUZETA	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
JUNTA DE VIGILANCIA RIO CHOAPA	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION	
	Sep-08
DIA	MES AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.486.428
	E	286.840

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	379

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,07
ALTURA DEL MURO (m)		9,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		2,50
LARGO CORONAMIENTO (m)		140,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	27	1,93	1
	EXTERNO	30	1,73	1

AÑO CONSTRUCCION	1990

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA

		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	150 L/S
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA

100 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	2 M3/S
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA

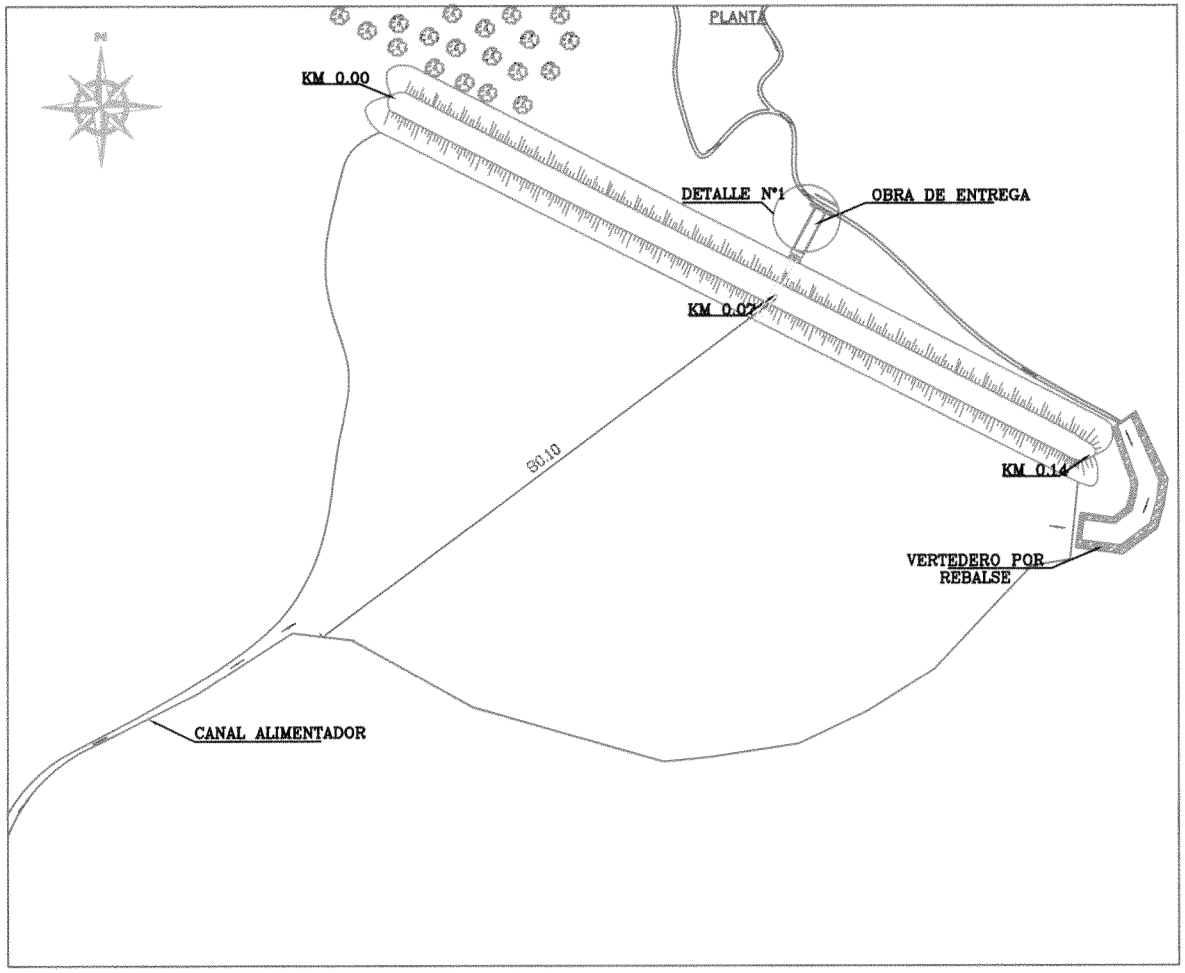
NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

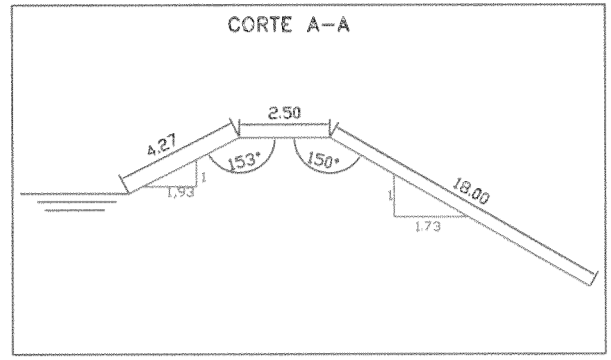
ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

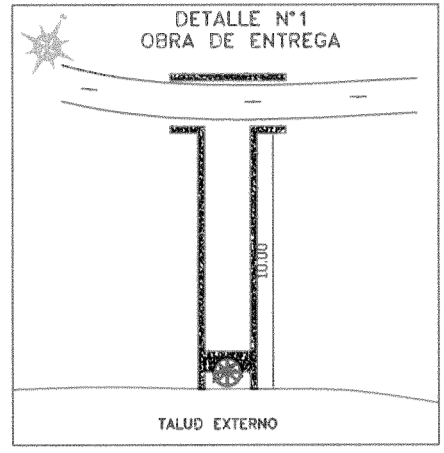
OBSERVACIONES: EMBALSE EN FUNCIONAMIENTO, RIEGA 100 Ha. PRESENTA AGRIETAMIENTO EN UN TRAMO DE 20 M DEL MURO AREA AFECTADA EN CASO DE POTENCIAL FALLA COMPUESTA DE CULTIVOS Y UN SECTOR HABITADO DE 60 CASAS, 300 HABITANTES, POBLACIÓN LAS CAÑAS, UBICADA A 700 M DEL EMBALSE. LAS AGUAS DEBERÍAN EXTENDERSE ANTES DE LLEGAR A LA POBLACIÓN, AFECTARÍA LA ZONA ADYACENTE A UNA PEQUEÑA QUEBRADA QUE HARÍA DE CAUCE. SE DEBEN VERIFICAR LAS GRIETAS A FIN DE EVALUAR OBRAS DE REPARACIÓN (CONTENCIÓN DE LA MASA Y COMPACTACIÓN). VERTEDERO EN BUEN ESTADO, SE DEBE MEJORAR UN PUNTO DE SOCAVACIÓN.

ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: CAMINO COMBARBALA LAS CAÑAS, 500 M ANTES DE LLEGAR A POBLACIÓN LAS CAÑAS DIRIGIRSE AL SUR PONIENTE 200 METROS.







"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LAS CAÑAS N°2-EL MOLLE

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

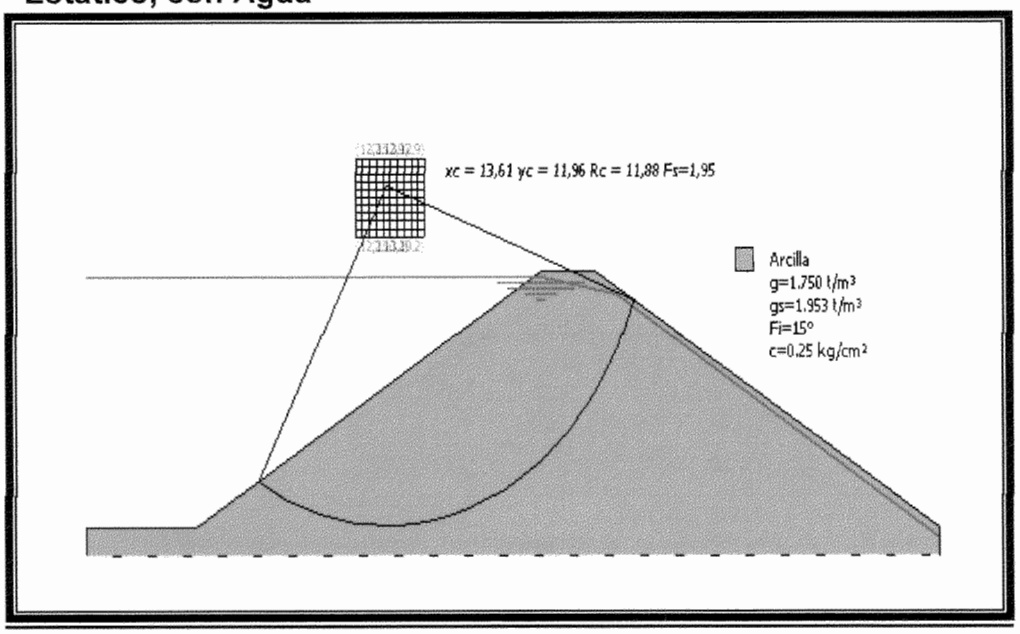
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

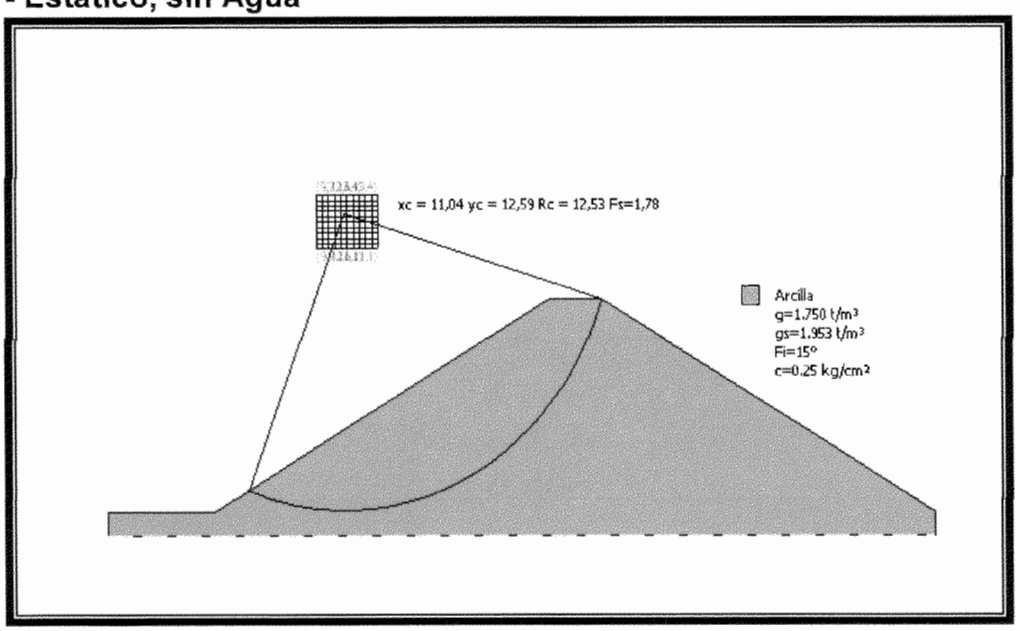
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

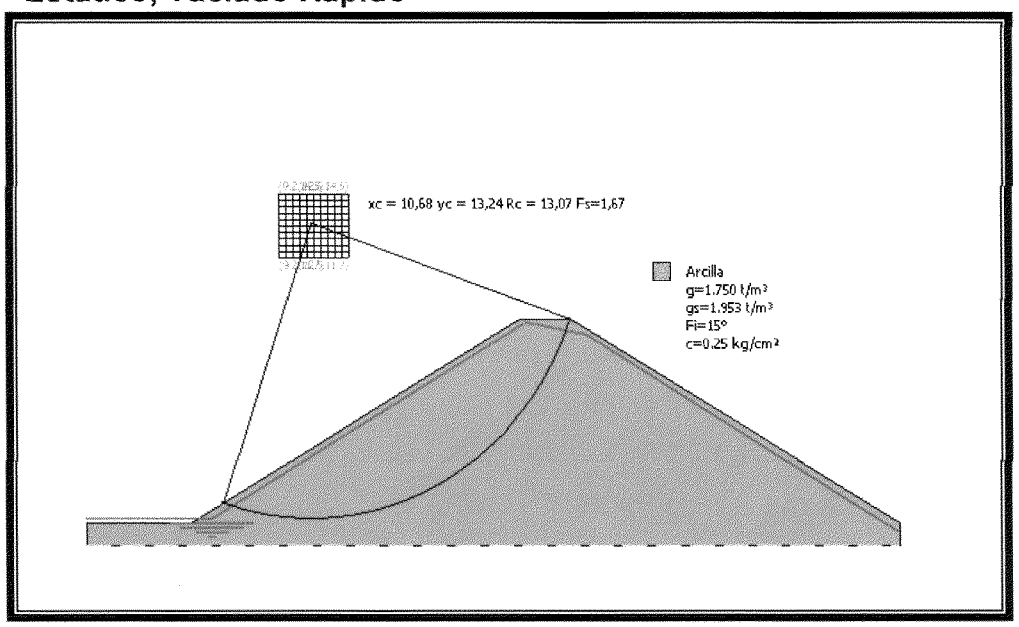
- Estático, con Agua



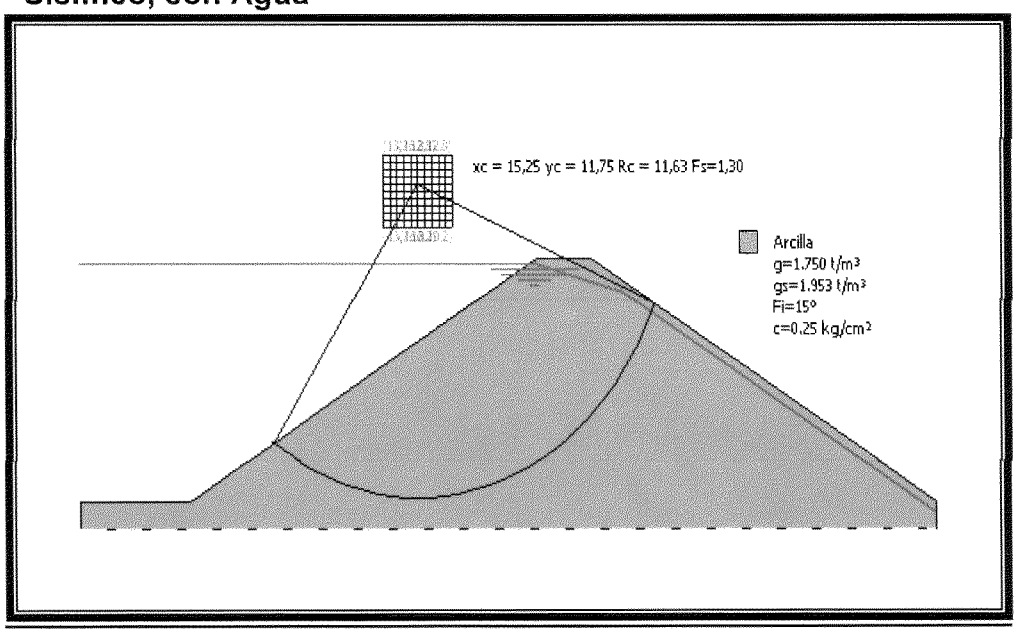
- Estático, sin Agua



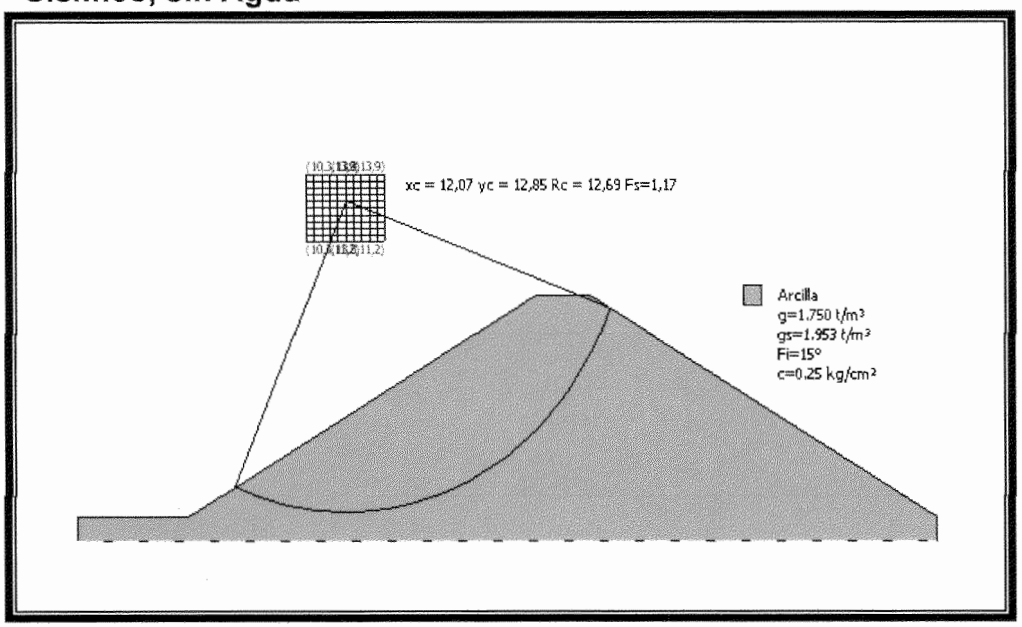
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

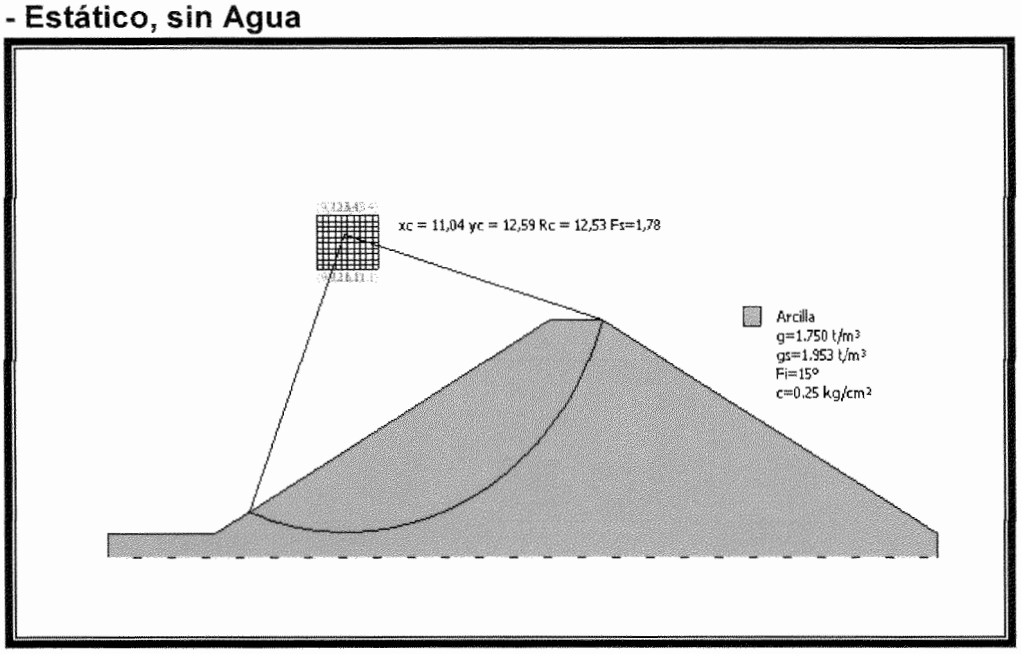


- Sísmico, sin Agua

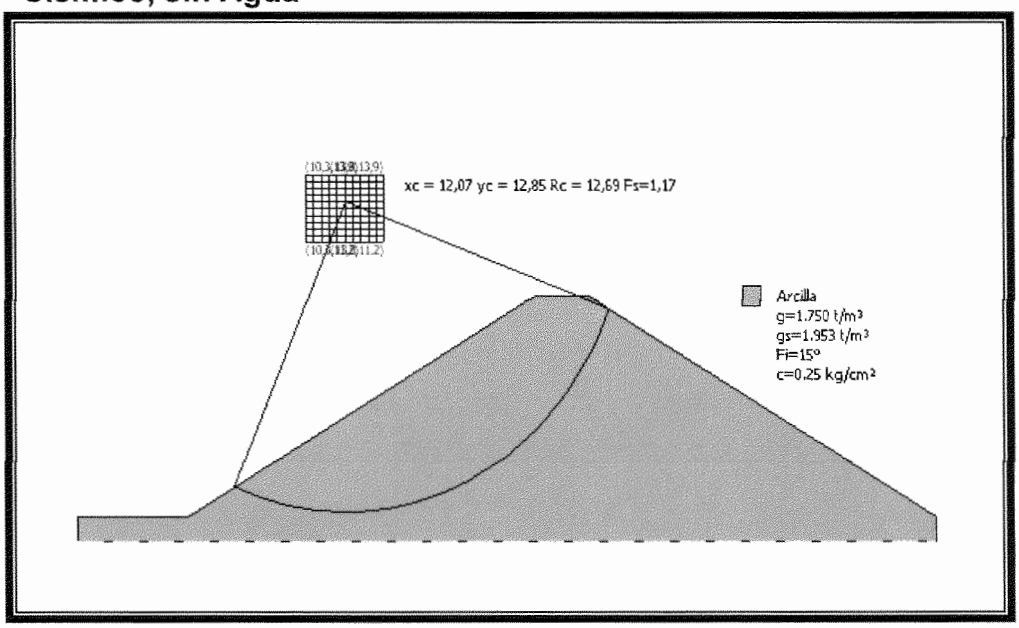


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

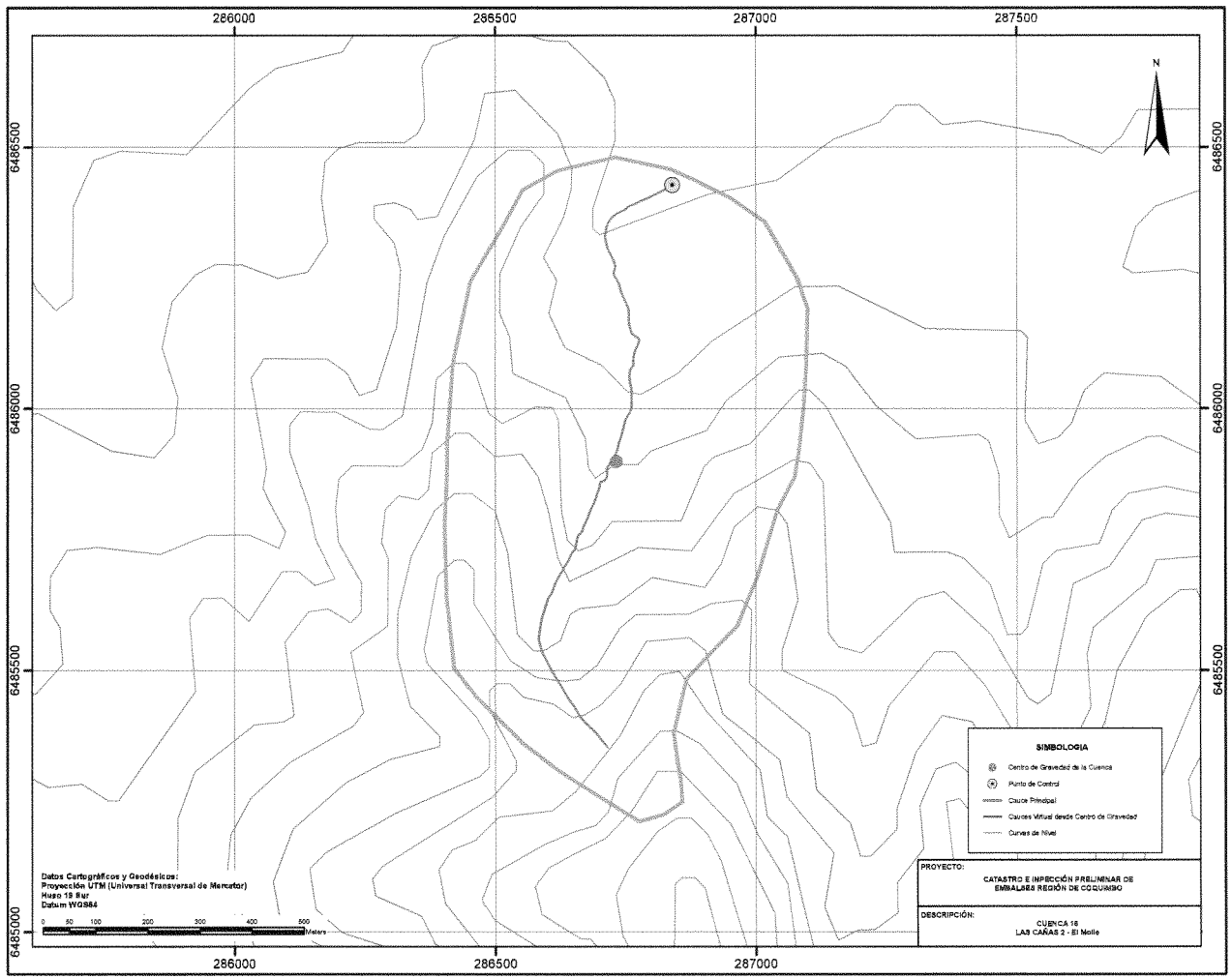


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 16.- LAS CAÑAS N° 2 - EL MOLLE

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
16	LAS CAÑAS N° 2 - El Molle	286.840	6.486.428	84 H19S	651.550	286.732	6.485.899	0,405281	250	1.260	633

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
16	LAS CAÑAS N° 2 - El Molle	Kp	2	0,65	76	0,10	0,24	0,48	0,13	1,59	0,04	0,07	0,02
		Kp	5	0,65	76	0,10	0,60	0,78	0,50	1,59	0,09	0,12	0,08
		Kp	10	0,65	76	0,10	1,00	1,00	1,00	1,59	0,15	0,15	0,15
		Kp	20	0,65	76	0,10	1,61	1,77	1,49	1,59	0,25	0,27	0,23
		Kp	25	0,65	76	0,10	1,82	1,96	1,67	1,59	0,28	0,30	0,26
		Kp	50	0,65	76	0,10	2,61	3,03	2,33	1,59	0,40	0,47	0,36
		Kp	100	0,65	76	0,10	3,67	4,47	2,81	1,59	0,57	0,69	0,43

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
16	LAS CAÑAS N° 2 - El Molle	IV.5	IV Choapa	2	0,65	76	0,527	40	0,200	0,330	0,066	0,03
		IV.5	IV Choapa	5	0,65	76	0,802	61	0,200	0,680	0,136	0,09
		IV.5	IV Choapa	10	0,65	76	1,000	76	0,200	1,000	0,200	0,18
		IV.5	IV Choapa	20	0,65	76	1,200	91	0,200	1,380	0,276	0,31
		IV.5	IV Choapa	25	0,65	76	1,229	93	0,200	1,540	0,308	0,36
		IV.5	IV Choapa	50	0,65	76	1,473	112	0,200	2,000	0,400	0,59
		IV.5	IV Choapa	100	0,65	76	1,689	128	0,200	2,560	0,512	0,89

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
16	LAS CAÑAS N° 2 - El Molle	IV.5	IV Choapa	2	0,65	76	0,527	40	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	13,77	0,07
		IV.5	IV Choapa	5	0,65	76	0,802	61	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	20,96	0,21
		IV.5	IV Choapa	10	0,65	76	1,000	76	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	26,13	0,38
		IV.5	IV Choapa	20	0,65	76	1,200	91	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	31,36	0,63
		IV.5	IV Choapa	25	0,65	76	1,229	93	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	32,12	0,72
		IV.5	IV Choapa	50	0,65	76	1,473	112	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	38,49	1,11
		IV.5	IV Choapa	100	0,65	76	1,689	128	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	44,14	1,64

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
16	LAS CAÑAS N° 2 - EL MOLLE	2	0,04	0,03	0,07	0,04	0,07
		5	0,09	0,09	0,21	0,13	0,21
		10	0,15	0,18	0,38	0,24	0,38
		20	0,25	0,31	0,63	0,40	0,63
		25	0,28	0,36	0,72	0,45	0,72
		50	0,40	0,59	1,11	0,70	1,11
		100	0,57	0,89	1,64	1,03	1,64

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 9 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 500 años)= 4,09 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Las Cañas 2 no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Las Cañas N° 2	12,23	11,00

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Las Cañas 2.

TALUDES EMBALSE LAS CAÑAS 2

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Las Cañas N° 2	Dx	15,59	Dx	15,59
	Dy	9,00	Dy	9,00

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Las Cañas Nº 2	1,95	1,78	1,67	1,30	1,17

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Las Cañas Nº 2	1,78	1,17

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos:

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Las Cañas 2 no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Las Cañas 2, se tiene lo siguiente:

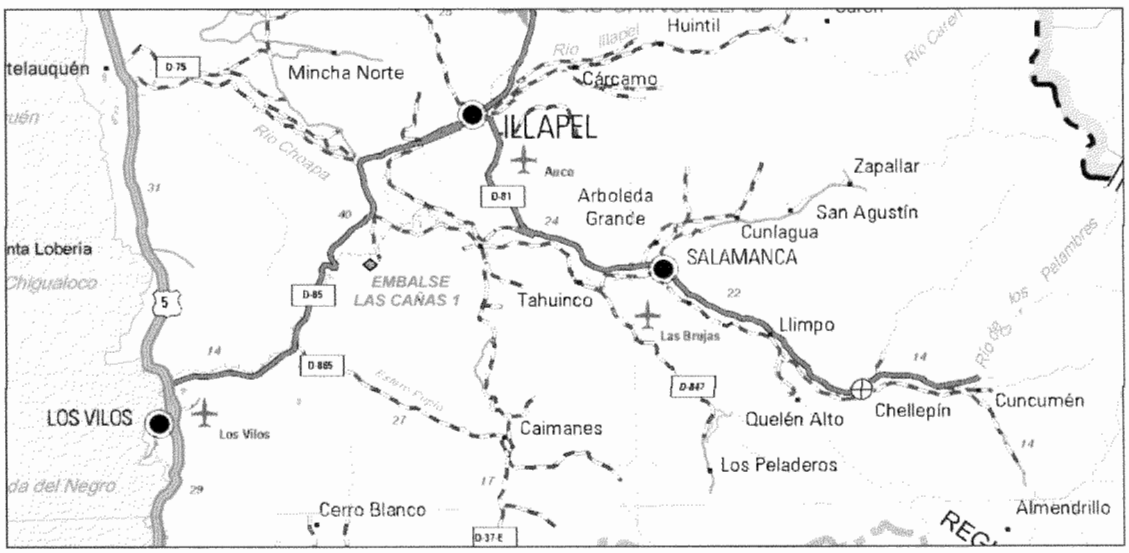
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
9	250	4,09	2,00	0,95	0,6	0,8	0,9	0,5	0,5	0,5	0,05	2,3%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,3 %

5.3.17 Embalse Las Cañas 1

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.485.920 E: 285.107 Datum: WGS 84
Altitud: 384 m.s.n.m



Acceso: Camino Salamanca a Las Cañas, pasar población Las Cañas, 850 m en camino lateral al sur avanzar 1.75 km.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

LAS FUNAS	
LAS CAÑAS N°1	
CUENCA	
CHOAPA	
SUB - CUENCA	
FUENTE	
CANAL BUZETA	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
JUNTA DE VIGILANCIA DEL RIO CHOAPA	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.485.920
	E	285.107

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	384

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,01
ALTURA DEL MURO (m)		4,70
ANCHO CORONAMIENTO (m)		3,01
LARGO CORONAMIENTO (m)		230,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	28°	1,88	1
	EXTERNO	28°	1,88	1

AÑO CONSTRUCCION	1995

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	M	
AÑO REPARACION		NO

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	150 L/S
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

AREA REGADA: 50 Ha

ESTADO	M	
AÑO REPARACION		NO

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR:LATERAL		5	1 M3/S

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION			NO	

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^0		1
	HP		2

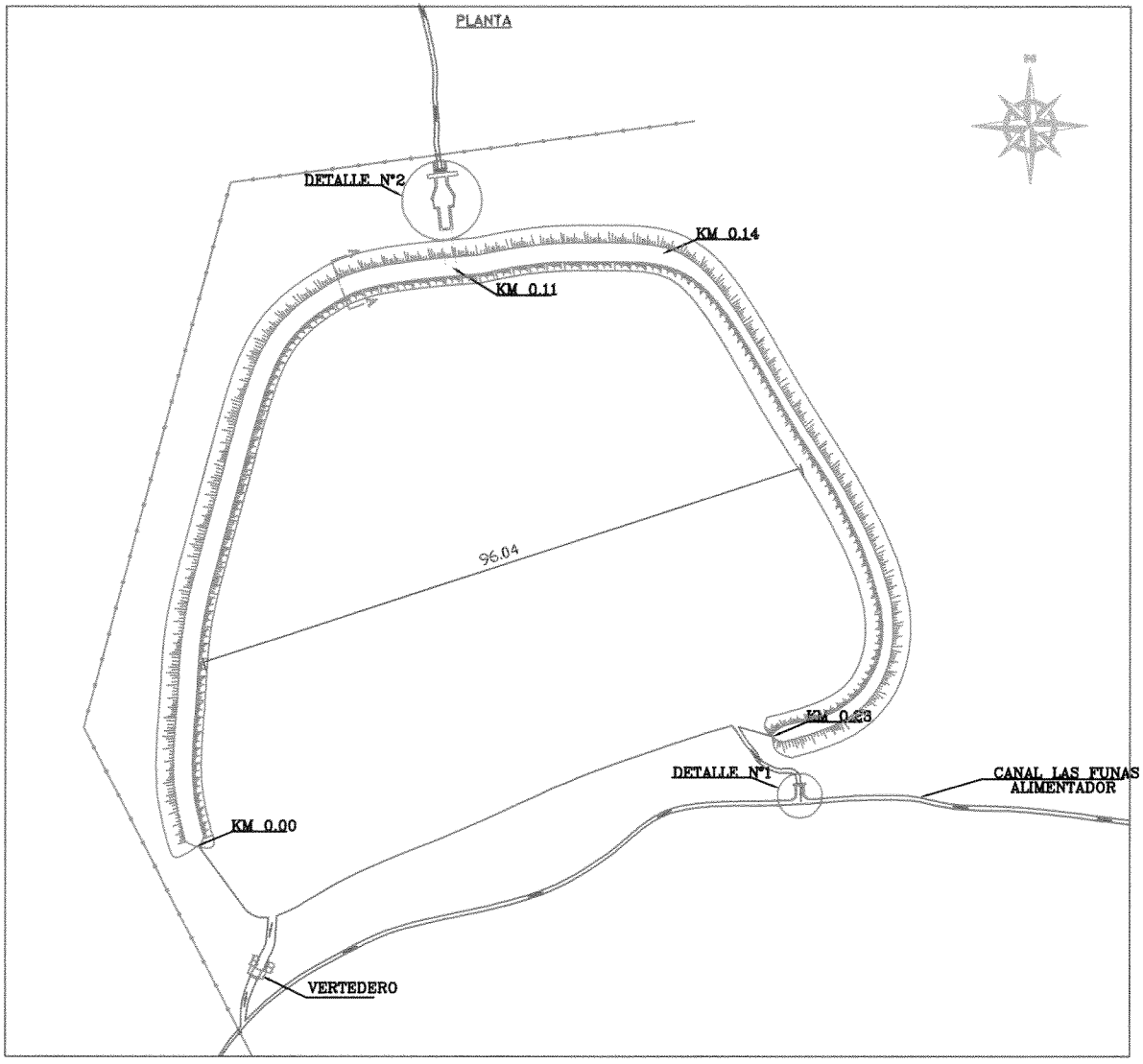
ESTADO	R	
AÑO REPARACION		NO

OBSERVACIONES: EMBALSE EN SITUACIÓN DE ABANDONO, ESTA EN SITUACIÓN DE PASADA, EMBANCADO, COMPROMETIDA SU CAPACIDAD DE EMBALSAR AGUA. NO TIENE PELIGRO INMINENTE DE DERRUMBE, PERO PUEDE EMBALSAR ESCOMBROS O DETRITOS ALUVIONALES. SU POTENCIAL FALLA SOLO AFECTA SIEMBRAS.

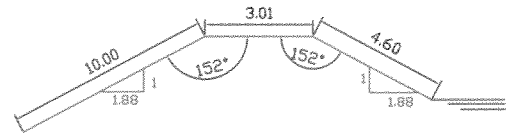
ESTADO GENERAL: MAL ESTADO, ABANDONADO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: CAMINO SALAMANCA A LAS CAÑAS, PASAR POBLACIÓN LAS CAÑAS, 850 M. EN CAMINO LATERAL AL SUR AVANZAR 1.75 KM

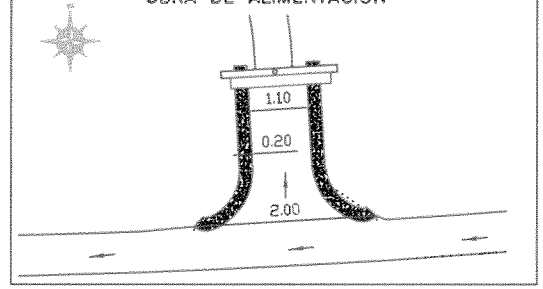
PLANTA



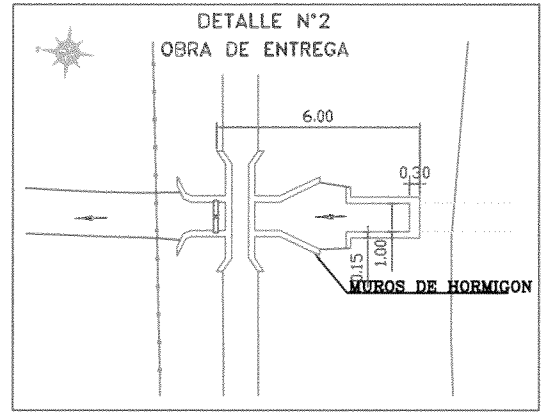
CORTE A-A



DETALLE N°1
OBRA DE ALIMENTACION



DETALLE N°2
OBRA DE ENTREGA



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LAS CAÑAS N°1-LAS FUNAS
COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

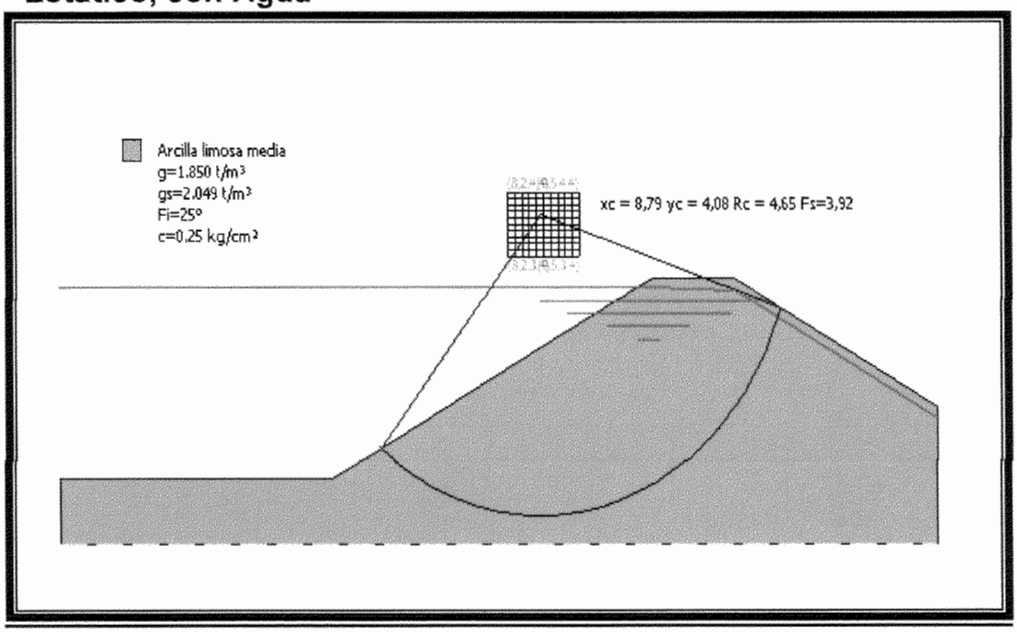
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

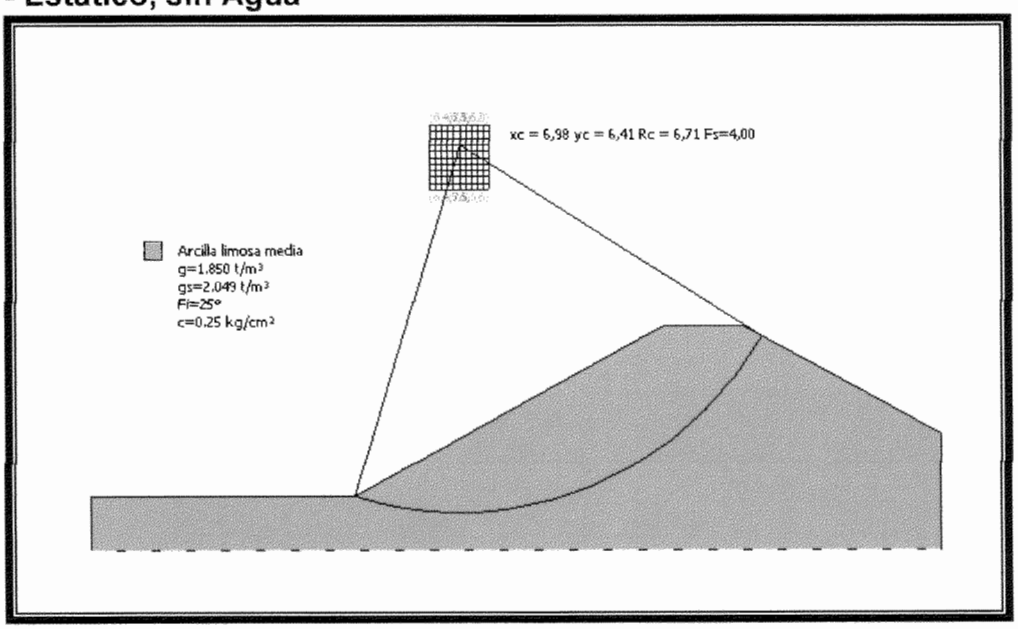
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

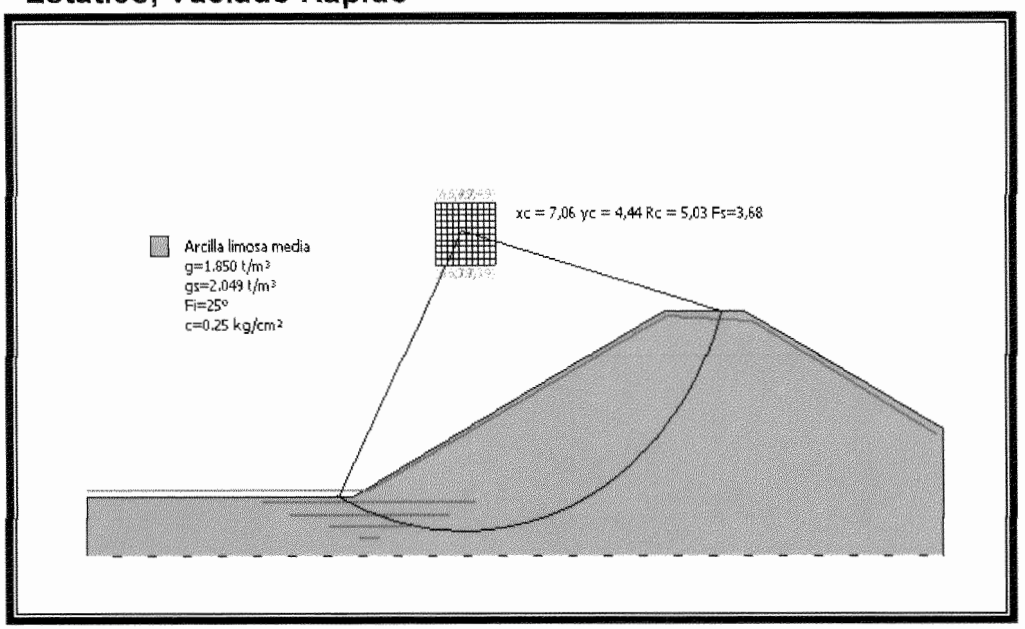
- Estático, con Agua



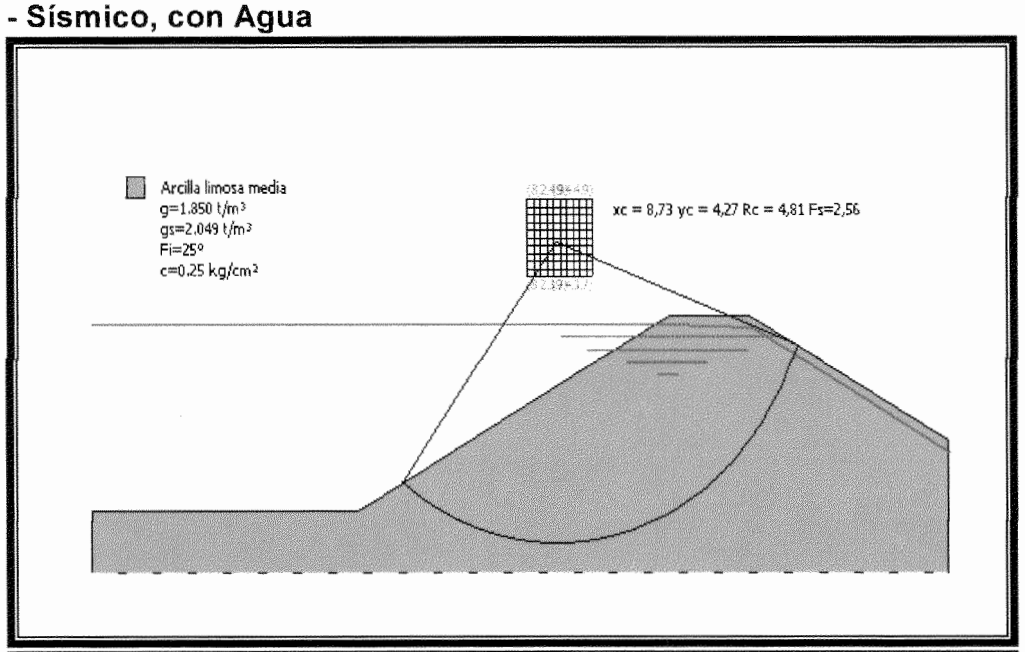
- Estático, sin Agua



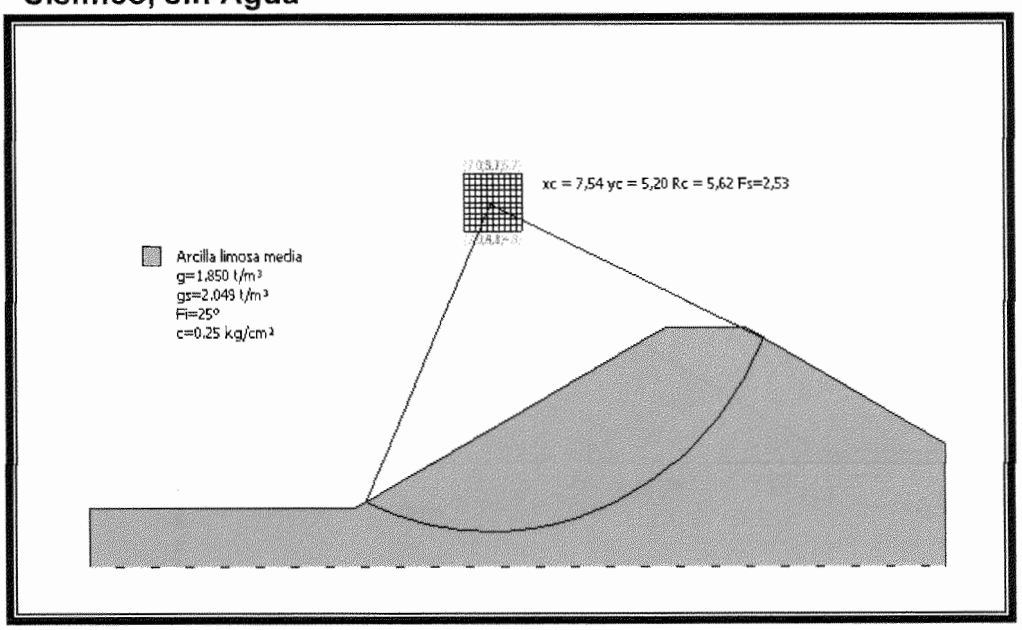
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

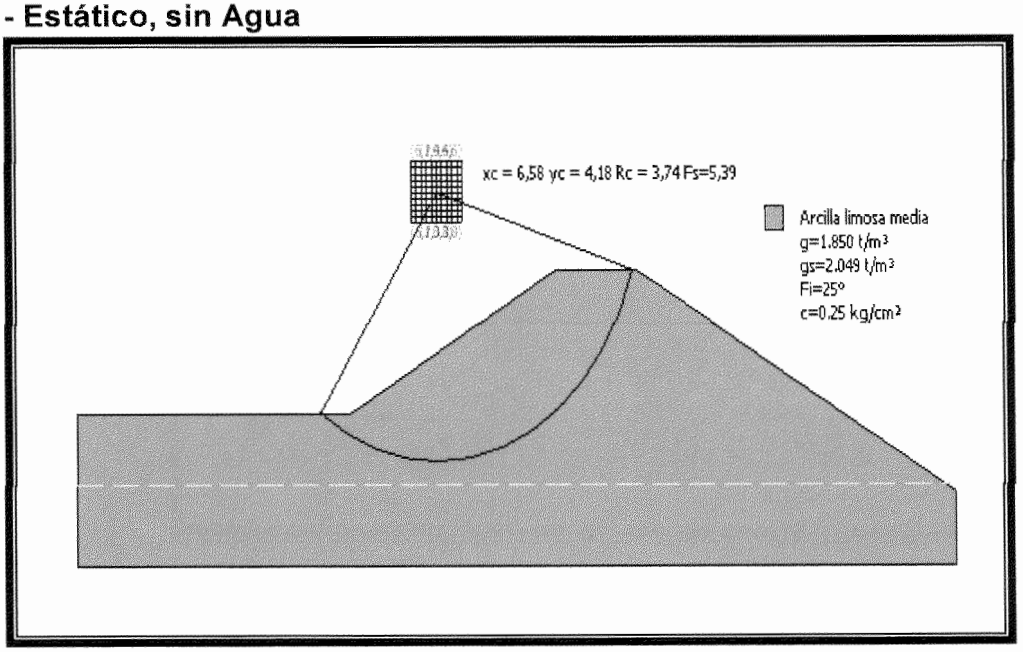


- Sísmico, sin Agua

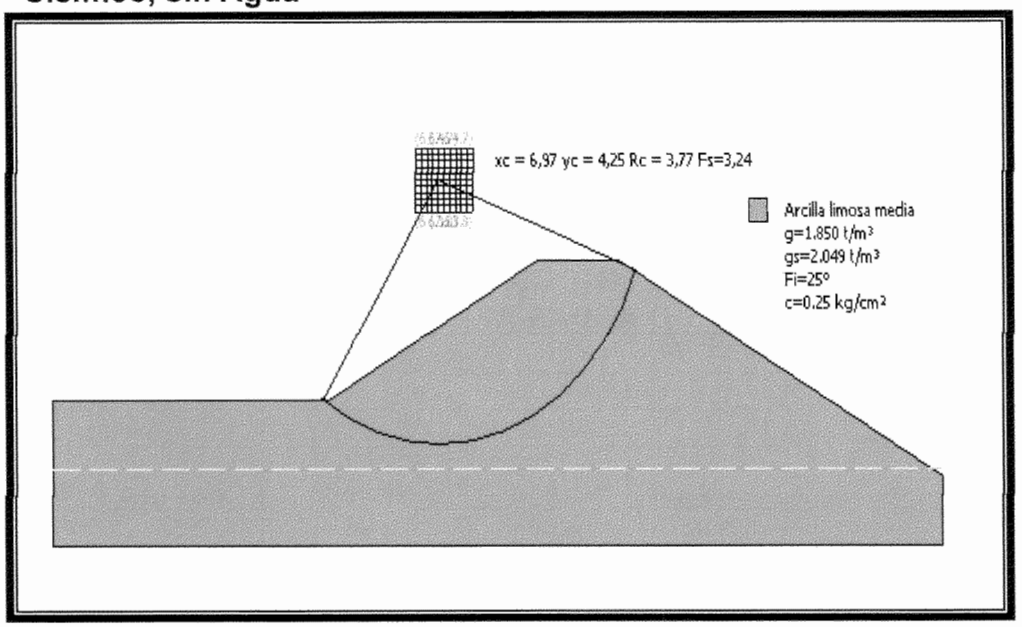


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



➢ Resultados Estudio de Crecidas

El embalse Las Cañas 1 no tiene cuenca aportante.

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Las Cañas 1 no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Las Cañas Nº 1	4,69	3,00

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Las Cañas 1.

TALUDES EMBALSE LAS CAÑAS 1

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Las Cañas N° 1	Dx	5,83	Dx	3,74
	Dy	3,10	Dy	1,99

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Las Cañas N° 1	3,92	4,00	3,68	2,56	2,53

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Las Cañas N° 1	5,39	3,24

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Las Cañas 1 no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Las Cañas 1, se tiene lo siguiente:

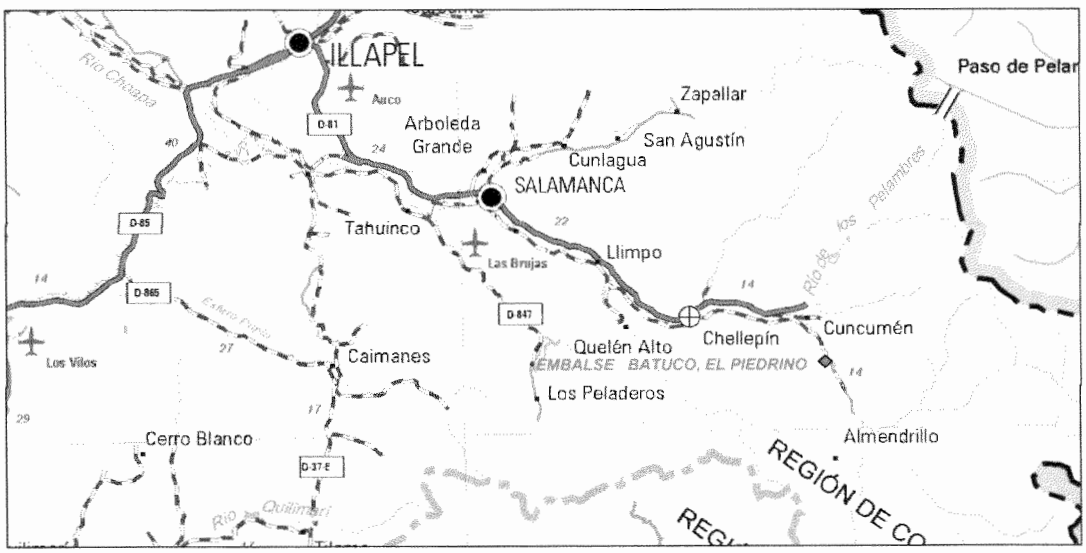
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
4,7	250	sin cuenca	1,00		0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.18 Embalse Batuco El Piedrino

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.459.156 E: 350.653 Datum: WGS 84
Altitud: 1.264 m.s.n.m



Acceso: Ruta D81 desde Salamanca a Cuncumén, seguir hacia el sector Batuco, el Almendrillo, pasado estación fluviométrica Choapa en Batuco continuar 2 km hasta curva donde existe portón de madera cerrado con candado, atravesar portón a 30 m a la izquierda se encuentra el embalse.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nº EXPEDIENTE

EMBALSE BATUCO
EL PIEDRINO

Nº REGISTRO

CUENCA
CHOAPA

SUB - CUENCA

CODIGO

FUENTE
RIO CHOAPA - CANAL EL PIEDRINO

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
JUNTA DE VIGILANCIA RIO CHOAPA

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

COORDENADAS UTM		
	N	6.459.156
	E	350.653

DATUM						
	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	1.264

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,01
ALTURA DEL MURO (m)		3,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		2,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		180,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	32	1,60	1
	EXTERNO	29	1,80	1

AÑO CONSTRUCCION	1985

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2	150 L/S	
TUBERIA FORZADA	3		
SIFON	4		
OTRO SISTEMA	5		

ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA
SIN INFORMACIÓN.

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: LATERAL	5	No tiene evacuador

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

POTENCIA GENERADA

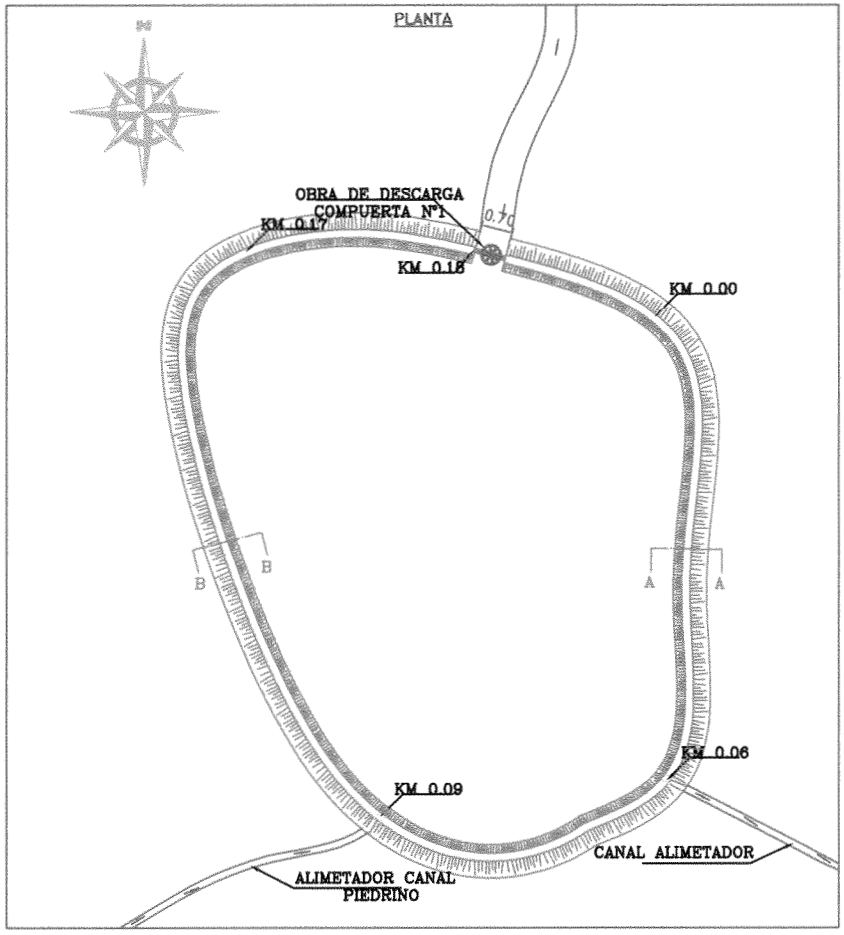
NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

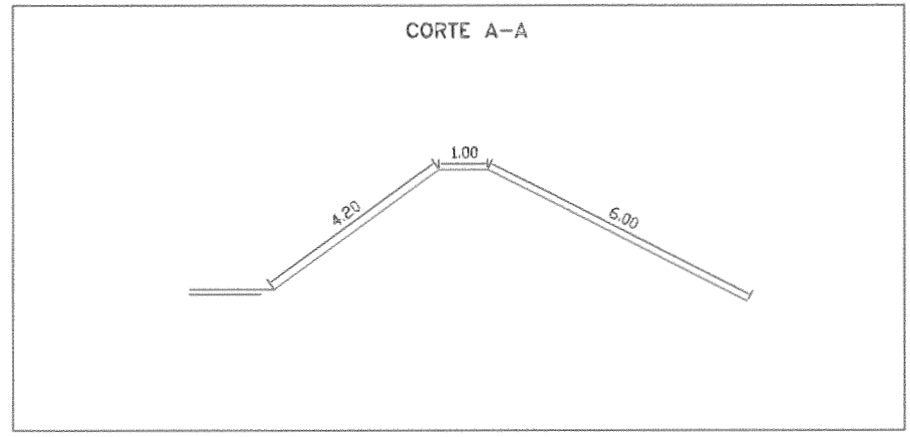
ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

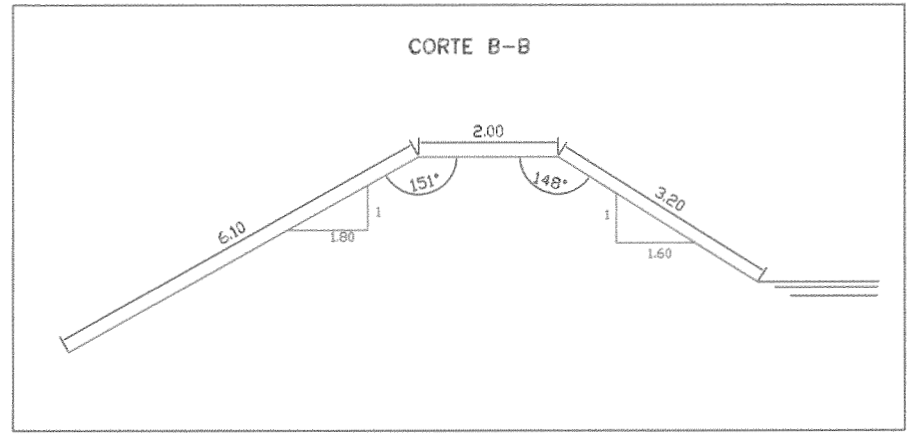
OBSERVACIONES: EMBALSE REGULADOR NOCTURNO EL PIEDRINO, DEPENDE DE LA JUNTA DE VIGILANCIA DEL RIO CHOAPA.
NO SE ENCUENTRA EN FUNCIONAMIENTO. CANAL EL PIEDRINO PASA POR EL CENTRO. SU CAPACIDAD DE EMBALSAR ES MENOR,
SE NOTAN TRAZAS DE INFILTRACIÓN DE LAS AGUAS. SECTOR ALTO DE LA CUENCA, PUEDE RECIBIR DERRUMBES DE LOS CERROS, POSIBLES ALUVIONES.
SE RECOMIENDA LABORES DE MANTENCIÓN DEL FONDO DEL EMBALSE (DRAGADO) Y DE LOS MUROS.

ESTADO GENERAL: MALO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN RUTA D81 DESDE SALAMANCA A CUNCUMEN, SEGUIR HACIA EL SECTOR BATUCO, EL ALMENDRILLO. PASADO ESTACIÓN FLUVIOMETRICA CHOAPA EN BATUCO. CONTINUAR 2 KM HASTA CURVA DONDE EXISTE PORTON DE MADERA CERRADO CON CANDADO. ATRAVESAR PORTON. 30 M A LA IZQUIERDA SE ENCUENTRA EL EMBALSE.







"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE EL PIEDRINO – BATUCO

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

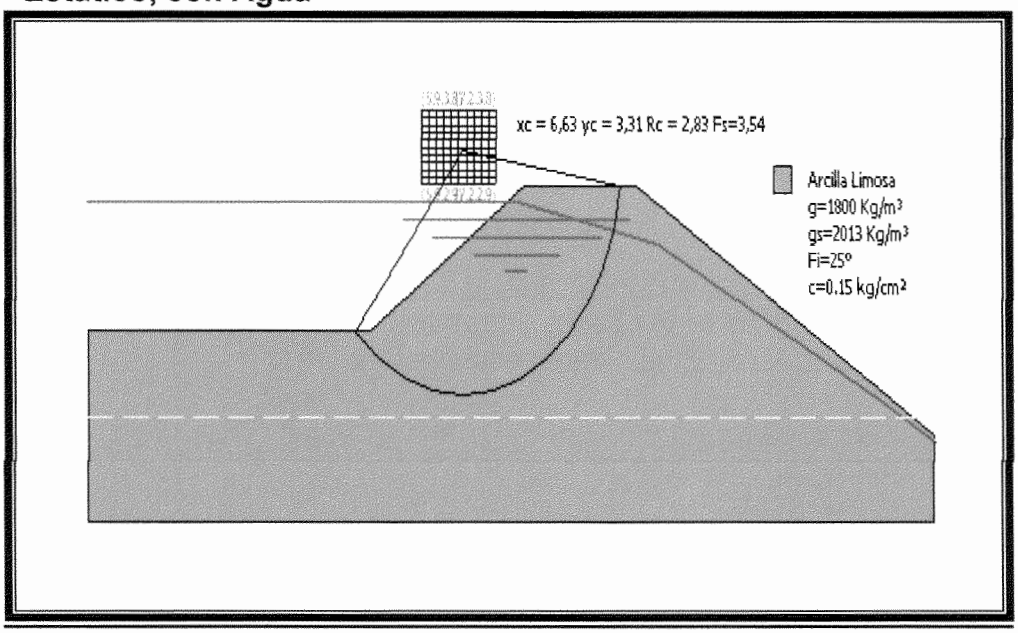
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

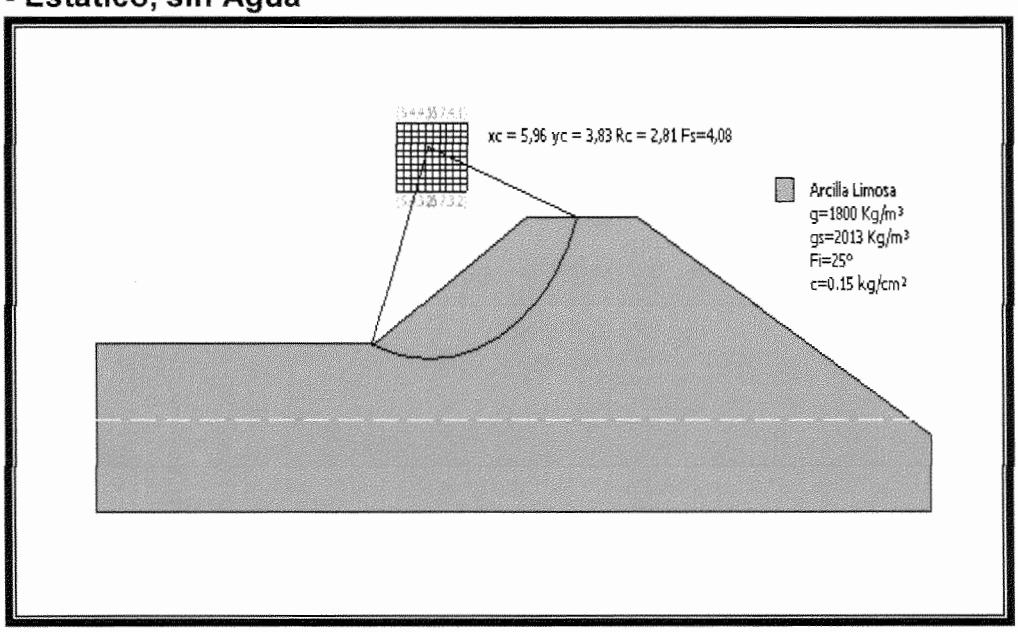
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

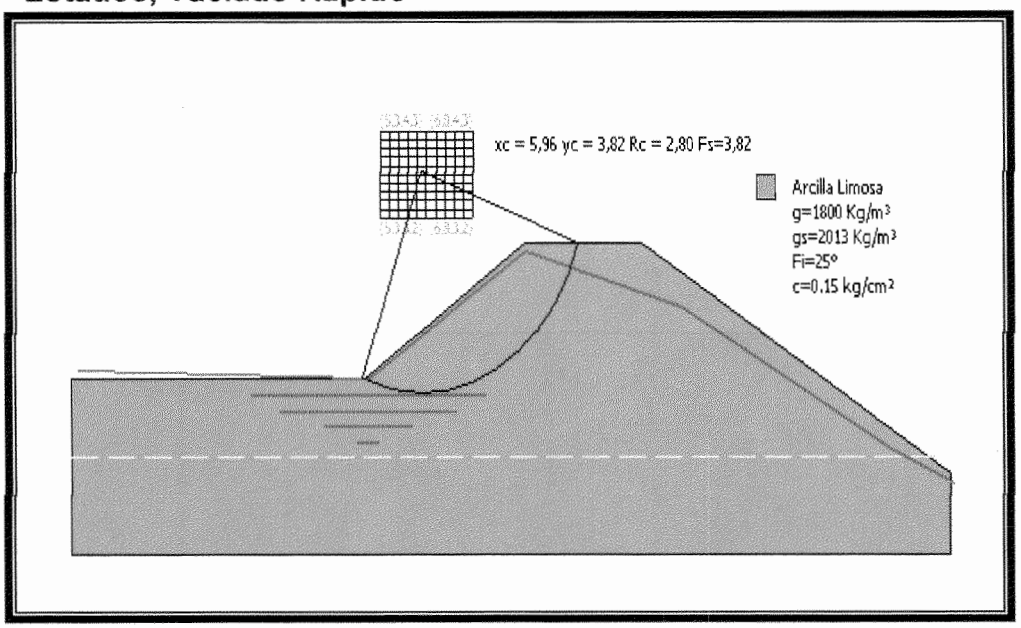
- Estático, con Agua



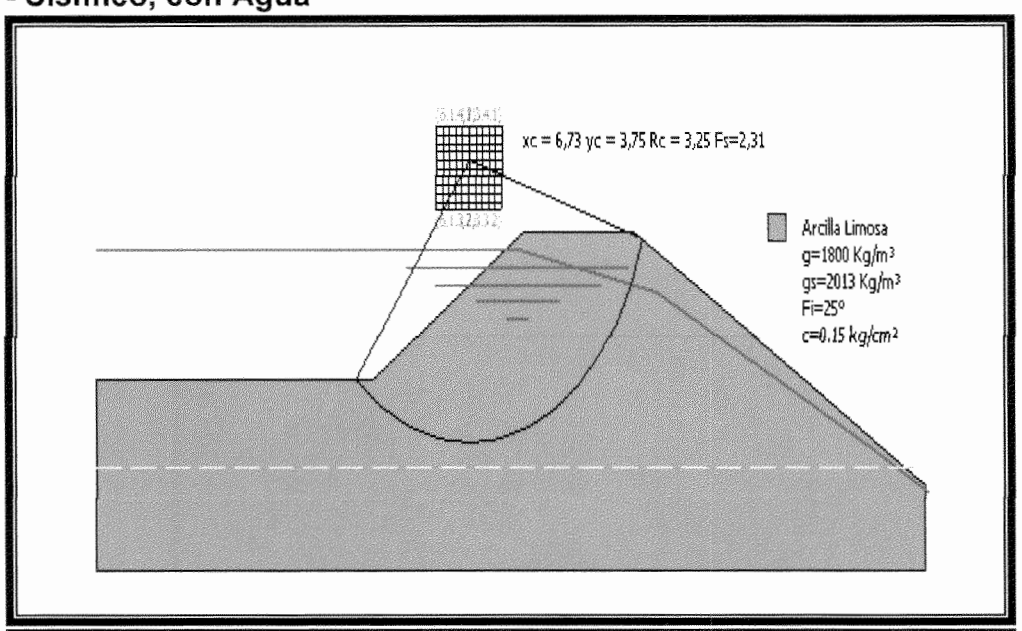
- Estático, sin Agua



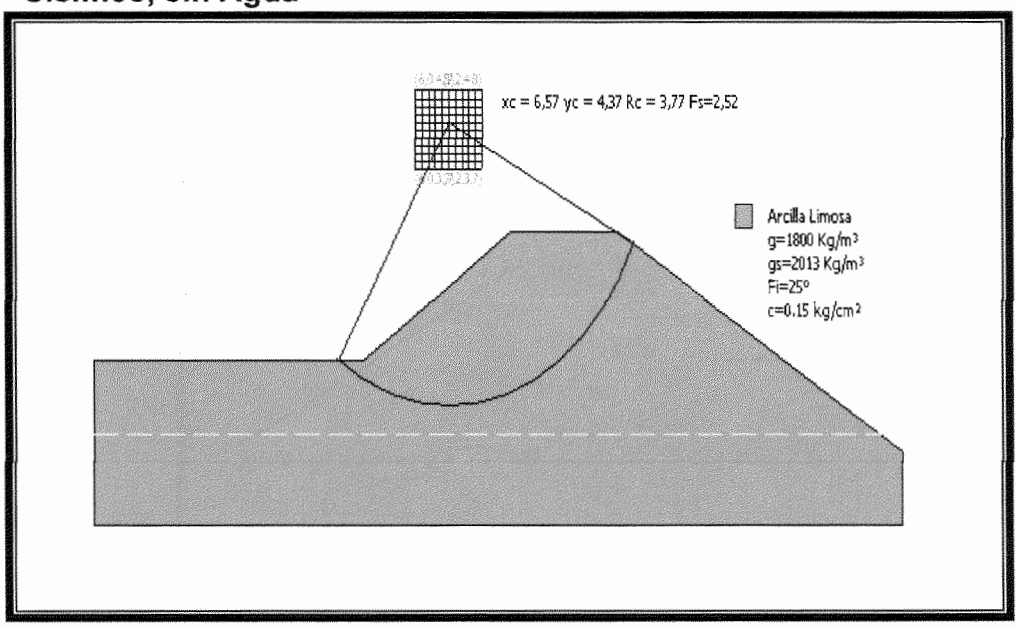
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

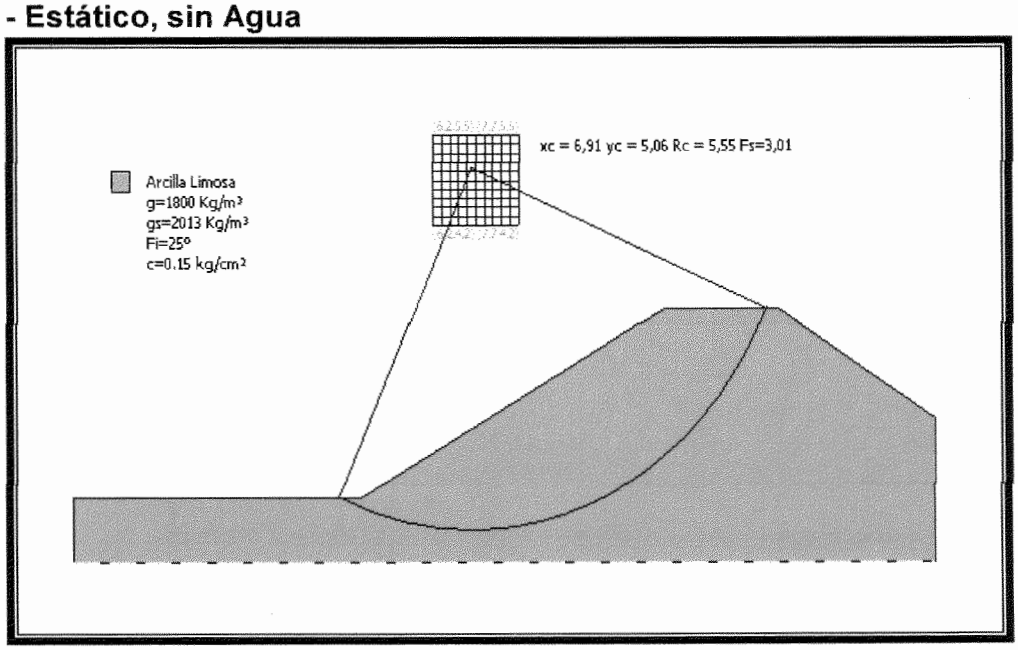


- Sísmico, sin Agua

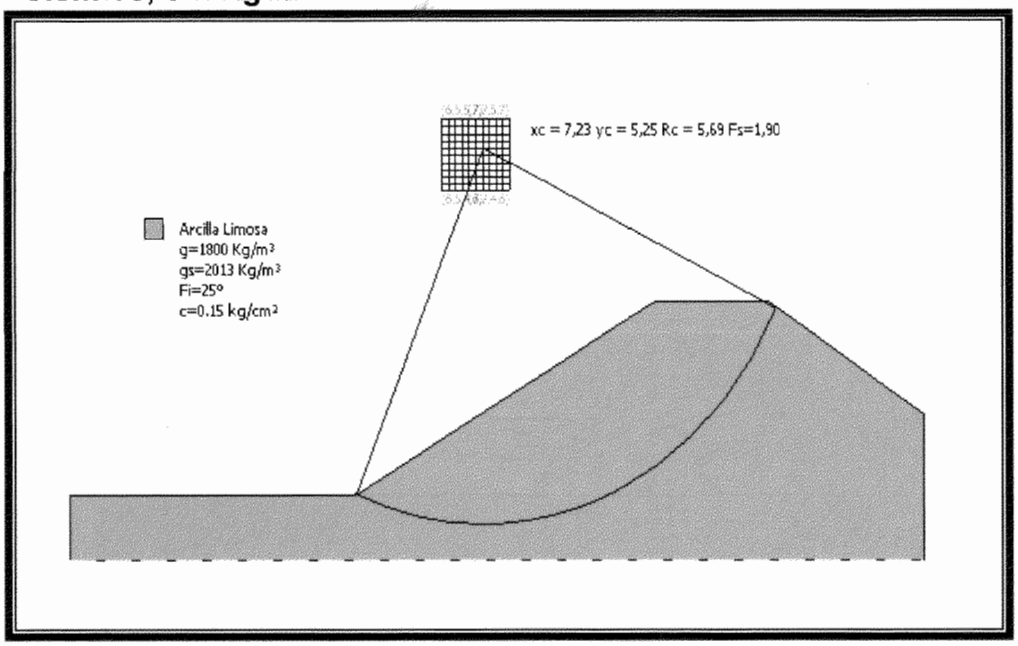


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

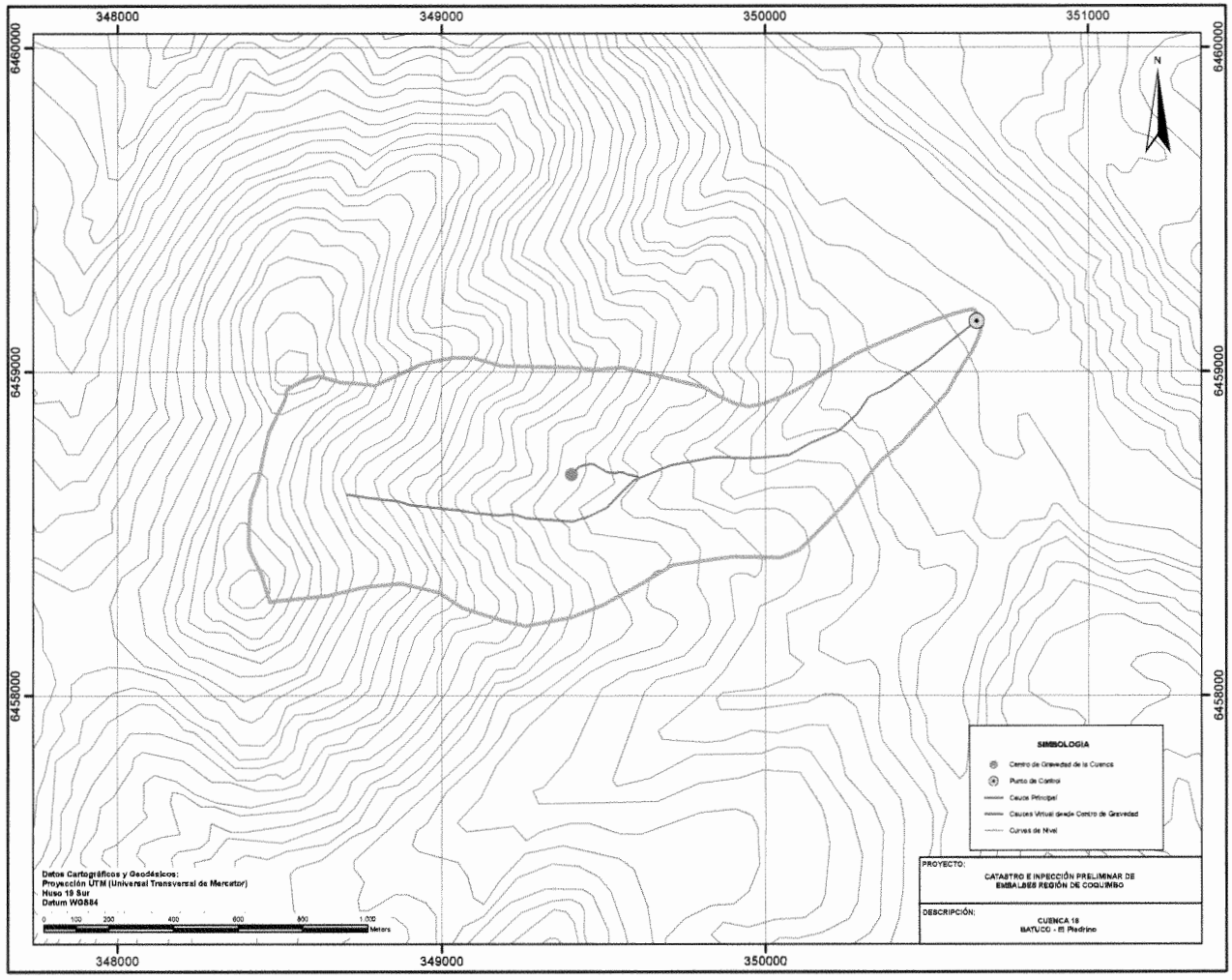


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 18.- BATUCO EL PIEDRINO

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
18	BATUCO El *Piedrino*	350.653	6.459.156	84 H19S	1.281.362	349.400	6.458.683	0,461096	750	2.148	1.426

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
18	BATUCO El Piedrino	Kp	2	1,28	132	0,92	0,24	0,48	0,13	1,59	0,35	0,70	0,19
		Kp	*5*	*1,28*	*132*	*0,92*	*0,60*	*0,78*	*0,50*	*1,59*	*0,87*	*1,14*	*0,73*
		Kp	10	1,28	132	0,92	1,00	1,00	1,00	1,59	1,46	1,46	1,46
		Kp	20	1,28	132	0,92	1,61	1,77	1,49	1,59	2,35	2,58	2,17
		Kp	25	1,28	132	0,92	1,82	1,96	1,67	1,59	2,65	2,86	2,43
		Kp	50	1,28	132	0,92	2,61	3,03	2,33	1,59	3,80	4,42	3,40
		Kp	100	1,28	132	0,92	3,67	4,47	2,81	1,59	5,35	6,51	4,09

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
18	BATUCO El Piedrino	IV.6	IV Choapa	2	1,28	132	0,485	64	0,200	0,330	0,066	0,09
		IV.6	IV Choapa	5	1,28	132	0,780	103	0,200	0,680	0,136	0,33
		IV.6	IV Choapa	10	1,28	132	1,000	132	0,200	1,000	0,200	0,66
		IV.6	IV Choapa	20	1,28	132	1,218	161	0,200	1,380	0,276	1,15
		IV.6	IV Choapa	25	1,28	132	1,250	165	0,200	1,540	0,308	1,33
		IV.6	IV Choapa	50	1,28	132	1,517	200	0,200	2,000	0,400	2,20
		IV.6	IV Choapa	100	1,28	132	1,753	231	0,200	2,560	0,512	3,36

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
18	BATUCO El Piedrino	IV.6	IV Choapa	2	1,28	132	0,485	64	0,080	0,330	0,026	0,32	0,10	19,67	0,18
		IV.6	IV Choapa	5	1,28	132	0,780	103	0,080	0,680	0,054	0,32	0,10	31,64	0,61
		IV.6	IV Choapa	10	1,28	132	1,000	132	0,080	1,000	0,080	0,32	0,10	40,56	1,15
		IV.6	IV Choapa	20	1,28	132	1,218	161	0,080	1,380	0,110	0,32	0,10	49,40	1,94
		IV.6	IV Choapa	25	1,28	132	1,250	165	0,080	1,540	0,123	0,32	0,10	50,70	2,22
		IV.6	IV Choapa	50	1,28	132	1,517	200	0,080	2,000	0,160	0,32	0,10	61,53	3,50
		IV.6	IV Choapa	100	1,28	132	1,753	231	0,080	2,560	0,205	0,32	0,10	71,10	5,18

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
18	BATUCO EL PIEDRINO	2	0,35	0,09	0,18	0,21	0,35
		5	0,87	0,33	0,61	0,60	0,87
		10	1,46	0,66	1,15	1,09	1,46
		20	2,35	1,15	1,94	1,81	2,35
		25	2,65	1,33	2,22	2,07	2,65
		50	3,80	2,20	3,50	3,17	3,80
		100	5,35	3,36	5,18	4,63	5,35

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 3 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 250 años)= 11,9 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Batuco no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Batuco	4,32	2,40

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Batuco.

TALUDES EMBALSE BATUCO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Batuco	Dx	2,71	Dx	5,25
	Dy	1,70	Dy	2,91

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Batuco	3,54	4,08	3,82	2,31	2,52

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Batuco	3,01	1,90

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos:

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Batuco no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Batuco, se tiene lo siguiente:

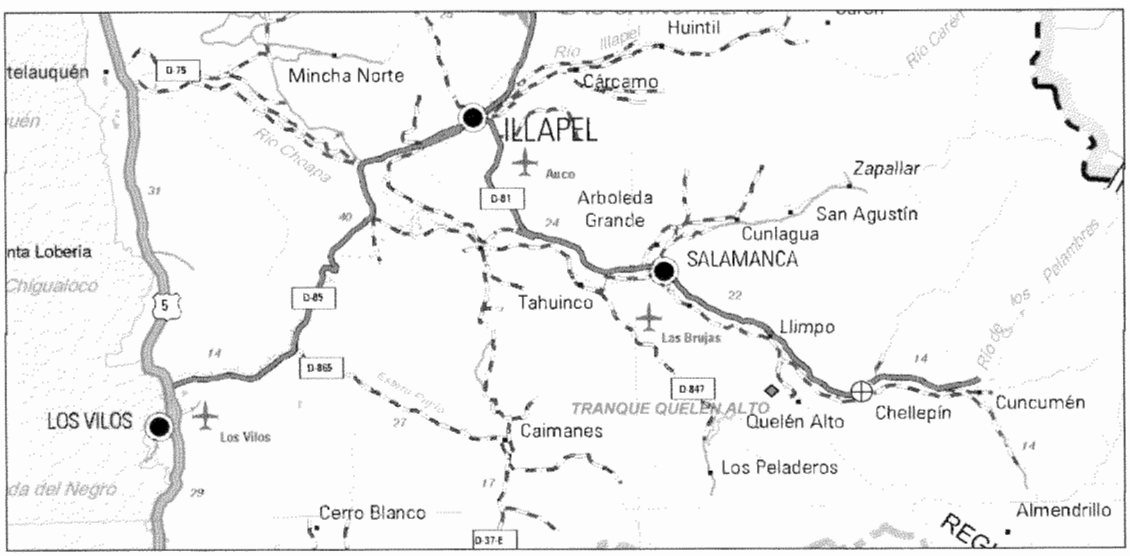
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	T	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
3	250	11,90	SIN	0,95	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,6	0,05	2,9%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,9 %

5.3.19 Embalse Quelén Alto

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.469.201 E: 327.392 Datum: WGS 84
Altitud: 841 m.s.n.m



Acceso: Salir de Salamanca por puente fiscal, tomar hacia el oriente por ruta a Cuncumen. Al llegar a pueblo de Quelén dirigirse hacia el sur a Quelén Alto. Al llegar al río dirigirse al poniente 500 m donde se verá el tranque.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

QUELEN ALTO	
CUENCA	
CHOAPA	
SUB - CUENCA	
FUENTE	
AGUAS CONTENIENDO RELAVES DE MIN. PELAMBRES	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
MINERA LOS PELAMBRES	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.469.201
	E	327.392

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m. 841

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,01
ALTURA DEL MURO (m)		6,30
ANCHO CORONAMIENTO (m)		4,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		120,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA	X	5
RELAVES	X	6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	25	2,14	1
	EXTERNO	25	2,14	1

AÑO CONSTRUCCION 2007

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA	X	5	

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA: NO APLICA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR: FRONTAL		5	NO APLICA

EVACUADOR DE FONDO	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA

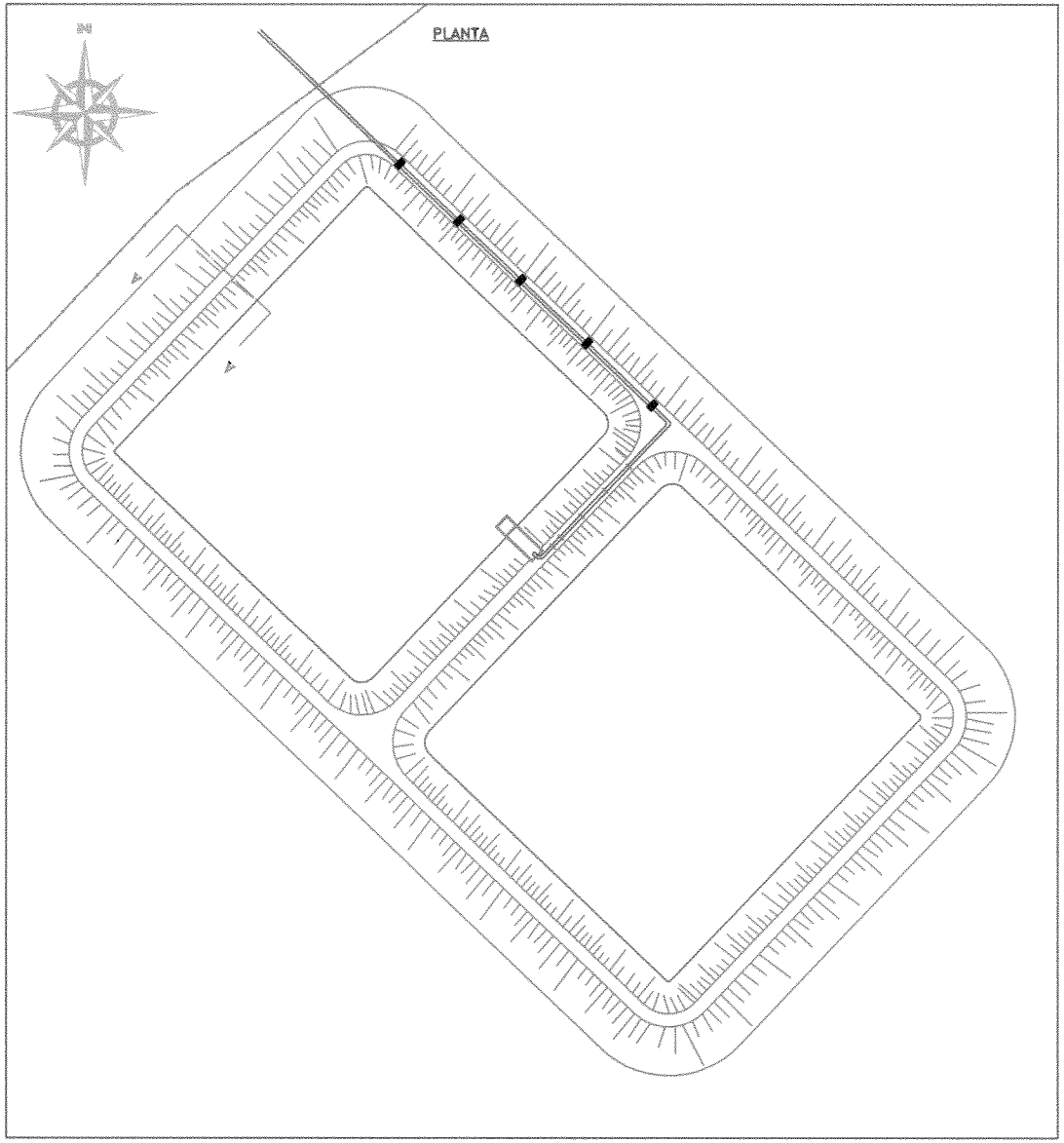
NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

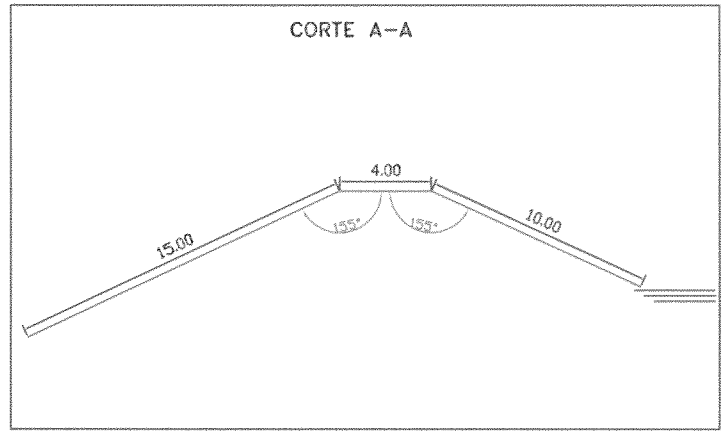
ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: TRANQUE DE SEGURIDAD PARA DUCTO DE RELAVES QUE SE DIRIGE DESDE MINA LOS PELAMBRES AL TRANQUE EL MAURO. RECUBIERTO POR MEMBRANA PLASTICA, CONSTA DE DOS CUBETAS CONECTADAS POR TUBERÍA DE DIÁMETRO 600 MM.

ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN SALIR DE SALAMANCA POR PUENTE FISCAL, TOMAR HACIA EL ORIENTE POR RUTA A CUNCUMEN. AL LLEGAR A PUEBLO DE QUELEN DIRIGIRSE HACIA EL SUR A QUELEN ALTO. AL LLEGAR ALRIO DIRIGIRSE AL PONIENTE 500 M DONDE SE VERÁ EL TRANQUE.





"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE QUELEN ALTO

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

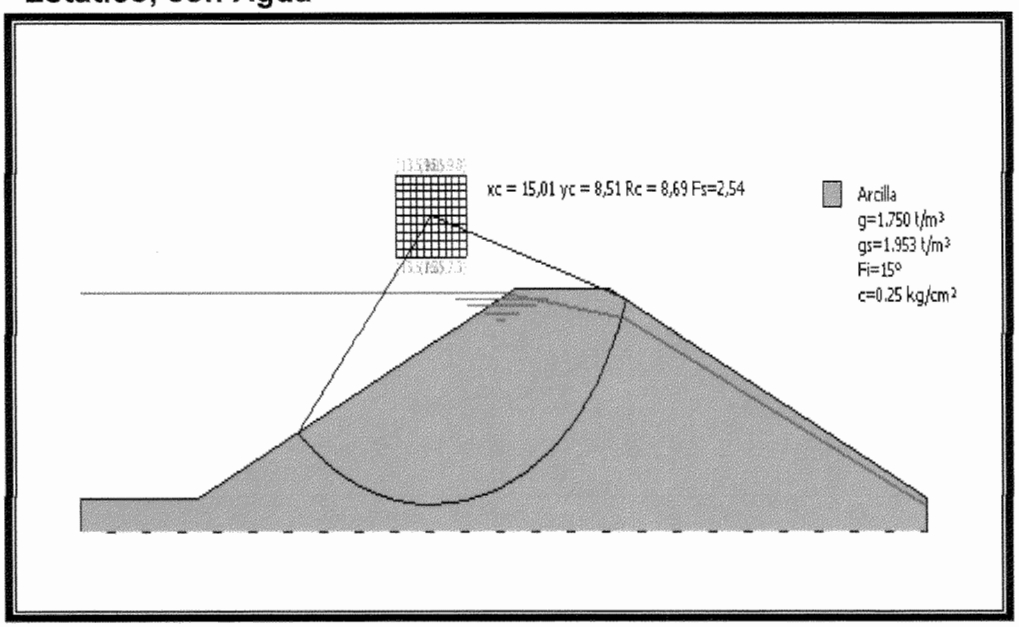
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

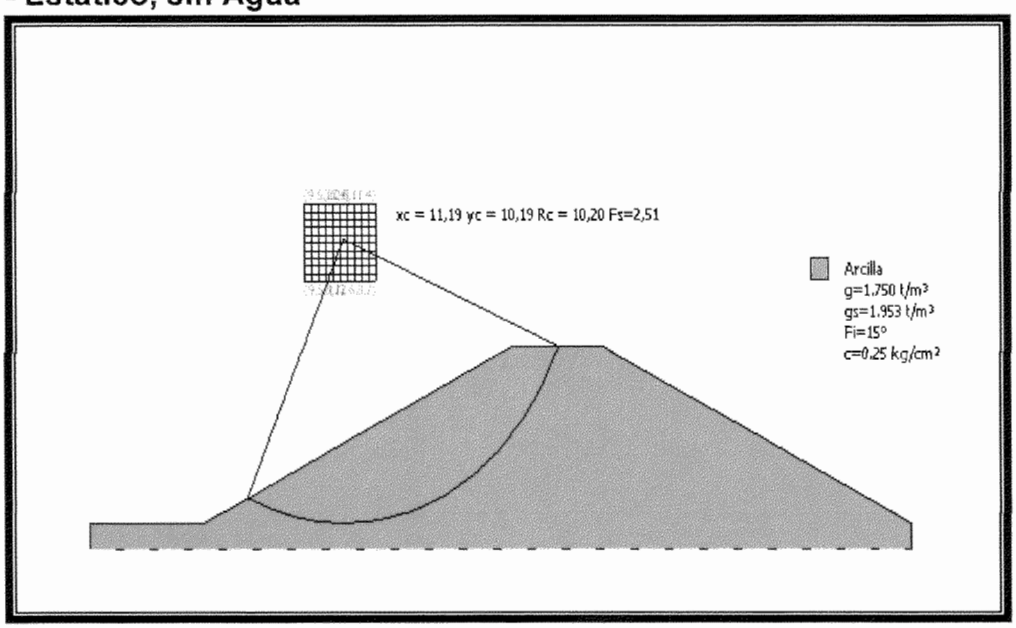
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

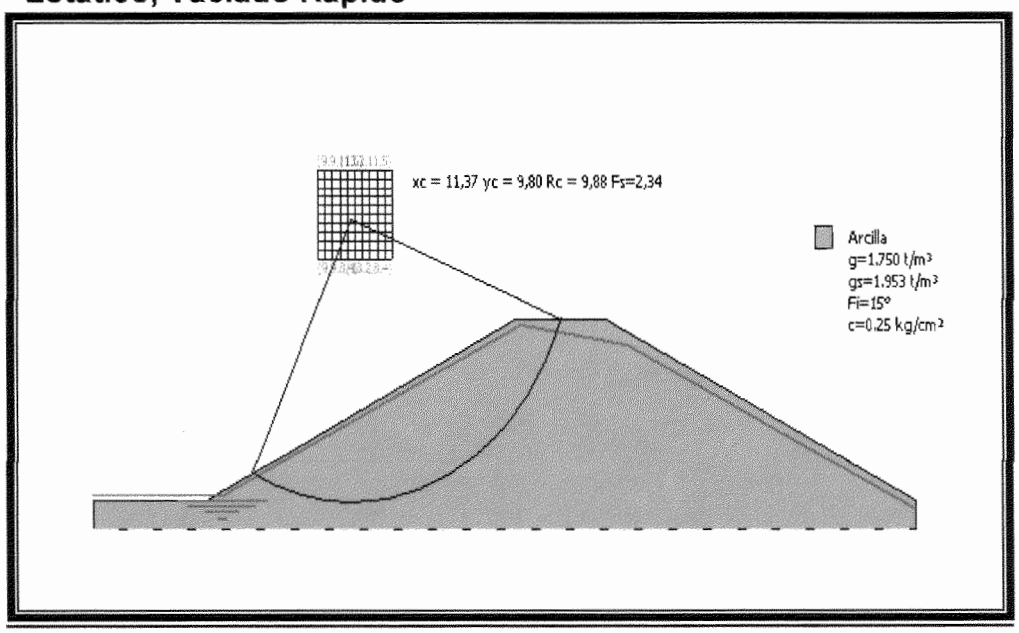
- Estático, con Agua



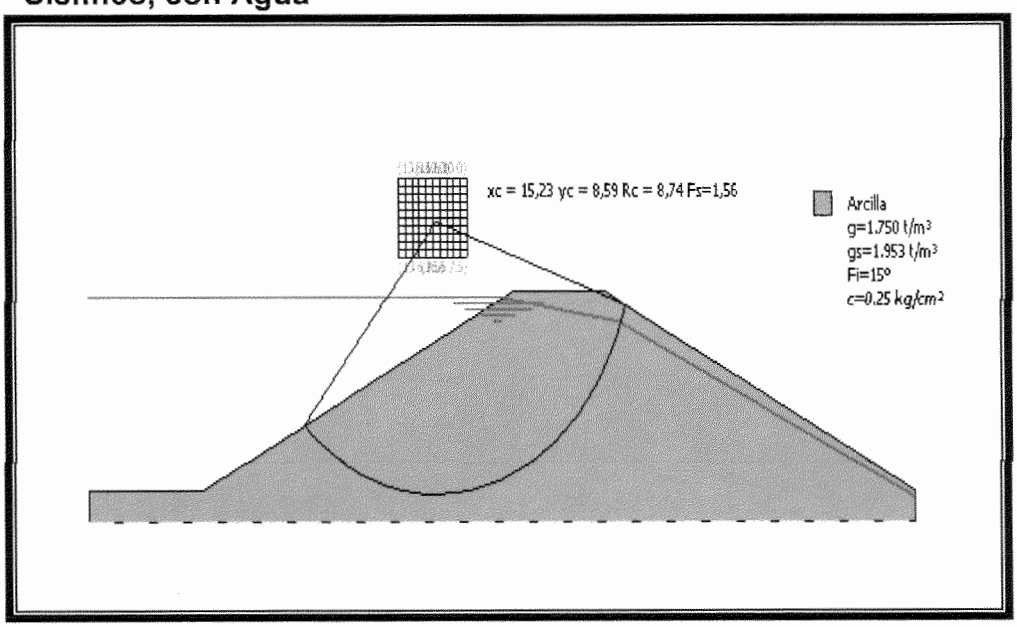
- Estático, sin Agua



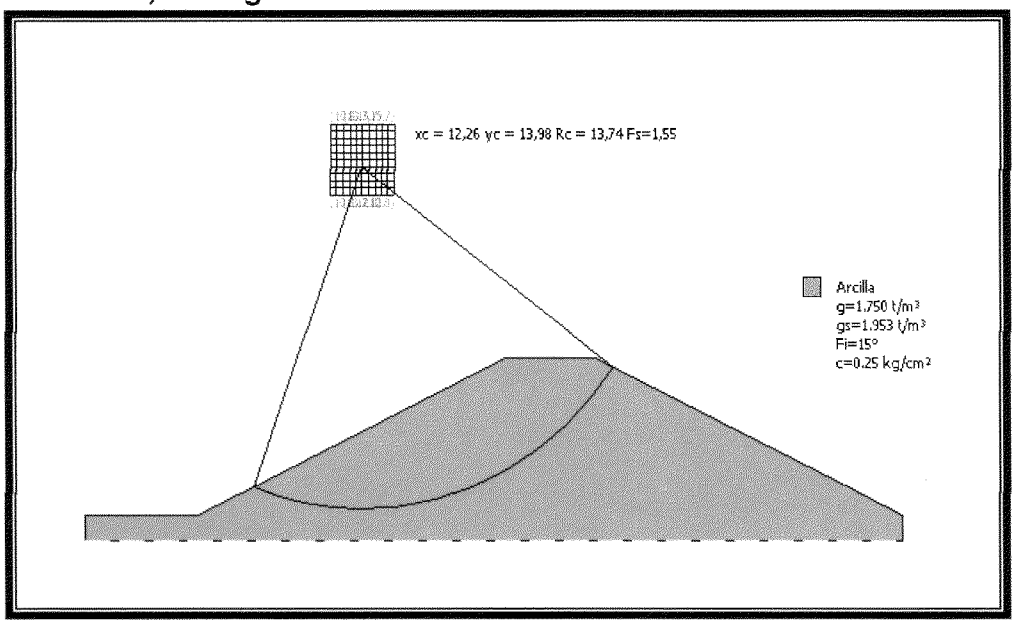
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

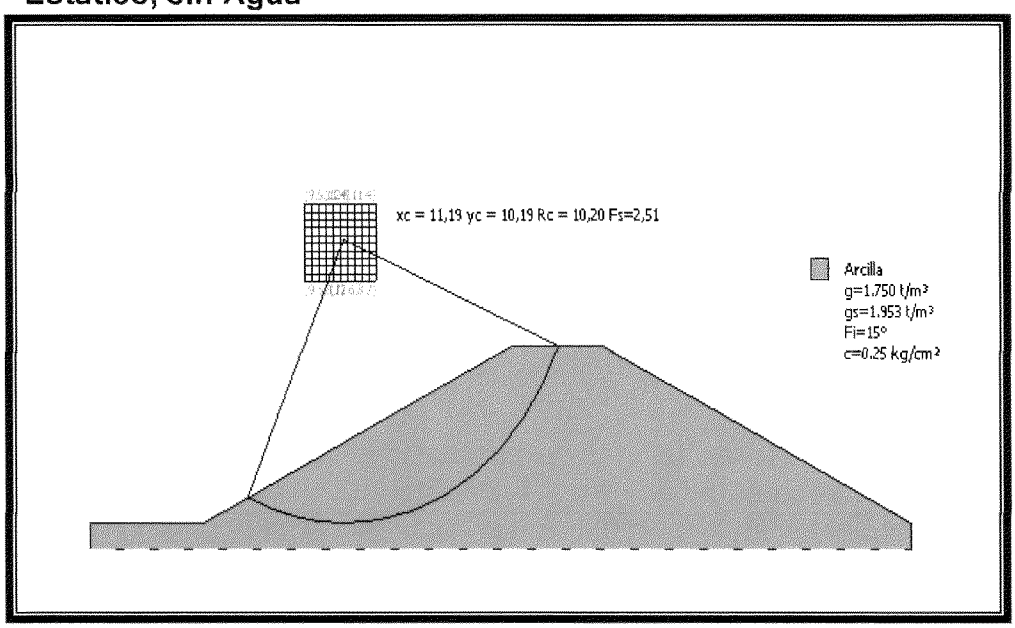


- Sísmico, sin Agua

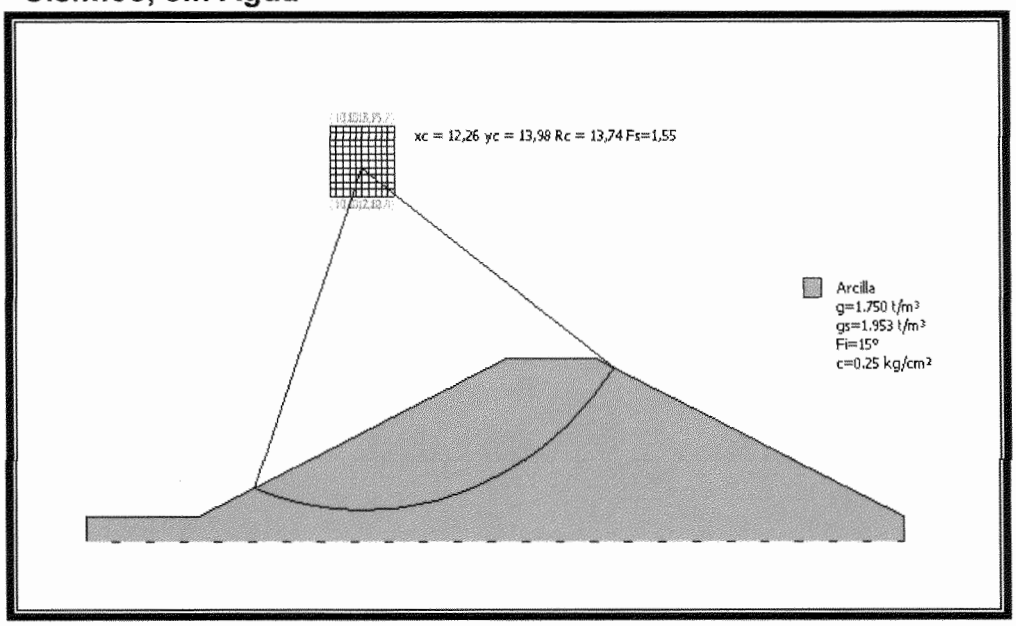


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse Quelén Alto no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Quelén Alto no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Quelén Alto	11,40	8,40

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Quelén Alto.

TALUDES EMBALSE QUELÉN ALTO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Quelén Alto	Dx	13,60	Dx	13,60
	Dy	6,34	Dy	6,34

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Quelén Alto	2,54	2,51	2,34	1,56	1,55

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Quelén Alto	2,51	1,55

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Quelén Alto no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Quelén Alto, se tiene lo siguiente:

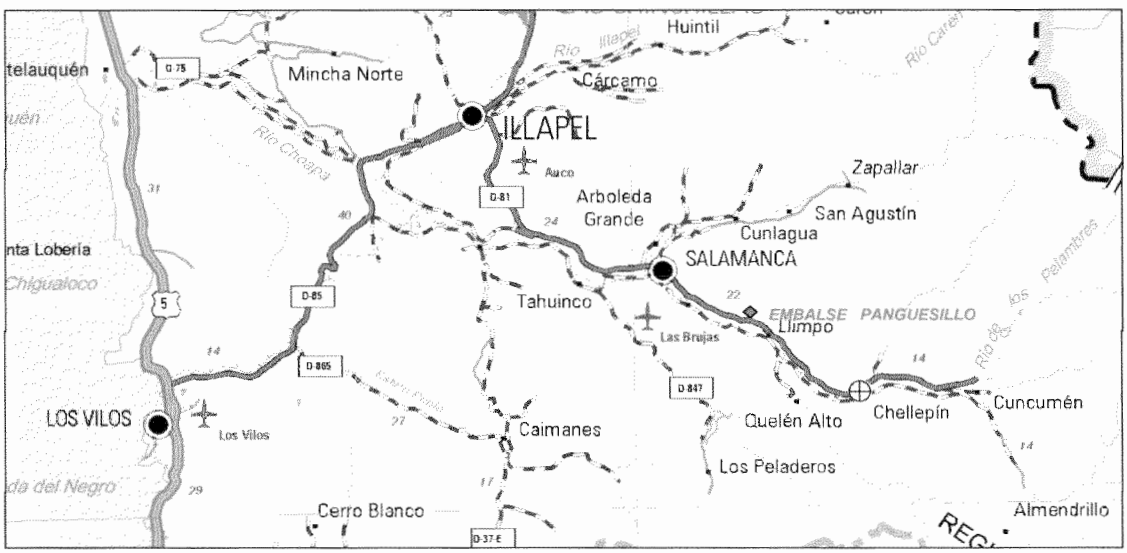
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
6,3	250	sin cuenca	SIN		1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.20 Embalse Panguesillo

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.475.681 E: 323.924 Datum: WGS 84
Altitud: 650 m.s.n.m



Acceso: 1.5 km desde el pueblo de Panguesillo hacia el oriente. A Panguesillo se llega por camino que va desde Salamanca a Quelén por la rivera sur del Río Choapa.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

PANGUESILLO	
CUENCA	
CHOAPA	
SUB - CUENCA	
ILLAPEL	
FUENTE	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
JUNTA DE VIGILANCIA RIO CHOAPA	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.475.681
	E	323.924

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	650

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,04
ALTURA DEL MURO (m)		2,70
ANCHO CORONAMIENTO (m)		3,50
LARGO CORONAMIENTO (m)		570,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	26	2,05	1
	EXTERNO	27	1,96	1

AÑO CONSTRUCCION	1995

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA

		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	100 L/S
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA: 35 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1		
VERT. POZO O BOCINA	2	0.2	
VERT. DE ALCANTARIL	3		
VERT. DE SIFON	4		
OTR: FRONTAL	5		

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

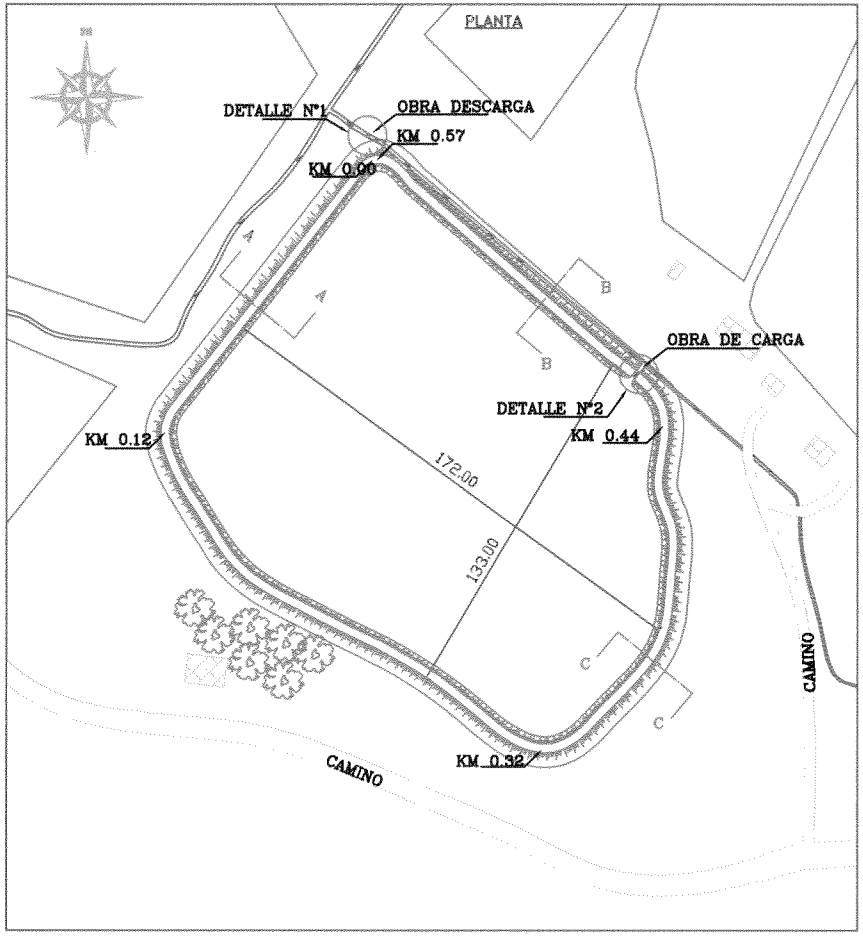
NO APLICA	KW *10^5	1
	HP	2

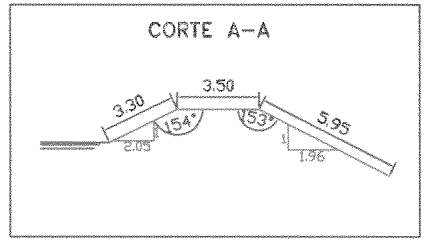
ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

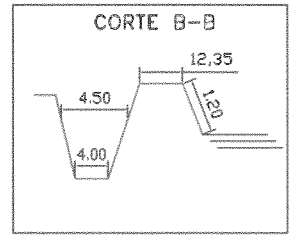
OBSERVACIONES: EMBALSE UBICADO EN LA CAJA DEL RIO CHOAPA A 170 M DEL EJE DEL RIO.
REGULAR ESTADO, PRESENTA EXCESO DE VEGETACIÓN EN EL MURO, EN EL SECTOR DE LA OBRA DE ENTREGA Y EN LA ADUCCIÓN.
ALIMENTACIÓN DESDE RIO CHOAPA A TRAVÉS DE CANAL.
RIEGA 35 Ha. EN CASO DE FALLA AFECTA PARRONALES Y LAS AGUAS SE ENCAUZAN EN EL RIO CHOAPA. PELIGRO PARA EL EMBALSE UNA CRECIDA DE PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS EN EL RIO CHOAPA.

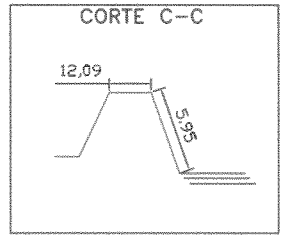
ESTADO GENERAL: REGULAR

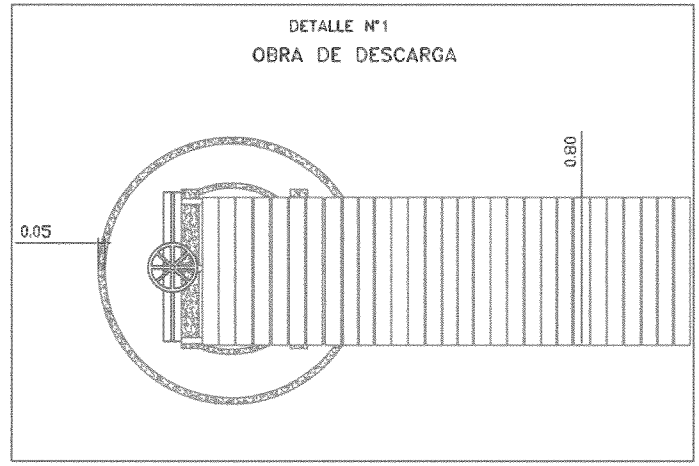
DESCRIPCION DE UBICACIÓN 1,5 KM DESDE EL PUEBLO DE PANGUESILLO HACIA EL ORIENTE.
A PANGUESILLO SE LLEGA POR CAMINO QUE VA DESDE SALAMANCA A QUELEN POR LA RIVERA SUR DEL RIO CHOAPA.

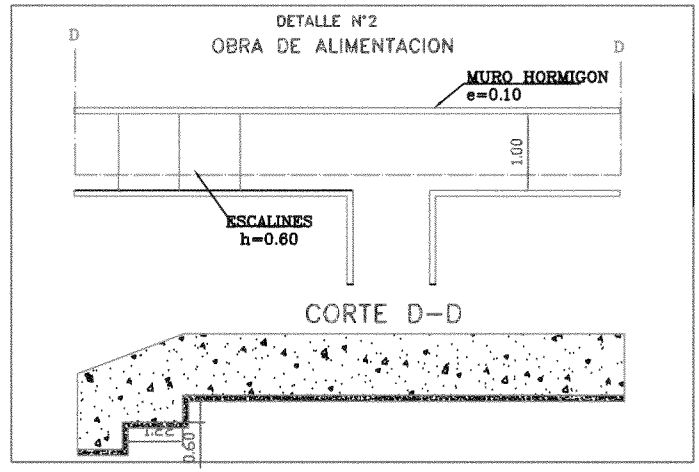












"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE PANGUESILLO

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

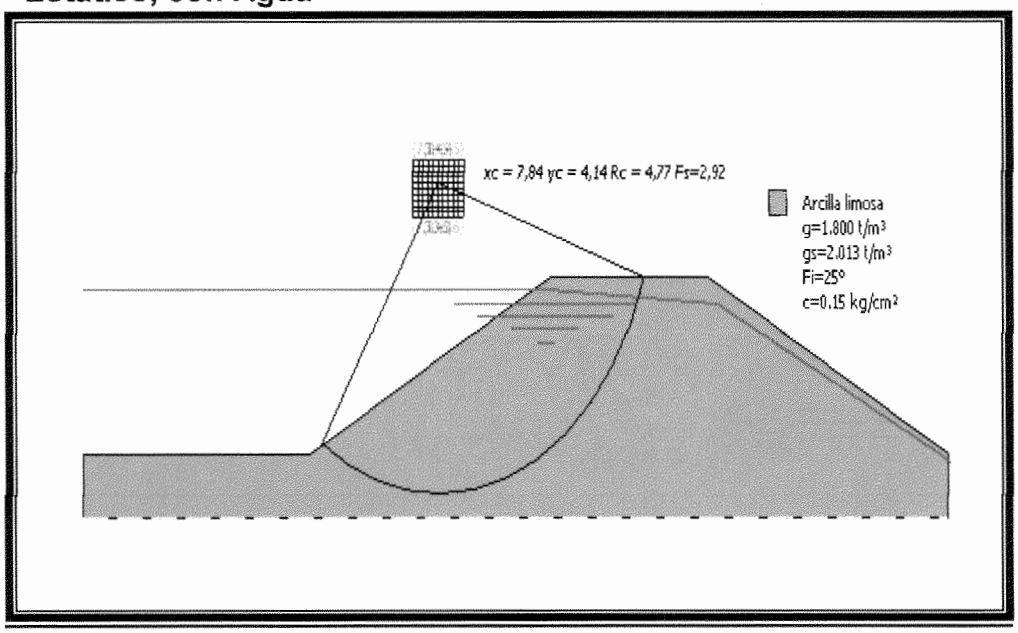
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

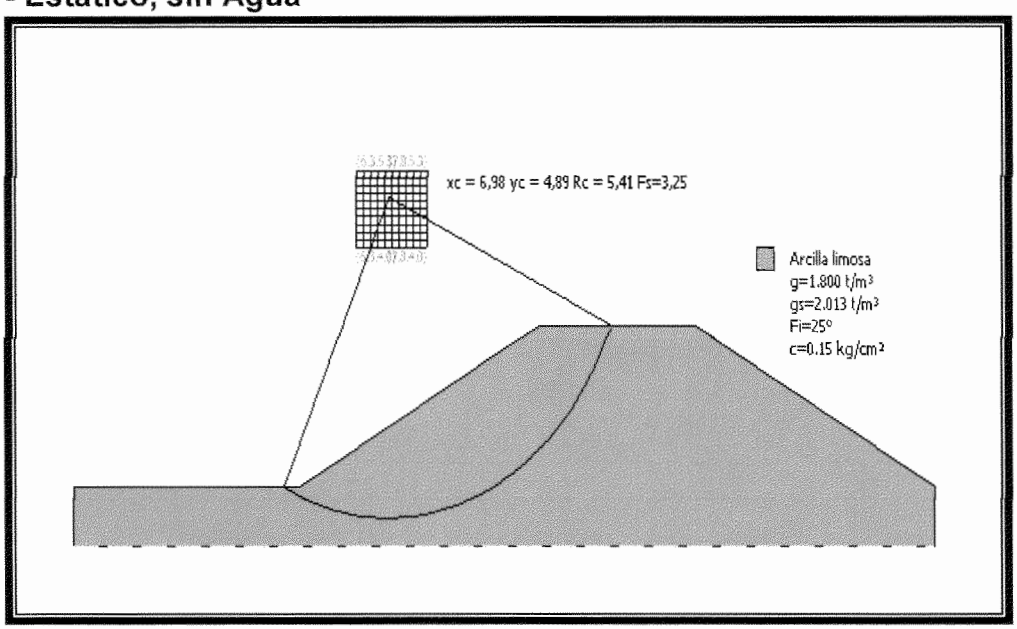
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

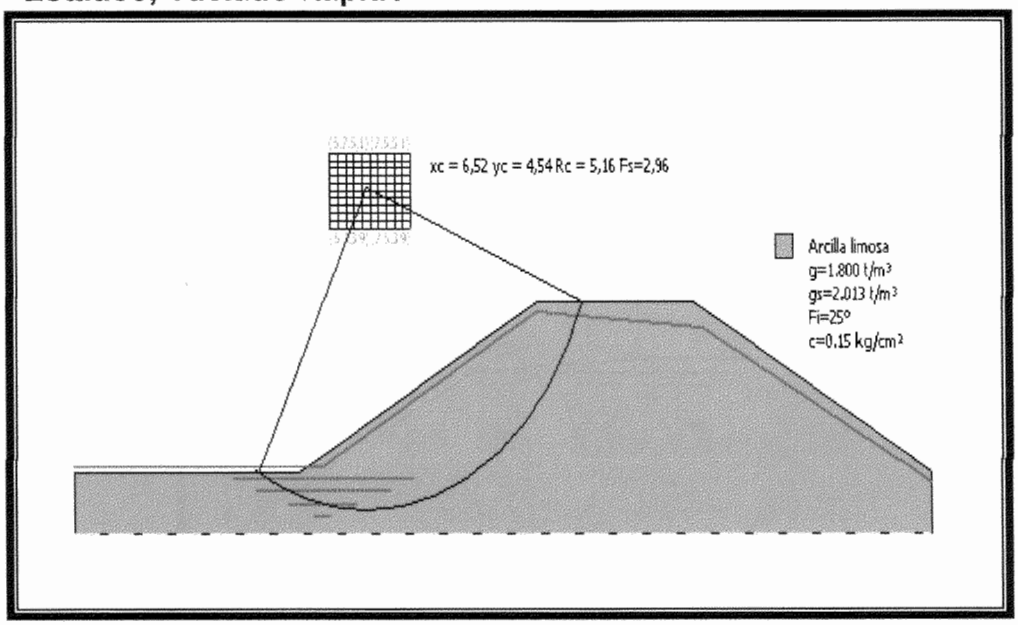
- Estático, con Agua



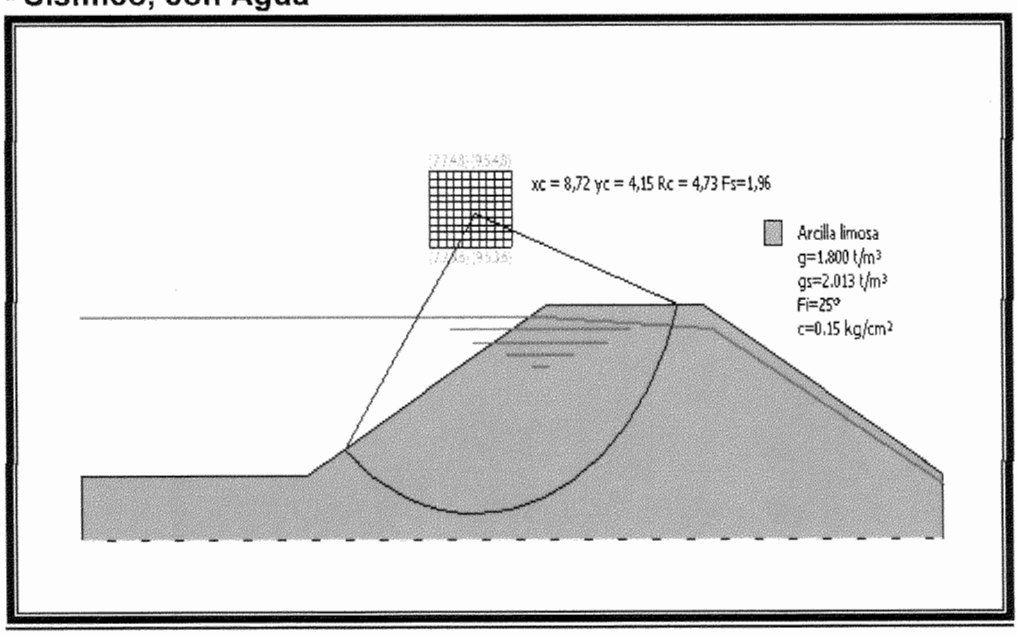
- Estático, sin Agua



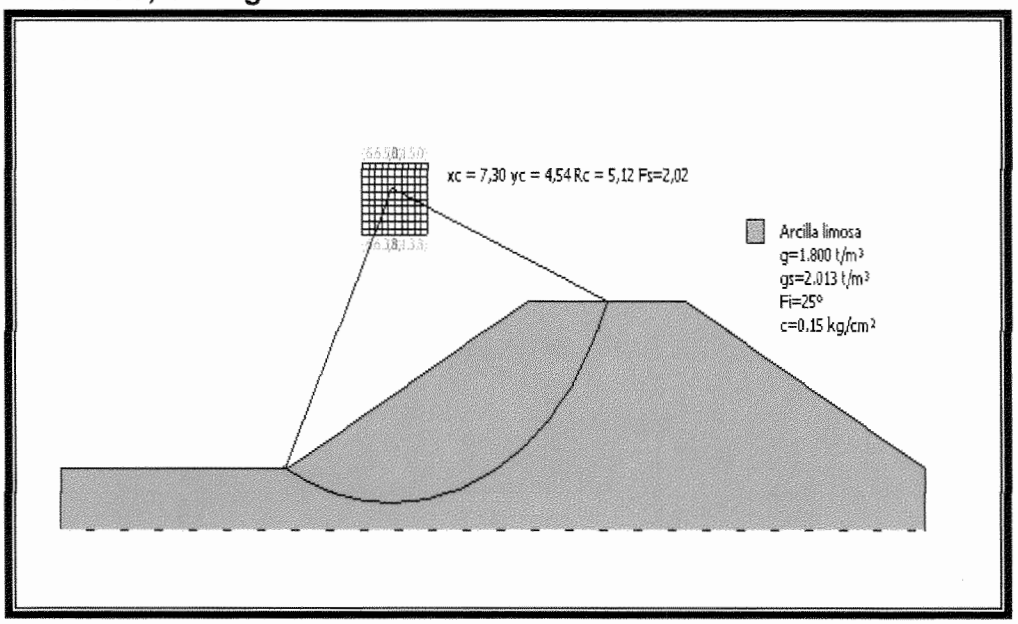
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

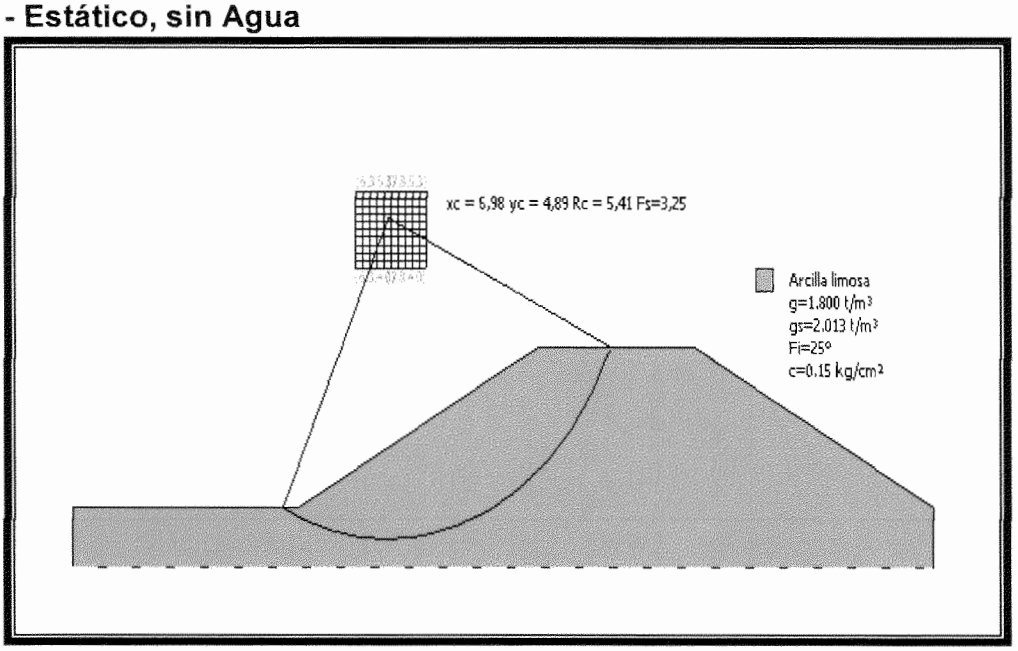


- Sísmico, sin Agua

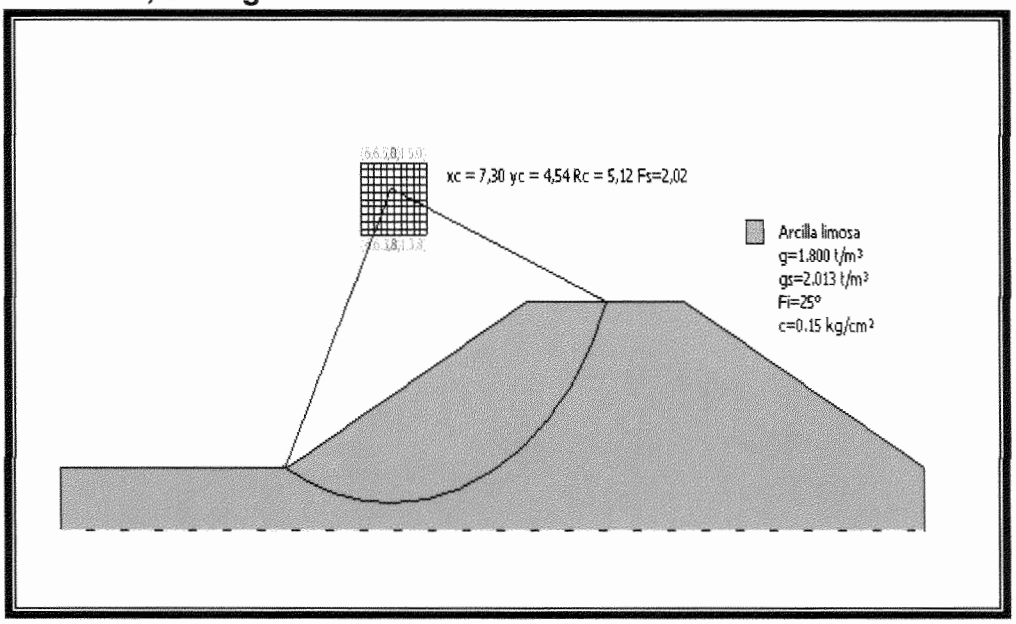


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

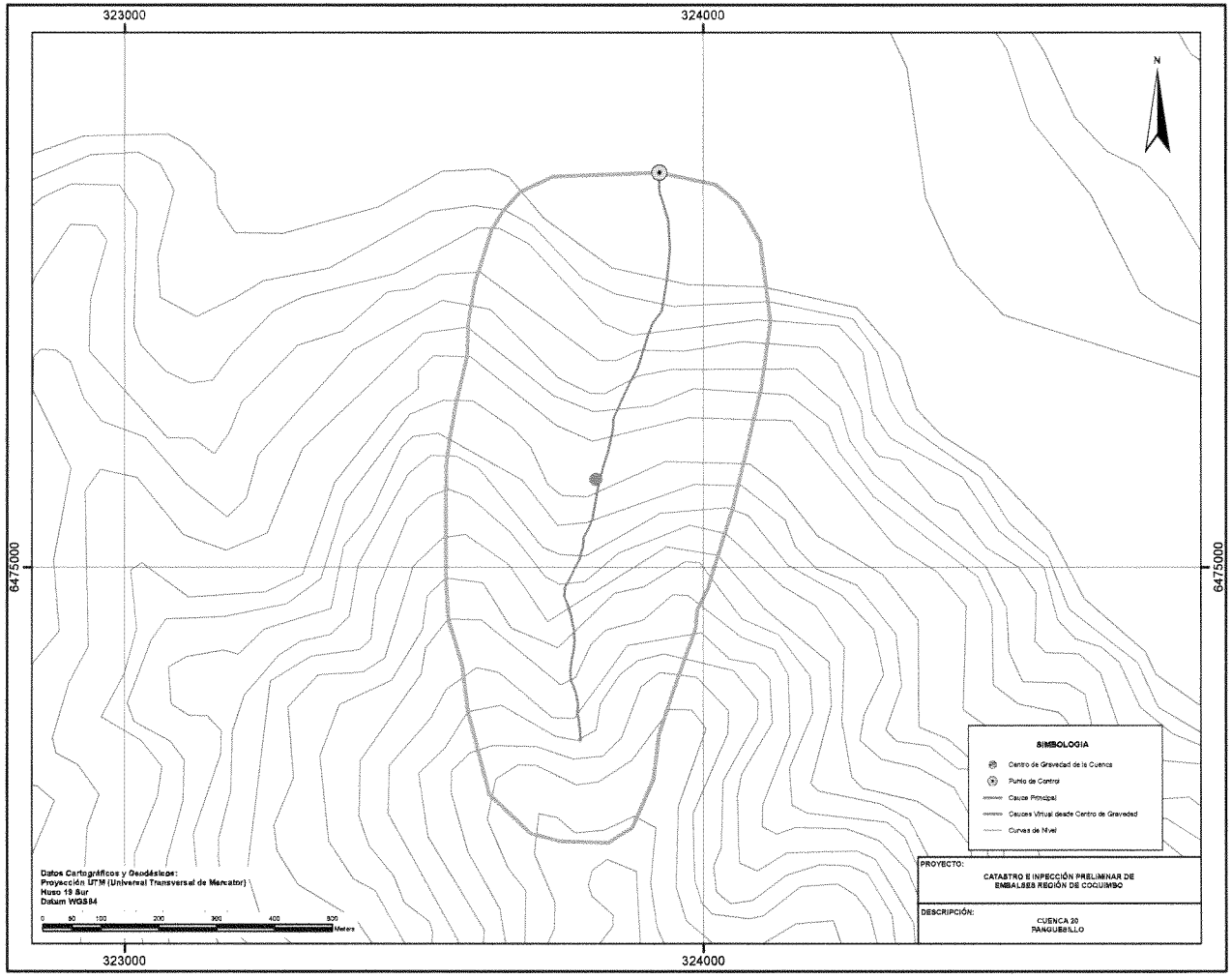


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 20.- PANGUESILLO

a) Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
20	PANGUESILLO	323.924	6.475.681	84 H19S	489.767	323.814	6.475.152	0,482051	450	1.024	559

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
20	PANGUESILLO	Kp	2	0,49	98	0,17	0,24	0,48	0,13	1,59	0,07	0,13	0,04
		Kp	5	0,49	98	0,17	0,60	0,78	0,50	1,59	0,16	0,21	0,14
		Kp	10	0,49	98	0,17	1,00	1,00	1,00	1,59	0,27	0,27	0,27
		Kp	20	0,49	98	0,17	1,61	1,77	1,49	1,59	0,44	0,48	0,41
		Kp	25	0,49	98	0,17	1,82	1,96	1,67	1,59	0,50	0,53	0,46
		Kp	50	0,49	98	0,17	2,61	3,03	2,33	1,59	0,71	0,83	0,64
		Kp	100	0,49	98	0,17	3,67	4,47	2,81	1,59	1,00	1,22	0,77

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
20	PANGUESILLO	IV.5	IV Choapa	2	0,49	98	0,527	52	0,200	0,330	0,066	0,03
		IV.5	IV Choapa	5	0,49	98	0,802	79	0,200	0,680	0,136	0,10
		IV.5	IV Choapa	10	0,49	98	1,000	98	0,200	1,000	0,200	0,19
		IV.5	IV Choapa	20	0,49	98	1,200	117	0,200	1,380	0,276	0,34
		IV.5	IV Choapa	25	0,49	98	1,229	120	0,200	1,540	0,308	0,39
		IV.5	IV Choapa	50	0,49	98	1,473	144	0,200	2,000	0,400	0,63
		IV.5	IV Choapa	100	0,49	98	1,689	165	0,200	2,560	0,512	0,95

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
20	PANGUESILLO	IV.5	IV Choapa	2	0,49	98	0,527	52	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	17,76	0,06
		IV.5	IV Choapa	5	0,49	98	0,802	79	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	27,03	0,20
		IV.5	IV Choapa	10	0,49	98	1,000	98	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	33,71	0,37
		IV.5	IV Choapa	20	0,49	98	1,200	117	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	40,45	0,61
		IV.5	IV Choapa	25	0,49	98	1,229	120	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	41,42	0,69
		IV.5	IV Choapa	50	0,49	98	1,473	144	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	49,65	1,08
		IV.5	IV Choapa	100	0,49	98	1,689	165	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	56,93	1,59

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
20	PANGUESILLO	2	0,07	0,03	0,06	0,05	0,07
		5	0,16	0,10	0,20	0,15	0,20
		10	0,27	0,19	0,37	0,28	0,37
		20	0,44	0,34	0,61	0,46	0,61
		25	0,50	0,39	0,69	0,53	0,69
		50	0,71	0,63	1,08	0,81	1,08
		100	1,00	0,95	1,59	1,18	1,59

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 2,7 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q(T= 250 años)= 3,92 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Panguesillo no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Panguesillo	5,70	2,50

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Panguesillo.

TALUDES EMBALSE PANGUESILLO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Panguesillo	Dx	5,30	Dx	5,30
	Dy	2,70	Dy	2,70

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Panguesillo	2,92	3,25	2,96	1,96	2,02

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Panguesillo	3,25	2,02

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Panguesillo no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Panguesillo, se tiene lo siguiente:

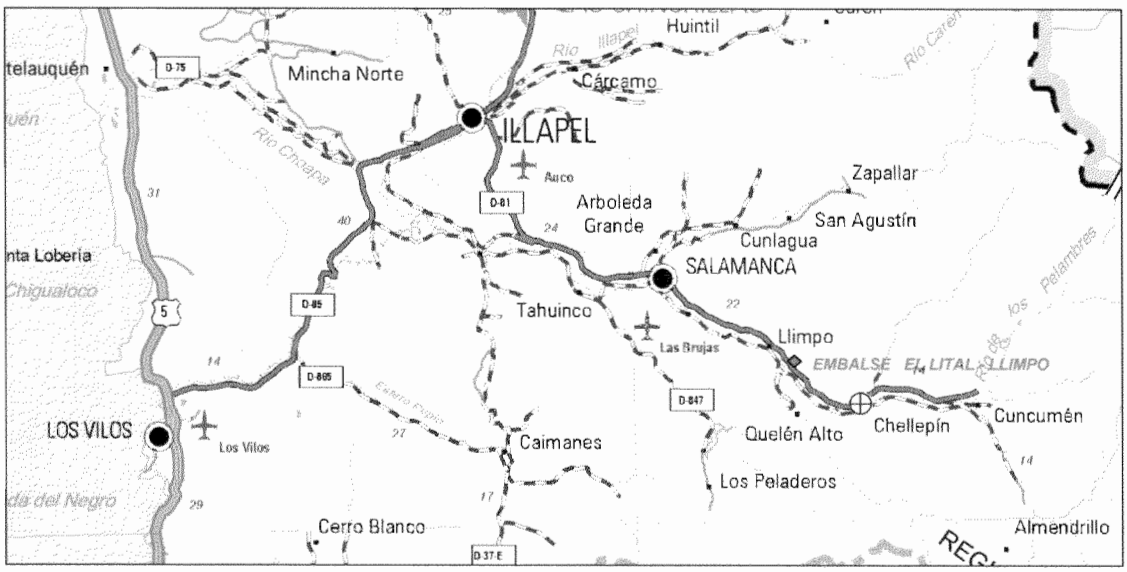
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
2,7	250	3,92	0,20	0,95	0,6	0,6	0,9	0,4	0,6	0,6	0,05	2,9%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,9 %

5.3.21 Embalse El Lital - Llimpo

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.471.939 E: 328.851 Datum: WGS 84
Altitud: 827 m.s.n.m



Acceso: En el sector de Llimpo, ruta D81 a 13 km de Salamanca. Fundo el Lital, Agrícola norte verde.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nº EXPEDIENTE

LLIMPO
FUNDO EL LITAL

Nº REGISTRO

CUENCA
CHOAPA

SUB - CUENCA

CODIGO

FUENTE

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
AGRICOLA NORTE VERDE

COORDENADAS UTM		
	N °	6.471.939
	E	328.851

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

DATUM						
	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	827

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,01
ALTURA DEL MURO (m)	8,50
ANCHO CORONAMIENTO (m)	3,00
LARGO CORONAMIENTO (m)	180,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	35	1,43	1
	EXTERNO	32	1,60	1

AÑO CONSTRUCCION	2000

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
BOMBEO RIEGO TECNIFICADO		5	100 L/S

AREA REGADA: 60 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR:TUBO 200 mm		5	20 L/S

EVACUADOR DE FONDO	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

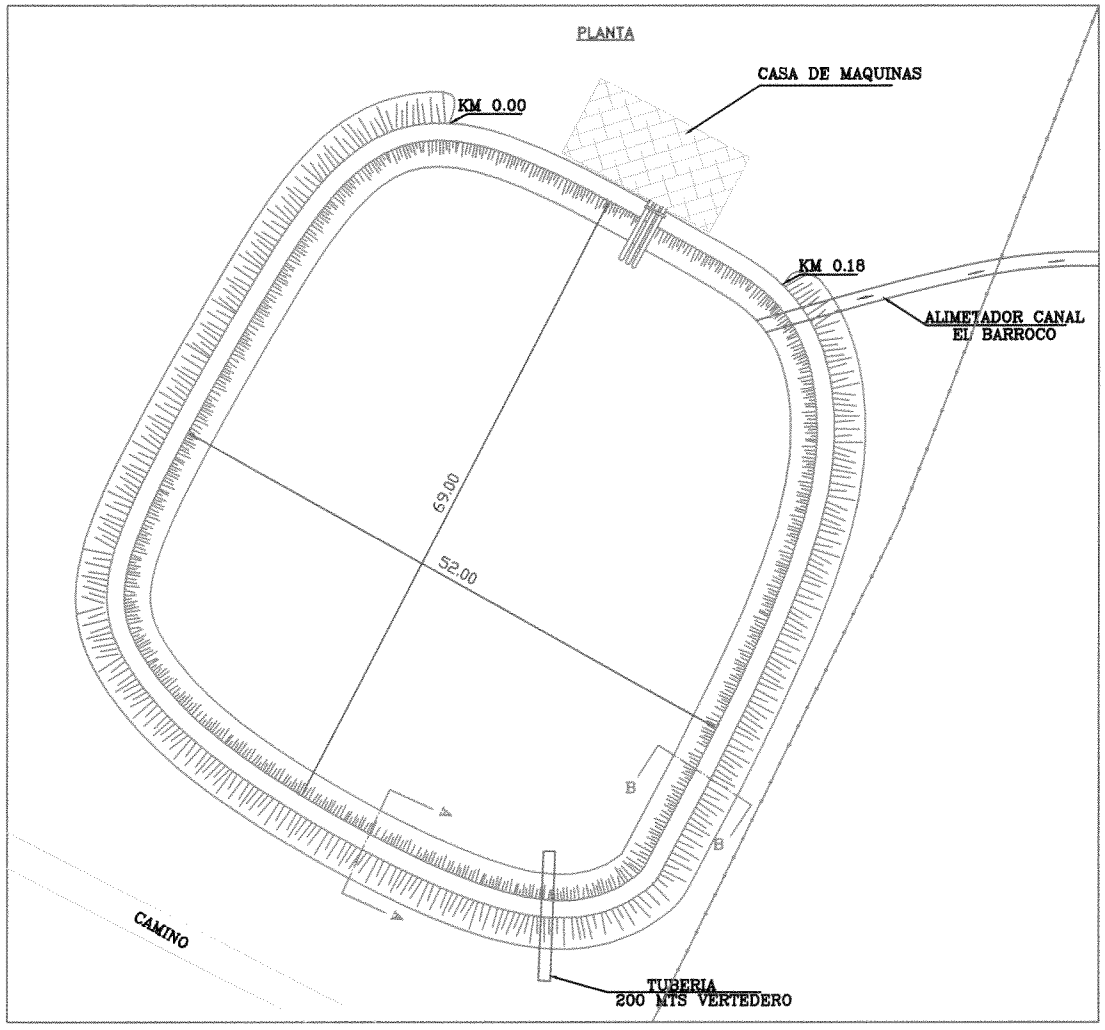
NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

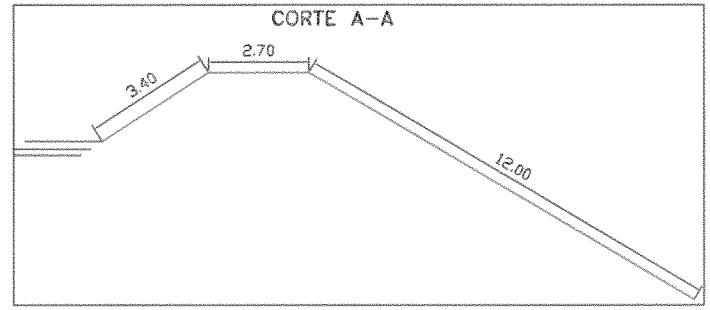
ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

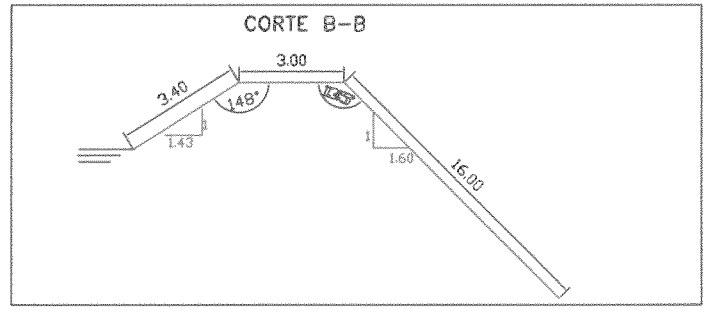
OBSERVACIONES: EMBALSE DESTINADO A SEGURIDAD DE RIEGO PARA SISTEMA TECNIFICADO. SE ABASTECE DEL CANAL EL BARRACO
EXISTEN DERECHOS EQUIVALENTES A 40 L/S. FUNDO DEDICADO A CITRICOS Y PALTOS.
AREA AFECTADA EN CASO DE FALLA, PLANTACIÓN DE CITRICOS Y PALTOS, UN GALPON INDUSTRIAL, RUTA D81 Y LUEGO VIERTE AL RIO.

ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN EN EL SECTOR DE LLIMPO, RUTA D81 A 13 KM DE SALAMANCA. FUNDO EL LITAL, AGRICOLA NORTE VERDE







"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE FUNDO EL LITAL – LLIMPO
COMUNA DE SALAMANCA
REGIÓN DE COQUIMBO
CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

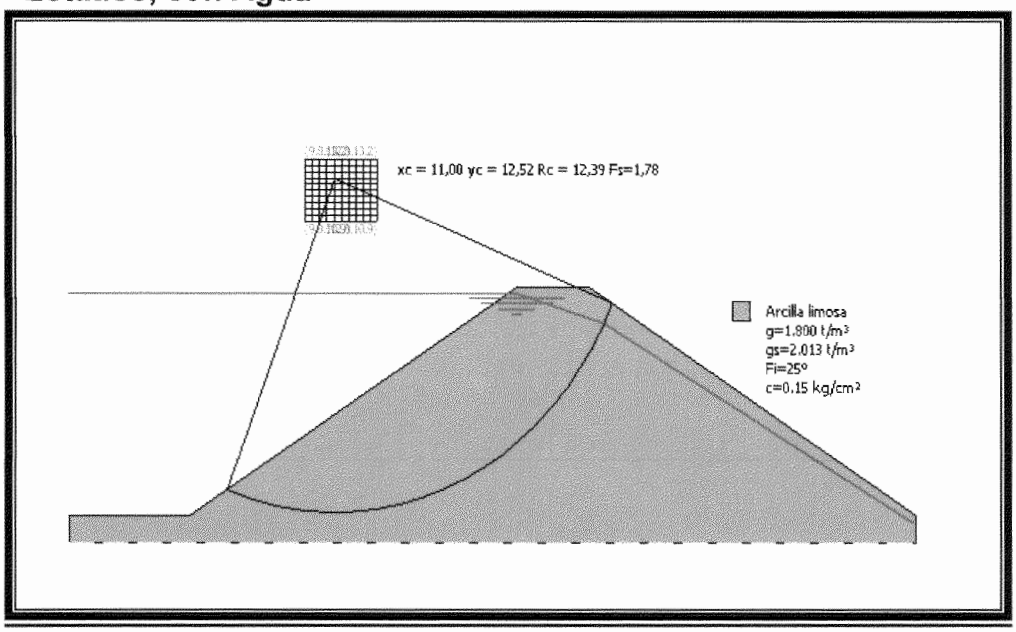
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

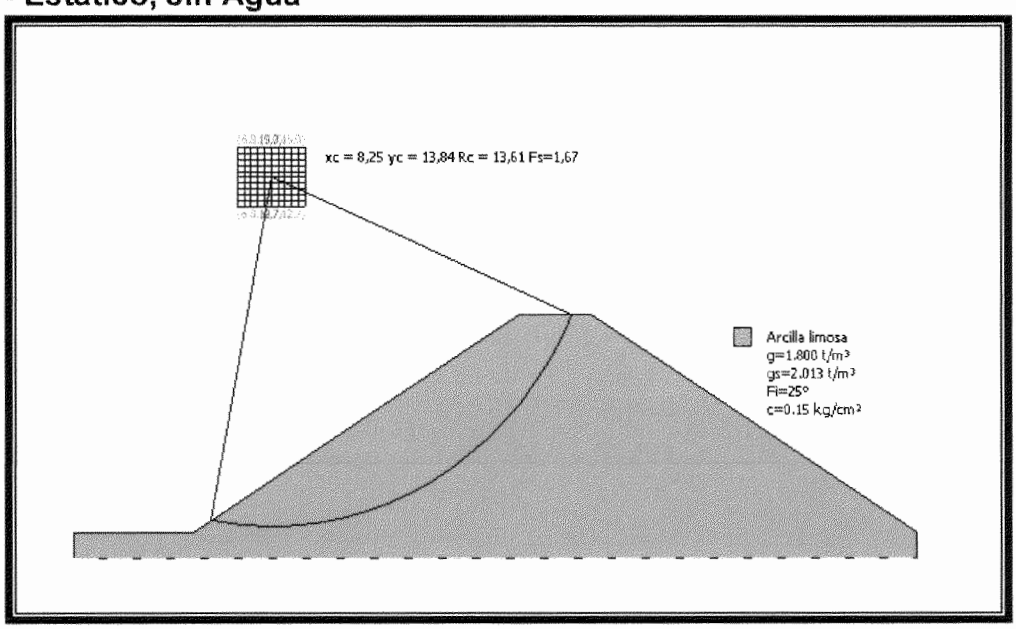
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

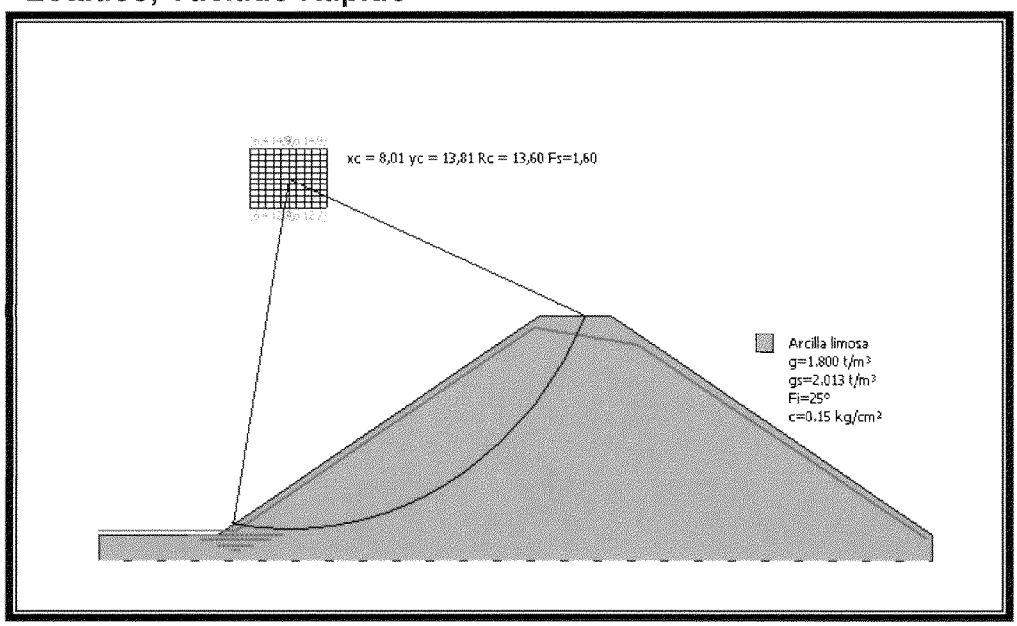
- Estático, con Agua



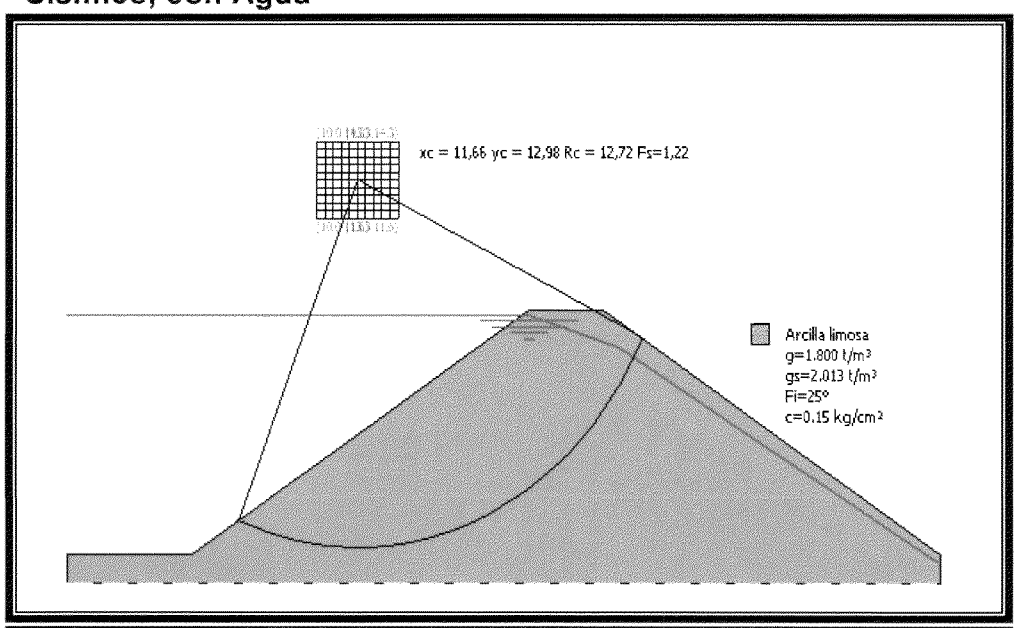
- Estático, sin Agua



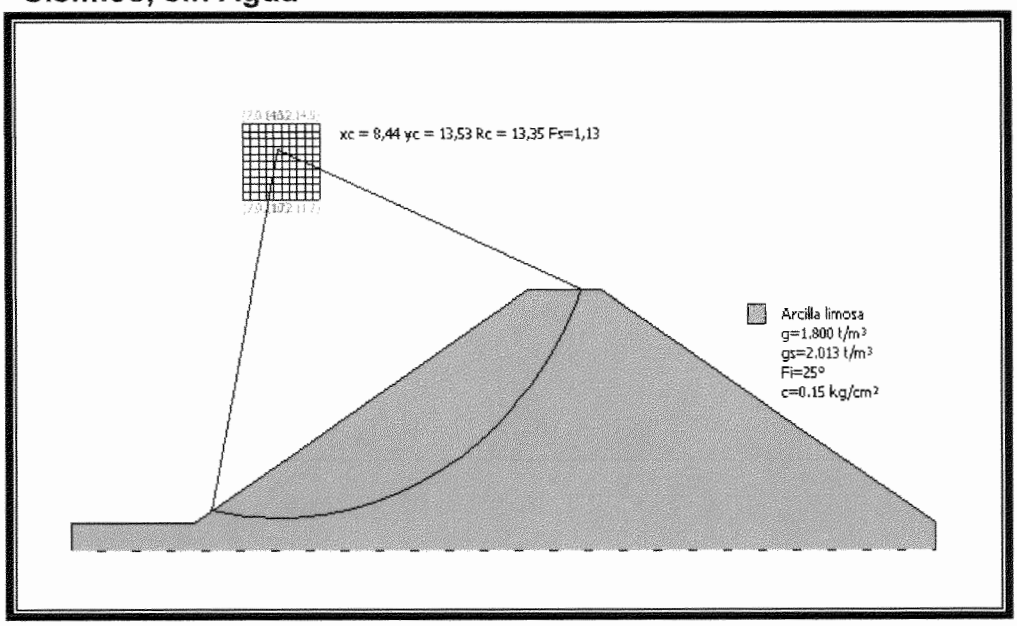
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

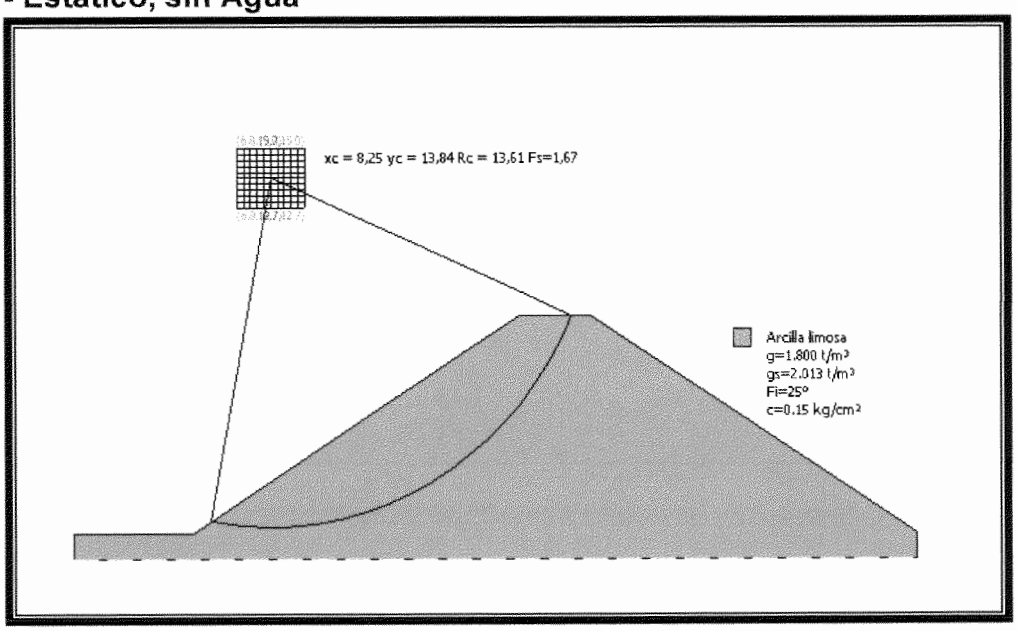


- Sísmico, sin Agua

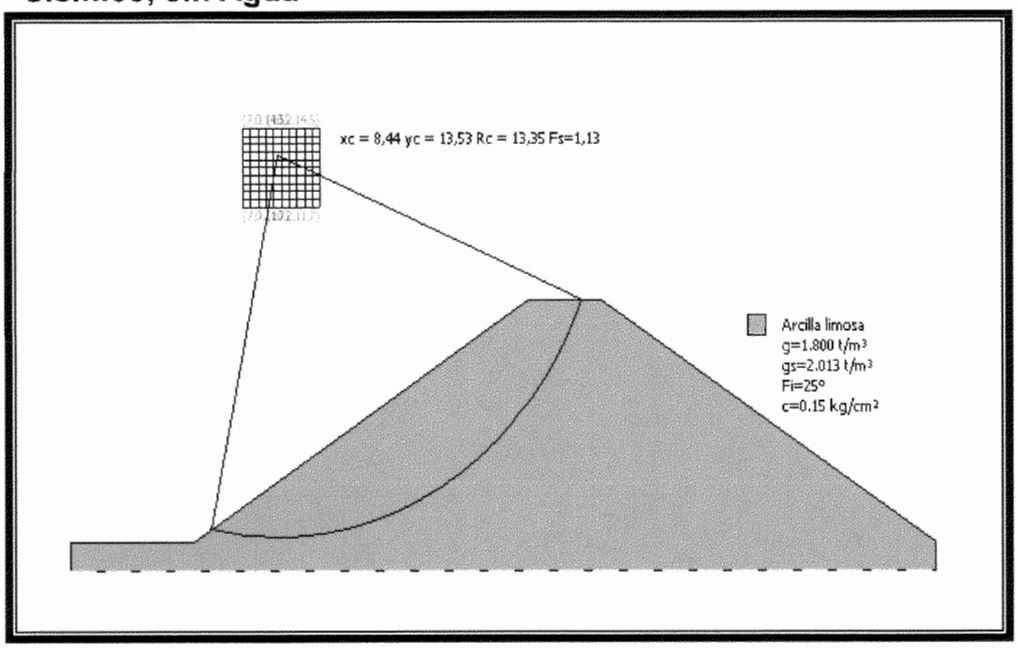


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

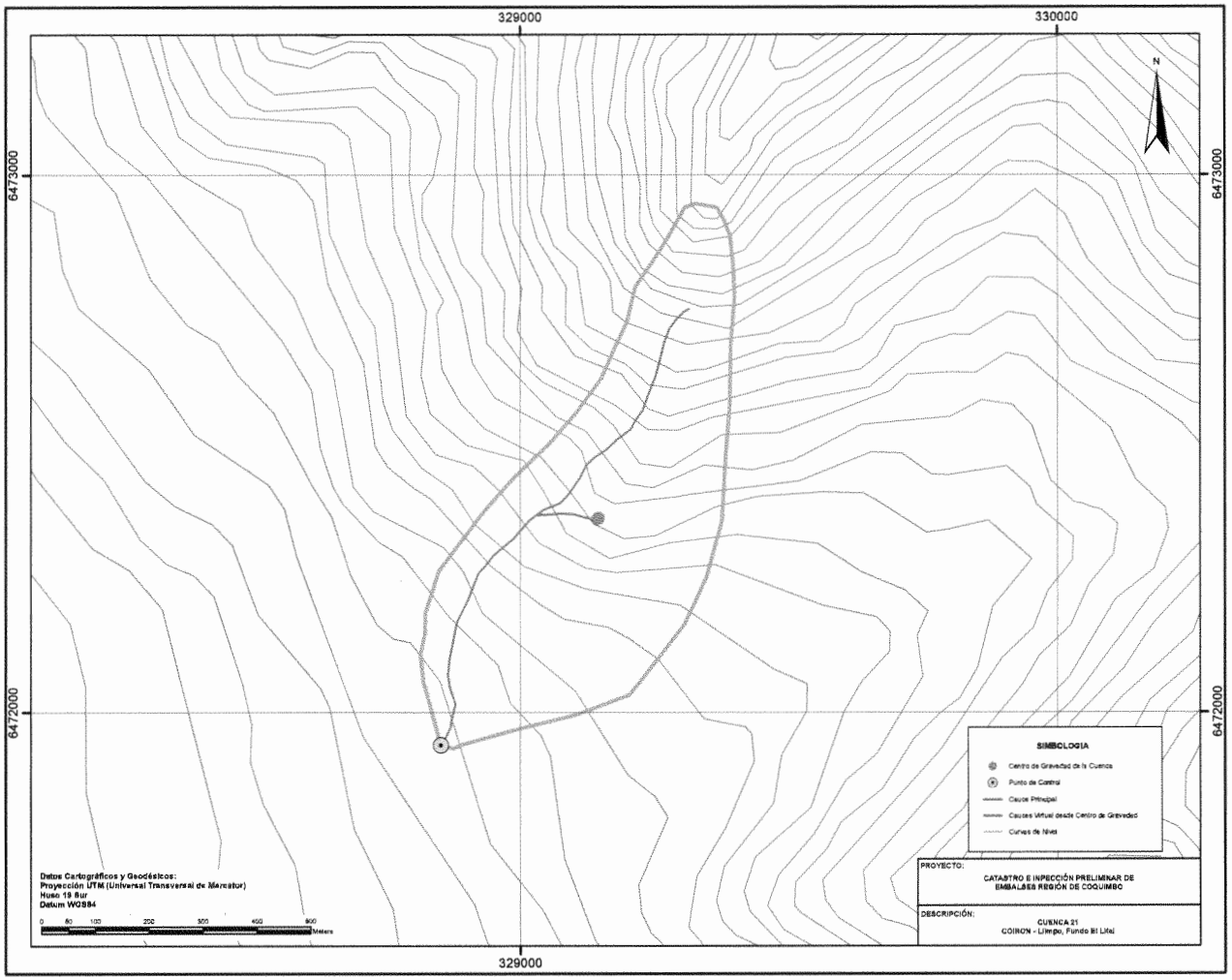


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 21.- COIRON - LLIMPO, FUNDO EL LITAL

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
21	COIRON - Llimpo, Fundo El Lital	328.851	6.471.939	84 H19S	317.841	329.145	6.472.361	0,504505	575	988	609

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
21	COIRON - Llimpo, Fundo El Lital	Kp	2	0,32	99	0,13	0,24	0,48	0,13	1,59	0,05	0,10	0,03
		Kp	5	0,32	99	0,13	0,60	0,78	0,50	1,59	0,12	0,16	0,10
		Kp	10	0,32	99	0,13	1,00	1,00	1,00	1,59	0,20	0,20	0,20
		Kp	20	0,32	99	0,13	1,61	1,77	1,49	1,59	0,33	0,36	0,30
		Kp	25	0,32	99	0,13	1,82	1,96	1,67	1,59	0,37	0,40	0,34
		Kp	50	0,32	99	0,13	2,61	3,03	2,33	1,59	0,53	0,61	0,47
		Kp	100	0,32	99	0,13	3,67	4,47	2,81	1,59	0,74	0,90	0,57

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
21	COIRON - Llimpo, Fundo El Lital	IV.6	IV Choapa	2	0,32	99	0,485	48	0,200	0,330	0,066	0,02
		IV.6	IV Choapa	5	0,32	99	0,780	77	0,200	0,680	0,136	0,07
		IV.6	IV Choapa	10	0,32	99	1,000	99	0,200	1,000	0,200	0,13
		IV.6	IV Choapa	20	0,32	99	1,218	121	0,200	1,380	0,276	0,24
		IV.6	IV Choapa	25	0,32	99	1,250	124	0,200	1,540	0,308	0,27
		IV.6	IV Choapa	50	0,32	99	1,517	150	0,200	2,000	0,400	0,45
		IV.6	IV Choapa	100	0,32	99	1,753	174	0,200	2,560	0,512	0,69

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
21	COIRON - Llimpo, Fundo El Lital	IV.6	IV Choapa	2	0,32	99	0,485	48	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	16,53	0,04
		IV.6	IV Choapa	5	0,32	99	0,780	77	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	26,59	0,13
		IV.6	IV Choapa	10	0,32	99	1,000	99	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	34,08	0,24
		IV.6	IV Choapa	20	0,32	99	1,218	121	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	41,51	0,40
		IV.6	IV Choapa	25	0,32	99	1,250	124	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	42,61	0,46
		IV.6	IV Choapa	50	0,32	99	1,517	150	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	51,71	0,73
		IV.6	IV Choapa	100	0,32	99	1,753	174	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	59,75	1,08

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
21	COIRON - LLIMPO, FUNDO EL LITAL	2	0,05	0,02	0,04	0,04	0,05
		5	0,12	0,07	0,13	0,11	0,13
		10	0,20	0,13	0,24	0,19	0,24
		20	0,33	0,24	0,40	0,32	0,40
		25	0,37	0,27	0,46	0,37	0,46
		50	0,53	0,45	0,73	0,57	0,73
		100	0,74	0,69	1,08	0,84	1,08

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 8,5 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 2,59 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Llimpo no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Llimpo	11,05	10,00

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse LLimpo.

TALUDES EMBALSE LLIMPO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Llimpo	Dx	13,57	Dx	13,57
	Dy	8,48	Dy	8,48

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Llimpo	1,78	1,67	1,60	1,22	1,13

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Llimpo	1,67	1,13

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Llimpo no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Llimpo, se tiene lo siguiente:

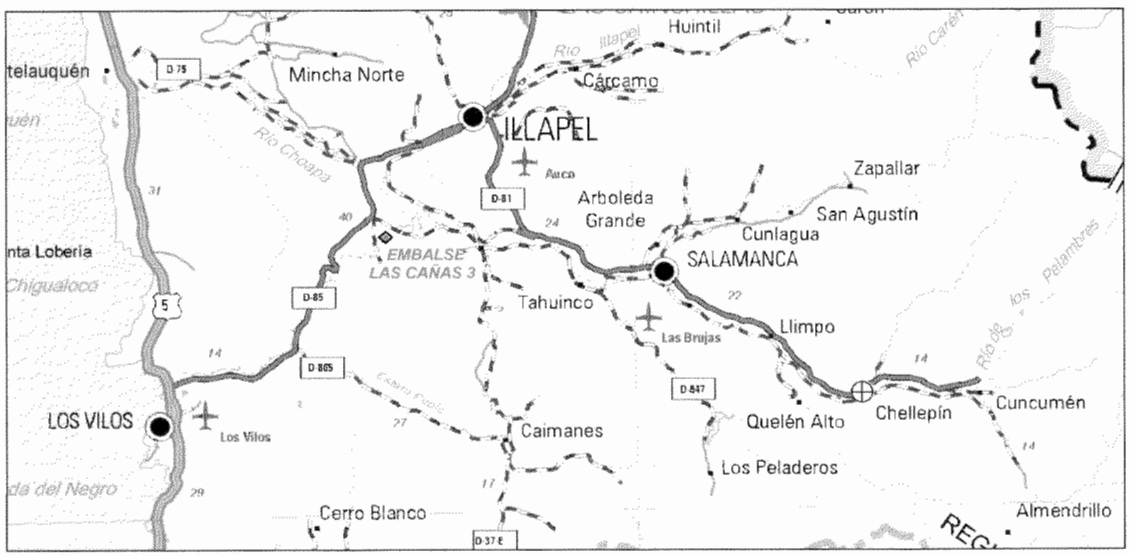
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
8,5	250	2,59	0,02	0,95	0,6	0,8	0,7	0,5	0,5	0,5	0,05	2,3%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,3 %

5.3.22 Embalse Las Cañas 3

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.487.795 E: 285.467 Datum: WGS 84
Altitud: 313 m.s.n.m



Acceso: Desde Las Cañas hacia el poniente 1 km. A Las Cañas se llega por la ruta desde Salamanca a Choapa, al poniente desde Salamanca.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE TROPEZÓN	
LAS CAÑAS N°3	
CUENCA	
CHOAPA	
SUB - CUENCA	
FUENTE	
CANAL BUZETA	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
JUNTA DE VIGILANCIA DEL RIO CHOAPA	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N °	6.487.795
	E	285.467

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	313

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,06
ALTURA DEL MURO (m)		9,20
ANCHO CORONAMIENTO (m)		5,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		100,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

		x	y
TALUD MURO (°) (°)	INTERNO	1,60	1
	EXTERNO	1,00	1

AÑO CONSTRUCCION	1993

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	1 M3/S
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

AREA REGADA: 15 Ha

ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	1 M3/S

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

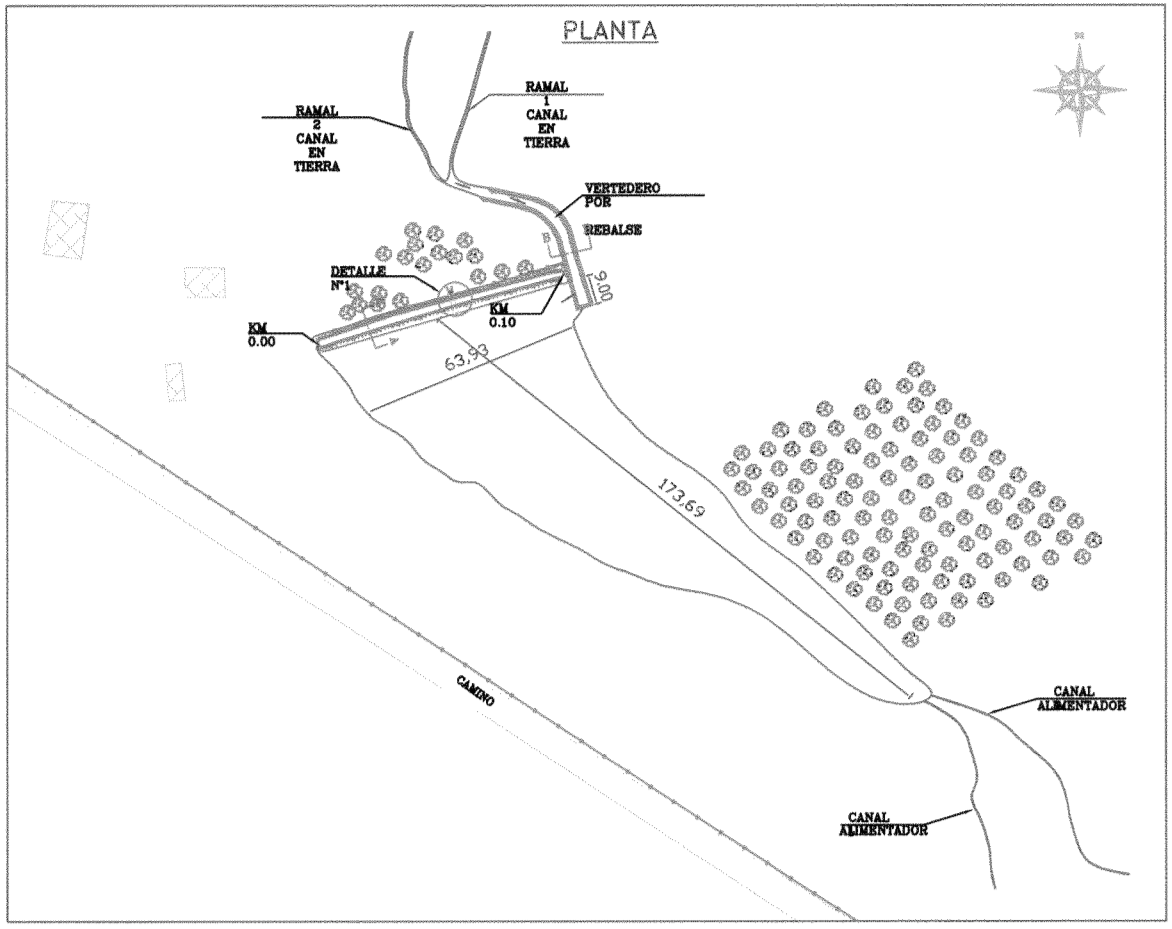
NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

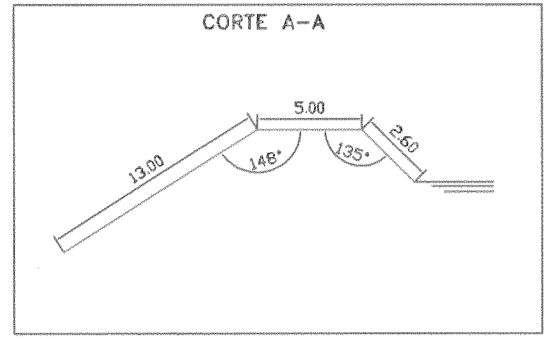
ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

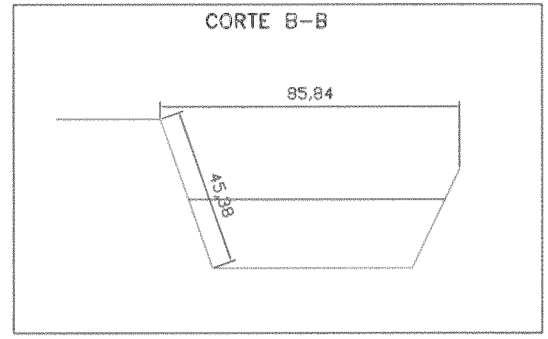
OBSERVACIONES: EMBALSE EN FUNCIONAMIENTO, SE ABASTECE DE CANAL BUZETA. PARA ENTREGA DE AGUAS FUNCIONA A TRAVÉS DE VERTEDERO. VÁLVULA DE SALIDA EN MAL ESTADO.
VERTEDERO EN MAMPOSTERÍA. ESTE EMBALSE ENTREGA AGUA SOLO CUANDO LLEGA A LA COTA DE VERTEDERO, SE SUGIERE REPARAR LA VÁLVULA DE SALIDA.
EN CASO DE FALLA LAS AGUAS SE DERIVAN POR UNA QUEBRADA SIN AFECTAR POBLACIÓN, SOLO PRADERAS.
PRESENTA EMBANQUES Y EXCESO DE VEGETACIÓN EN EL MURO.

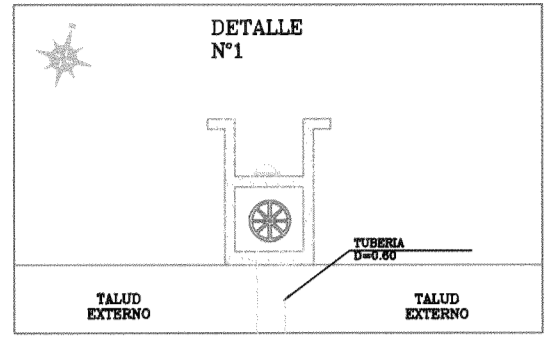
ESTADO GENERAL: REGULAR

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: DESDE LAS CAÑAS HACIA EL PONIENTE 1 KM. A LAS CAÑAS SE LLEGA POR LA RUTA DESDE SALAMANCA A CHOAPA, AL PONIENTE DESDE SALAMANCA.









"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LAS CAÑAS 3–TROPEZON

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

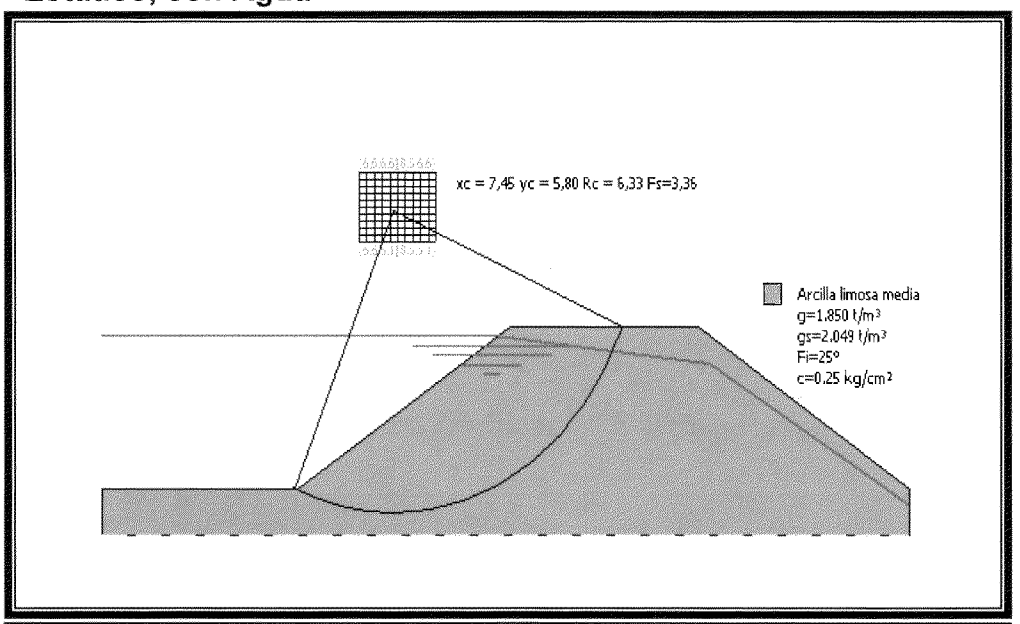
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

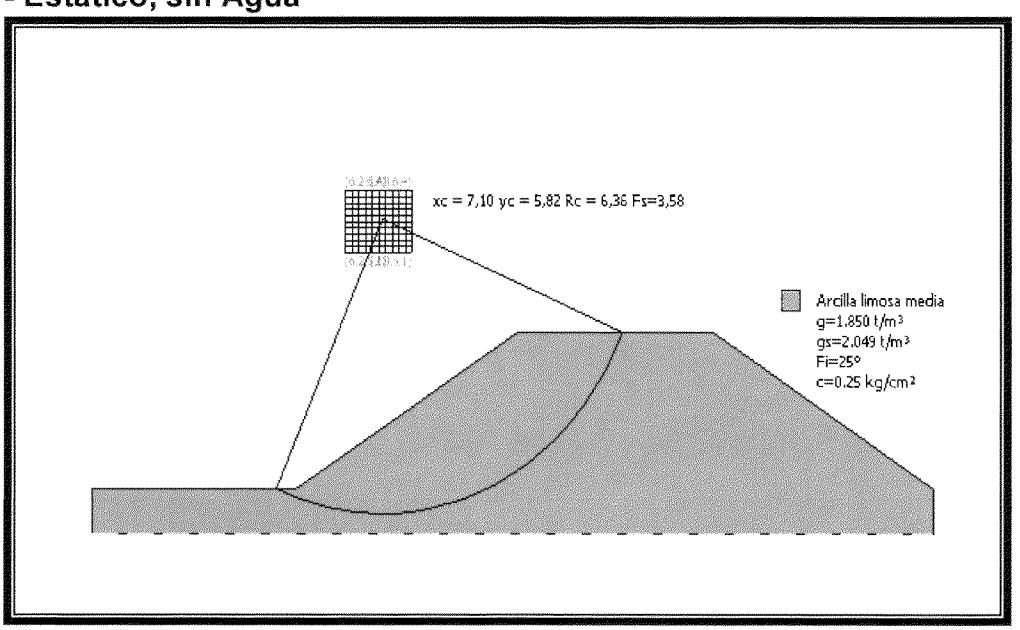
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

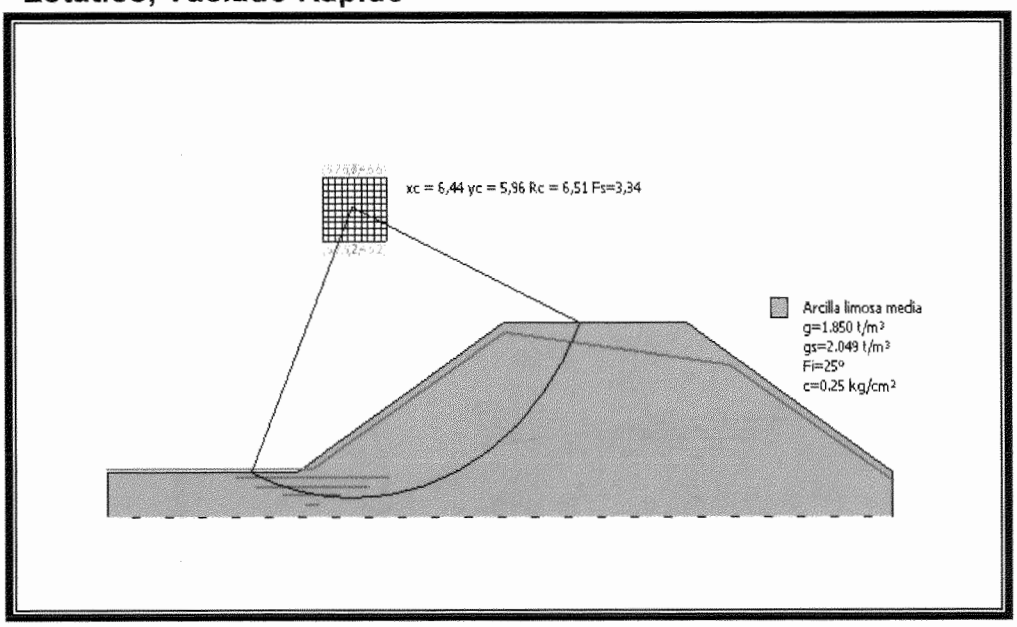
- Estático, con Agua



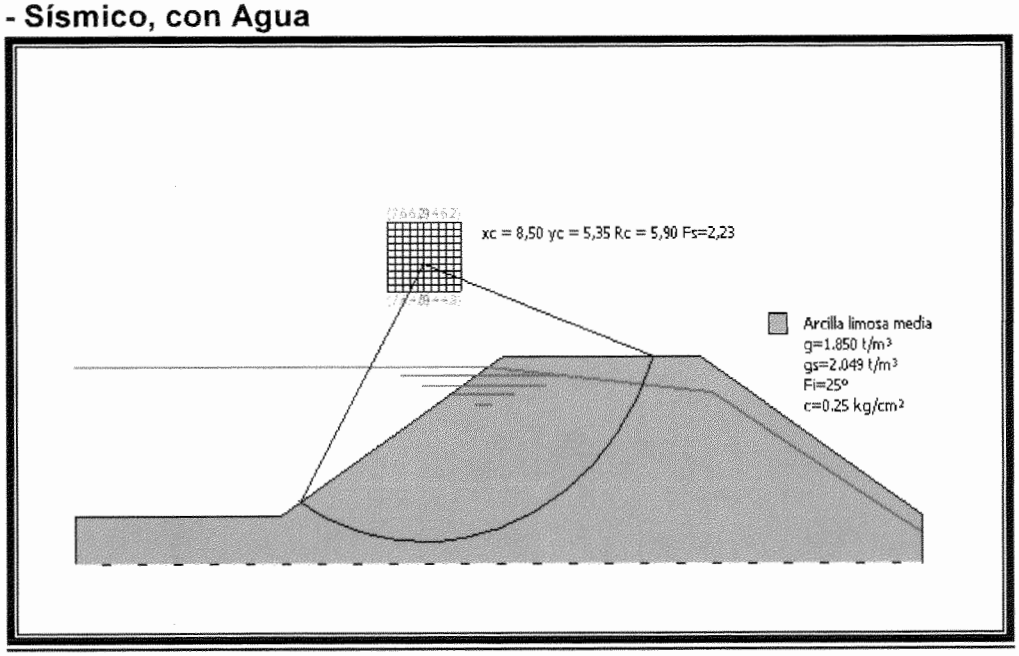
- Estático, sin Agua



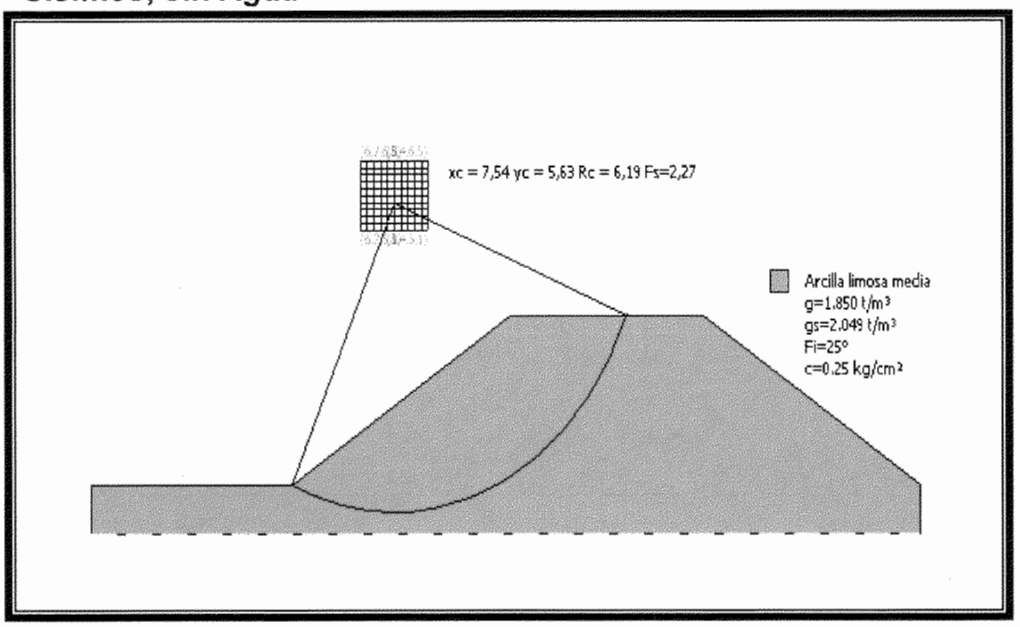
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

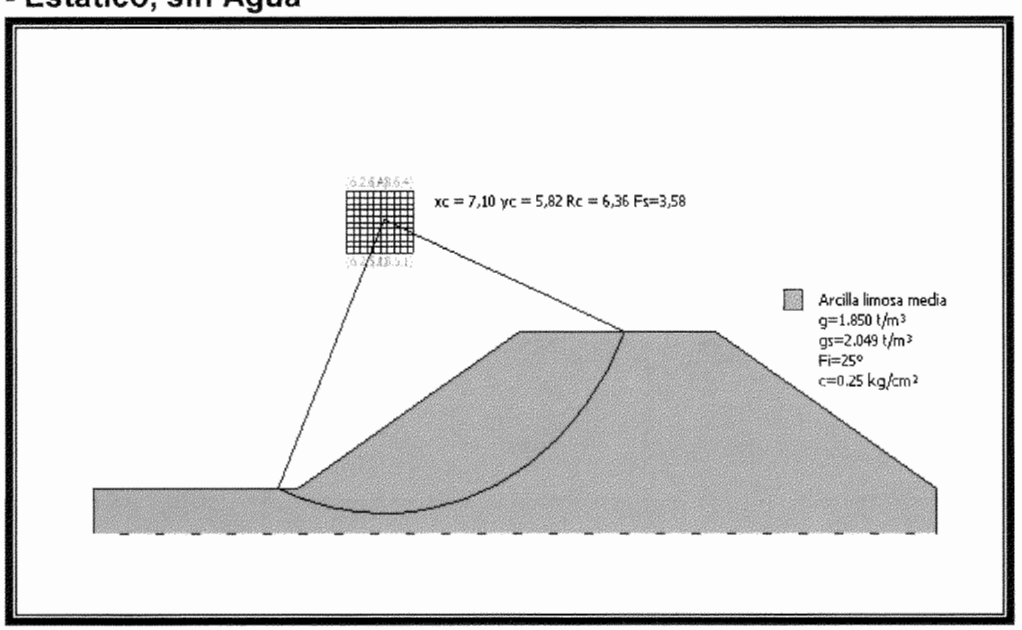


- Sísmico, sin Agua

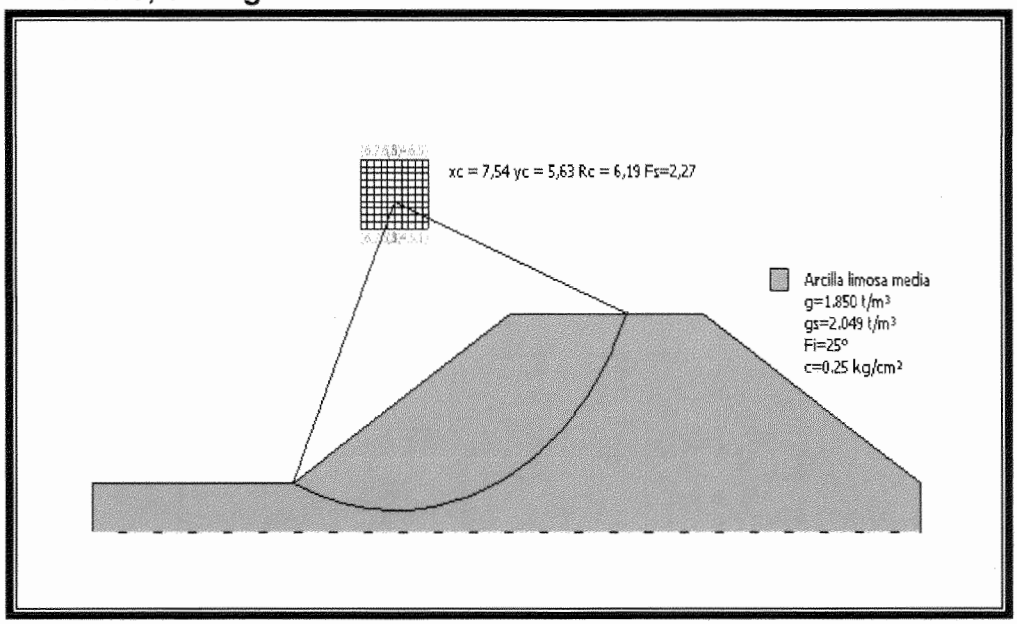


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

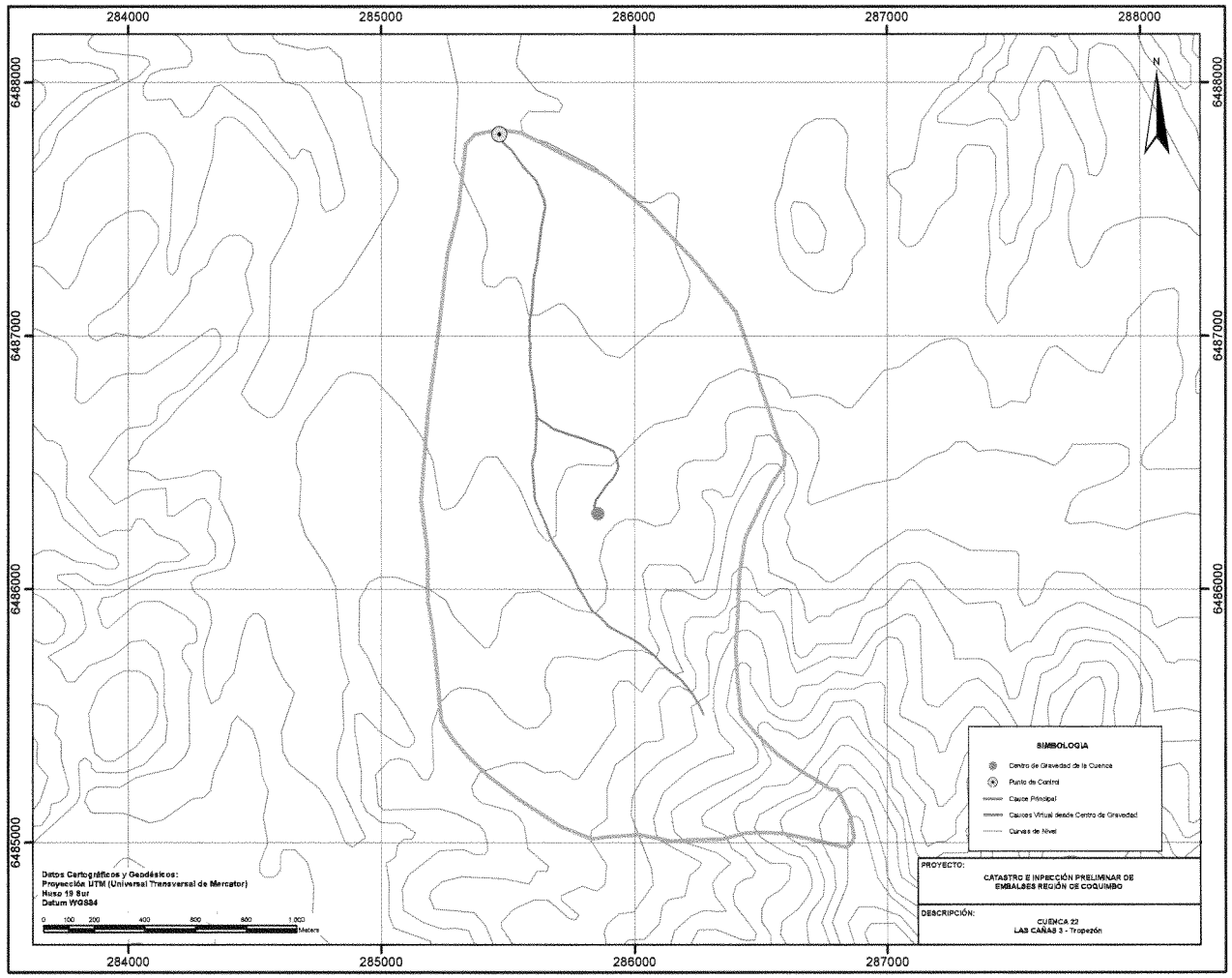


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio de crecidas se presentan a continuación.

CUENCA 22.- LAS CAÑAS N° 3 – TROPEZÓN

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
22	LAS CAÑAS N° 3 - Tropezón	285.467	6.487.795	84 H19S	3.159.817	285.854	6.486.298	0,163163	350	2.616	1.800

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
22	LAS CAÑAS N° 3 – Tropezón	Kp	2	3,16	76	0,33	0,24	0,48	0,13	1,59	0,13	0,25	0,07
		Kp	5	3,16	76	0,33	0,60	0,78	0,50	1,59	0,32	0,41	0,26
		Kp	10	3,16	76	0,33	1,00	1,00	1,00	1,59	0,53	0,53	0,53
		Kp	20	3,16	76	0,33	1,61	1,77	1,49	1,59	0,85	0,93	0,78
		Kp	25	3,16	76	0,33	1,82	1,96	1,67	1,59	0,96	1,03	0,88
		Kp	50	3,16	76	0,33	2,61	3,03	2,33	1,59	1,37	1,59	1,22
		Kp	100	3,16	76	0,33	3,67	4,47	2,81	1,59	1,93	2,35	1,48

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
22	LAS CAÑAS N° 3 - Tropezón	IV.5	IV Choapa	2	3,16	76	0,527	40	0,200	0,330	0,066	0,11
		IV.5	IV Choapa	5	3,16	76	0,802	61	0,200	0,680	0,136	0,38
		IV.5	IV Choapa	10	3,16	76	1,000	76	0,200	1,000	0,200	0,73
		IV.5	IV Choapa	20	3,16	76	1,200	91	0,200	1,380	0,276	1,26
		IV.5	IV Choapa	25	3,16	76	1,229	93	0,200	1,540	0,308	1,45
		IV.5	IV Choapa	50	3,16	76	1,473	112	0,200	2,000	0,400	2,36
		IV.5	IV Choapa	100	3,16	76	1,689	128	0,200	2,560	0,512	3,58

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
22	LAS CAÑAS N° 3 - Tropezón	IV.5	IV Choapa	2	3,16	76	0,527	40	0,080	0,330	0,026	0,49	0,12	9,81	0,23
		IV.5	IV Choapa	5	3,16	76	0,802	61	0,080	0,680	0,054	0,49	0,12	14,93	0,71
		IV.5	IV Choapa	10	3,16	76	1,000	76	0,080	1,000	0,080	0,49	0,12	18,61	1,31
		IV.5	IV Choapa	20	3,16	76	1,200	91	0,080	1,380	0,110	0,49	0,12	22,34	2,16
		IV.5	IV Choapa	25	3,16	76	1,229	93	0,080	1,540	0,123	0,49	0,12	22,88	2,47
		IV.5	IV Choapa	50	3,16	76	1,473	112	0,080	2,000	0,160	0,49	0,12	27,42	3,85
		IV.5	IV Choapa	100	3,16	76	1,689	128	0,080	2,560	0,205	0,49	0,12	31,44	5,65

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
22	LAS CAÑAS N° 3 - TROPEZÓN	2	0,13	0,11	0,23	0,15	0,23
		5	0,32	0,38	0,71	0,47	0,71
		10	0,53	0,73	1,31	0,85	1,31
		20	0,85	1,26	2,16	1,42	2,16
		25	0,96	1,45	2,47	1,63	2,47
		50	1,37	2,36	3,85	2,53	3,85
		100	1,93	3,58	5,65	3,72	5,65

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 9,2 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 14,39 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Las Cañas 3 no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Las Cañas N° 3	6,20	4,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Las Cañas 3.

TALUDES EMBALSE LAS CAÑAS 3

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Las Cañas N° 3	Dx	5,40	Dx	5,40
	Dy	3,38	Dy	3,38

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Las Cañas Nº 3	3,36	3,58	3,34	2,23	2,27

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Las Cañas Nº 3	3,58	2,27

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Las Cañas 3 no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Las Cañas 3, se tiene lo siguiente:

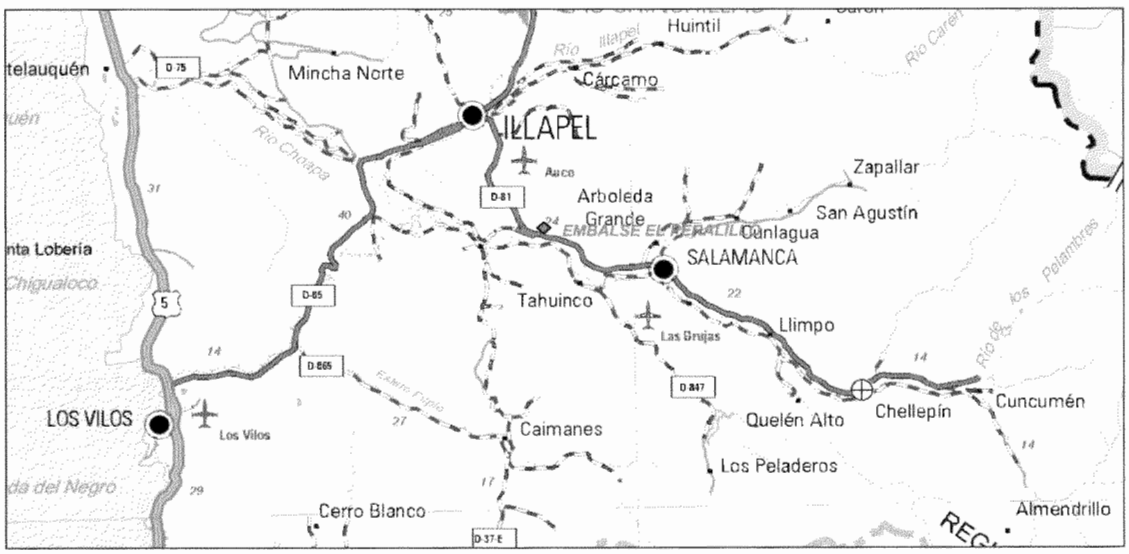
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
9,2	250	14,39	1,00	0,95	0,6	0,8	0,9	0,5	0,5	0,5	0,40	18,8%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 18,8 %

5.3.23 Embalse Peralillo

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.487.303 E: 299.682 Datum: WGS 84
Altitud: 419 m.s.n.m



Acceso: Sector de Peralillo, ruta D81 km. 15, después de cuesta Los Cristales (en sentido hacia Salamanca). Hacia el norte 300 m.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE PERALILLO
AGROSERVICIOS CALLE LARGA

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
CHOAPA

SUB - CUENCA

CODIGO

FUENTE
CANAL EL BOLDO
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
AGROSERVICIOS CALLE LARGA

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

COORDENADAS UTM		
	N °	6.487.303
	E	299.682

DATUM						
	W	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	419,0

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,02
ALTURA DEL MURO (m)		4,10
ANCHO CORONAMIENTO (m)		3,50
LARGO CORONAMIENTO (m)		120,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	37	1,33	1
	EXTERNO	37	1,33	1

AÑO CONSTRUCCION	2003

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1		
CON SALIDA AL CANAL		2		
TUBERIA FORZADA	X	3	30	L/S
SIFON		4		
OTRO SISTEMA		5		

AREA REGADA: 10 Ha

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	0,6	
VERT. POZO O BOCINA	2		
VERT. DE ALCANTARIL	3		
VERT. DE SIFON	4		
OTR: FRONTAL	5		

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

POTENCIA GENERADA

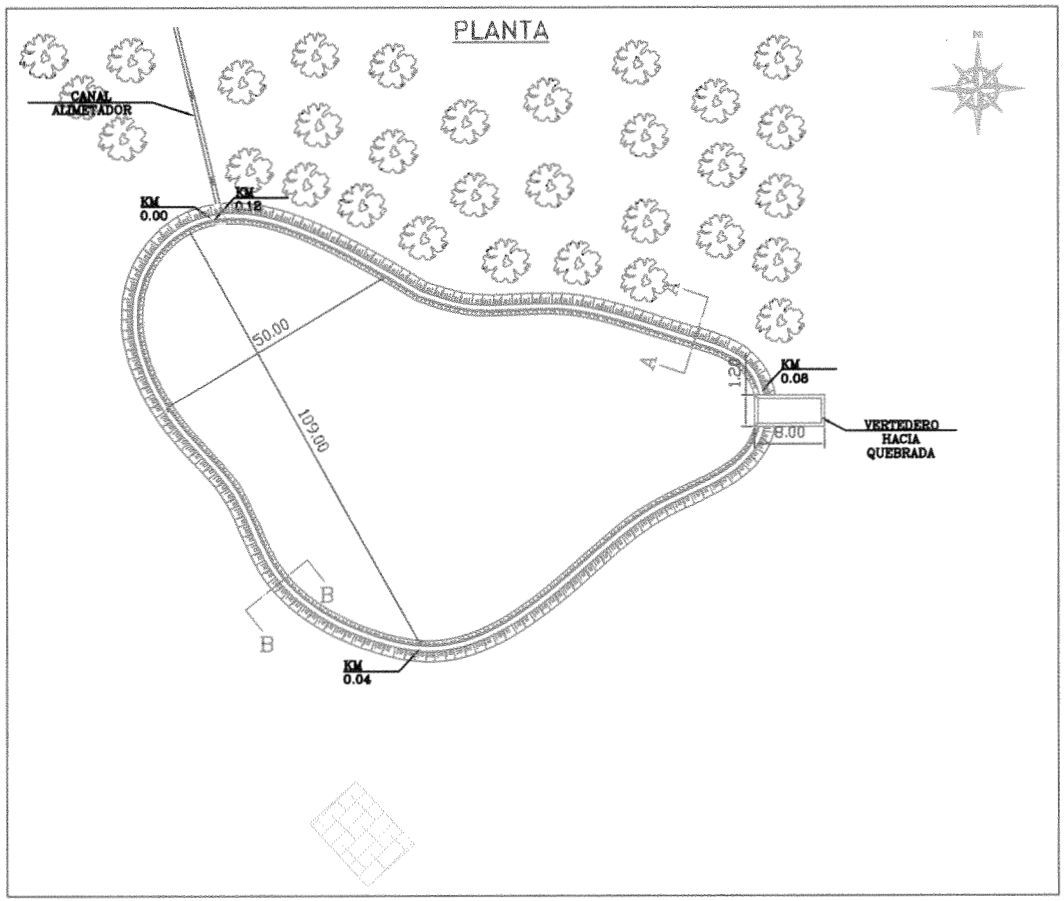
NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

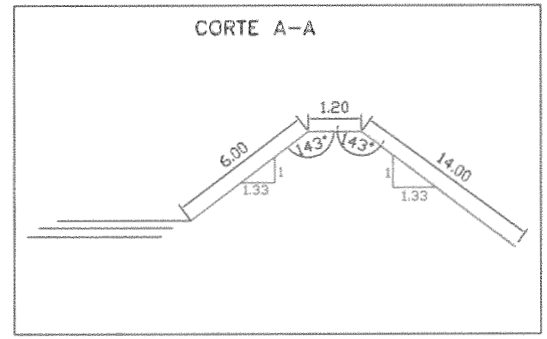
ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

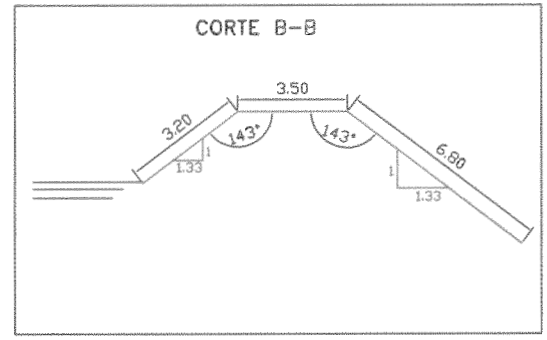
OBSERVACIONES: EMBALSE DESTINADO A DAR SEGURIDAD DE RIEGO A PARCELA DE CÍTRICOS.
ESTADO GENERAL BUENO, ALGO DE VEGETACIÓN EN MURO NORTE.

ESTADO GENERAL: BUENO, EN FUNCIONAMIENTO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: SECTOR DE PERALILLO, RUTA D 81 KM 15, DESPUÉS DE CUESTA LOS CRISTALES (EN SENTIDO HACIA SALAMANCA).
HACIA EL NORTE 300 M.







"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE PERALILLO

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

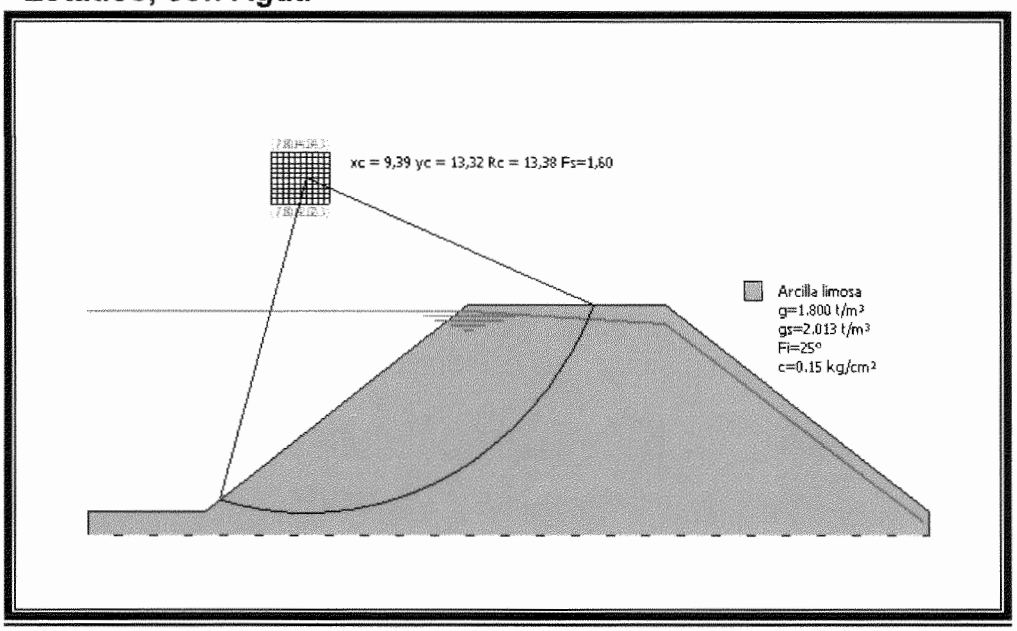
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

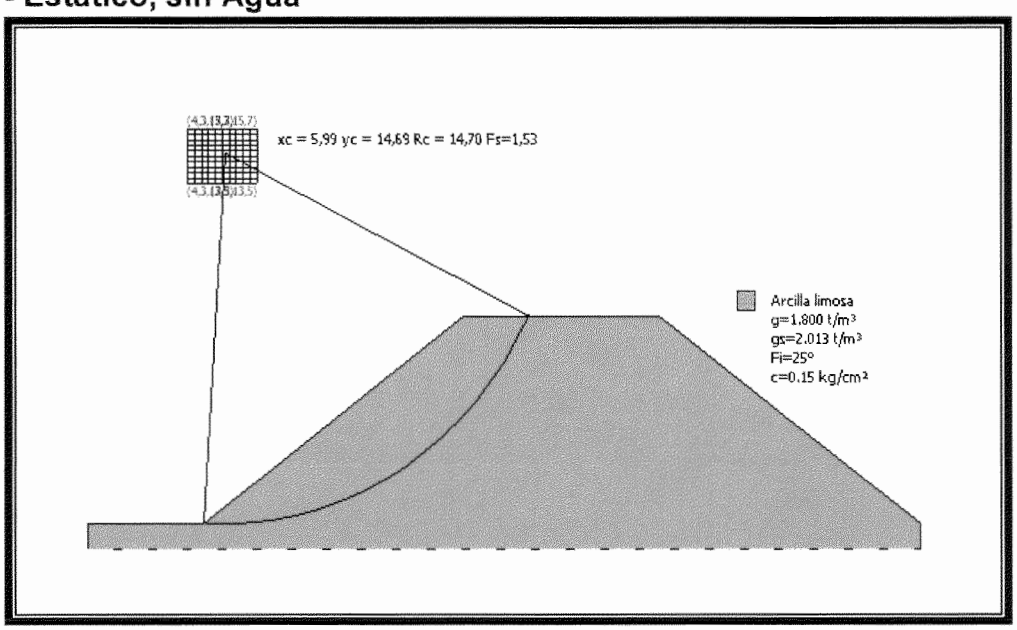
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

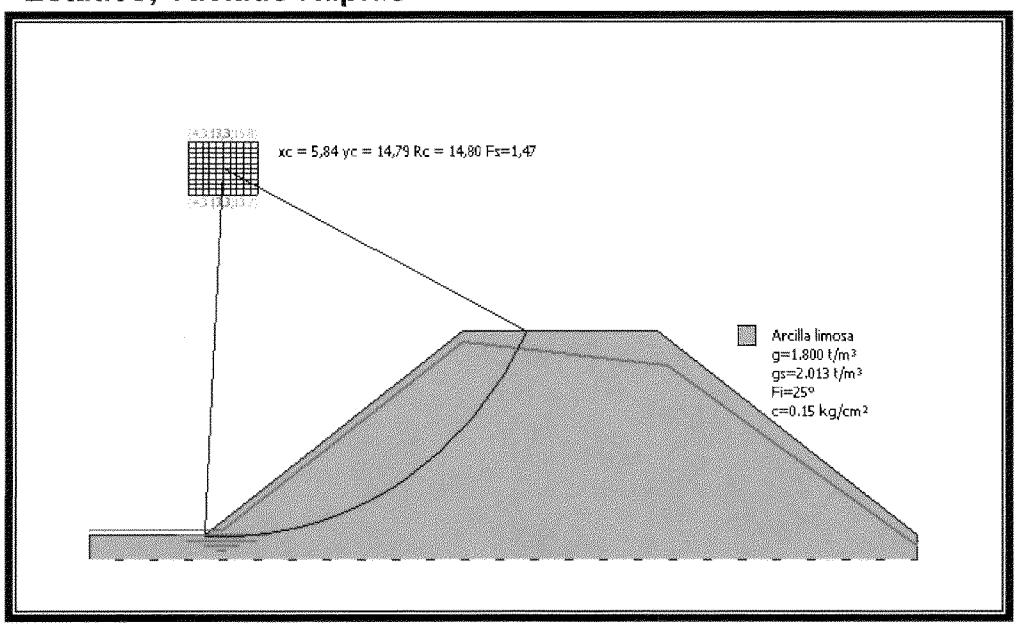
- Estático, con Agua



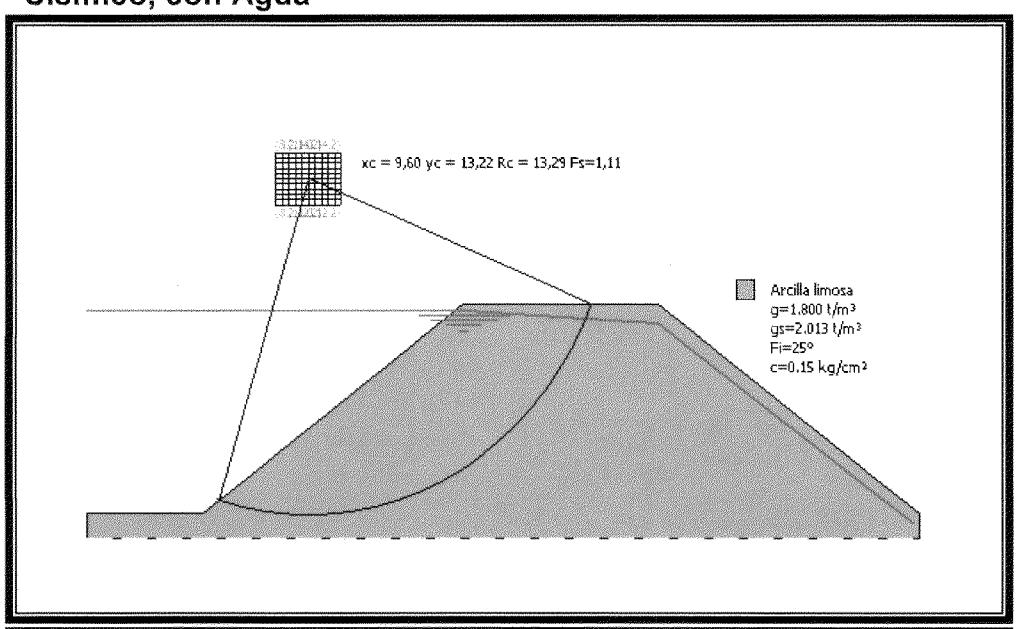
- Estático, sin Agua



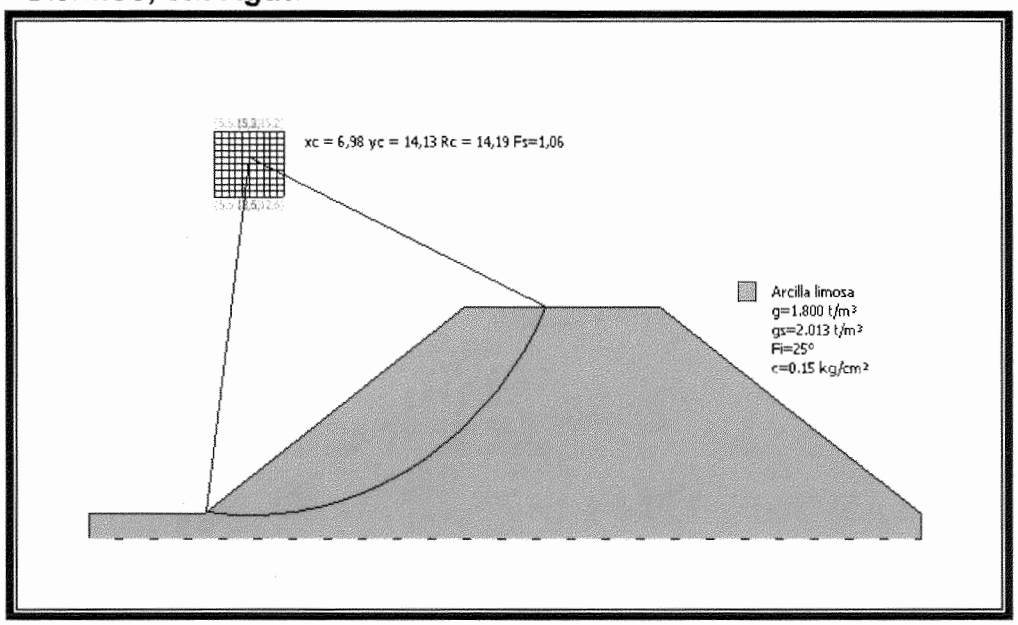
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

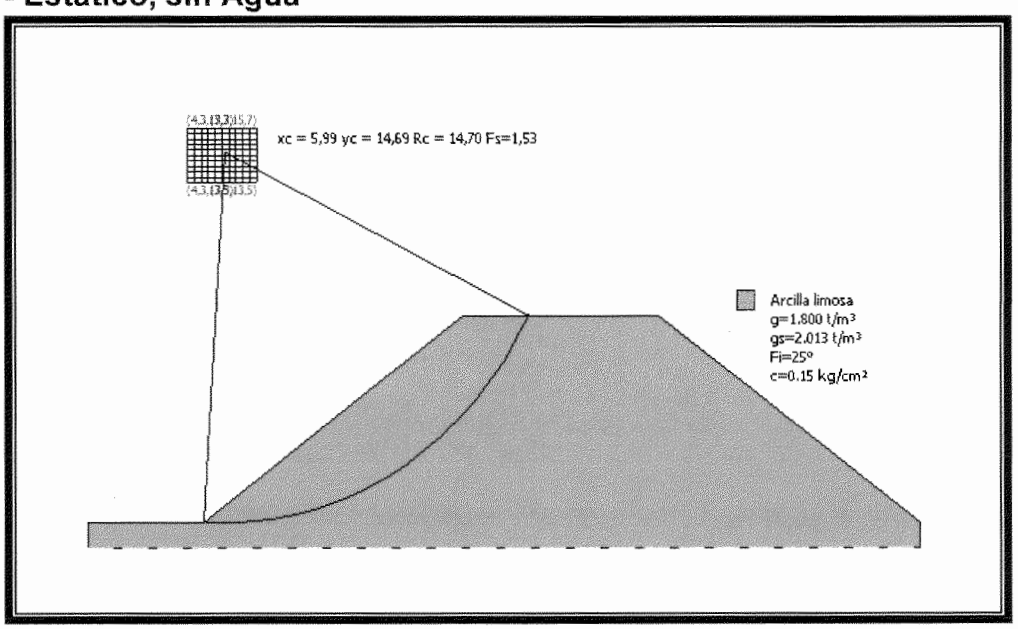


- Sísmico, sin Agua

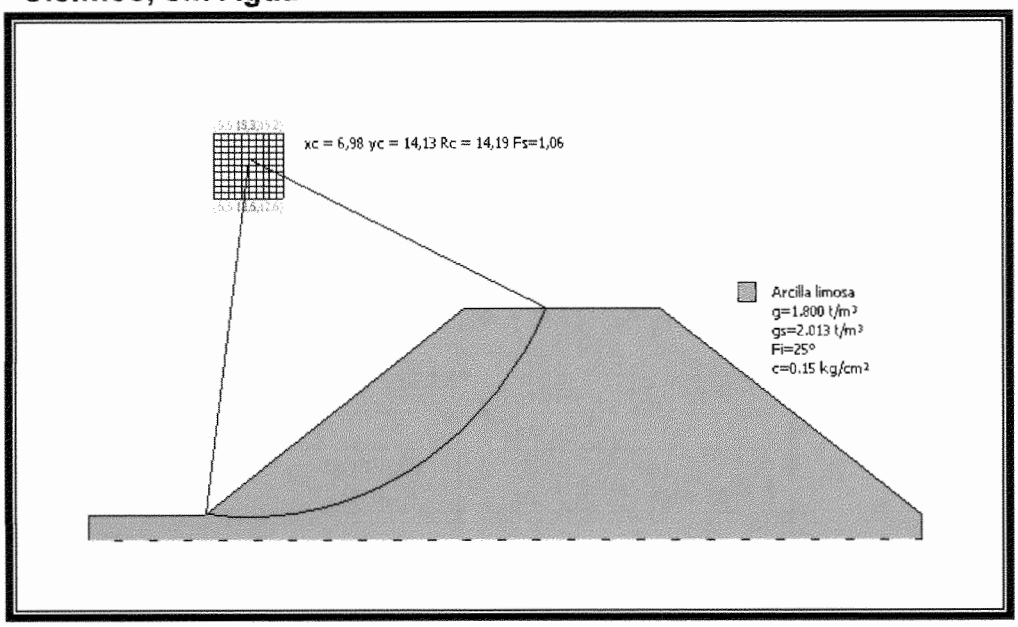


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse Peralillo no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Peralillo no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Peralillo	11,39	9,20

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Peralillo.

TALUDES EMBALSE PERALILLO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Peralillo	Dx	11,33	Dx	11,33
	Dy	8,23	Dy	8,23

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Peralillo	1,60	1,53	1,47	1,11	1,06

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Peralillo	1,53	1,06

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Peralillo no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Peralillo, se tiene lo siguiente:

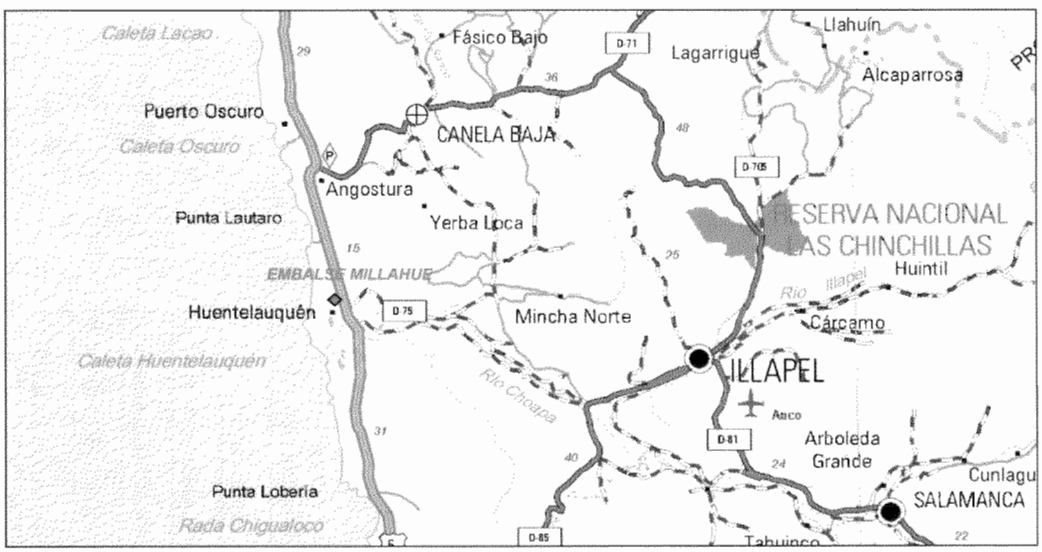
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
4,1	250	sin cuenca	0,6		0,6	0,8	1,0	0,5	0,5	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.24 Embalse Millahue

Ubicado en la comuna de Canela, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.501.564 E: 260.908 Datum: WGS 84
Altitud: 12 m.s.n.m



Acceso: Puente Huentelauquén norte al oriente 700 m entre parcelas. Se ingresa por camino vecino a medialuna.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE MILLAHUE

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
CHOAPA

SUB - CUENCA	

CODIGO

FUENTE
CANAL MILLAHUE 1 DESDE RIO CHOAPA

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

COORDENADAS UTM	N °	6.501.564
	E	260.908

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	CANELA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,05
ALTURA DEL MURO (m)		3,20
ANCHO CORONAMIENTO (m)		2,70
LARGO CORONAMIENTO (m)		170,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE		
BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD	INTERNO	32	1,60	1
MURO (°) (°)	EXTERNO	32	1,60	1

AÑO CONSTRUCCION	1990

TIPO DE PRESA		
DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	0.5 M3/S
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

AREA REGADA
80 Ha

ESTADO	
BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

EVALUACION DE CRECIDAS		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	0,5
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	

EVACUADOR DE FOND				
	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA			
NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

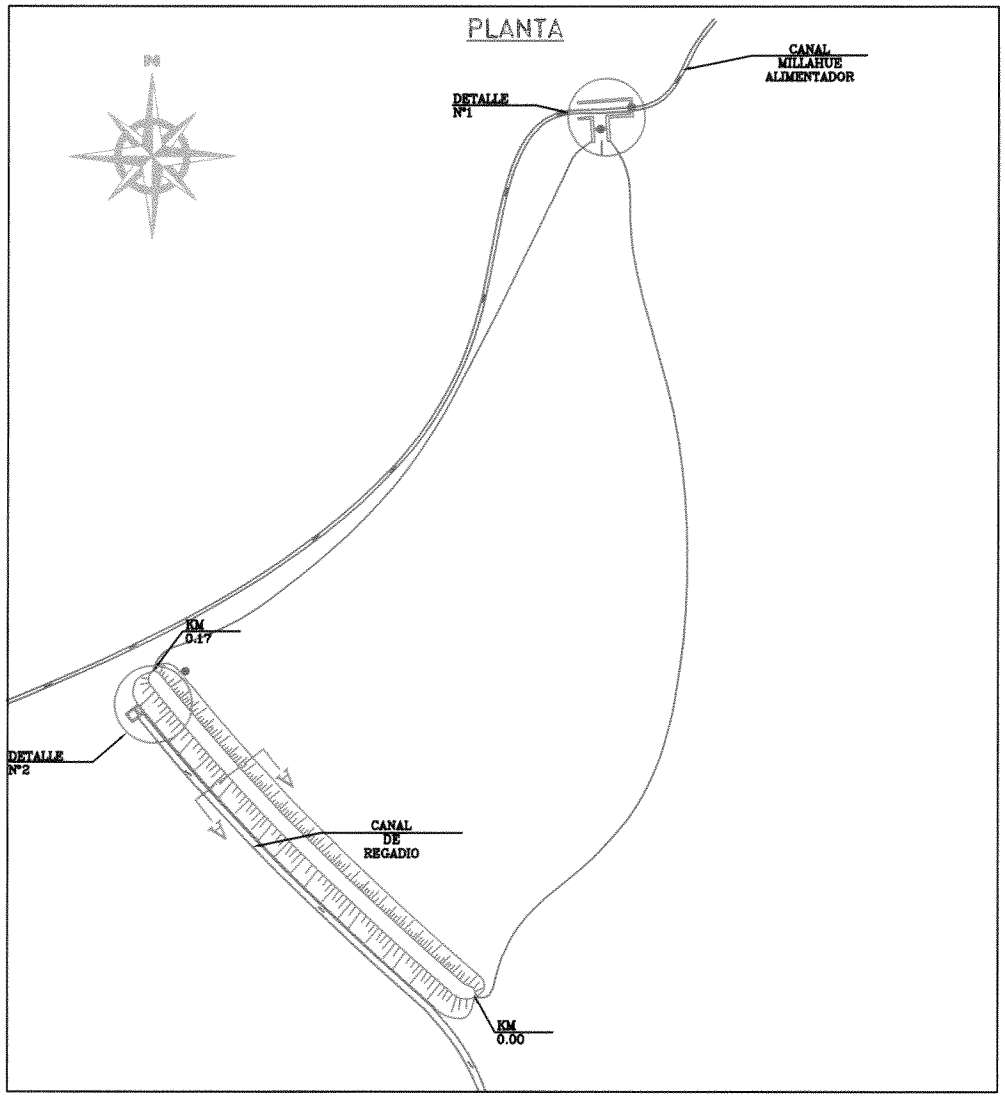
ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

OBSERVACIONES: TRANQUE PRESENTA EMBANQUES EN EL AREA CERCANA A SU ADUCCIÓN. MURO CON EXCESO DE VEGETACIÓN.
OBRA DE SALIDA CON FILTRACIONES IMPORTANTES QUE MANTIENEN INUNDADA PARCELA ADYACENTE.
ALIMENTACIÓN DESDE CANAL MANQUEHUA 1 EL QUE A SU VEZ NACE DEL RIO CHOAPA.

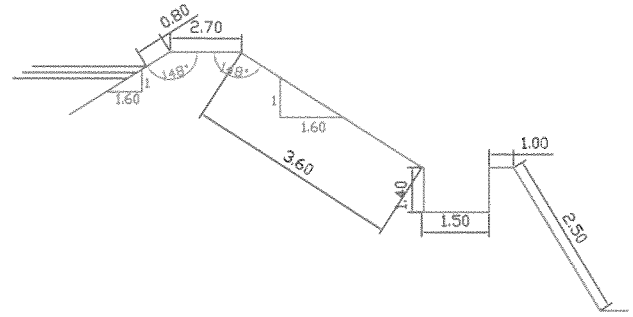
ESTADO GENERAL: REGULAR

DESCRIPCION DE UBICACIÓN PUENTE HUENTELAUQUEN NORTE AL ORIENTE 700 M. ENTRE PARCELAS. SE INGRESA POR CAMINO VECINO A MEDIALUNA.

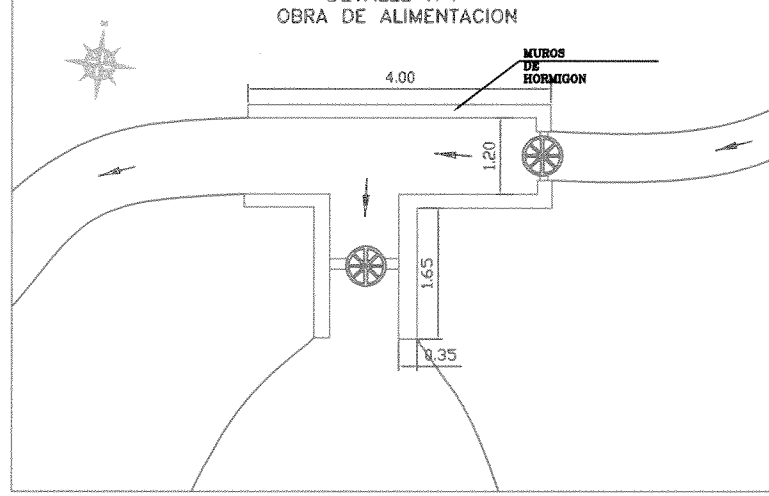
PLANTA



CORTE A–A



DETALLE N°1
OBRA DE ALIMENTACION



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE MILLAHUE

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

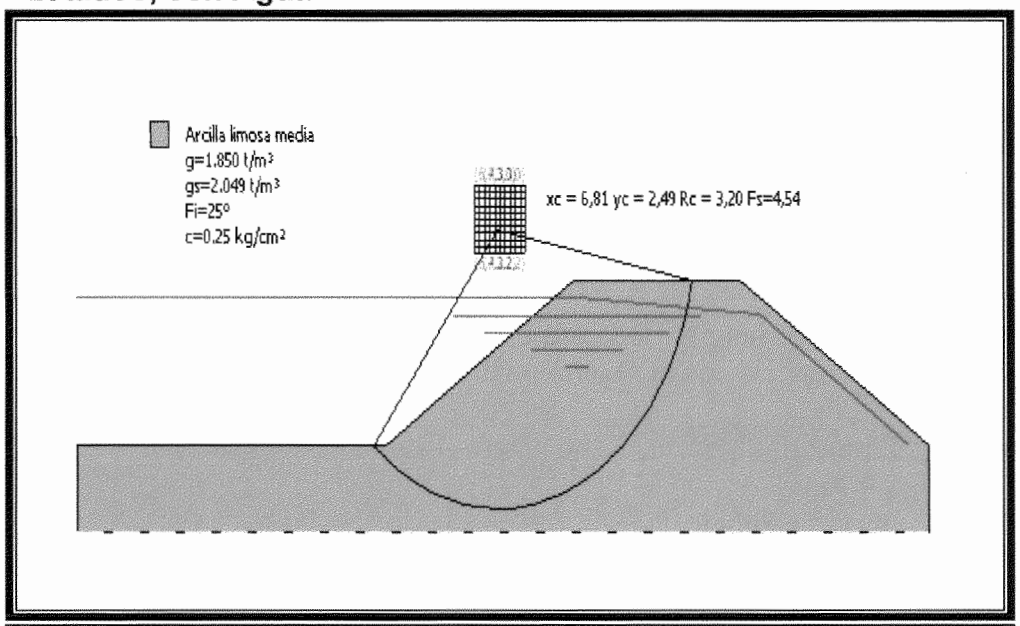
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

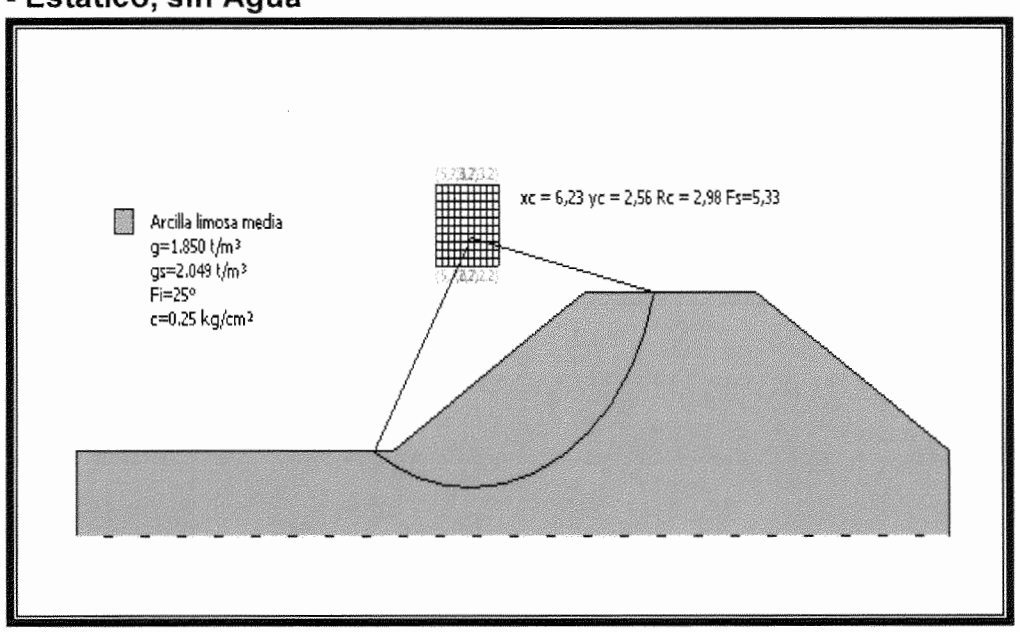
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

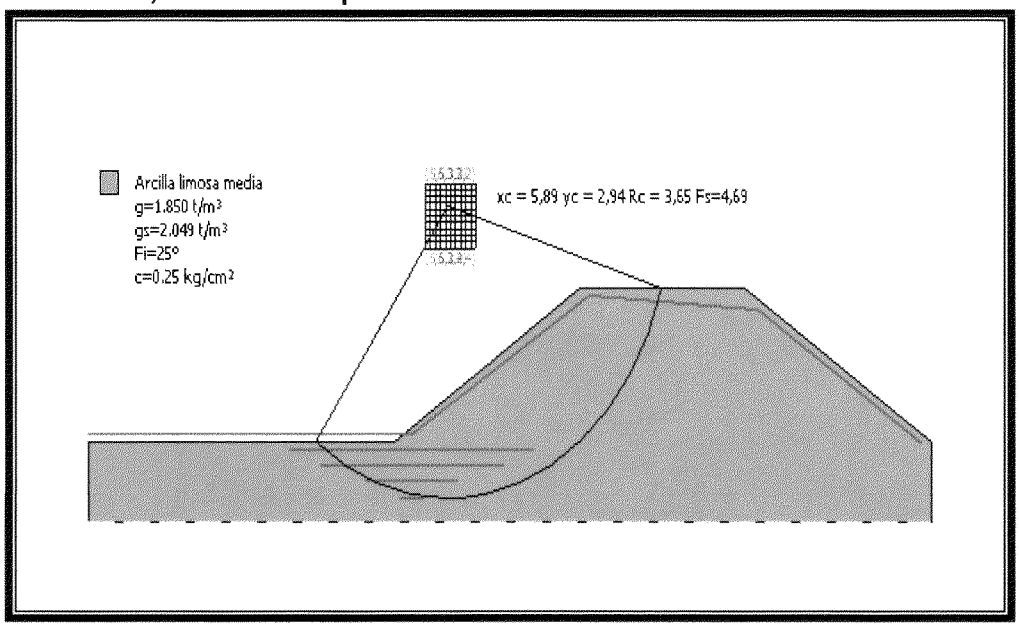
- Estático, con Agua



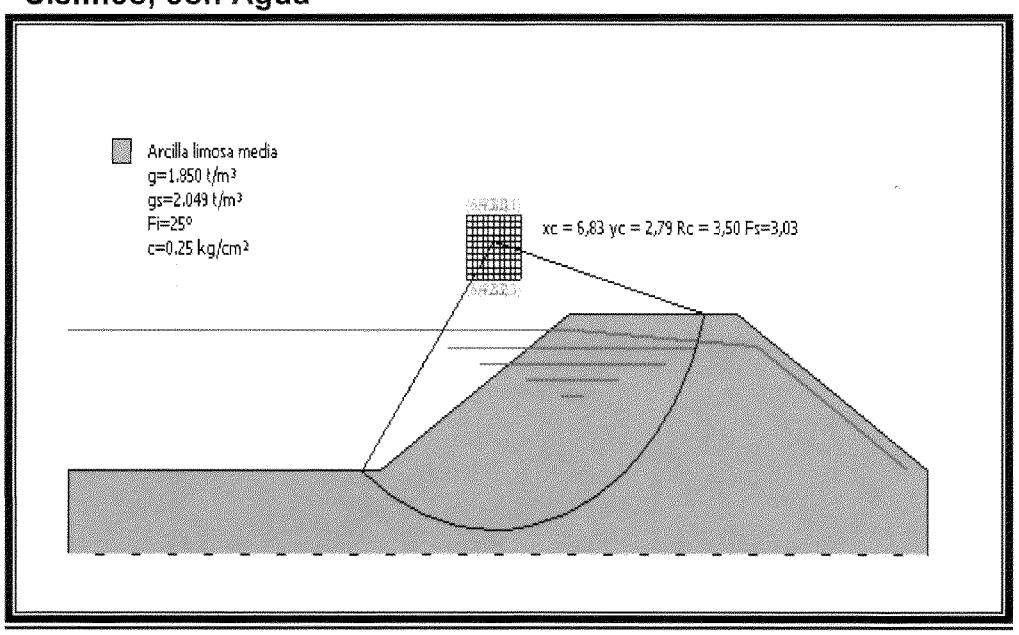
- Estático, sin Agua



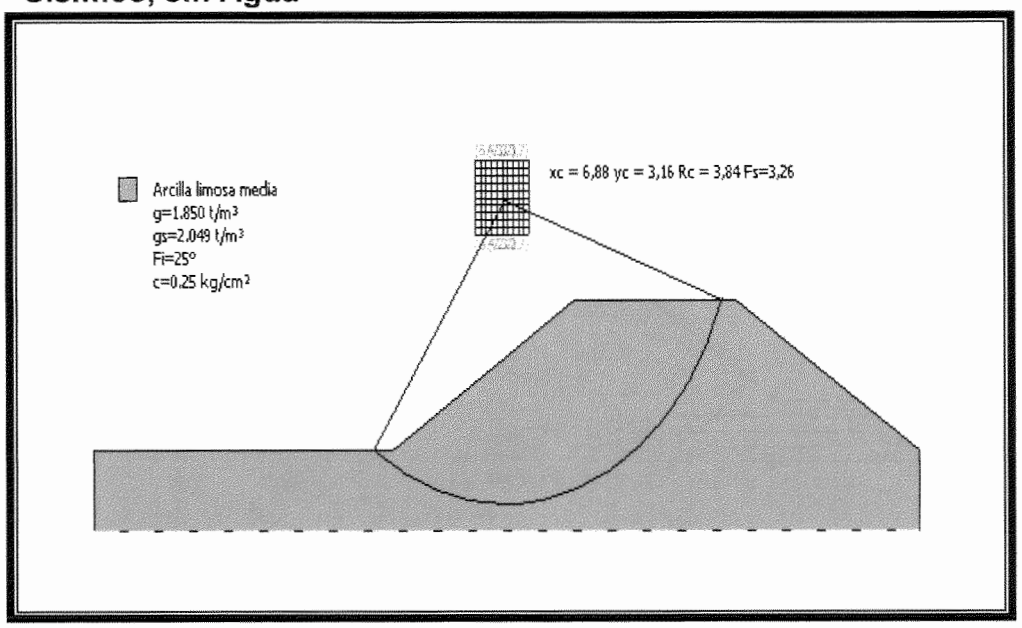
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

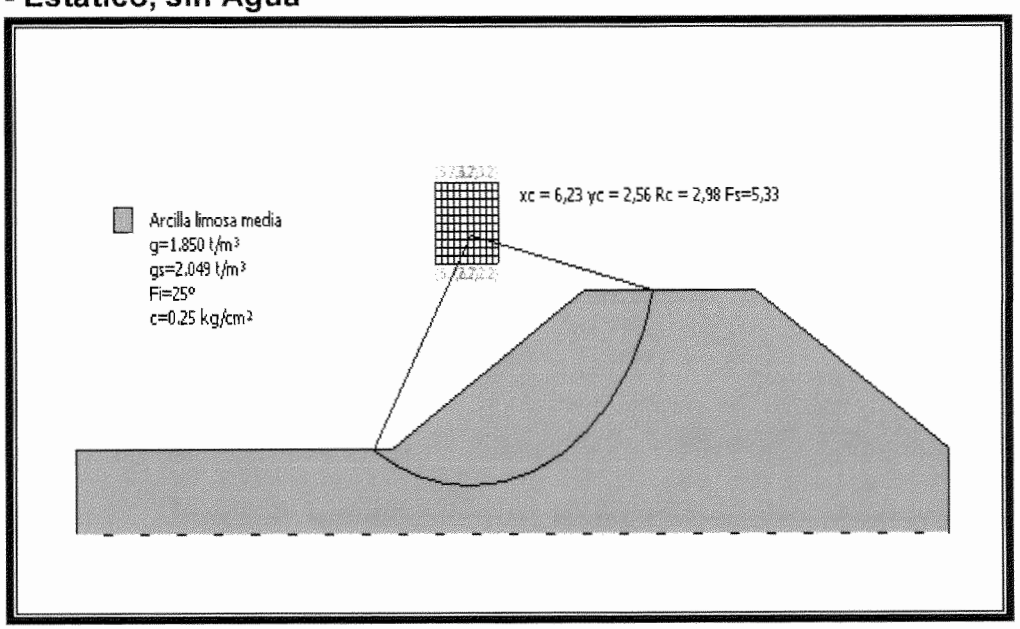


- Sísmico, sin Agua

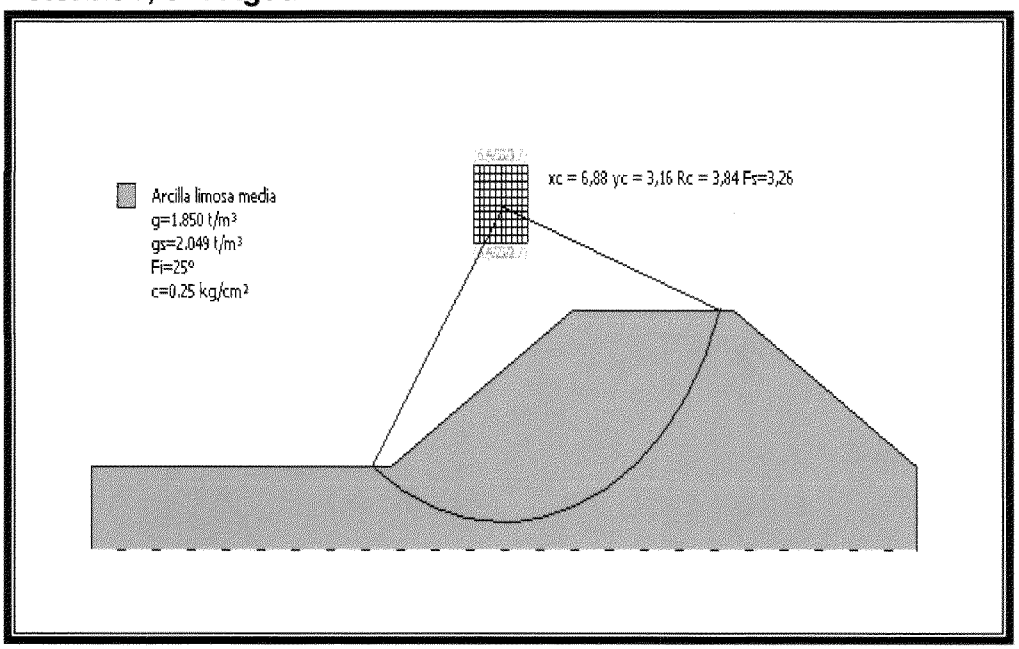


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 24.- MILLAHUE

- Área Aportante

- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
24	MILLAHUE	260.908	6.501.564	84 H19S	133.772	261.030	6.501.744	0,141565	25	547	227

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
24	MILLAHUE	Kp	2	0,13	86	0,04	0,24	0,48	0,13	1,59	0,02	0,03	0,01
		Kp	5	0,13	86	0,04	0,60	0,78	0,50	1,59	0,04	0,05	0,03
		Kp	10	0,13	86	0,04	1,00	1,00	1,00	1,59	0,07	0,07	0,07
		Kp	20	0,13	86	0,04	1,61	1,77	1,49	1,59	0,11	0,12	0,10
		Kp	25	0,13	86	0,04	1,82	1,96	1,67	1,59	0,12	0,13	0,11
		Kp	50	0,13	86	0,04	2,61	3,03	2,33	1,59	0,17	0,20	0,15
		Kp	100	0,13	86	0,04	3,67	4,47	2,81	1,59	0,24	0,30	0,19

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
24	MILLAHUE	IV.5	IV Choapa	2	0,13	86	0,527	45	0,200	0,330	0,066	0,01
		IV.5	IV Choapa	5	0,13	86	0,802	69	0,200	0,680	0,136	0,03
		IV.5	IV Choapa	10	0,13	86	1,000	86	0,200	1,000	0,200	0,05
		IV.5	IV Choapa	20	0,13	86	1,200	103	0,200	1,380	0,276	0,09
		IV.5	IV Choapa	25	0,13	86	1,229	105	0,200	1,540	0,308	0,10
		IV.5	IV Choapa	50	0,13	86	1,473	126	0,200	2,000	0,400	0,17
		IV.5	IV Choapa	100	0,13	86	1,689	145	0,200	2,560	0,512	0,26

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
24	MILLAHUE	IV.5	IV Choapa	2	0,13	86	0,527	45	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	15,57	0,02
		IV.5	IV Choapa	5	0,13	86	0,802	69	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	23,69	0,05
		IV.5	IV Choapa	10	0,13	86	1,000	86	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	29,54	0,09
		IV.5	IV Choapa	20	0,13	86	1,200	103	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	35,45	0,15
		IV.5	IV Choapa	25	0,13	86	1,229	105	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	36,30	0,17
		IV.5	IV Choapa	50	0,13	86	1,473	126	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	43,51	0,26
		IV.5	IV Choapa	100	0,13	86	1,689	145	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	49,89	0,38

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
24	MILLAHUE	2	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
		5	0,04	0,03	0,05	0,04	0,05
		10	0,07	0,05	0,09	0,07	0,09
		20	0,11	0,09	0,15	0,11	0,15
		25	0,12	0,10	0,17	0,13	0,17
		50	0,17	0,17	0,26	0,20	0,26
		100	0,24	0,26	0,38	0,29	0,38

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 3,2 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 0,88 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Millahue no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Millahue	3,93	2,22

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Millahue.

TALUDES EMBALSE MILAHUE

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Millahue	Dx	3,05	Dx	3,05
	Dy	1,91	Dy	1,91

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Millahue	4,54	5,33	4,69	3,03	3,26

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Millahue	5,33	3,26

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Millahue no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Millahue, se tiene lo siguiente:

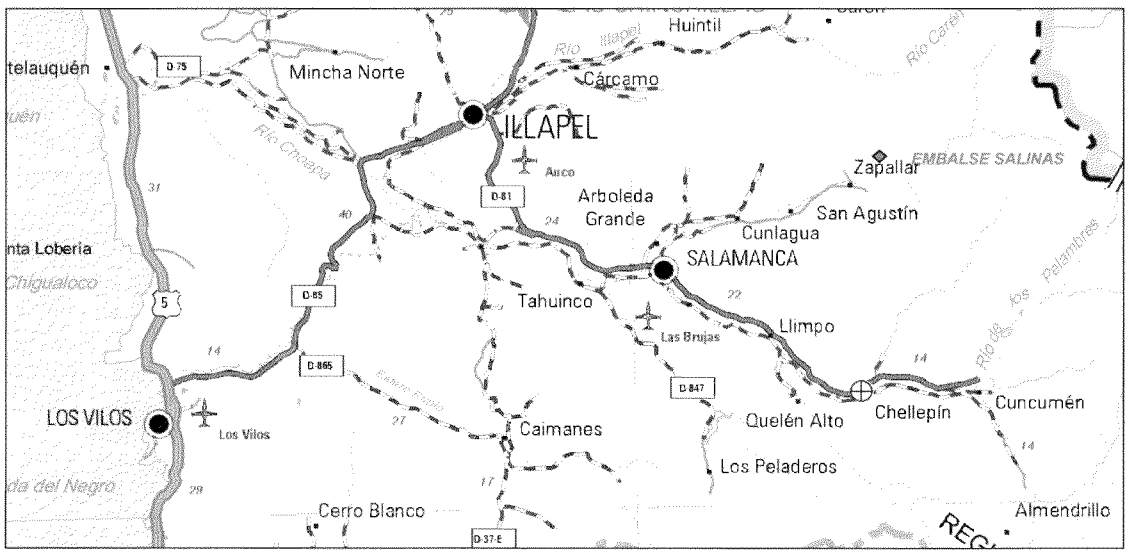
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
3,2	250	0,88	0,50	0,95	0,6	0,8	1,0	0,5	0,5	0,5	0,50	23,5%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 23,5 %

5.3.25 Embalse Salinas

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.490.167 E: 335.294 Datum: WGS 84
Altitud: 1.380 m.s.n.m



Acceso: Camino Manantiales Andinos. Pasado sector Palmilla (al interior de quebrada Chalinga, Zapallar al oriente) atravesar portones seguir camino en dirección sur oriente señalizado como Camino a Manantiales Andinos.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

TRANQUE SALINAS	
BATUCO,SAN AGUSTIN	
CUENCA	
RIO CHOAPA	
SUB - CUENCA	
RIO CHALINGA	
FUENTE	
QUEBRADAS ADYACENTES	
PROPIETARIO	
JUNTA DE VIGILANCIA RIO CHALINGA	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM		
	N °	6.490.167
	E	335.294

DATUM						
	W	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	1.380

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,05
ALTURA DEL MURO (m)	7,30
ANCHO CORONAMIENTO (m)	2,50
LARGO CORONAMIENTO (m)	110,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
SIN USO	X	8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	28	1,88	1
	EXTERNO	34	1,48	1

AÑO CONSTRUCCION	1960

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA

		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	150 L/S
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

AREA REGADA: NO RIEGA

ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS

		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	1,0

EVACUADOR DE FOND		
	S	1
	N x	2
CAPACIDAD M3/SEG		
ESTADO		
AÑO REPARACION	NO	

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

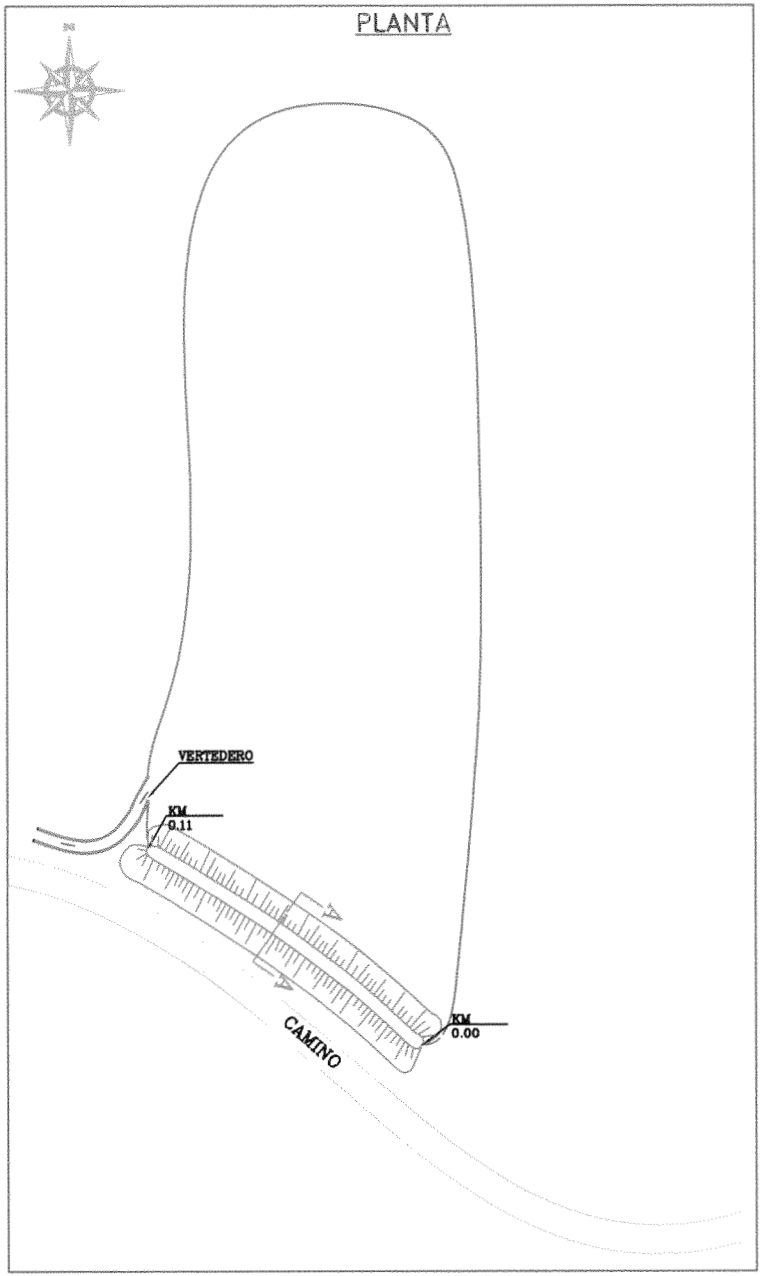
ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: EMBALSE FUERA DE USO, NUNCA HA FUNCIONADO, NO EMBALSA, FILTRA TODA EL AGUA. CUENCA APORTANTE PEQUEÑA. SE RECOMIENDA OBRAS DE MANTENCIÓN RELACIOANDO CON EVITAR LAS FILTRACIONES.

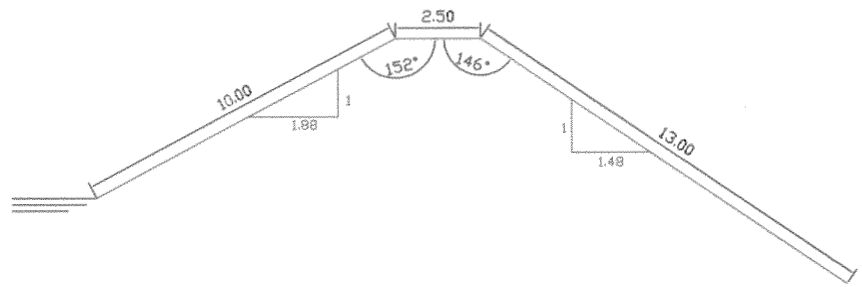
ESTADO GENERAL: REGULAR, FUERA DE USO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: CAMINO MANANTIALES ANDINOS. PASADO SECTOR PALMILLA (AL INTERIOR DE QUEBRADA CHALINGA, ZAPALLAR AL ORIENTE) ATRAVESAR PORTONES CERRADOS SEGUIR CAMINO EN DIRECCIÓN SUR ORIENTE SEÑALIZADO COMO CAMINO A MANANTIALES ANDINOS.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE SALINAS-BATUCO SAN AGUSTIN

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

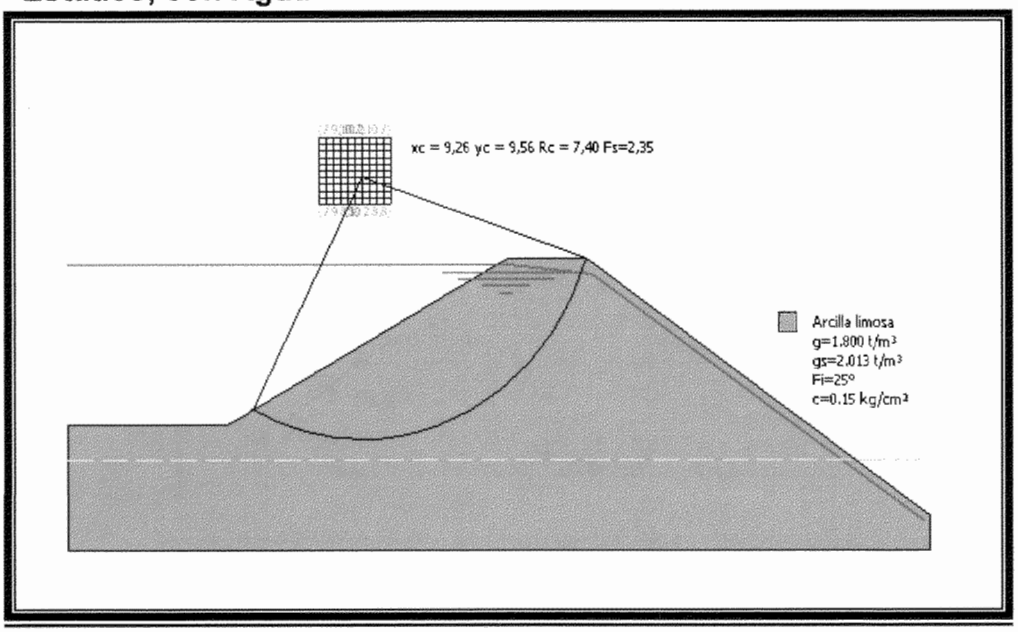
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

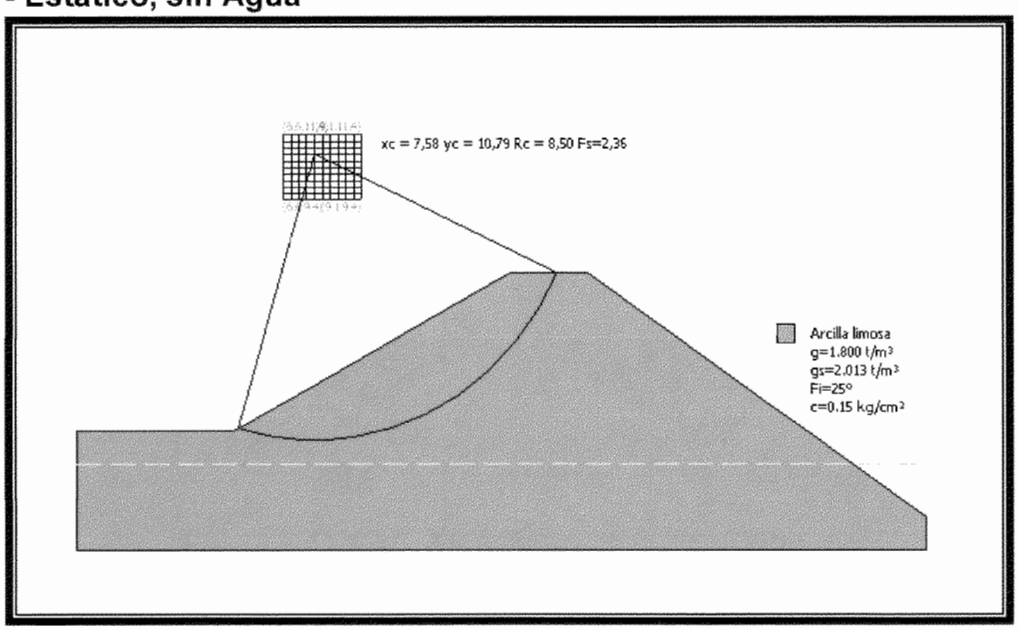
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

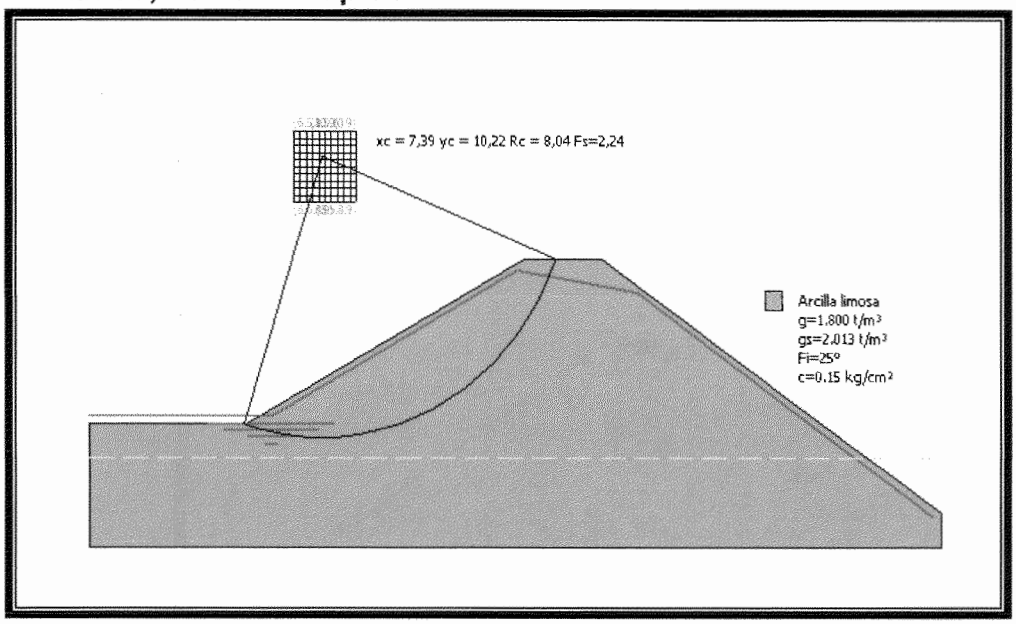
- Estático, con Agua



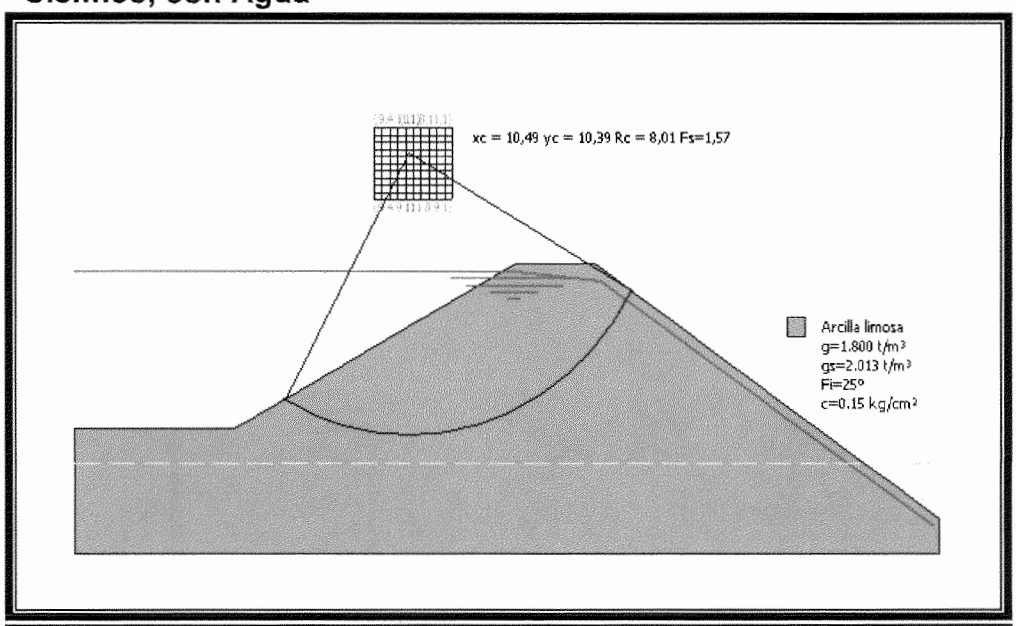
- Estático, sin Agua



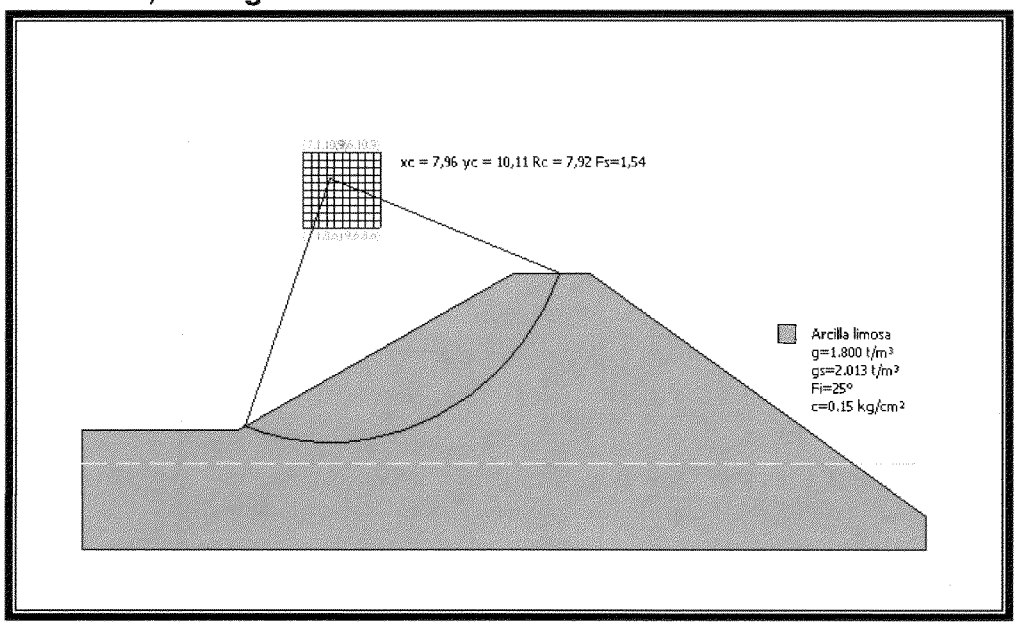
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

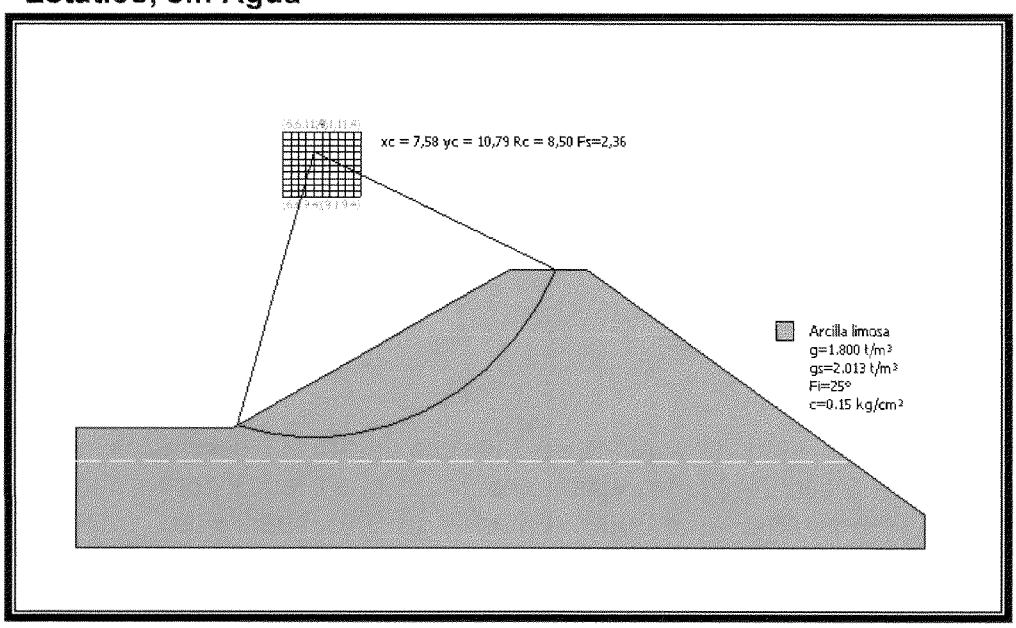


- Sísmico, sin Agua

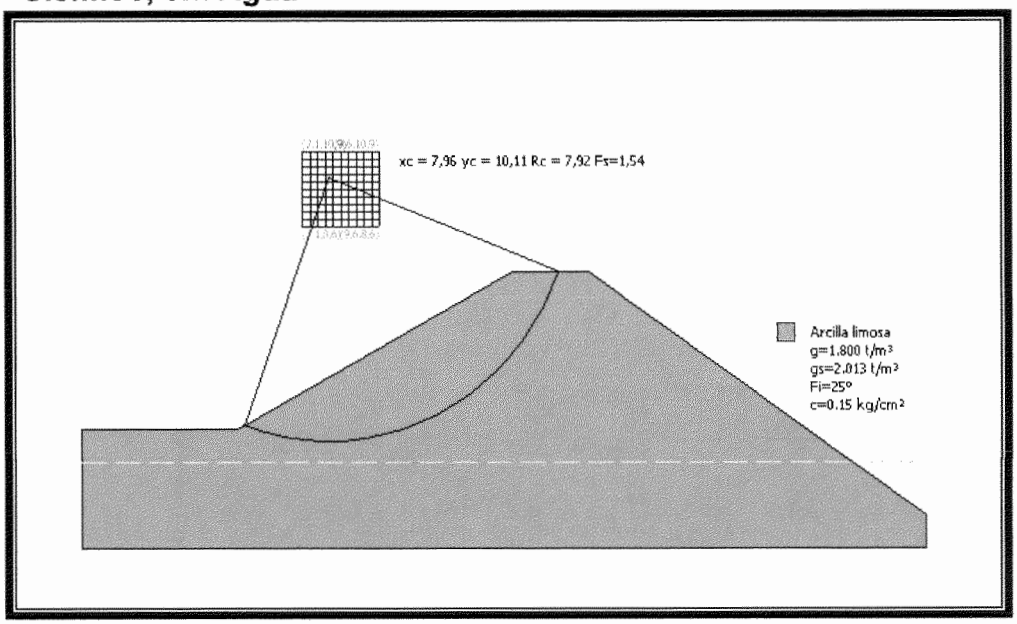


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse Salinas no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Salinas no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Salinas	8,37	5,20

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Salinas.

TALUDES EMBALSE SALINAS

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Salinas	Dx	8,83	Dx	10,78
	Dy	4,70	Dy	7,27

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Salinas	2,35	2,36	2,24	1,57	1,54

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Salinas	2,36	1,54

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Salinas no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Salinas, se tiene lo siguiente:

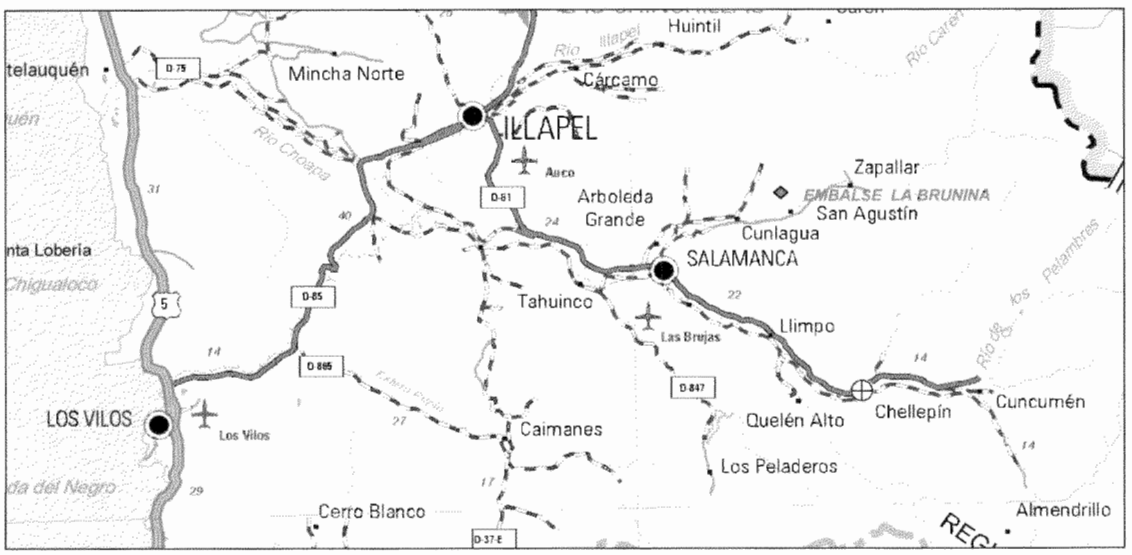
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	T	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
7,3	250	sin cuenca	1		0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.26 Embalse La Brunina

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.490.609 E: 316.653 Datum: WGS 84
Altitud: 952 m.s.n.m



Acceso: Camino Salamanca a Cunlagua, en la confluencia con quebrada Manquehua.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE LA BRUNINA	
CUENCA	RIO CHOAPA
SUB - CUENCA	RIO CHALINGA
FUENTE	CANAL ARBOLEDA GRANDE - RIO CHALINGA
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	JUNTA DE VIGILANCIA RIO CHALINGA- REGANTES ARBOLEDA GRANDE

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.490.609
	E	318.653

DATUM	W	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	652

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,02
ALTURA DEL MURO (m)	6,10
ANCHO CORONAMIENTO (m)	3,30
LARGO CORONAMIENTO (m)	190,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	18	3,08	1
	EXTERNO	28	1,88	1

AÑO CONSTRUCCION	1970

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL	X	2	120 L/S
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

AREA REGADA: 20 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	0,2
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

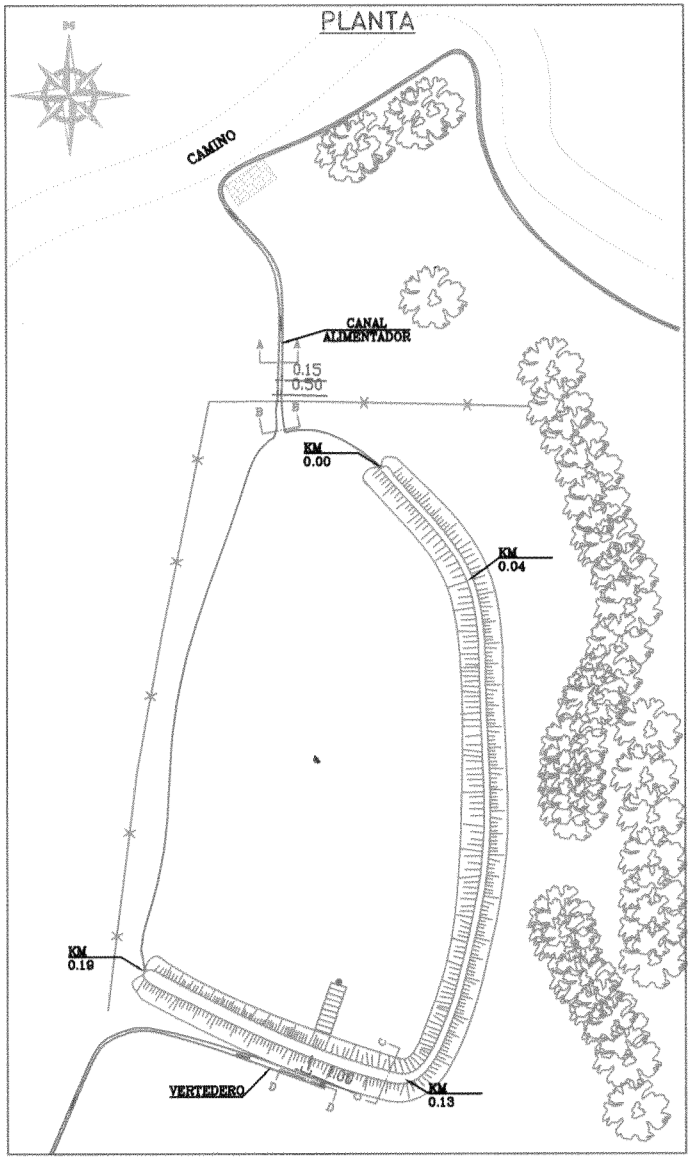
ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

OBSERVACIONES: EMBALSE PERTENECIENTE A REGANTES DEL CANAL ARBOLEDA GRANDE. AL COSTADO PONIENTE DE SU ADUCCIÓN PRESENTA UNA ZONA DE EMBANQUE. SU CAPACIDAD DE EMBALSE SE VE DISMINUIDA POR ESTA RAZÓN. VEGETACIÓN EN MURO. ZONA DE INUNDACIÓN EN CASO DE FALLA, SOLO PRADERAS Y CULTIVOS ESTACIONALES. NO AFECTA POBLACIÓN. CANAL ARBOLEDA GRANDE SE DIVIDE EN 1300 ACCIONES DE RIEGO. SE SUGIERE EN PRÓXIMA TEMPORADA SIN RIEGO SECAR, ELIMINAR EMBANQUES Y ARBUSTOS EN MURO.

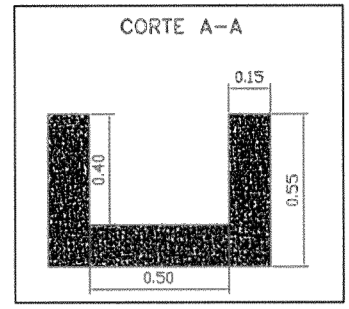
ESTADO GENERAL: BUENO, SALVO LA PRESENCIA DE EMBANQUE.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: CAMINO SALAMANCA A CUNLAGUA, EN LA CONFLUENCIA CON QUEBRADA MANQUEHUA.

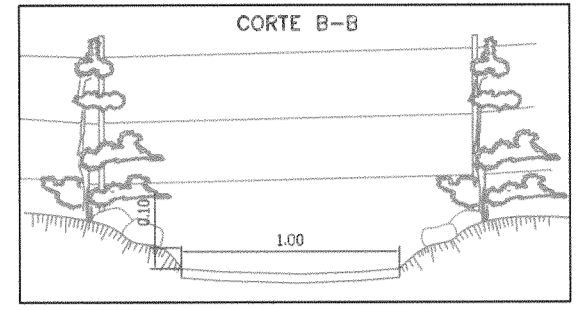
PLANTA



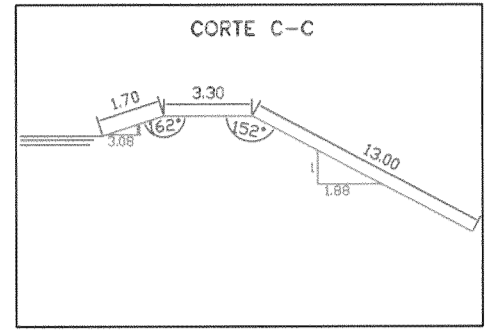
CORTE A-A



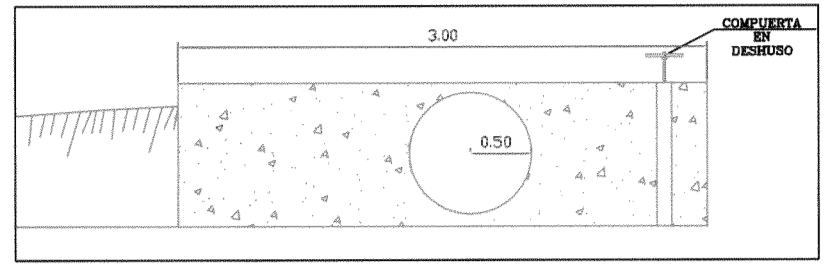
CORTE B-B



CORTE C-C



CORTE D-D



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LA BRUNINA

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

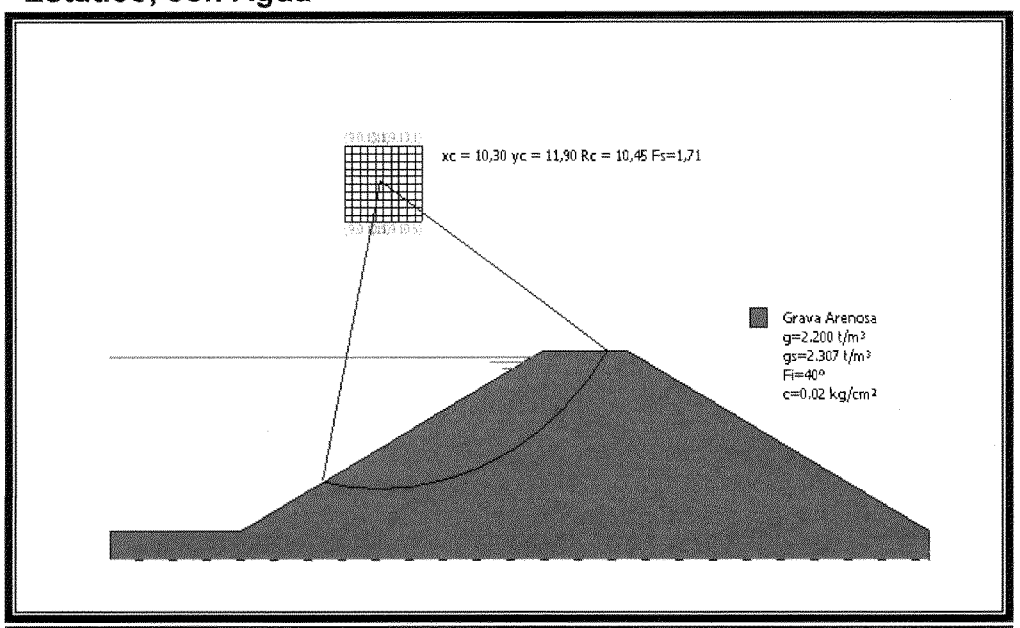
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

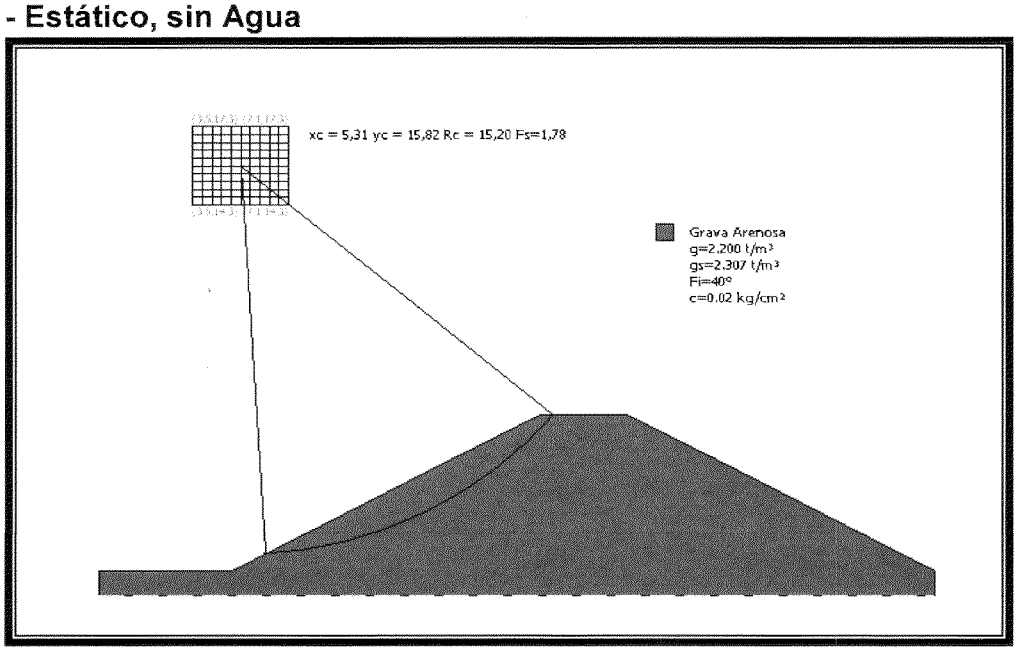
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

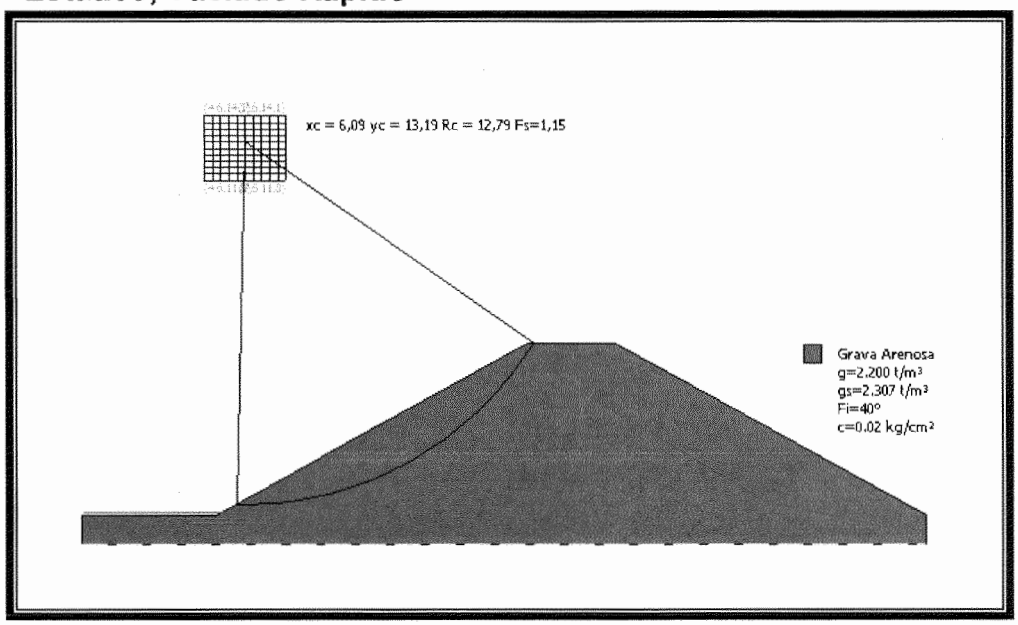
- Estático, con Agua



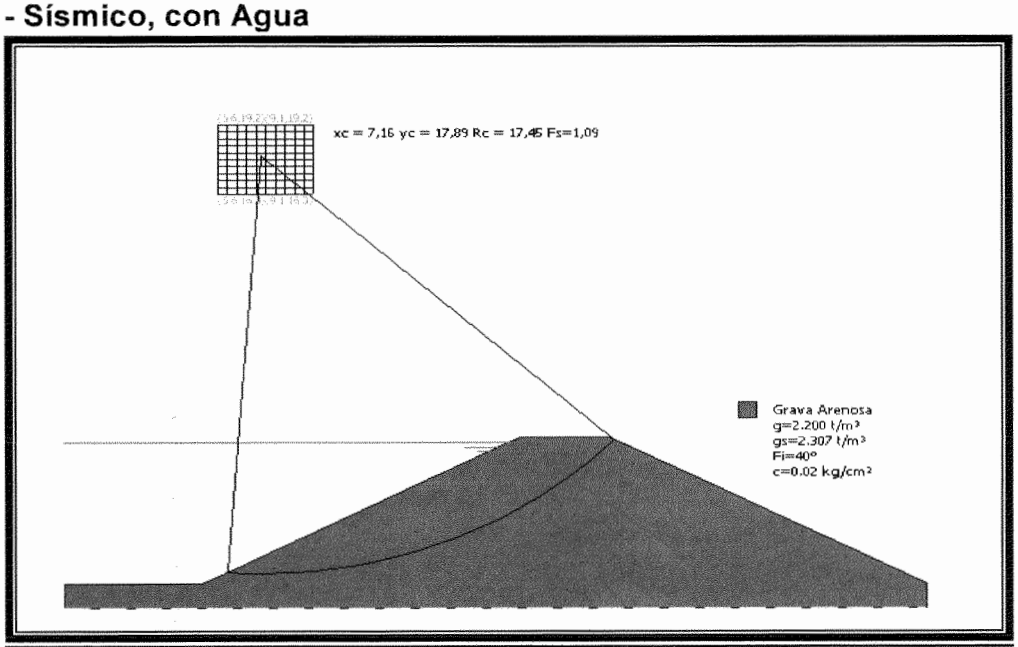
- Estático, sin Agua



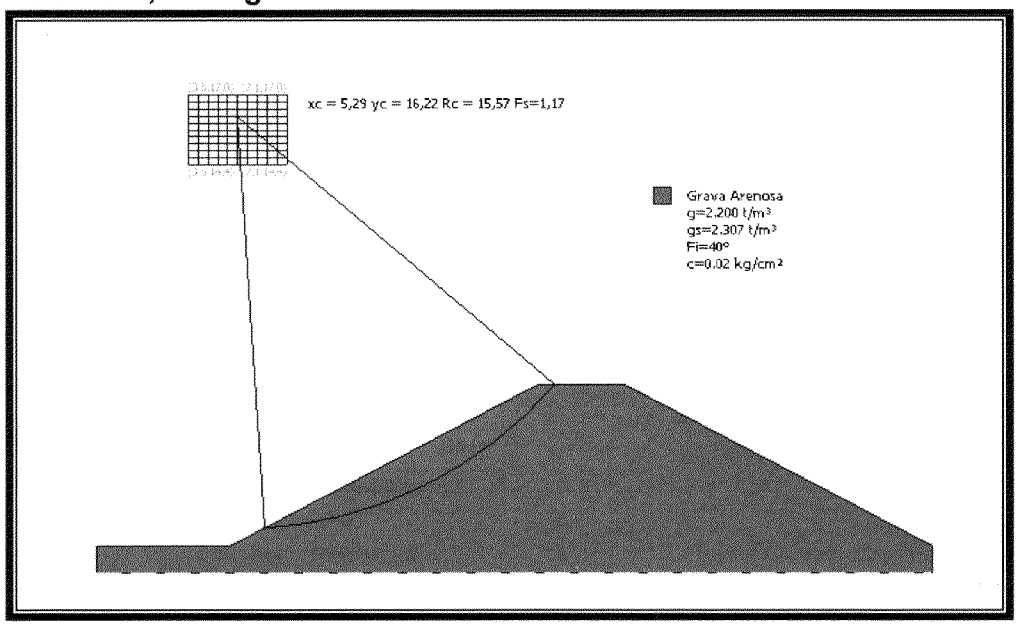
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

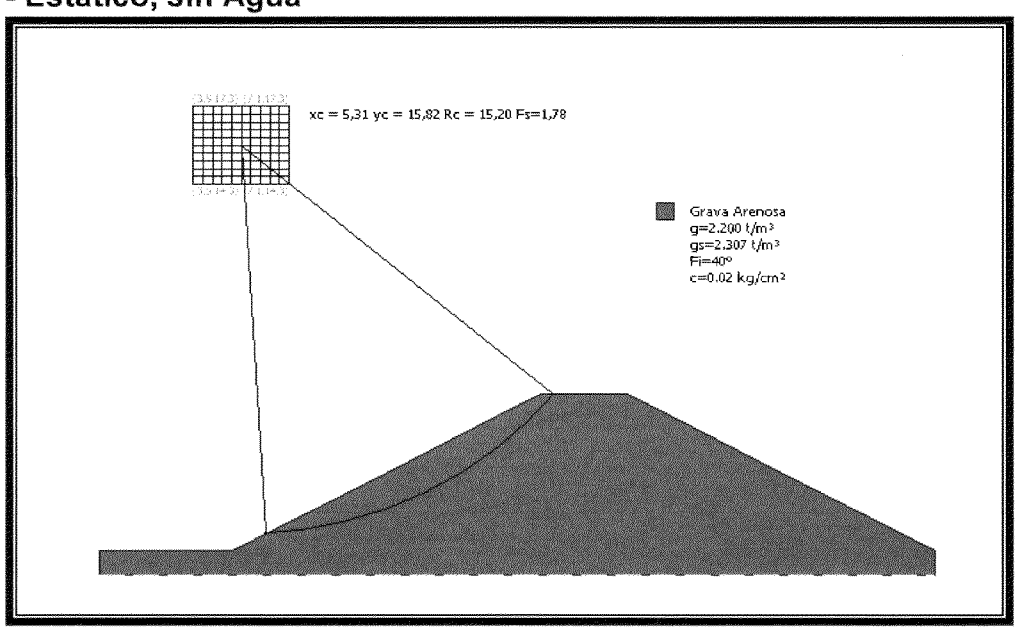


- Sísmico, sin Agua

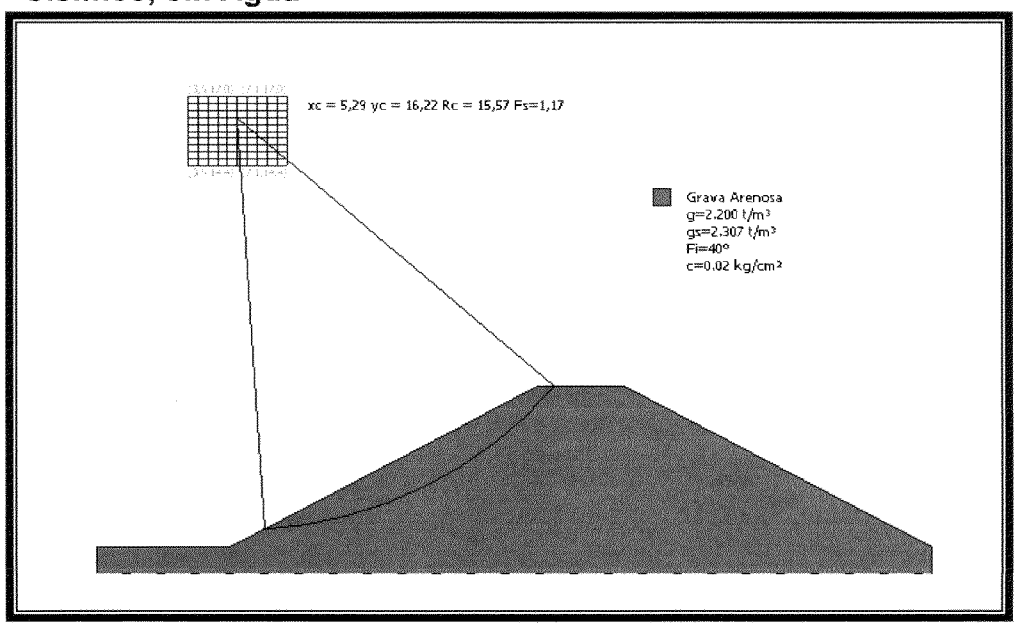


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse La Brunina no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse La Brunina existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
La Brunina	9,75	13,20

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse La Brunina.

TALUDES EMBALSE LA BRUNINA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
La Brunina	Dx	11,48	Dx	11,48
	Dy	6,10	Dy	6,10

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
La Brunina	1,71	1,78	1,15	1,09	1,17

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
La Brunina	1,78	1,17

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse La Brunina no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse La Brunina, se tiene lo siguiente:

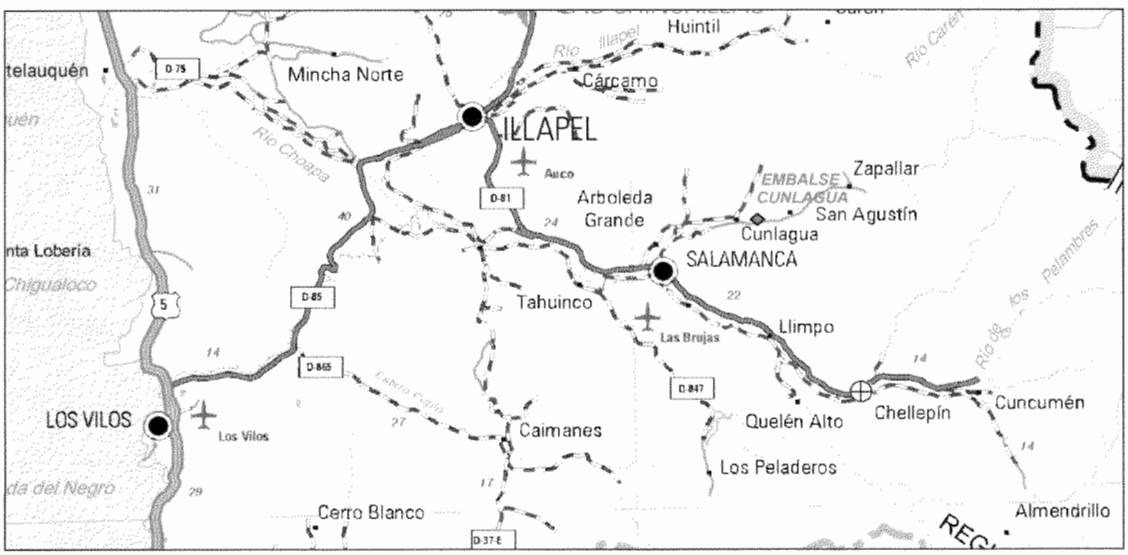
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
6,1	250	sin cuenca	0,2		0,6	0,8	1,0	0,5	0,5	0,0	0,20	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.27 Embalse Cunlagua

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.487.838 E: 321.037 Datum: WGS 84
Altitud: 793 m.s.n.m



Acceso: Camino desde Salamanca a Cunlagua, por ribera norte de Río Chalinga a 13 km desde ruta D81. Se debe pasar Arboleda Grande, la confluencia con quebrada Manquehua (embalse la Brunina) y desde ese punto 5,8 km aguas arriba la quebrada Chalinga.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE CUNLAGUA

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
RIO CHOAPA

SUB - CUENCA
RIO CHALINGA

CODIGO

FUENTE
CANAL CUNLAGUA - RIO CHALINGA
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
COMUNIDAD DE AGUAS CANAL CUNLAGUA

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

COORDENADAS UTM	N	6.487.838
	E	321.037

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	793

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,02
ALTURA DEL MURO (m)		7,30
ANCHO CORONAMIENTO (m)		3,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		170,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	31	1,66	1
	EXTERNO	30	1,73	1

AÑO CONSTRUCCION	1965

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA

		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	150 L/S
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA

100 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	0,2
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

POTENCIA GENERADA

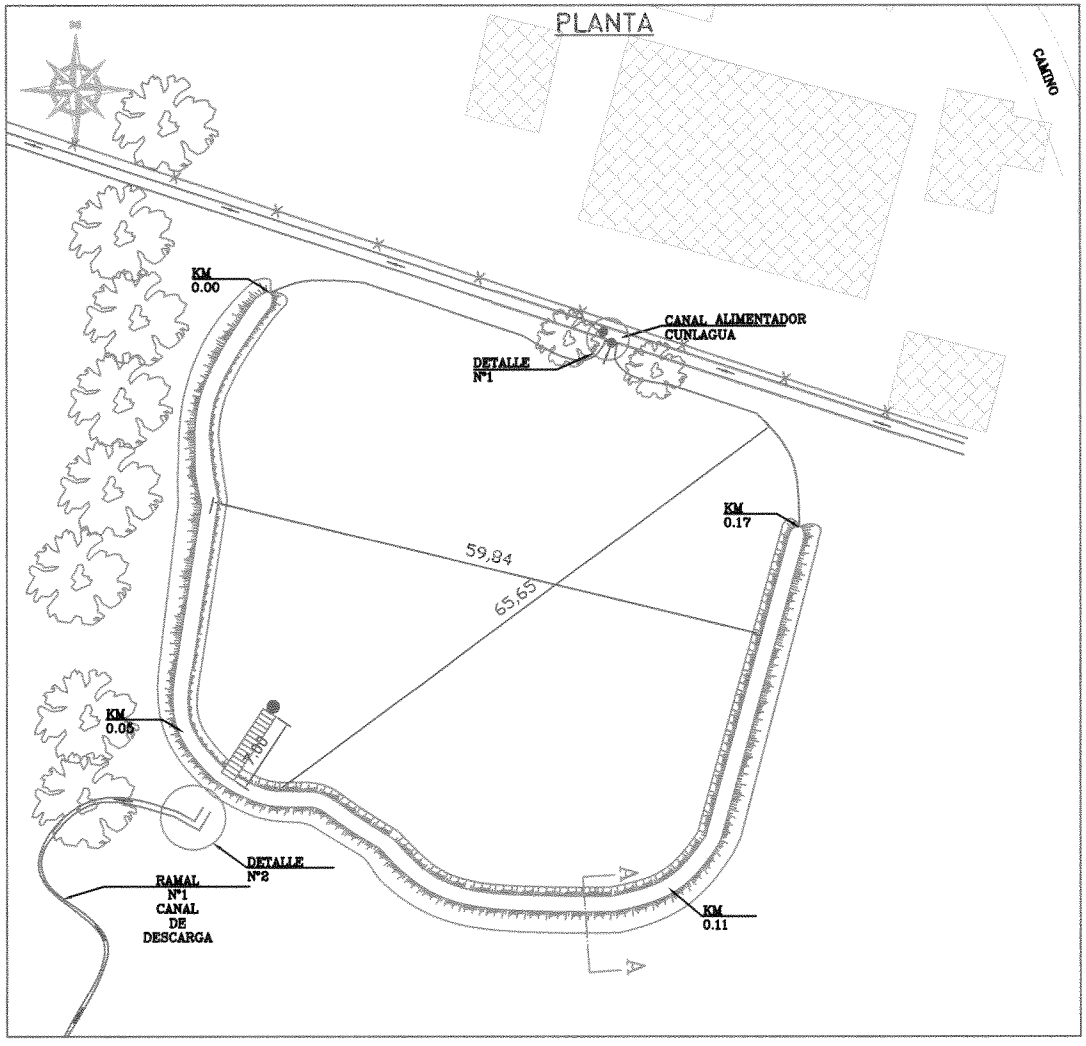
NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

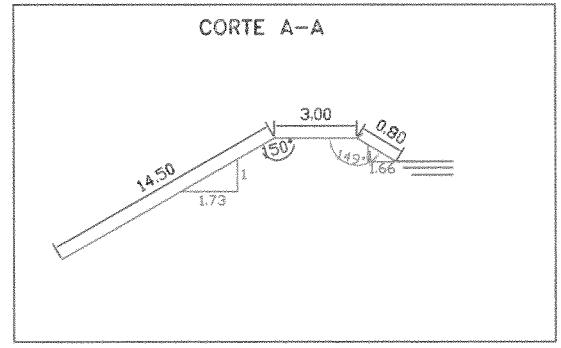
ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

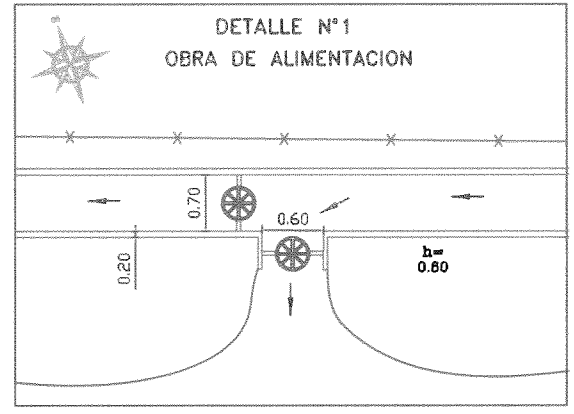
OBSERVACIONES: EMBALSE PERTENECIENTE A COMUNIDAD CANAL CUNLAGUA. TOMA A 1500 M DEL EMBALSE EN RIO CHALINGA.
ULTIMA LIMPIEZA DEL EMBALSE HACE 8 AÑOS.
EN CASO DE FALLA AGUAS CAEN HACIA RIO CHALINGA, AFECTAN A INSTALACIONES DE APR DE CUNLAGUA.

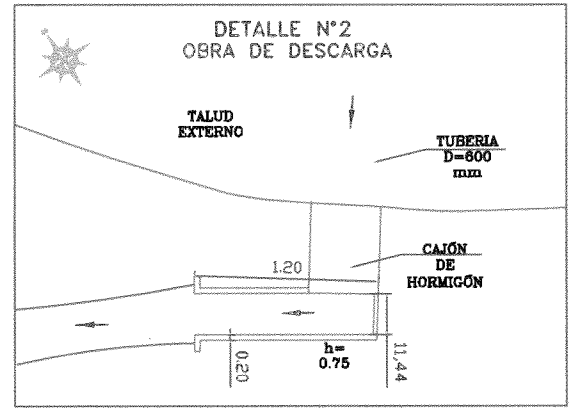
ESTADO GENERAL: REGULAR; POSIBLE DE MEJORAR ELIMINANDO VEGETACIÓN Y MANTENCIÓN OBRAS DE SALIDA.

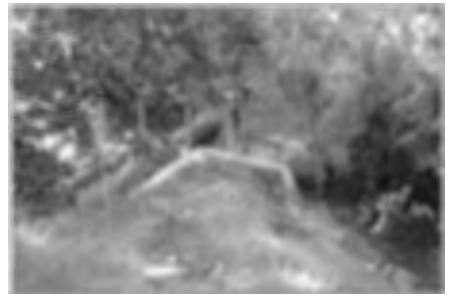
DESCRIPCION DE UBICACIÓN: CAMINO DESDE SALAMANCA A CUNLAGUA, POR RIBERA NORTE DE RIO CHALINGA A 13 KM DESDE RUTA D 81.
SE DEBE PASAR ARBOLEDA GRANDE, LA CONFLUENCIA CON QUEBRADA MANQUEHUA (EMBALSE LA BRUNINA) Y DESDE ESE PUNTO 5.5 KM AGUAS ARRIBA LA QUEBRADA CHALINGA.











"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE CUNLAGUA

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

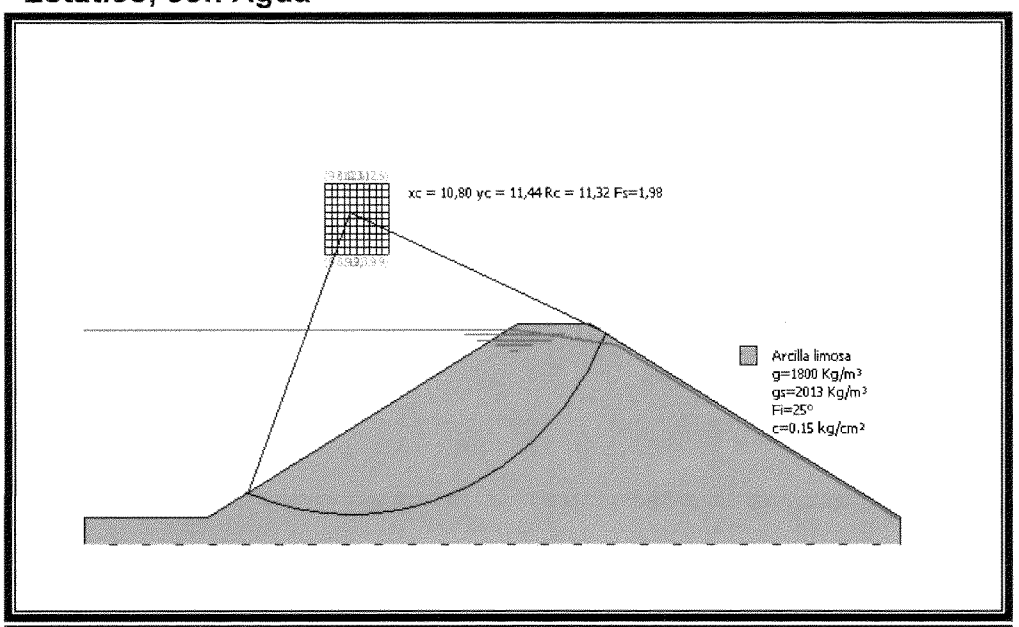
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

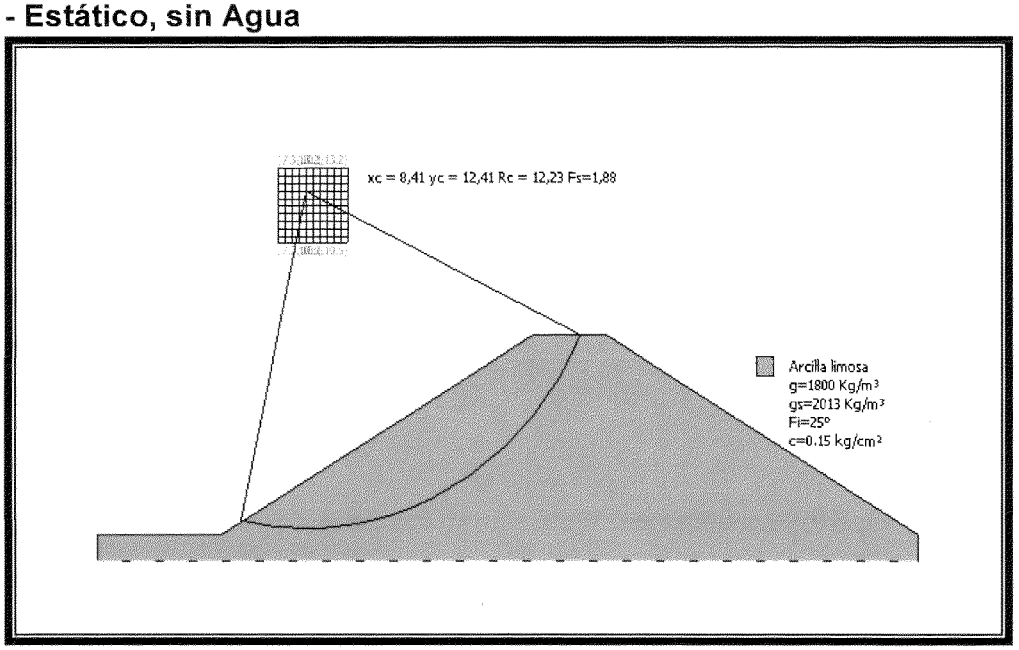
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

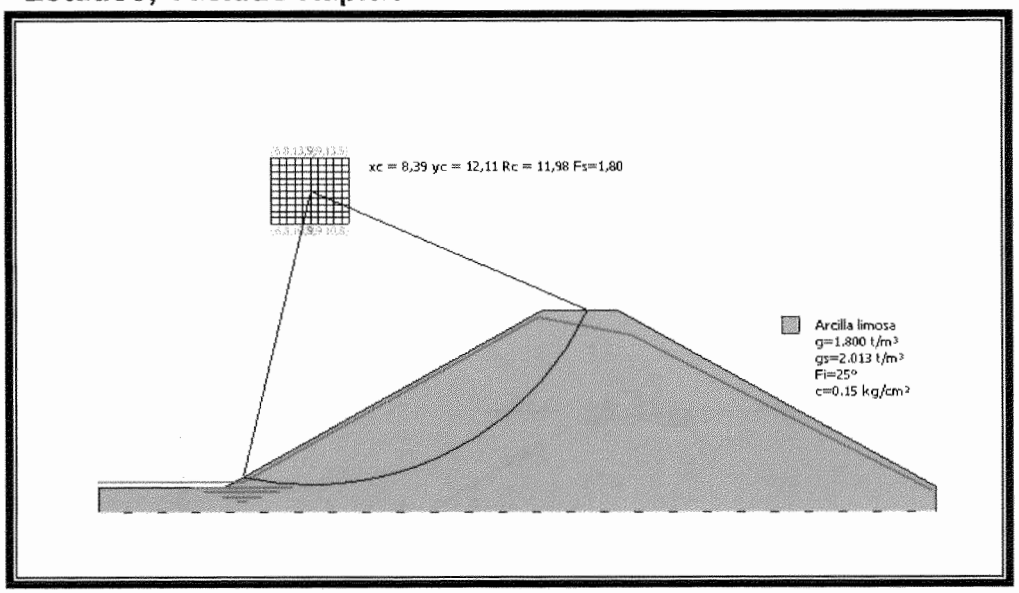
- Estático, con Agua



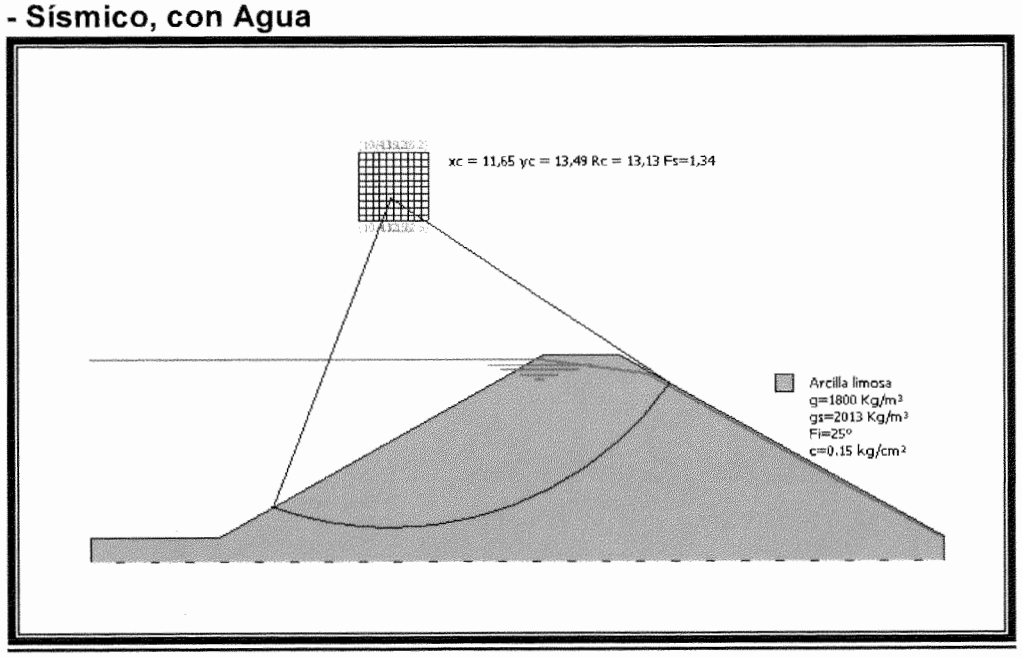
- Estático, sin Agua



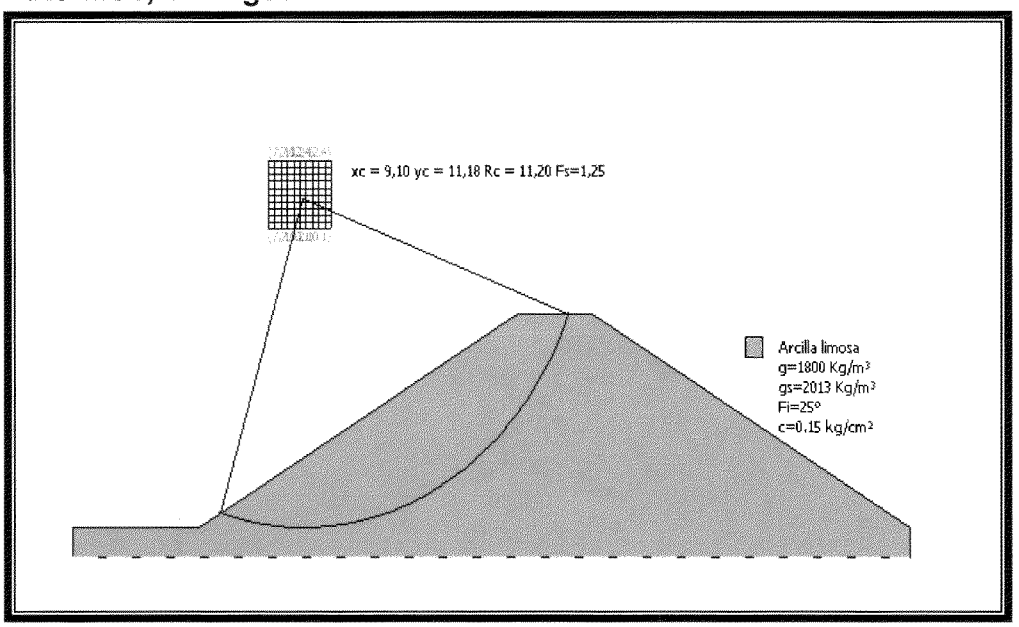
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

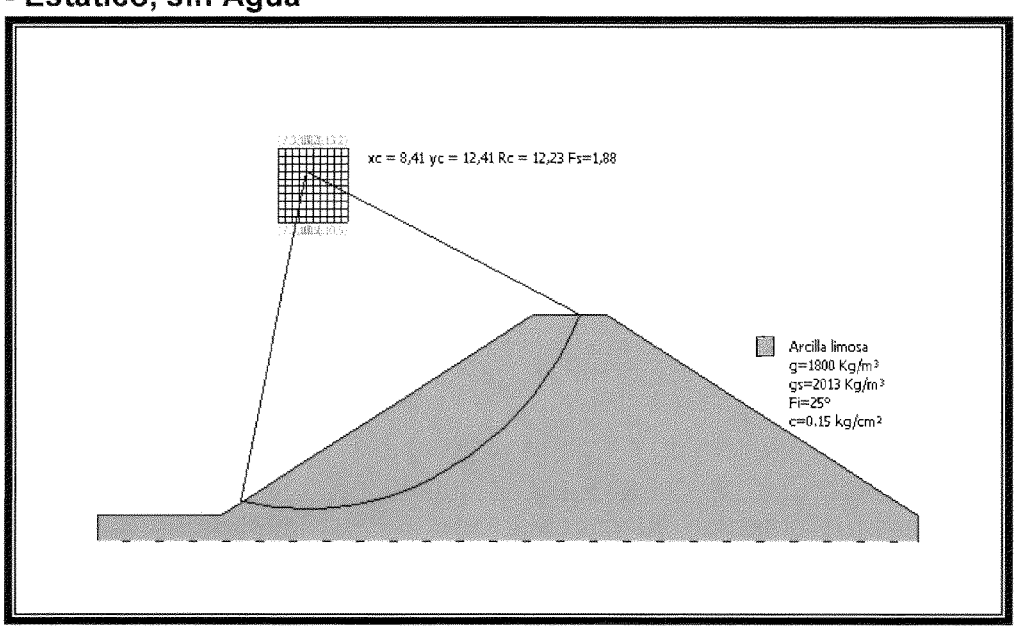


- Sísmico, sin Agua

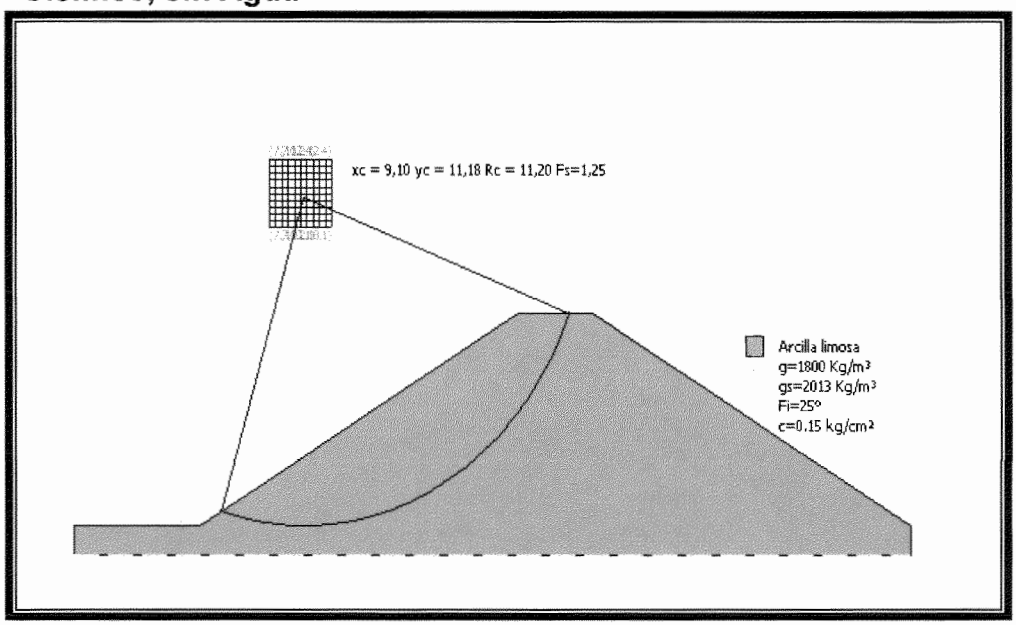


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse Cunlagua no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Cunlagua no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Cunlagua	10,37	9,34

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Cunlagua.

TALUDES EMBALSE CUNLAGUA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Cunlagua	Dx	12,56	Dx	12,56
	Dy	7,25	Dy	7,25

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Cunlagua	1,98	1,88	1,80	1,34	1,25

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Cunlagua	1,88	1,25

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Cunlagua no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Cunlagua, se tiene lo siguiente:

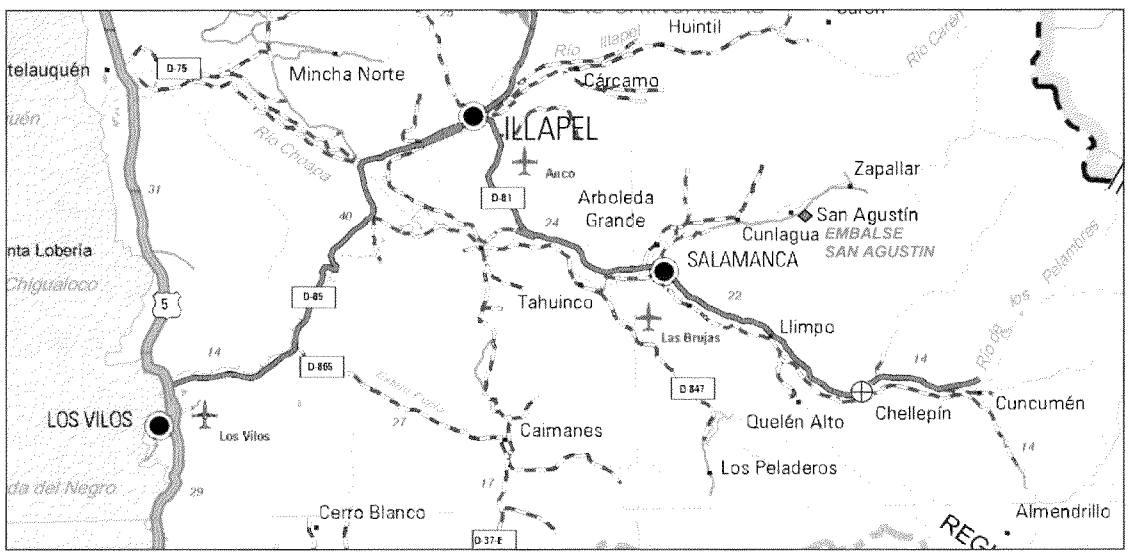
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
7,3	250	sin cuenca	0,2		0,6	0,8	1,0	0,5	0,5	0,0	0,20	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.28 Embalse San Agustín

Ubicado en la comuna de Salamanca, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.487.367 E: 327.232 Datum: WGS 84
Altitud: 1.136 m.s.n.m



Acceso: Al final del camino desde Salamanca a San Agustín. Llegando a la iglesia de San Agustín se debe subir hasta portón, luego ascender siguiendo sendero hacia sur oriente 300 m.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

TRANQUE SAN AGUSTÍN	
CUENCA	RIO CHOAPA
SUB - CUENCA	RIO CHALINGA
FUENTE	CANAL SAN AGUSTÍN - EL PALQUIAL
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	JUNTA DE VIGILANCIA RIO CHALINGA

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N °	6.487.367
	E	327.232

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	1.136

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	SALAMANCA

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,02
ALTURA DEL MURO (m)		5,70
ANCHO CORONAMIENTO (m)		3,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		80,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	29	1,80	1
	EXTERNO	37	1,33	1

AÑO CONSTRUCCION	1980

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2	200 L/S	
TUBERIA FORZADA	3		
SIFON	4		
OTRO SISTEMA	5		

AREA REGADA: 30 HA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1		
VERT. POZO O BOCINA	2		
VERT. DE ALCANTARIL	3		
VERT. DE SIFON	4		
OTR: FRONTAL	5	1,0	

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION	NO			

POTENCIA GENERADA

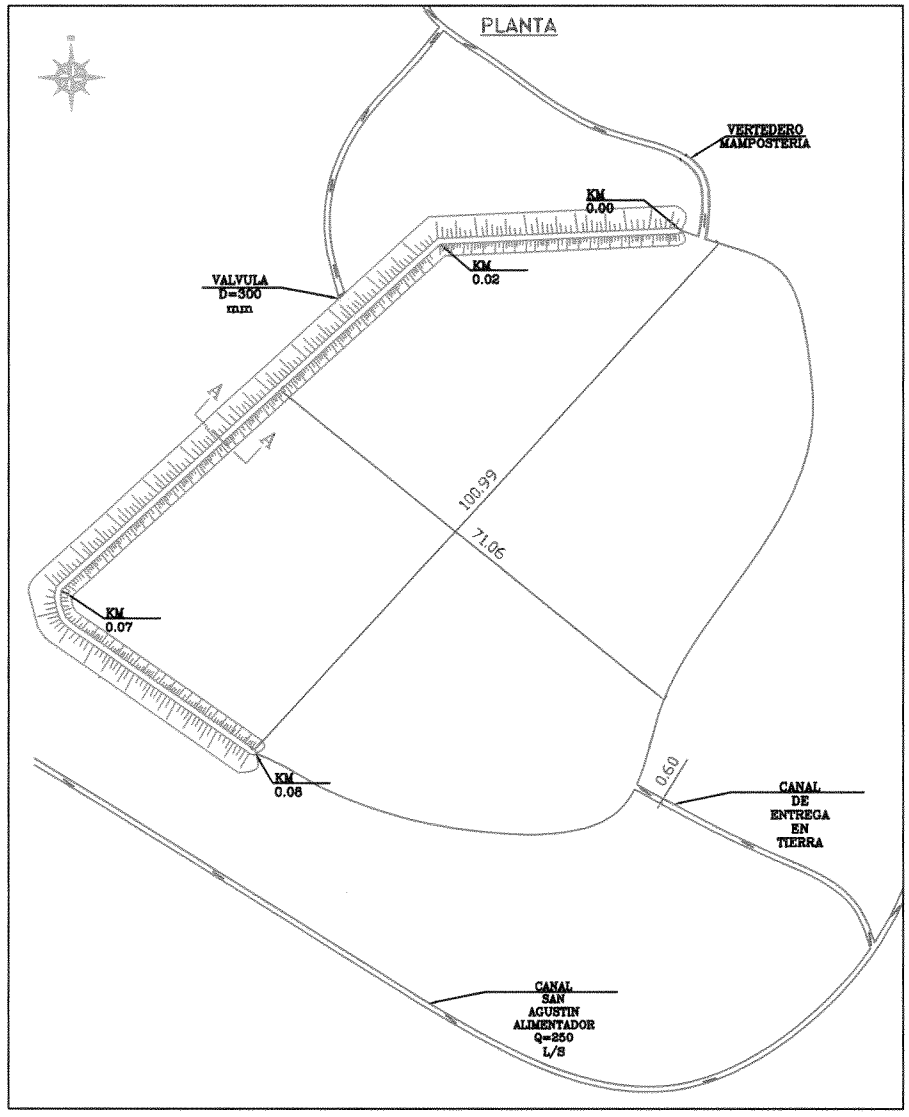
NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

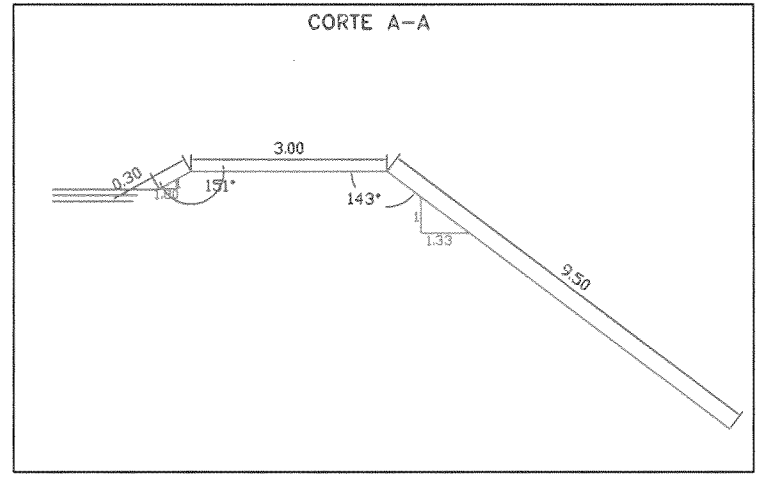
ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

OBSERVACIONES: TRANQUE EN USO, AL MOMENTO DE LA VISITA LLENO. NO PRESENTA FILTRACIONES. MURO CON EXCESO DE VEGETACIÓN. SE HACE NECESARIA MANTENCIÓN DEL MURO Y DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN. SE DEBE HACER LIMPIEZA DEL VERTEDERO. EL VERTEDERO REVESTIDO EN MAMPOSTERÍA, REQUIERE ELIMINAR BASURAS Y EXCESO DE RESTOS VEGETALES. EXISTE POSIBILIDAD DE DESBORDE SI SIGUE A PLENA CAPACIDAD Y NO SE MANTIENE. CANAL DE ADUCCIÓN CON CAPACIDAD PARA 250 L/S. EN CASO DE FALLA AFECTA 10 CASAS. AFECTA PRADERAS Y CULTIVOS DE TEMPORADA. LUEGO DERIVA POR QUEBRADA AL ORIENTE HACIA EL RIO.

ESTADO GENERAL: REGULAR, SE DEBE EFECTUAR LIMPIEZA Y MANTENCIÓN DE OBRAS DE ENTREGA Y VERTEDERO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: AL FINAL DEL CAMINO DESDE SALAMANCA A SAN AGUSTÍN. LLEGANDO A LA IGLESIA DE SAN AGUSTÍN SE DEBE SUBIR HASTA PORTON Y LUEGO ASCENDER SIGUIENDO SENDERO HACIA





"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE SAN AGUSTIN

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

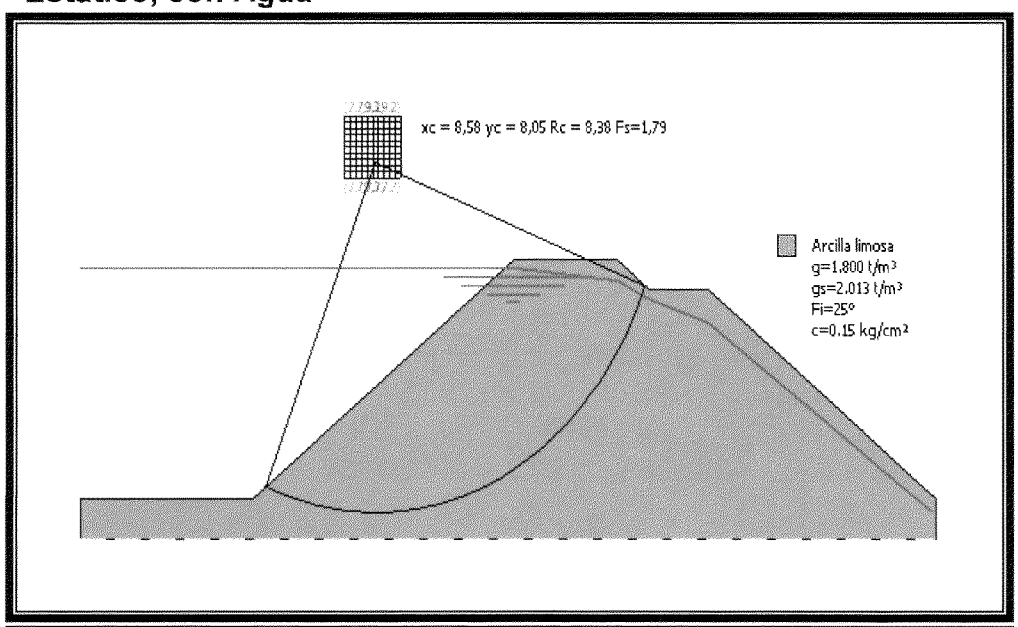
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

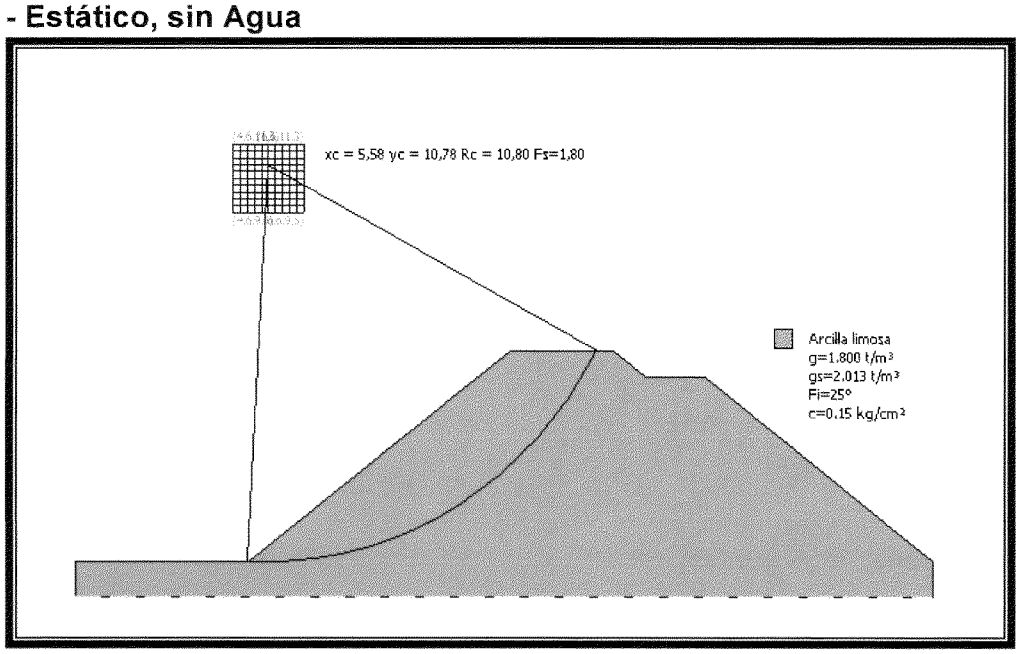
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

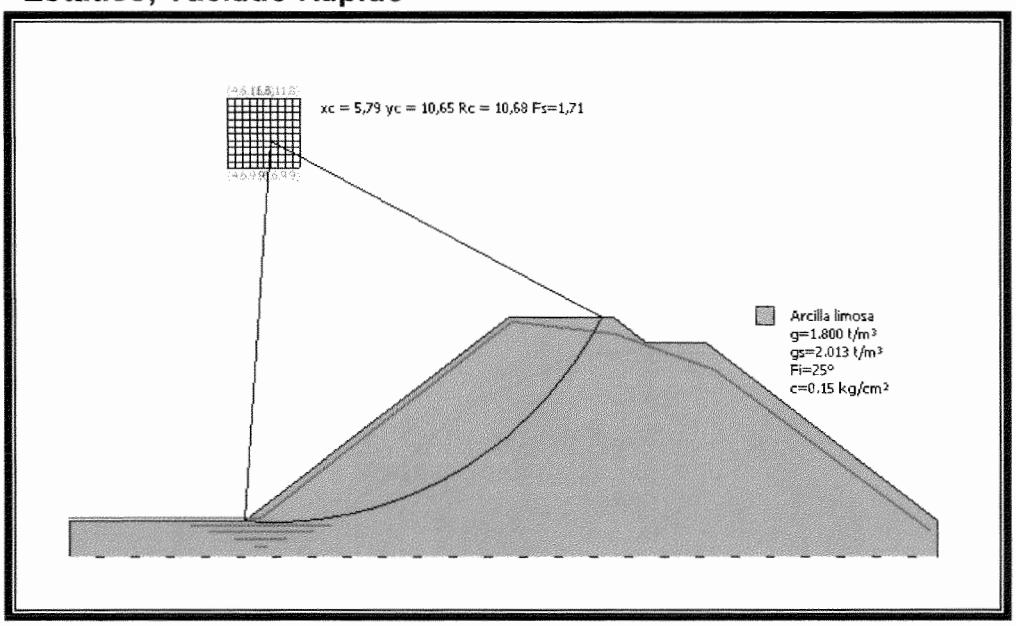
- Estático, con Agua



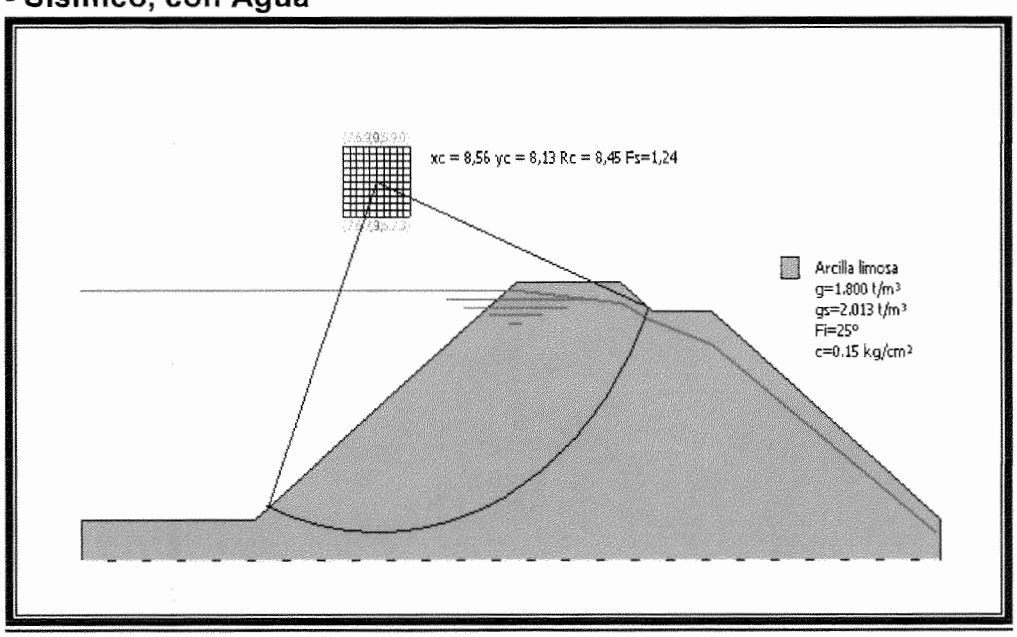
- Estático, sin Agua



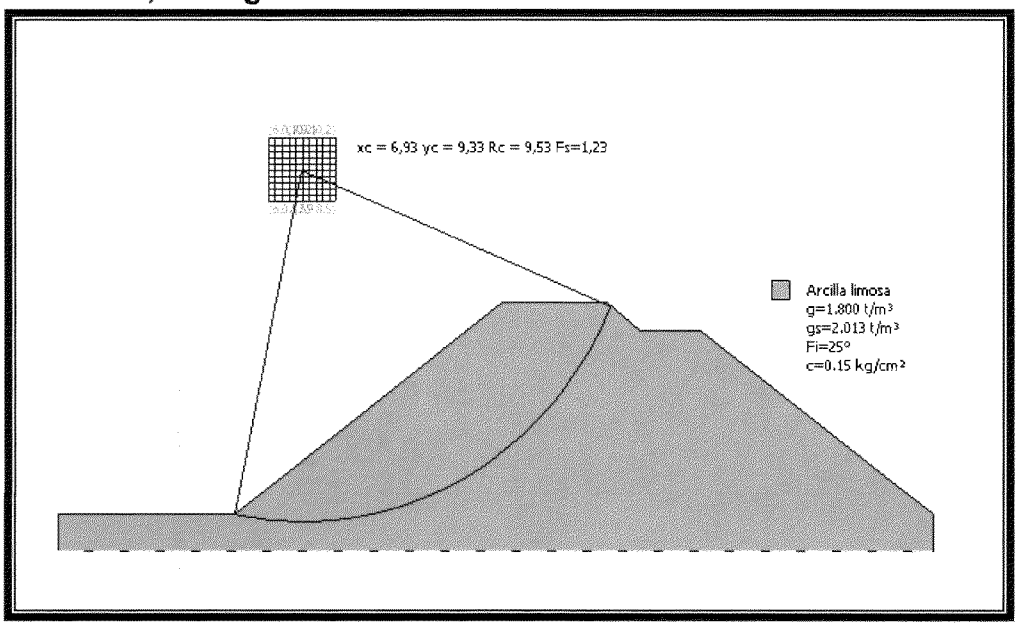
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

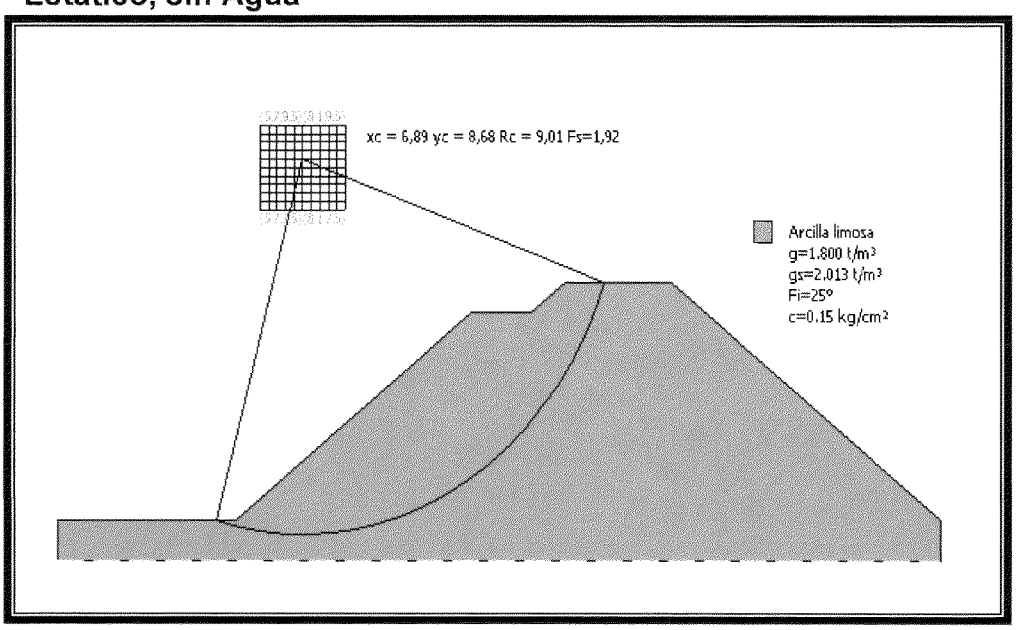


- Sísmico, sin Agua

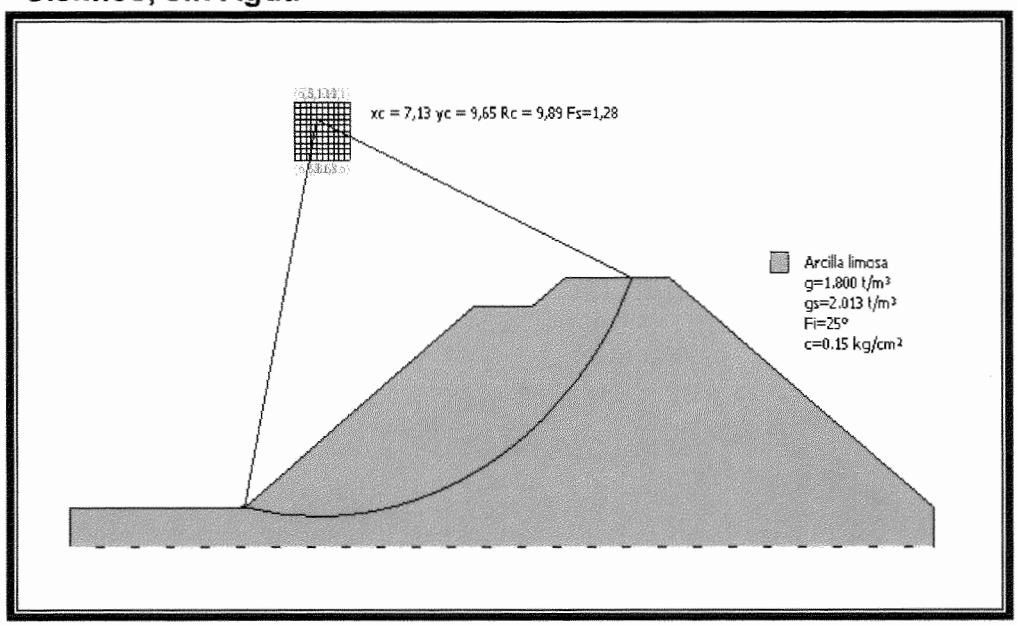


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

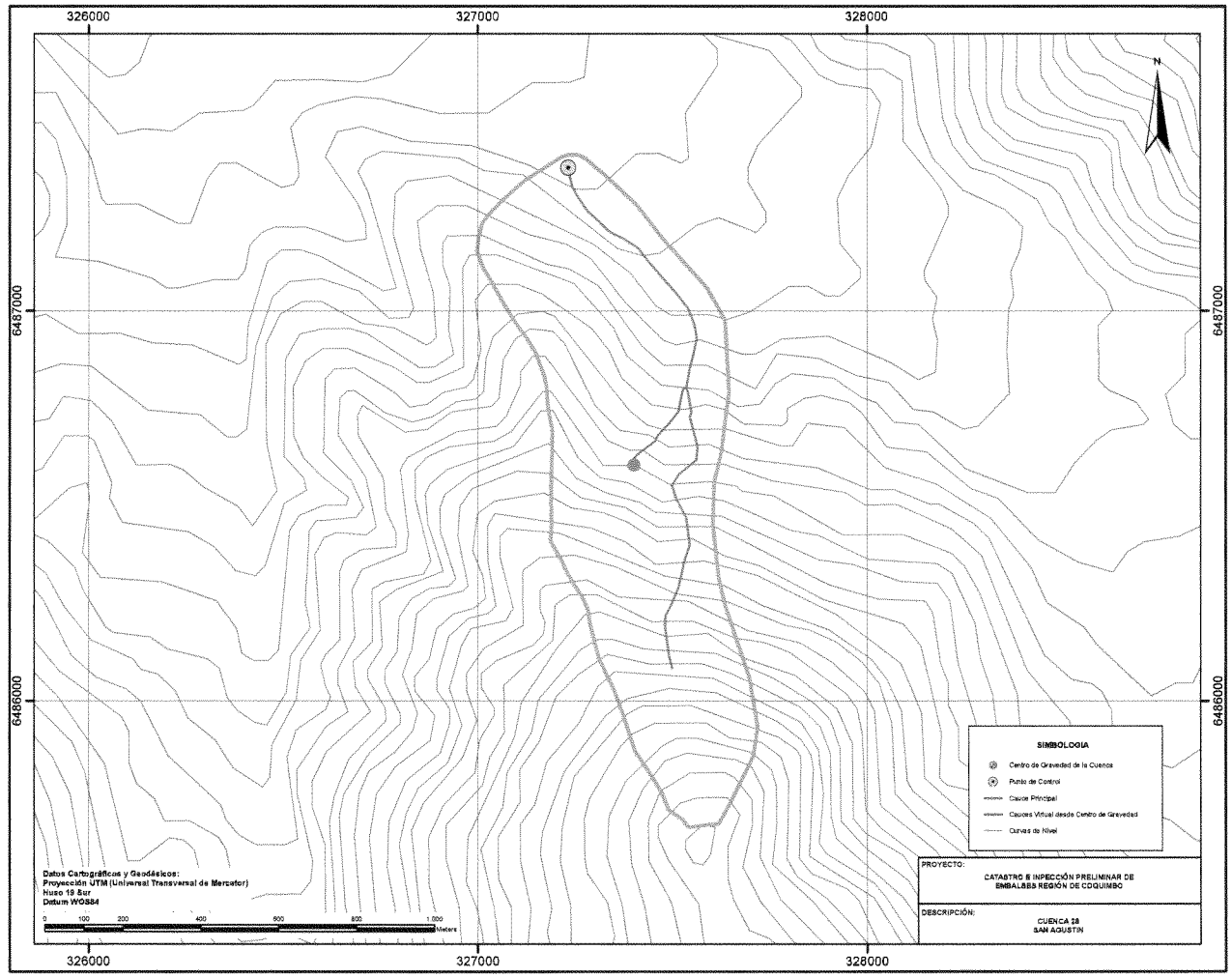


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio de crecidas se presentan a continuación.

CUENCA 28.- SAN AGUSTIN

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
28	SAN AGUSTIN	327.232	6.487.367	84 H19S	664.165	327.401	6.486.605	0,546951	775	1.468	948

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
28	SAN AGUSTIN	Kp	2	0,66	98	0,22	0,24	0,48	0,13	1,59	0,08	0,17	0,04
		Kp	5	0,66	98	0,22	0,60	0,78	0,50	1,59	0,21	0,27	0,17
		Kp	10	0,66	98	0,22	1,00	1,00	1,00	1,59	0,35	0,35	0,35
		Kp	20	0,66	98	0,22	1,61	1,77	1,49	1,59	0,56	0,61	0,52
		Kp	25	0,66	98	0,22	1,82	1,96	1,67	1,59	0,63	0,68	0,58
		Kp	50	0,66	98	0,22	2,61	3,03	2,33	1,59	0,90	1,05	0,81
		Kp	100	0,66	98	0,22	3,67	4,47	2,81	1,59	1,27	1,55	0,97

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
28	SAN AGUSTIN	IV.5	IV Choapa	2	0,66	98	0,527	52	0,200	0,330	0,066	0,04
		IV.5	IV Choapa	5	0,66	98	0,802	79	0,200	0,680	0,136	0,13
		IV.5	IV Choapa	10	0,66	98	1,000	98	0,200	1,000	0,200	0,25
		IV.5	IV Choapa	20	0,66	98	1,200	117	0,200	1,380	0,276	0,44
		IV.5	IV Choapa	25	0,66	98	1,229	120	0,200	1,540	0,308	0,50
		IV.5	IV Choapa	50	0,66	98	1,473	144	0,200	2,000	0,400	0,82
		IV.5	IV Choapa	100	0,66	98	1,689	165	0,200	2,560	0,512	1,24

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
28	SAN AGUSTIN	IV.5	IV Choapa	2	0,66	98	0,527	52	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	17,76	0,09
		IV.5	IV Choapa	5	0,66	98	0,802	79	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	27,03	0,27
		IV.5	IV Choapa	10	0,66	98	1,000	98	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	33,71	0,50
		IV.5	IV Choapa	20	0,66	98	1,200	117	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	40,45	0,82
		IV.5	IV Choapa	25	0,66	98	1,229	120	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	41,42	0,94
		IV.5	IV Choapa	50	0,66	98	1,473	144	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	49,65	1,47
		IV.5	IV Choapa	100	0,66	98	1,689	165	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	56,93	2,15

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
28	SAN AGUSTIN	2	0,08	0,04	0,09	0,07	0,09
		5	0,21	0,13	0,27	0,20	0,27
		10	0,35	0,25	0,50	0,37	0,50
		20	0,56	0,44	0,82	0,61	0,82
		25	0,63	0,50	0,94	0,69	0,94
		50	0,90	0,82	1,47	1,06	1,47
		100	1,27	1,24	2,15	1,55	2,15

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 5,72 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 5,43 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse San Agustín no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
San Agustín	7,63	6,40

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse San Agustín.

TALUDES EMBALSE SAN AGUSTÍN

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo		
San Agustín	Dx	7,59	Escalón Superior	Dx	0,96
				Dy	0,72
			Descanso		1,70
	Dy	5,72	Escalón Inferior	Dx	6,63
				Dy	5,00

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
San Agustín	1,79	1,80	1,71	1,24	1,23

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
San Agustín	1,92	1,28

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse San Agustín no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse San Agustín, se tiene lo siguiente:

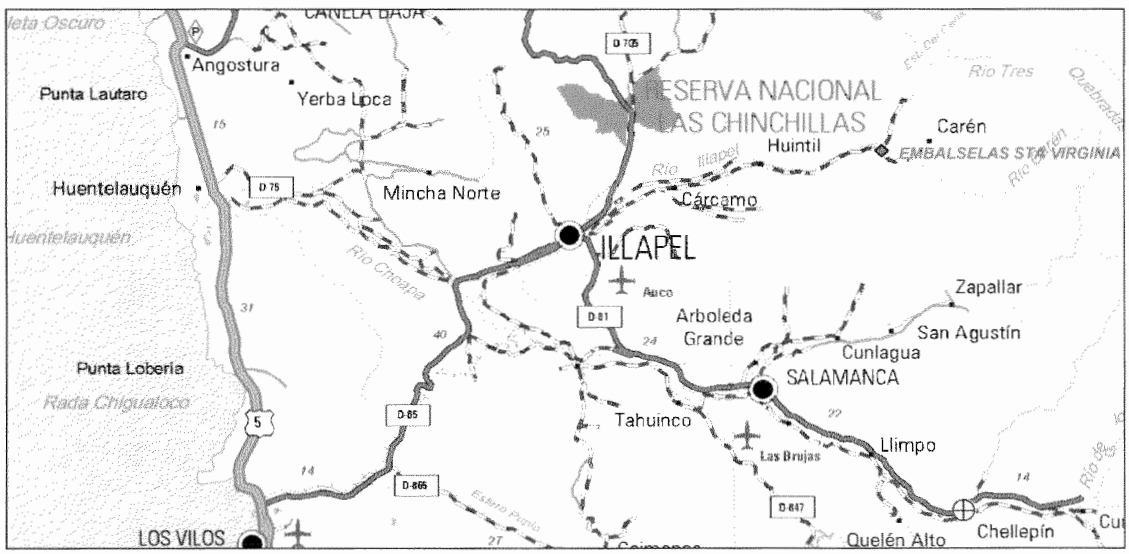
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
5,7	250	5,43	1,00	0,95	0,6	0,6	0,9	0,4	0,6	0,6	0,40	23,1%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 23,1 %

5.3.29 Embalse Santa Virginia

Ubicado en la comuna de Illapel, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.507.895 E: 325.376 Datum: WGS 84
Altitud: 931 m.s.n.m



Acceso: 3.5 km al oriente de la presa del embalse El Bato, a 760 m de confluencia de estero Carén con Río Illapel

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE STA. VIRGINIA - SAN GERARDO

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
RIO CHOAPA

SUB - CUENCA
RÍO ILLAPEL

CODIGO

FUENTE

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
COMUNIDAD DE REGANTES CANAL SANTA MARGOT.

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	ILLAPEL

COORDENADAS UTM	N °	6.507.895
	E	325.376

DATUM	w	G	S	8	4

ALTITUD m.s.n.m.	931

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,01
ALTURA DEL MURO (m)		4,70
ANCHO CORONAMIENTO (m)		2,30
LARGO CORONAMIENTO (m)		170,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD	INTERNO	24	2,25	1
MURO (°)	EXTERNO	28	1,88	1

AÑO CONSTRUCCION	1970

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	100 L/S
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

AREA REGADA: 4 Ha

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR: FRONTAL		5	0,15

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

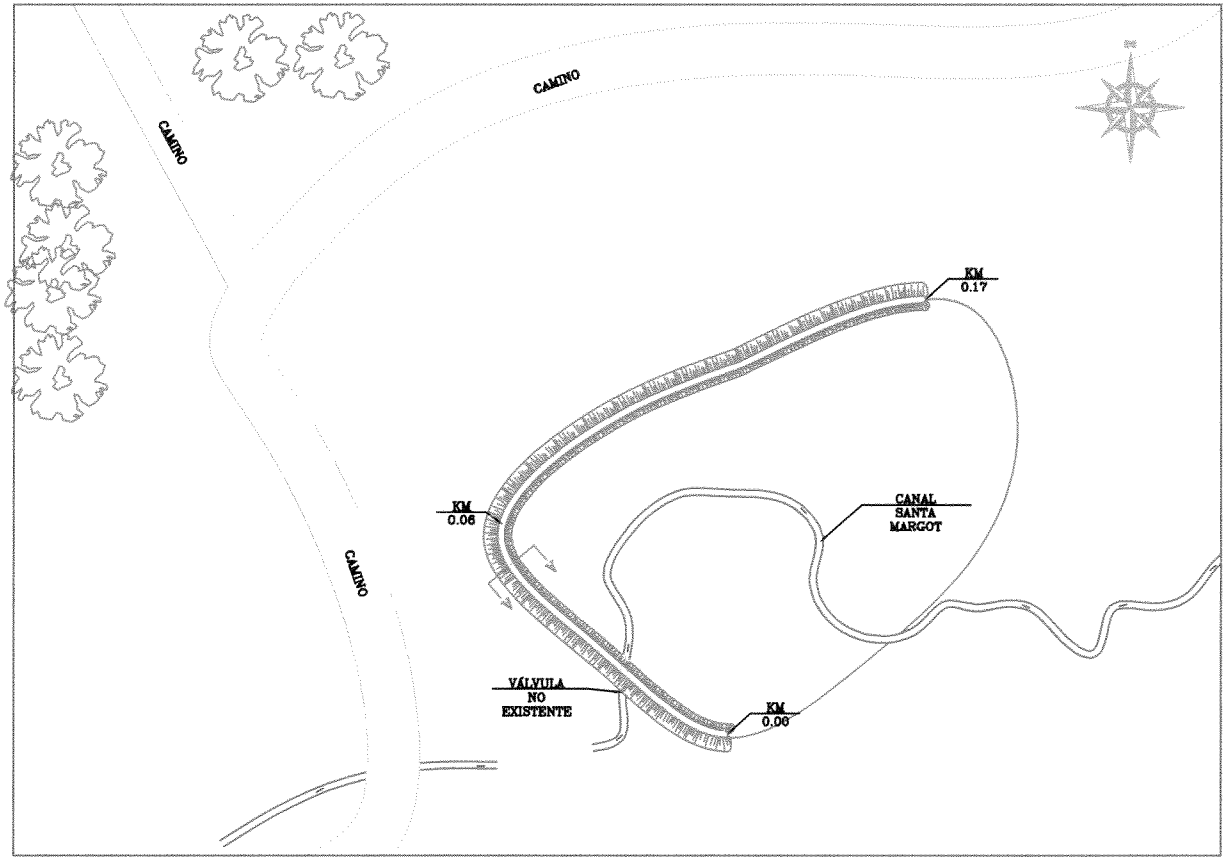
ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

OBSERVACIONES: FUERA DE USO, SOLO PASA CANAL SANTA MARGOT CON UN CAUDAL DE APROX. 50 L/S (AL MOMENTO DE LA VISITA)
OBRAS DE EVACUACIÓN Y ENTREGA EN BUEN ESTADO.
EN CASO DE ESTAR LLENO Y FALLAR EL MURO NO AFECTA POBLACIÓN, SE DERIVA INMEDIATAMENTE AL RIO.
SE ENCUENTRA EN ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CRECIDA DEL RIO, A 40 METROS DEL EJE DEL RIO ILLAPEL.

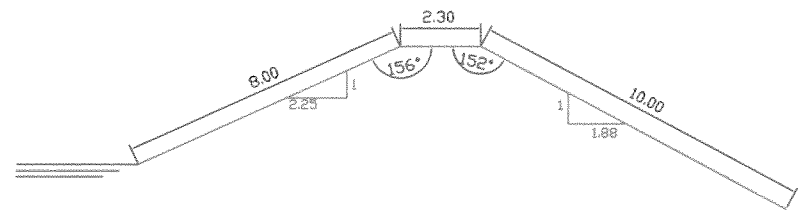
ESTADO GENERAL: REGULAR, FUERA DE USO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN 3.5 KM AL ORIENTE DE LA PRESA DEL EMBALSE EL BATO, A 760 M DE CONFLUENCIA DE ESTERO CAREN CON RIO ILLAPEL

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE SANTA VIRGINIA

COMUNA DE ILLAPEL

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

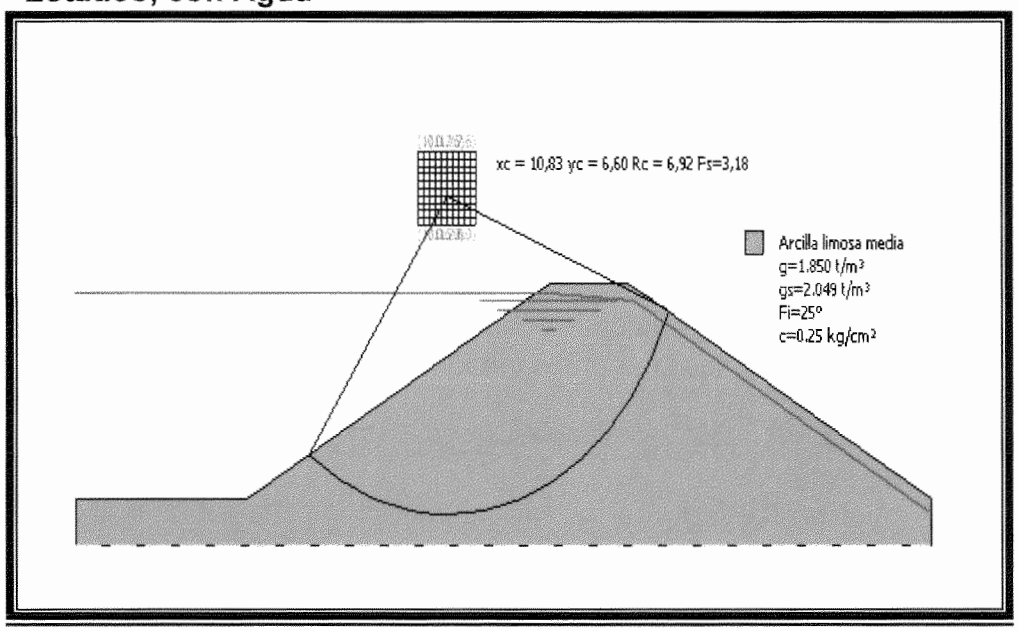
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

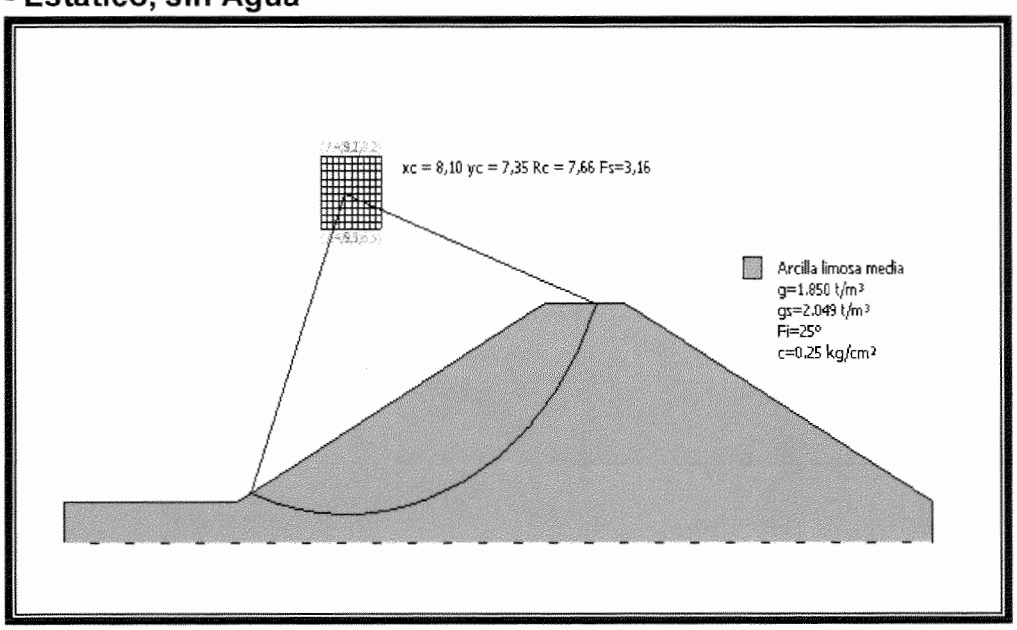
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

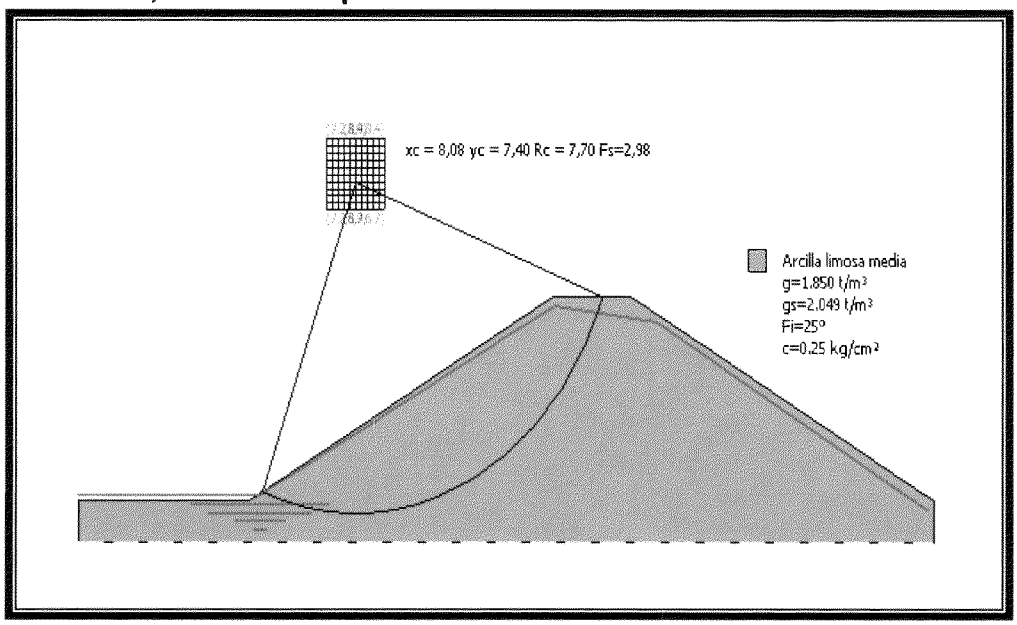
- Estático, con Agua



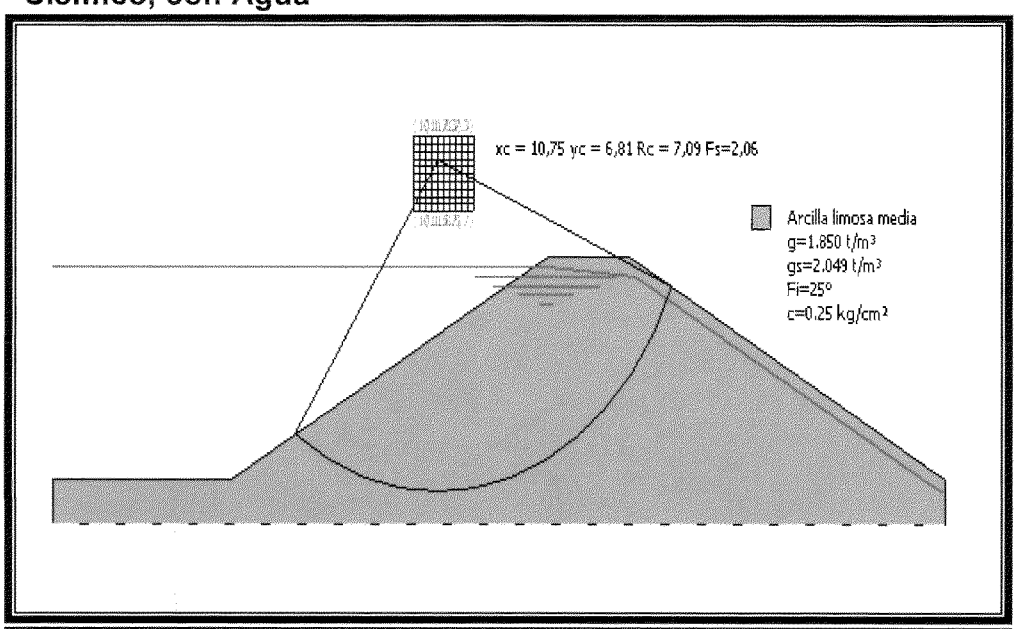
- Estático, sin Agua



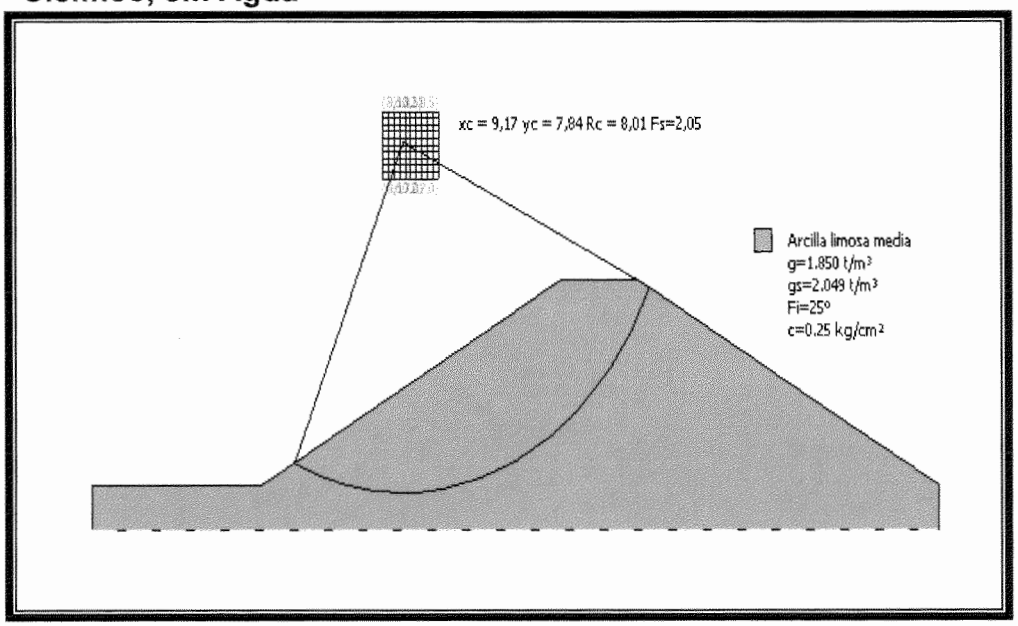
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

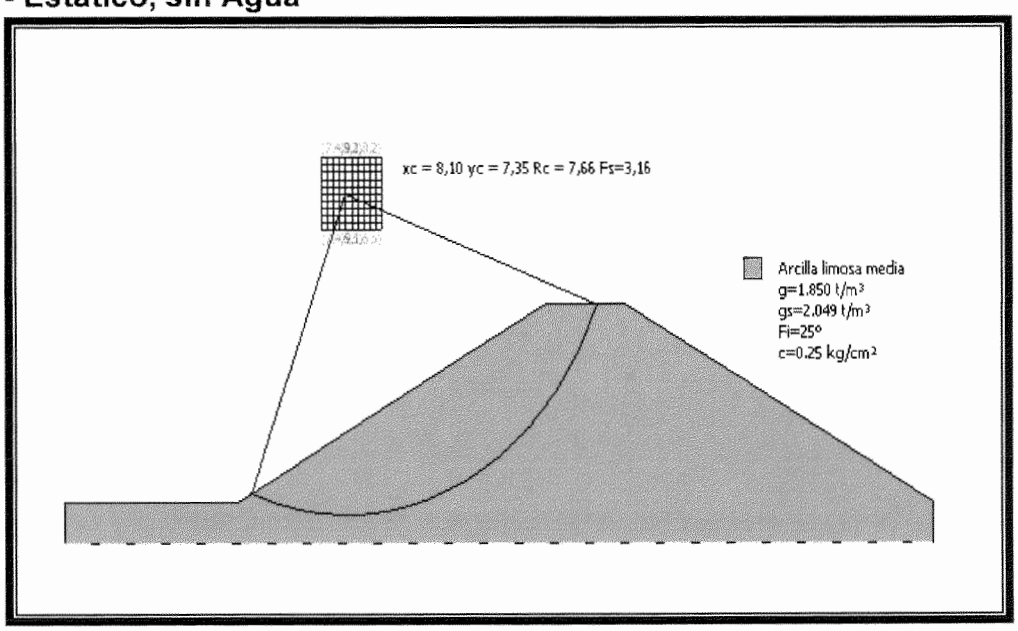


- Sísmico, sin Agua

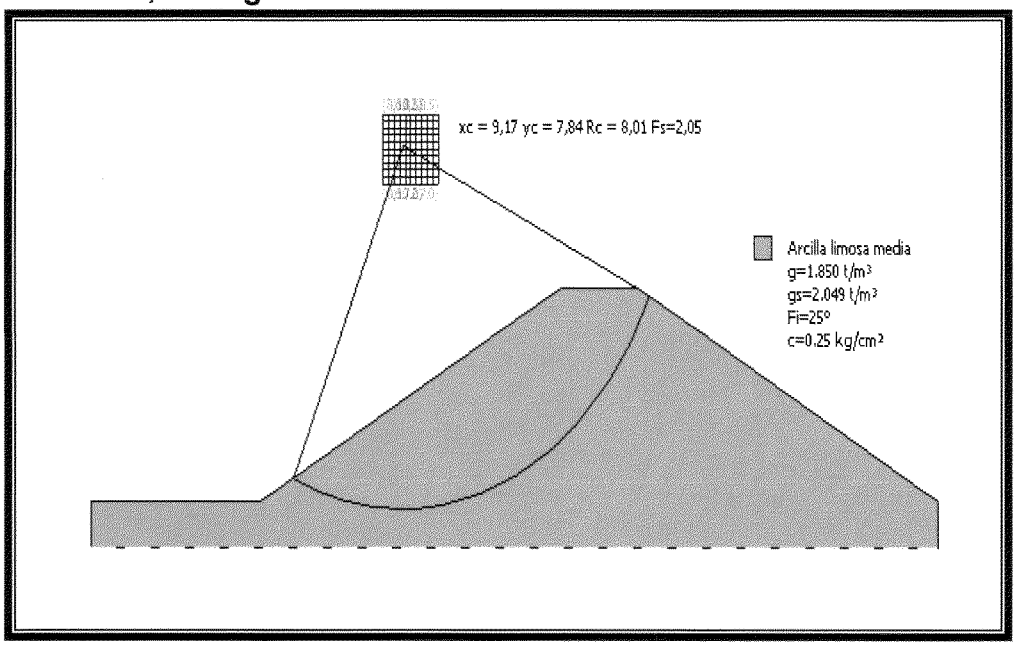


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

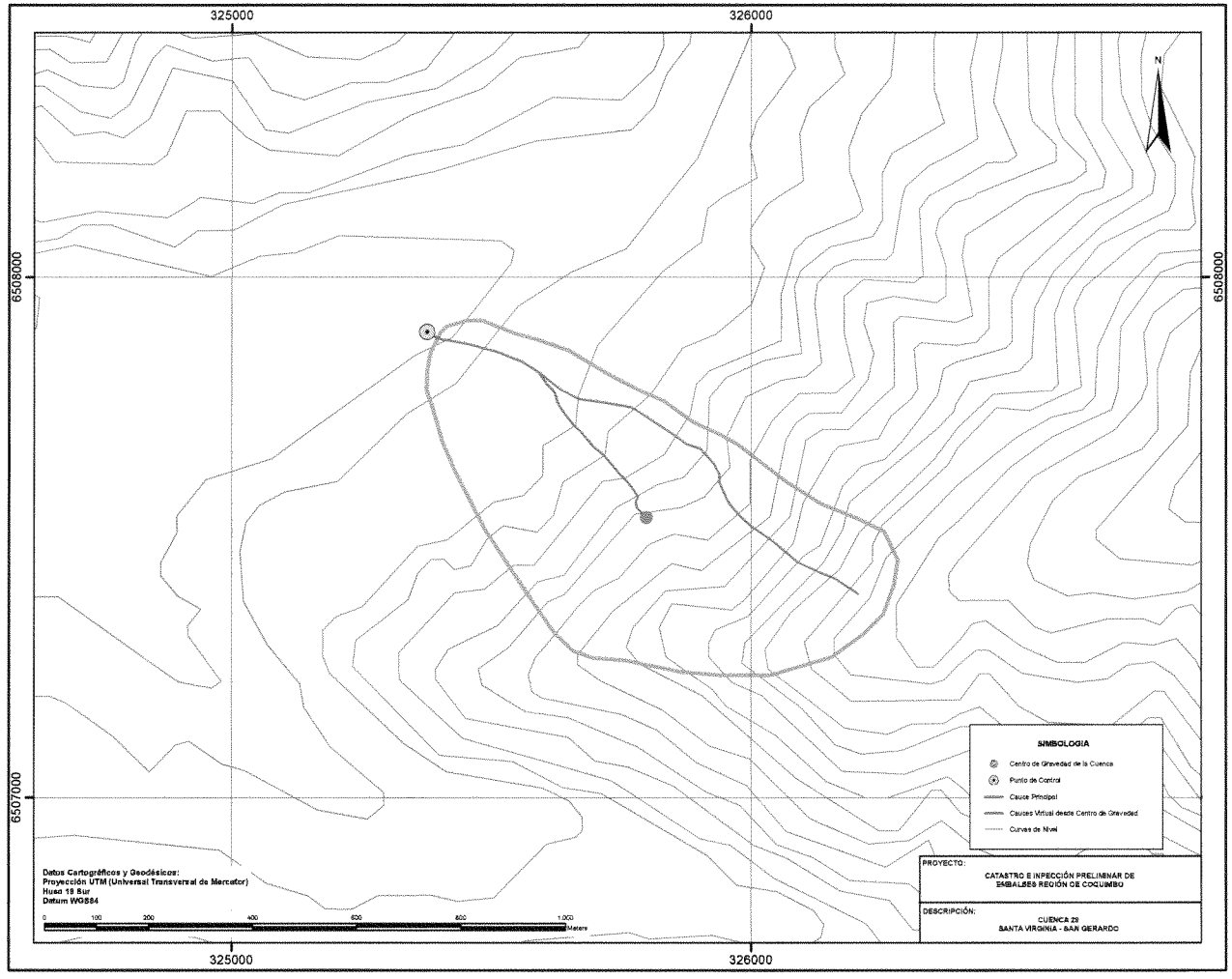


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio de crecidas se presentan a continuación.

CUENCA 29.- STA. VIRGINIA - SAN GERARDO

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
29	STA. VIRGINIA - SAN GERARDO	325.376	6.507.895	84 H19S	367.680	325.798	6.507.538	0,438798	375	1.011	589

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
29	STA. VIRGINIA - SAN GERARDO	Kp	2	0,37	103	0,16	0,24	0,48	0,13	1,59	0,06	0,12	0,03
		Kp	5	0,37	103	0,16	0,60	0,78	0,50	1,59	0,16	0,20	0,13
		Kp	10	0,37	103	0,16	1,00	1,00	1,00	1,59	0,26	0,26	0,26
		Kp	20	0,37	103	0,16	1,61	1,77	1,49	1,59	0,42	0,46	0,39
		Kp	25	0,37	103	0,16	1,82	1,96	1,67	1,59	0,47	0,51	0,43
		Kp	50	0,37	103	0,16	2,61	3,03	2,33	1,59	0,68	0,78	0,60
		Kp	100	0,37	103	0,16	3,67	4,47	2,81	1,59	0,95	1,16	0,73

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
29	STA. VIRGINIA - SAN GERARDO	IV.5	IV Choapa	2	0,37	103	0,527	54	0,200	0,330	0,066	0,02
		IV.5	IV Choapa	5	0,37	103	0,802	83	0,200	0,680	0,136	0,08
		IV.5	IV Choapa	10	0,37	103	1,000	103	0,200	1,000	0,200	0,16
		IV.5	IV Choapa	20	0,37	103	1,200	124	0,200	1,380	0,276	0,28
		IV.5	IV Choapa	25	0,37	103	1,229	127	0,200	1,540	0,308	0,32
		IV.5	IV Choapa	50	0,37	103	1,473	152	0,200	2,000	0,400	0,52
		IV.5	IV Choapa	100	0,37	103	1,689	175	0,200	2,560	0,512	0,79

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
29	STA. VIRGINIA - SAN GERARDO	IV.5	IV Choapa	2	0,37	103	0,527	54	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	18,76	0,05
		IV.5	IV Choapa	5	0,37	103	0,802	83	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	28,55	0,16
		IV.5	IV Choapa	10	0,37	103	1,000	103	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	35,60	0,29
		IV.5	IV Choapa	20	0,37	103	1,200	124	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	42,72	0,48
		IV.5	IV Choapa	25	0,37	103	1,229	127	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	43,75	0,55
		IV.5	IV Choapa	50	0,37	103	1,473	152	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	52,44	0,86
		IV.5	IV Choapa	100	0,37	103	1,689	175	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	60,13	1,26

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
29	STA. VIRGINIA - SAN GERARDO	2	0,06	0,02	0,05	0,05	0,06
		5	0,16	0,08	0,16	0,13	0,16
		10	0,26	0,16	0,29	0,24	0,29
		20	0,42	0,28	0,48	0,39	0,48
		25	0,47	0,32	0,55	0,45	0,55
		50	0,68	0,52	0,86	0,68	0,86
		100	0,95	0,79	1,26	1,00	1,26

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 4,70 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 3,02 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Santa Virginia no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Santa Virginia - San Gerardo	7,65	5,00

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Santa Virginia.

TALUDES EMBALSE SANTA VIRGINIA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Santa Virginia - San Gerardo	Dx	8,83	Dx	8,83
	Dy	4,70	Dy	4,70

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Santa Virginia - San Gerardo	3,18	3,16	2,98	2,06	2,05

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Santa Virginia – San Gerardo	3,16	2,05

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Santa Virginia no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Santa Virginia, se tiene lo siguiente:

Altura Muro	T	Caudal	CAUDAL (m3/s)	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	[años]	[m3/s]	CRECIDAS									
4,7	250	3,02	0,15	0,95	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,6	0,20	11,6%

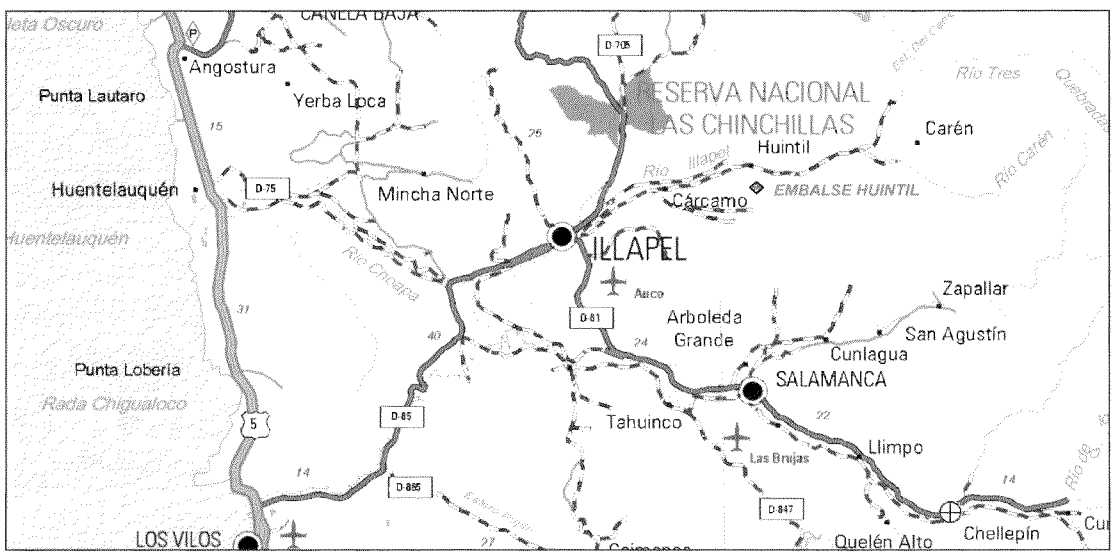
	Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 11,6 %

5.3.30 Embalse Huintil

Ubicado en la comuna de Illapel, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.505.705 E: 311.548 Datum: WGS 84
Altitud: 607 m.s.n.m



Acceso: A 1,6 km al poniente del Caserío Huintil, en la ruta de Illapel a embalse el Bato.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE HUINTIL

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
RIO CHOAPA

SUB - CUENCA
RIO ILLAPEL

CODIGO

FUENTE
CANAL LAS COCINERAS - RIO ILLAPEL Y VERTIENTES
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
COMUNIDAD DE REGANTES HUINTIL

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

COORDENADAS UTM	N	6.505.705
	E	311.548

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	607

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	ILLAPEL

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,00
ALTURA DEL MURO (m)		3,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		1,14
LARGO CORONAMIENTO (m)		1.034,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	23	2,36	1
	EXTERNO	29	1,80	1

AÑO CONSTRUCCION	1980

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	100 L/S
TUBERIA FORZADA		3	
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

AREA REGADA: 43 Ha

ESTADO	R	
AÑO REPARACION		NO

ESTADO	R	
AÑO REPARACION		NO

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR: FRONTAL		5	0,25

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

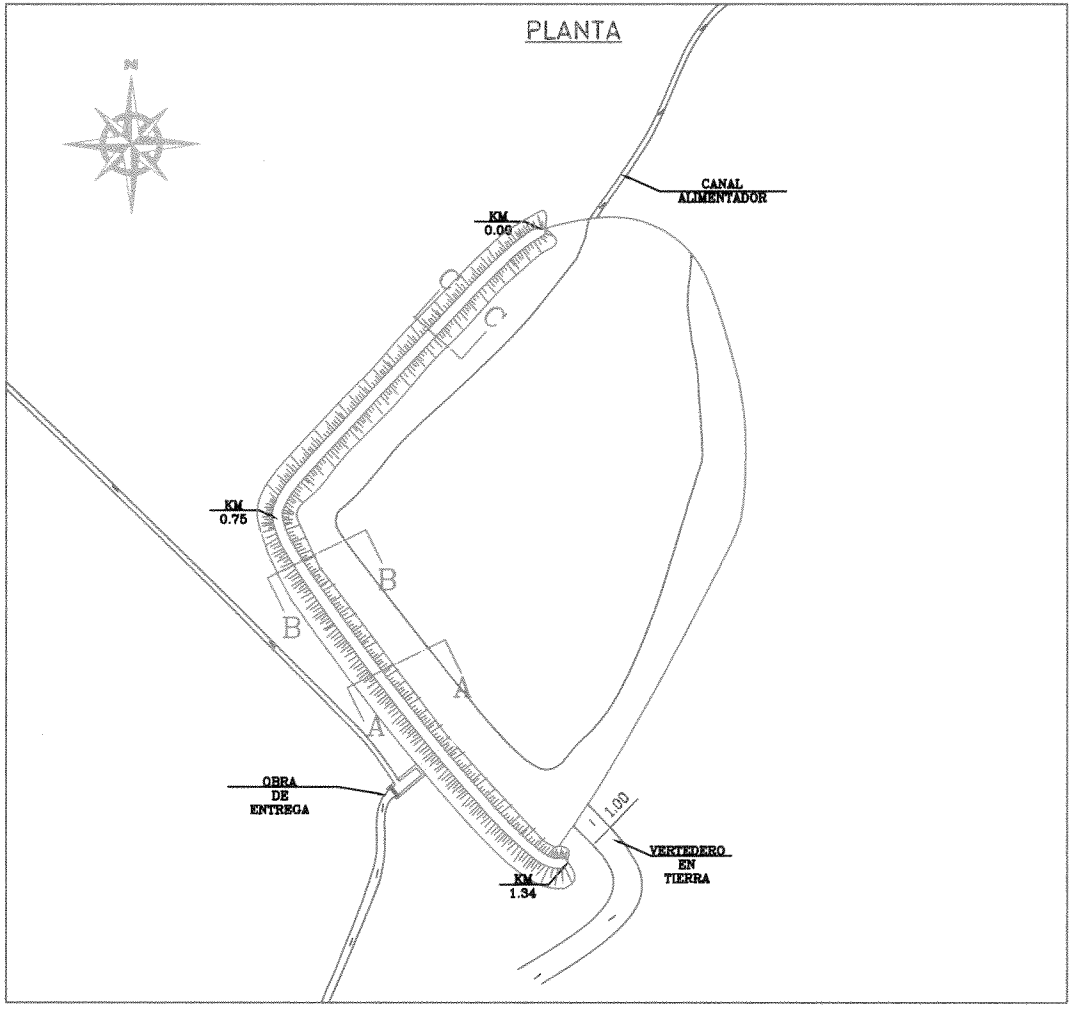
ESTADO	R	
AÑO REPARACION		NO

OBSERVACIONES: EMBALSE APARENTEMENTE EN USO, EN MAL ESTADO. VEGETACIÓN IMPORTANTE EN SU INTERIOR. EN CASO DE FALLAR, AFECTA UNSECTOR DE PALTOS Y PRADERAS. SE ENCUENTRA EN AREA DE CRECIDA DE RIO ILLAPEL.

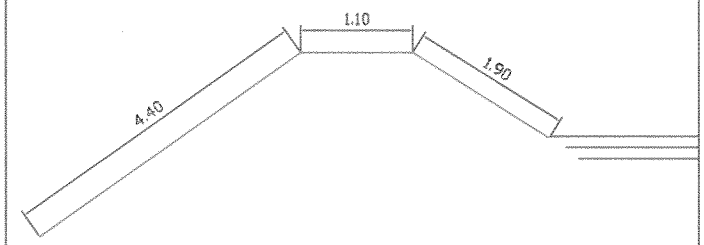
ESTADO GENERAL: MAL ESTADO. REQUIERE LIMPIEZA Y MANTENCIÓN OBRAS DE ENTREGA.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: A 1.6 KM AL PONIENTE DEL CASERIO HUINTIL, EN LA RUTA DE ILLAPEL A EMBALSE EL BATO.

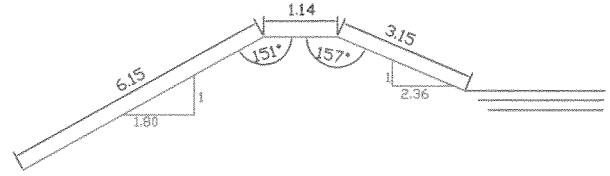
PLANTA



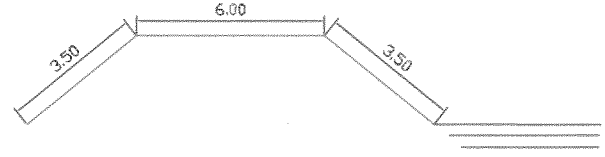
CORTE A-A



CORTE B-B



CORTE C-C



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE HUINTIL

COMUNA DE ILLAPEL

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

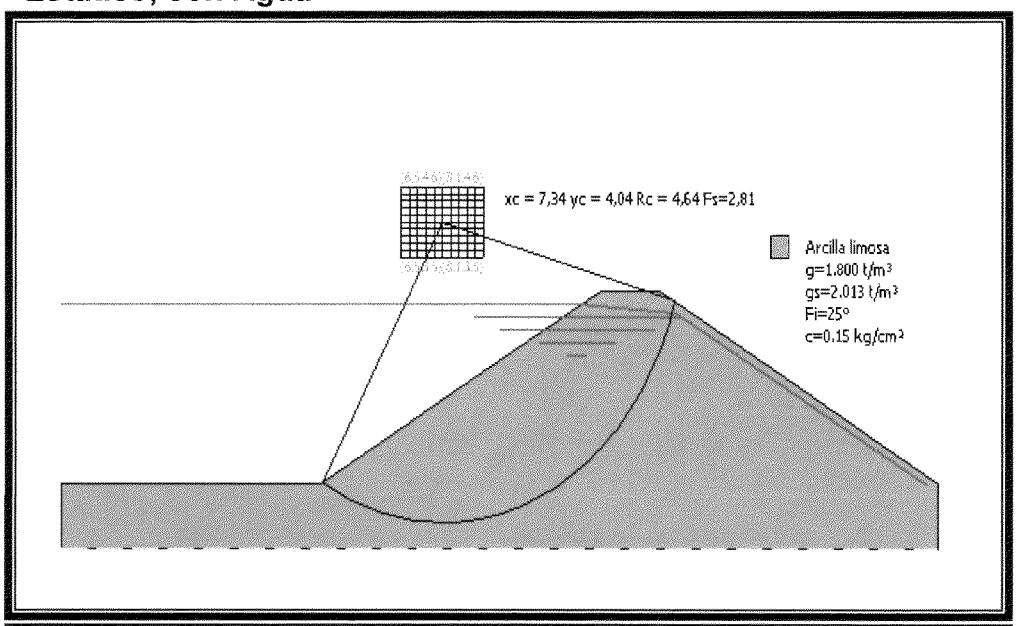
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

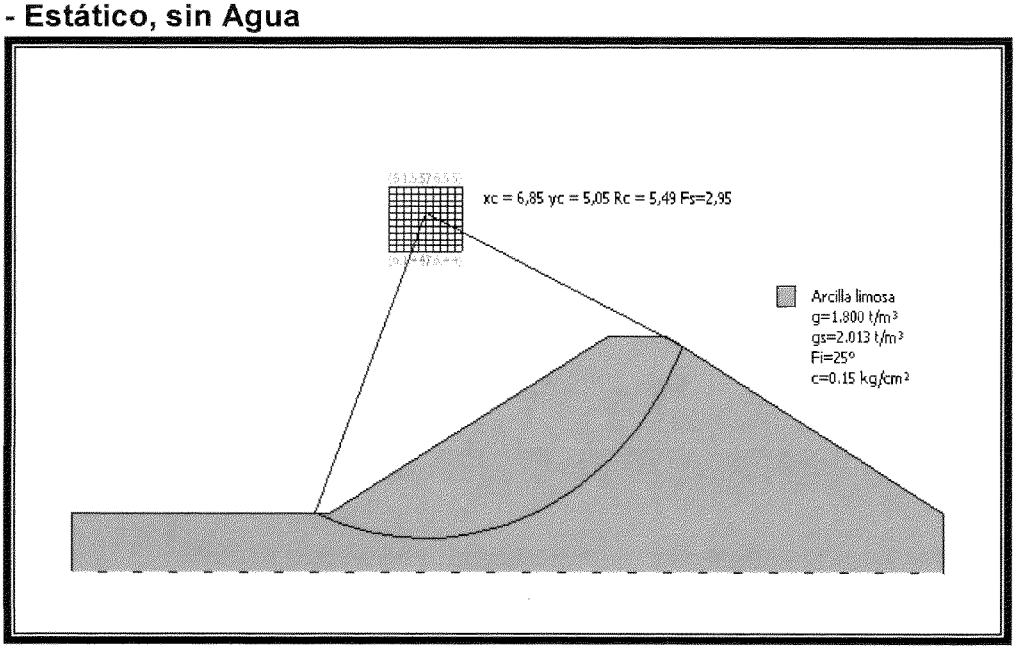
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

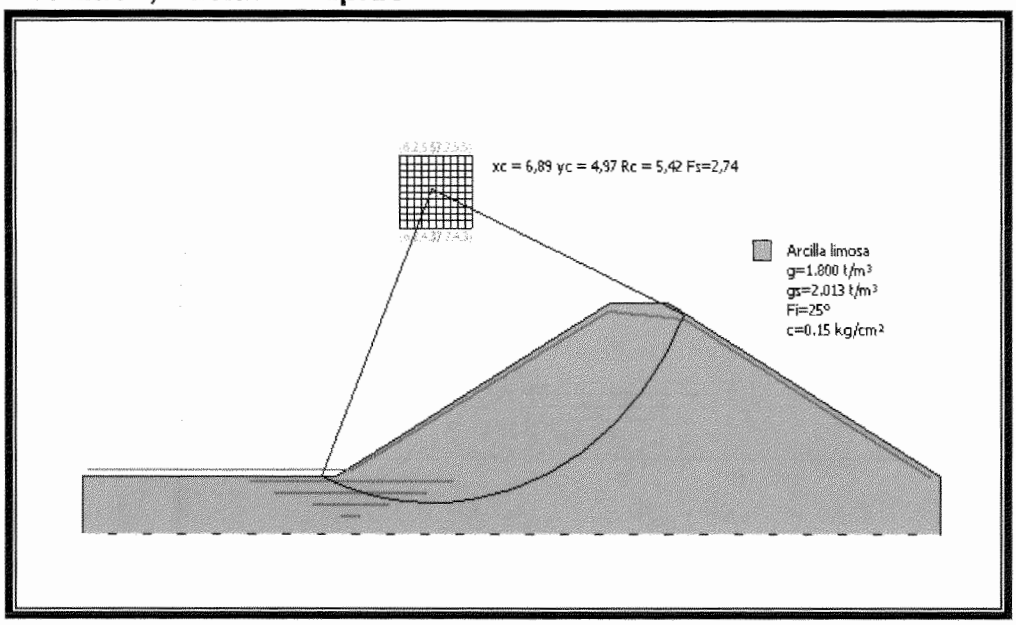
- Estático, con Agua



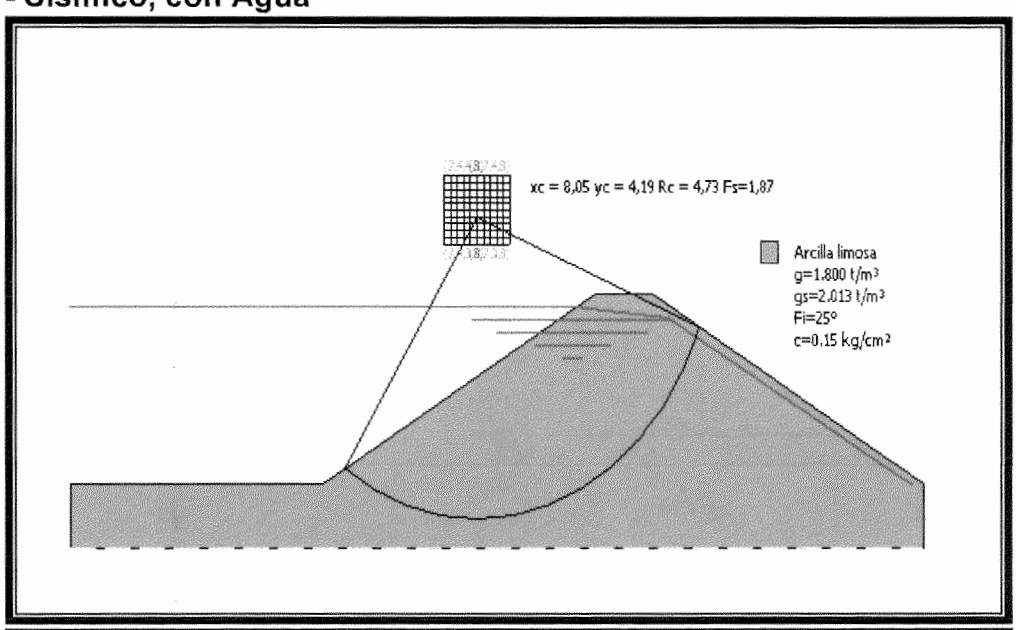
- Estático, sin Agua



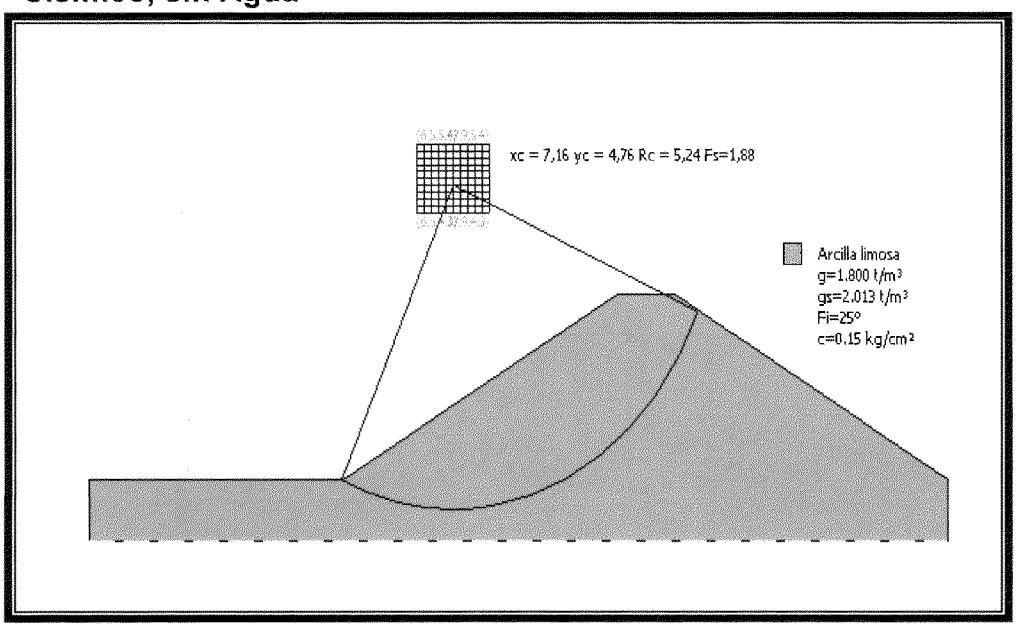
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

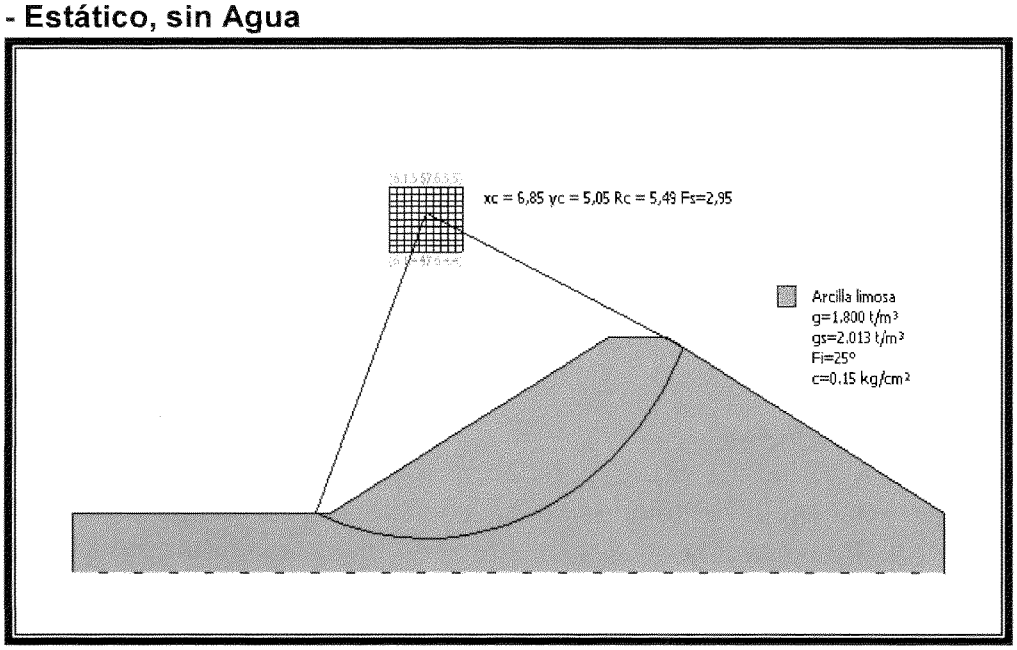


- Sísmico, sin Agua

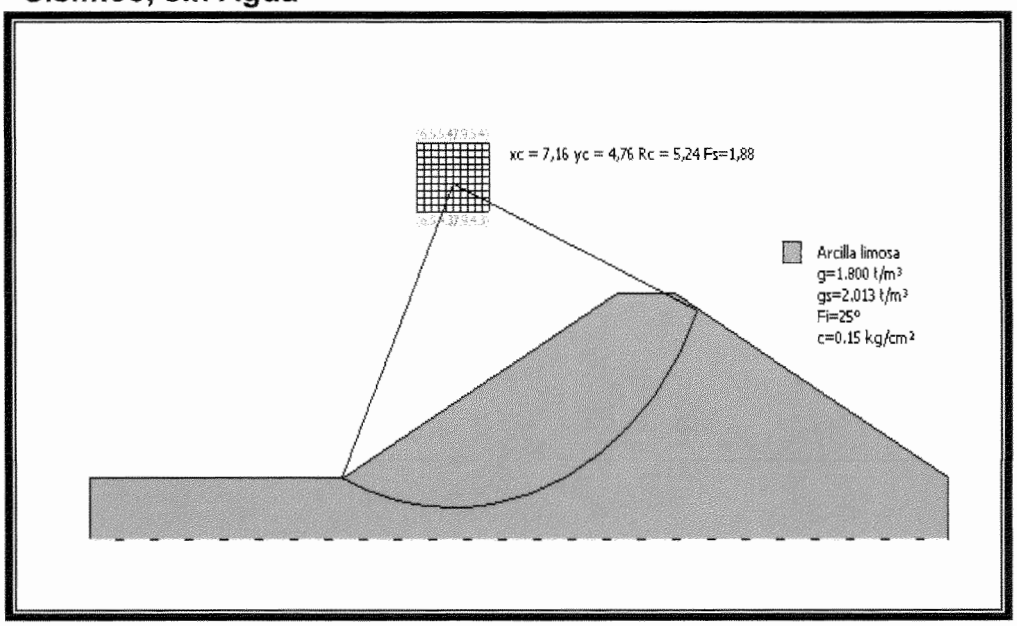


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse Huintil no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Huintil no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Huintil	4,97	3,50

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Huintil.

TALUDES EMBALSE HUINTIL

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Huintil	Dx	5,38	Dx	5,38
	Dy	2,98	Dy	2,98

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Huintil	2,81	2,95	2,74	1,87	1,88

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Huintil	2,95	1,88

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Huintil no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Huintil, se tiene lo siguiente:

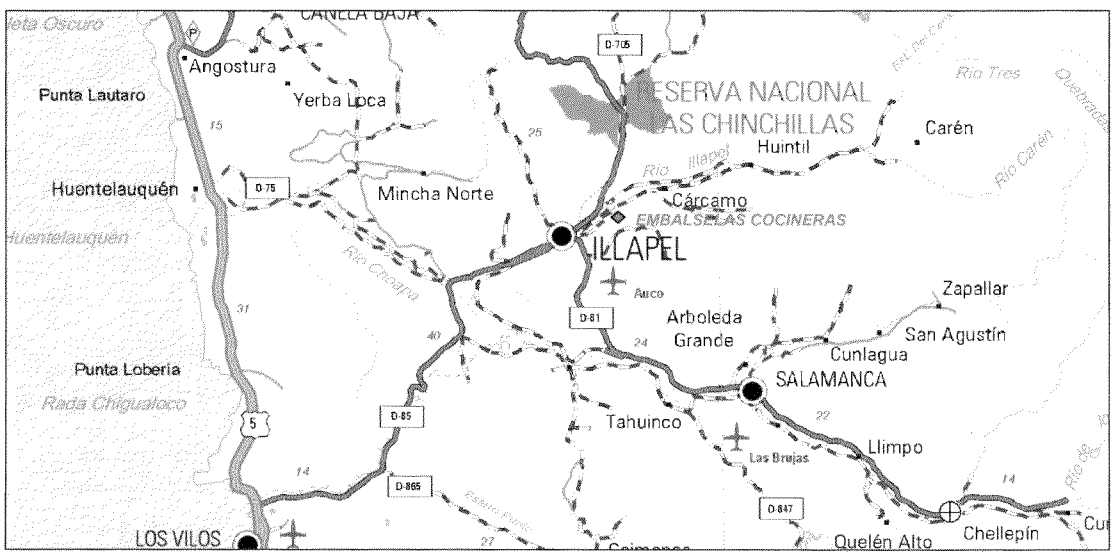
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	T	Caudal	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
3	250	sin cuenca	0,25		0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.31 Embalse Las Cocineras

Ubicado en la comuna de Illapel, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.499.615 E: 298.383 Datum: WGS 84
Altitud: 431 m.s.n.m



Acceso: Desde Illapel por ruta a Huintil y embalse el Bato esta a 3.7 km, vecino al camino.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE LAS COCINERAS	
CUENCA	RIO CHOAPA
SUB - CUENCA	RIO ILLAPEL
FUENTE	CANAL LAS COCINERAS Y CANAL EL MOLINO
TRANQUE LAS COCINERAS	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.499.615
	E	298.383

DATUM	W	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	431

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	ILLAPEL

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,0032
ALTURA DEL MURO (m)	3,30
ANCHO CORONAMIENTO (m)	3,00
LARGO CORONAMIENTO (m)	160,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION	1
RIEGO	2
ENERGIA HIDROELECTRICA	3
INDUSTRIAL	4
MINERIA	5
RELAVES	6
OTROS USOS	7
	8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	24	2,25	1
	EXTERNO	23	2,36	1

AÑO CONSTRUCCION	1980

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA	X	2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2	150 L/S	
TUBERIA FORZADA	3		
SIFON	4		
OTRO SISTEMA	5		

AREA REGADA: 25 Ha

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	250 L/S

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

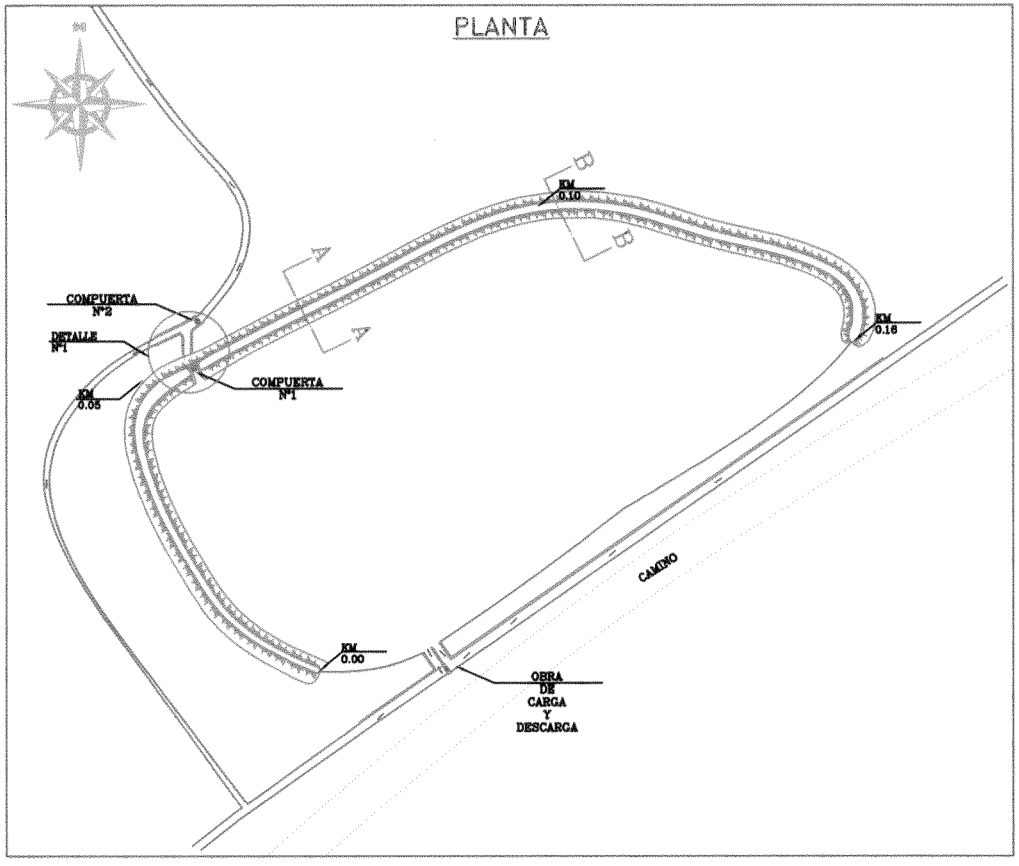
ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: AL MOMENTO DE LA VISITA EL EMBALSE ESTABA AL 100% DE SU CAPACIDAD. ADYACENTE A OBRA DE ADUCCIÓN SE ENCUENTRA VERTEDERO. ENTREGA AL CANAL EL MOLINO Y RIEGA 7 PARCELAS DEL SECTOR LAS COCINERAS.
REQUIERE MANTENCIÓN DE SUS OBRAS DE ENTREGA. TAMBIEN SE DEBE REMOVER EL EXCEDENTE DE LA LIMPIEZA DE LA PARTE SUPERIOR DEL MURO.
EXISTEN EMBANQUE IMPORTANTES QUE DISMINUYEN CAPACIDAD AL EMBALSE.
EN CASO DE FALLA AFECTA PARCELAS CON PRADERAS Y CULTIVOS DE TEMPORADA.

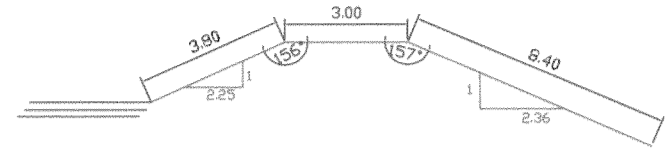
ESTADO GENERAL: REGULAR, SE DEBE MANTENER OBRAS DE ENTREGA, MUROS Y ELIMINAR EMBANQUES

DESCRIPCION DE UBICACIÓN DESDE ILLAPEL POR RUTA A HUINTIL Y EMBALSE EL BATO ESTA A 3.7 KM, VECINO AL CAMINO.

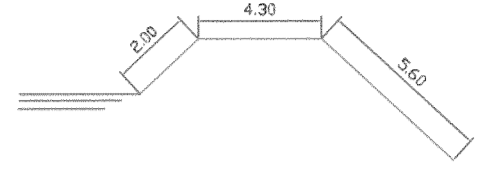
PLANTA



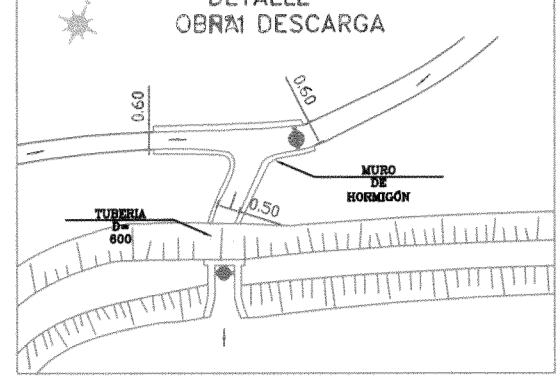
CORTE A–A



CORTE B–B



DETALLE OBRA DE DESCARGA



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LAS COCINERAS

COMUNA DE ILLAPEL

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

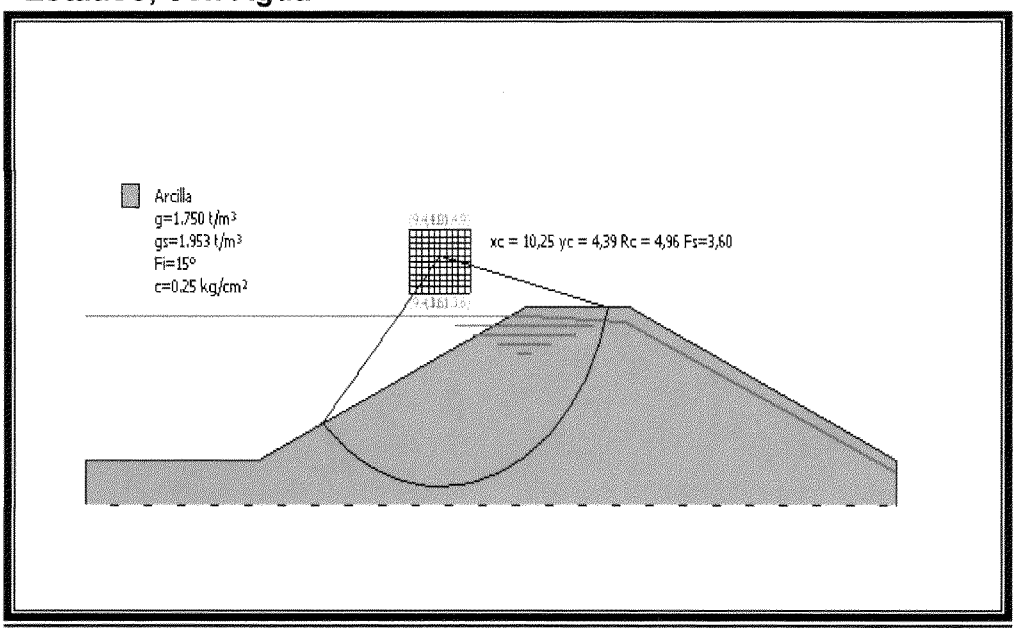
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

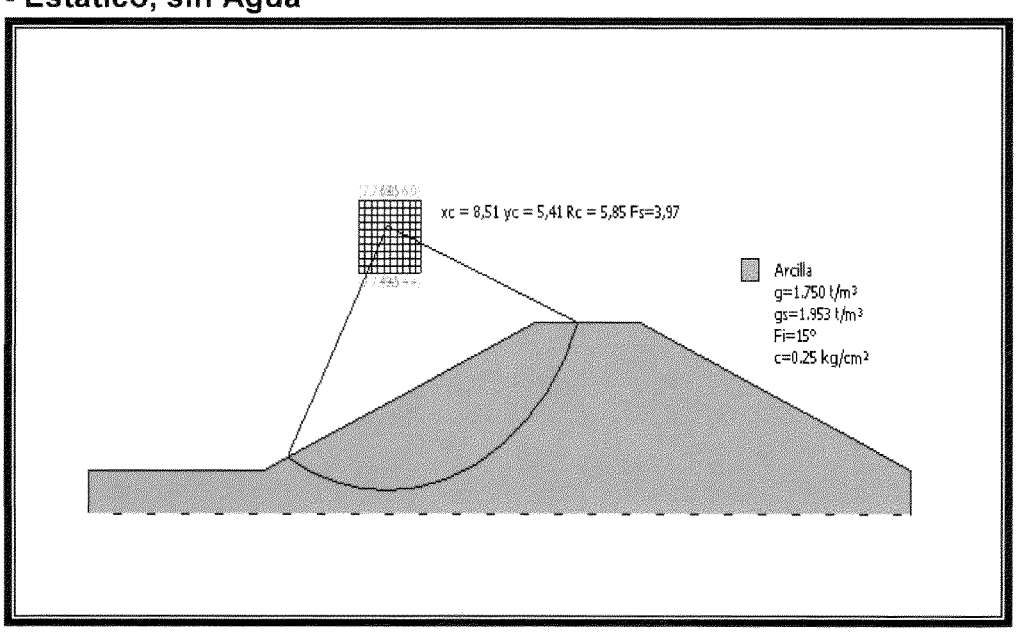
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

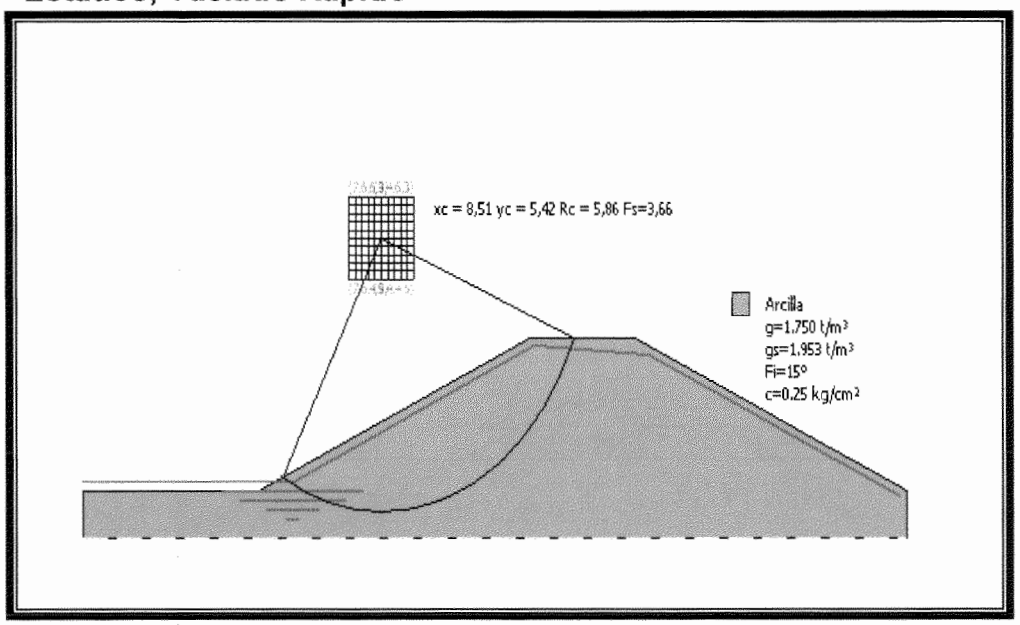
- Estático, con Agua



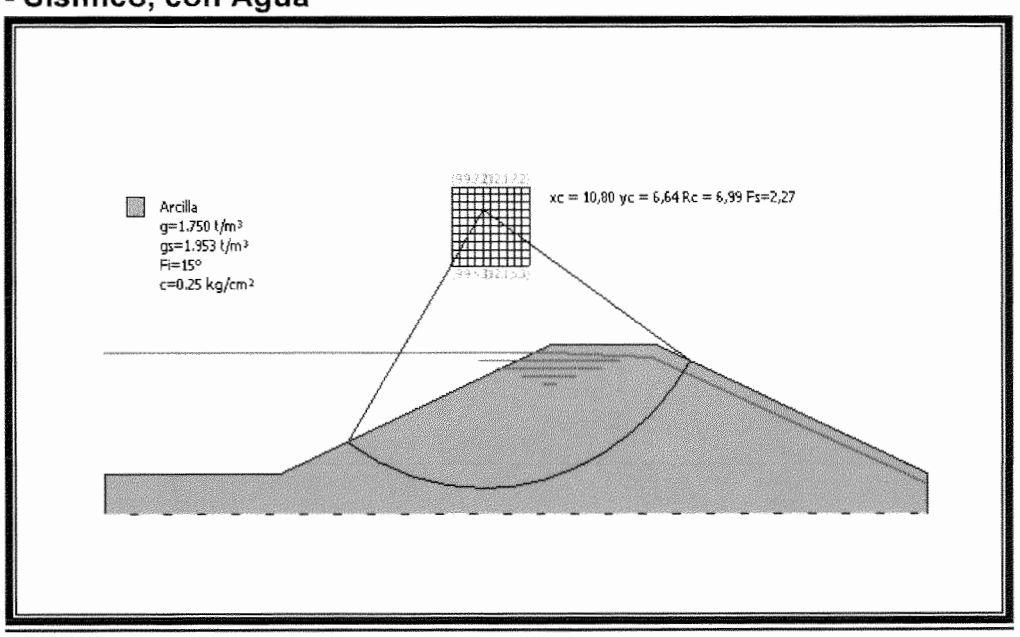
- Estático, sin Agua



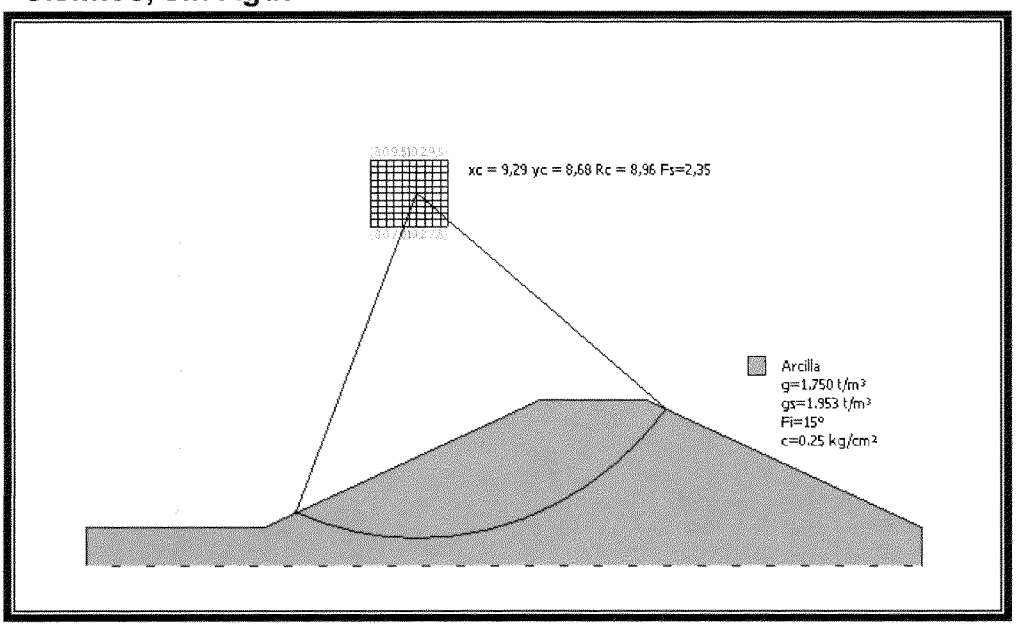
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

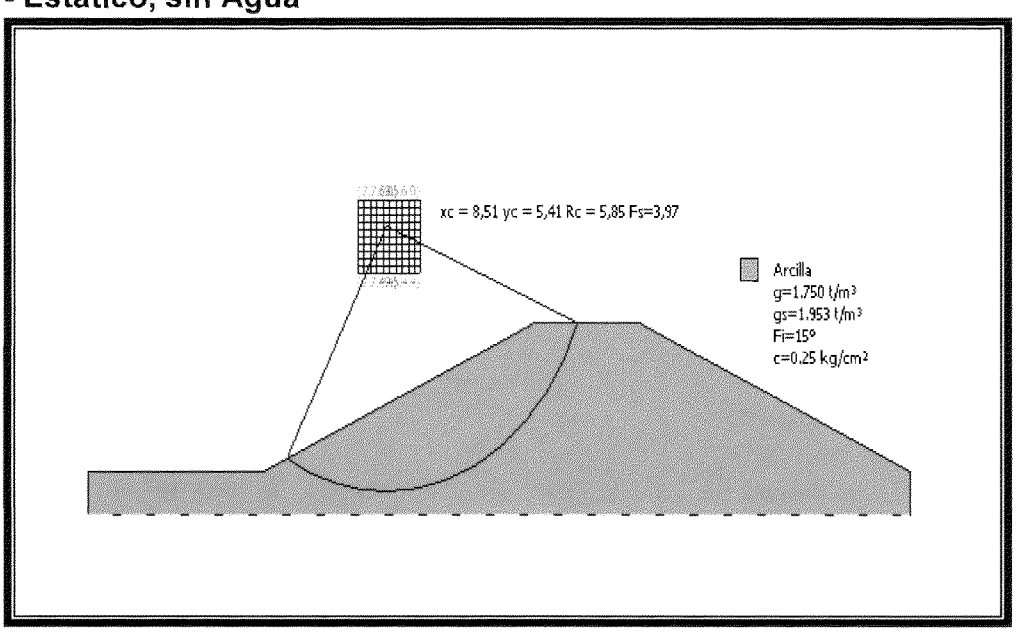


- Sísmico, sin Agua

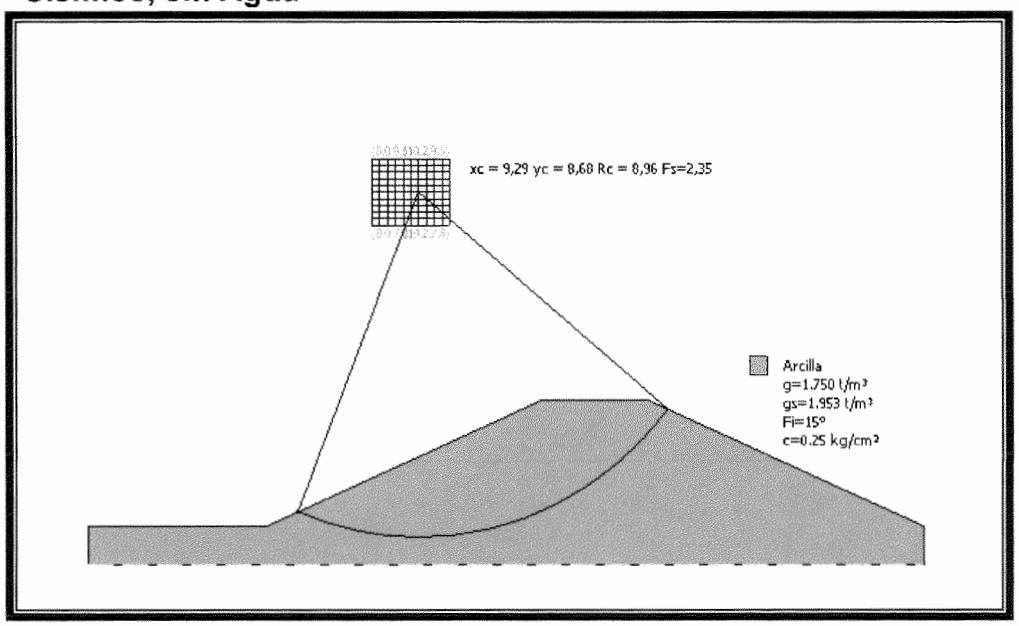


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse Las Cocineras no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Las Cocineras no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Las Cocineras	7,15	4,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Las Cocineras.

TALUDES EMBALSE LAS COCINERAS

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Las Cocineras	Dx	7,73	Dx	7,73
	Dy	3,28	Dy	3,28

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Las Cocineras	3,60	3,97	3,66	2,27	2,35

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Las Cocineras	3,97	2,35

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Las Cocineras no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Las Cocineras, se tiene lo siguiente:

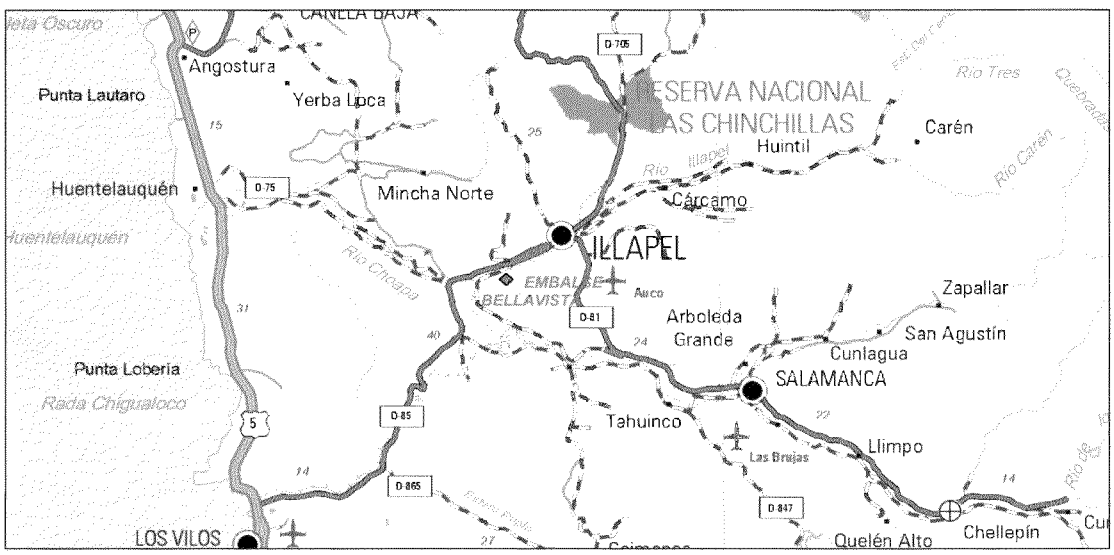
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	T	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
3,3	250	sin cuenca	0,25		0,6	0,6	0,9	0,4	0,6	0,0	0,40	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.32 Embalse Bellavista

Ubicado en la comuna de Illapel, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.495.049 E: 289.404 Datum: WGS 84
Altitud: 248 m.s.n.m



Acceso: Ingresar en cruce a Cuz Cuz hacia el sur al sector de Bellavista, pasar puente, curva, contracurva, seguir camino vecinal hacia el sur. Desde la ruta son 700 m.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE BELLAVISTA

CUENCA: RIO CHOAPA

SUB - CUENCA: RIO ILLAPEL

FUENTE: CANAL BELLAVISTA ALTO

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL: COMUNIDAD DE REGANTES CANAL BELLAVISTA

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION: Sep-08 (DIA / MES / AÑO)

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	ILLAPEL

COORDENADAS UTM	N	6.495.049
	E	289.404

DATUM: WGS 84

ALTITUD m.s.n.m.: 248

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,002
ALTURA DEL MURO (m)	11,80
ANCHO CORONAMIENTO (m)	18,00
LARGO CORONAMIENTO (m)	60,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	12	4,71	1
	EXTERNO	26	2,05	1

AÑO CONSTRUCCION	1980

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	M	
AÑO REPARACION		NO

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	S/I
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

ESTADO	M	
AÑO REPARACION		NO

AREA REGADA: S/I

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	0,5

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

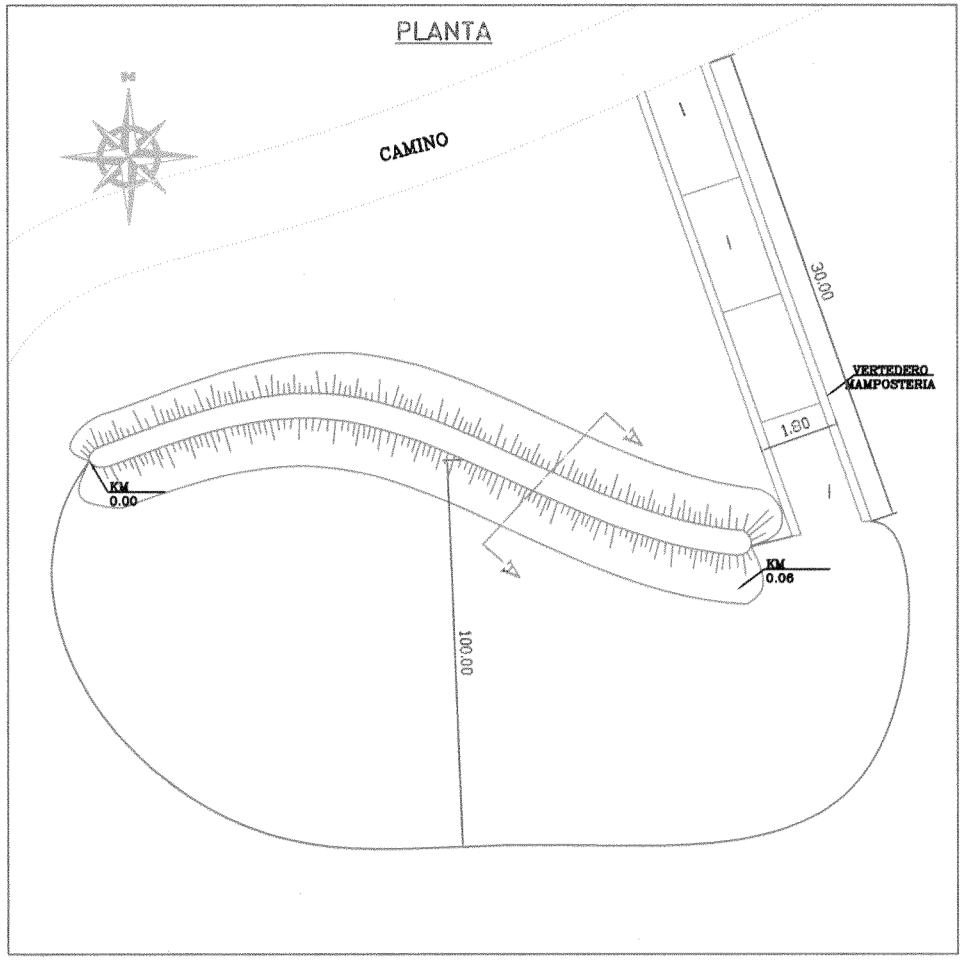
ESTADO	B	
AÑO REPARACION		NO

OBSERVACIONES: EMBALSE ABANDONADO. EN SERVICIO ENTREGABA SEGURIDAD DE RIEGO A CANAL BELLAVISTA BAJO.

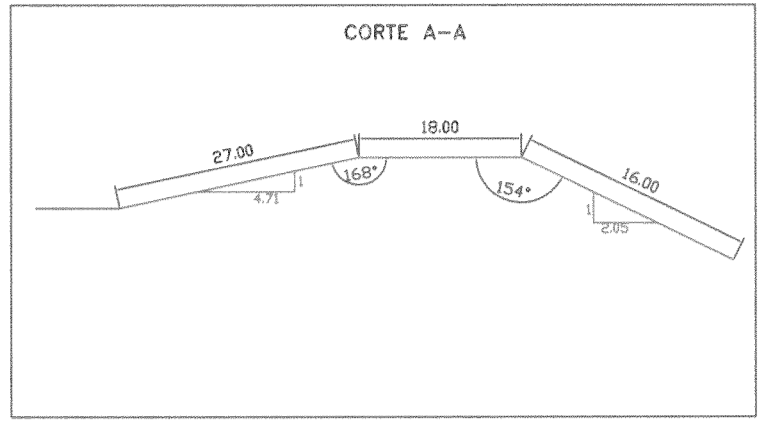
ESTADO GENERAL: MAL ESTADO, ABANDONADO, FUERA DE SERVICIO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: INGRESAR EN CRUCE A CUZ CUZ HACIA EL SUR AL SECTOR DE BELLAVISTA, PASAR PUENTE, CURVA, CONTRACURVA, SEGUIR CAMINO VECINAL HACIA EL SUR. DESDE LA RUTA SON 700 M.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE BELLAVISTA

COMUNA DE ILLAPEL

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

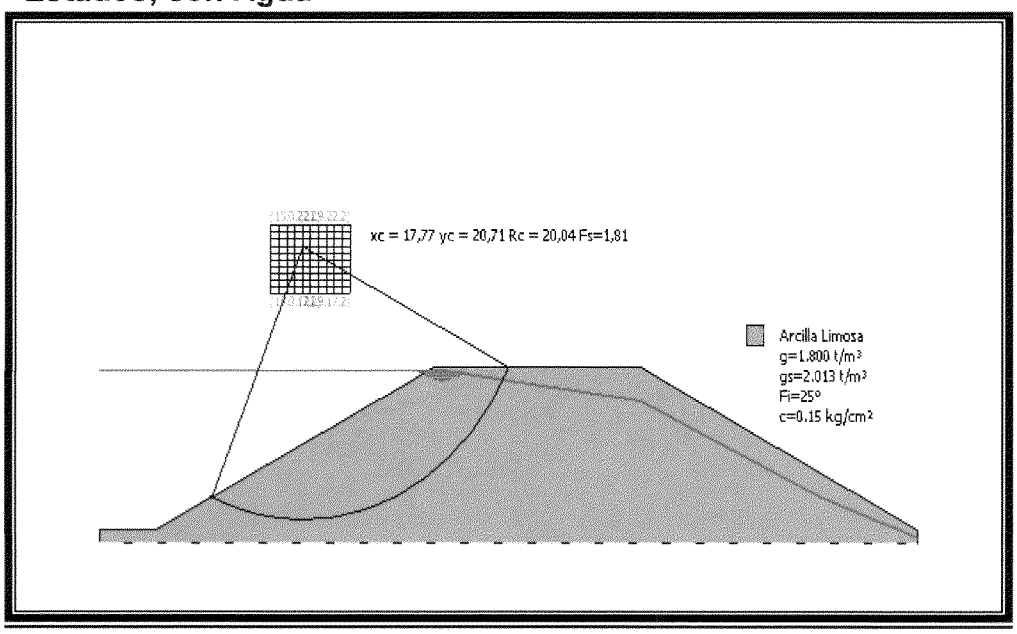
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

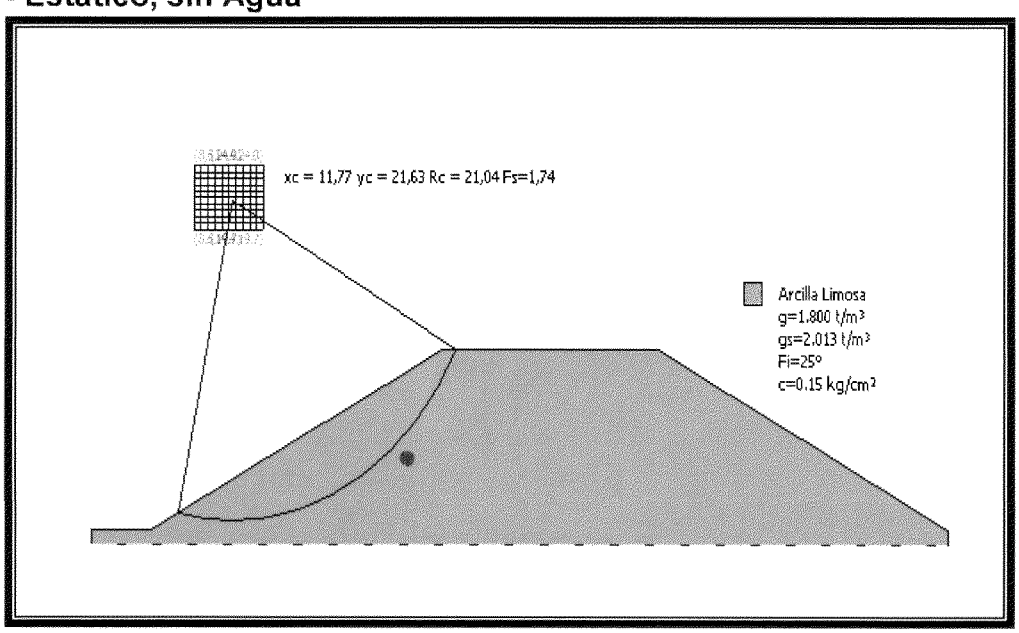
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

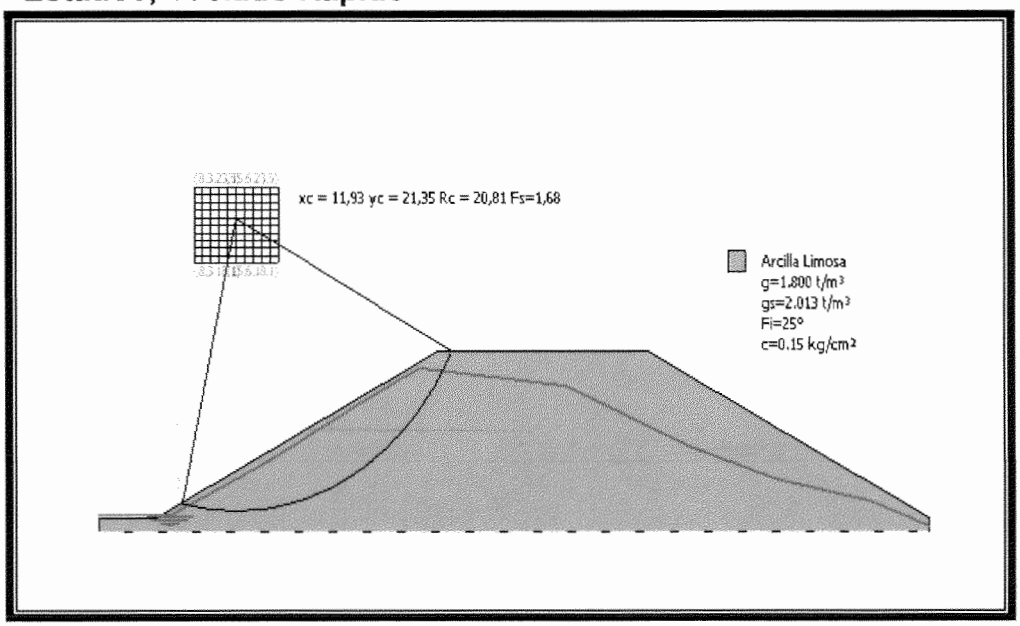
- Estático, con Agua



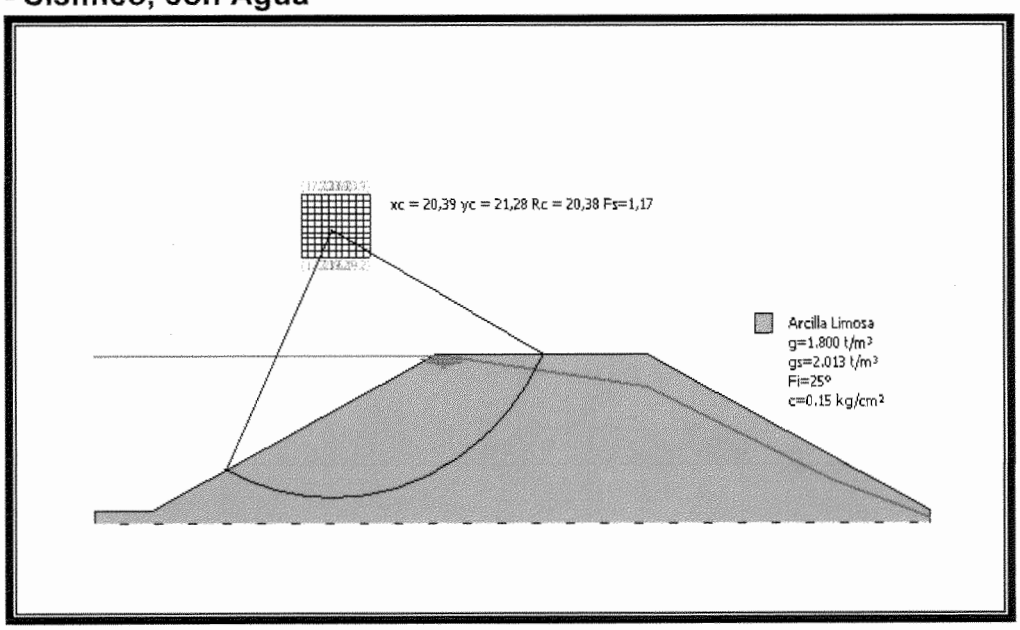
- Estático, sin Agua



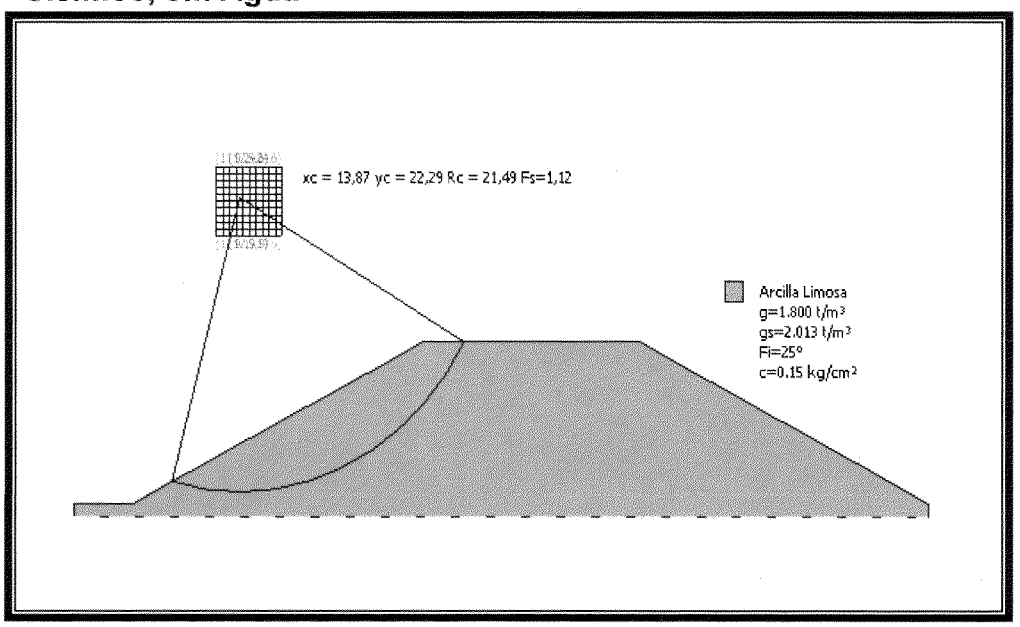
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

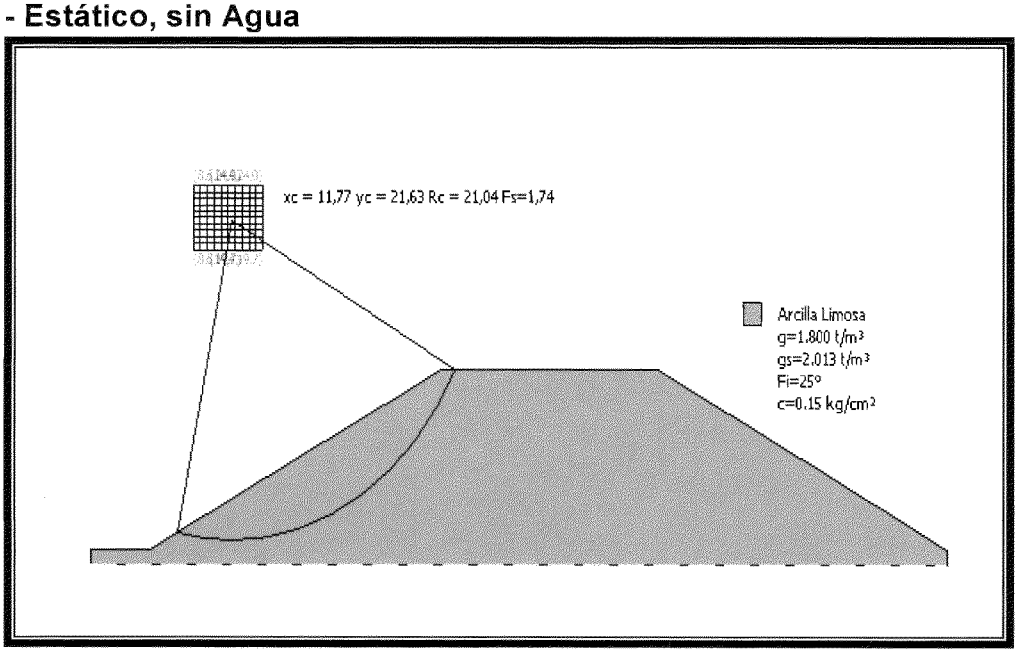


- Sísmico, sin Agua

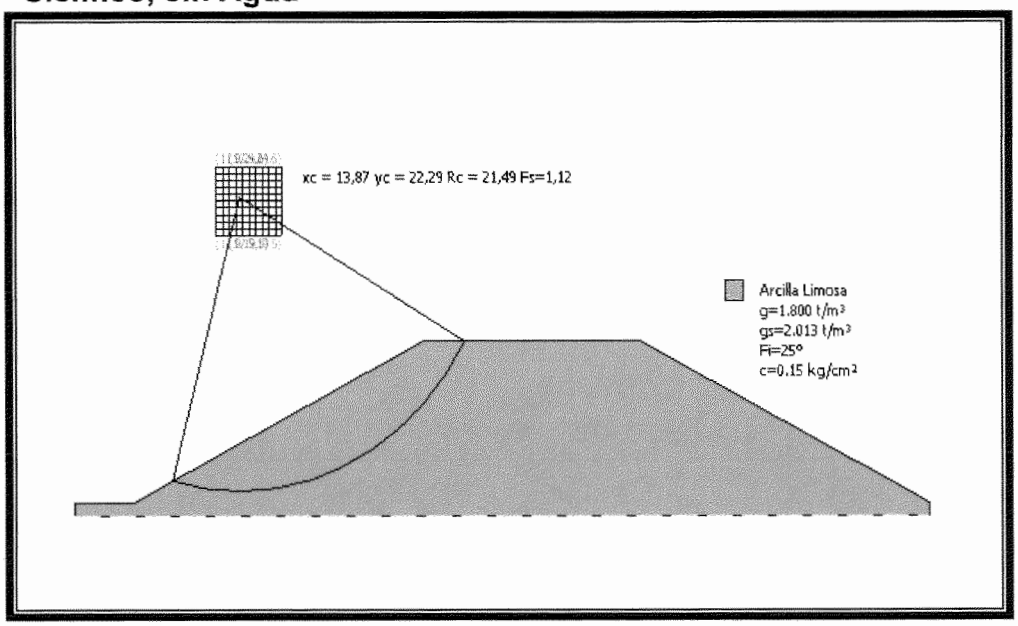


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

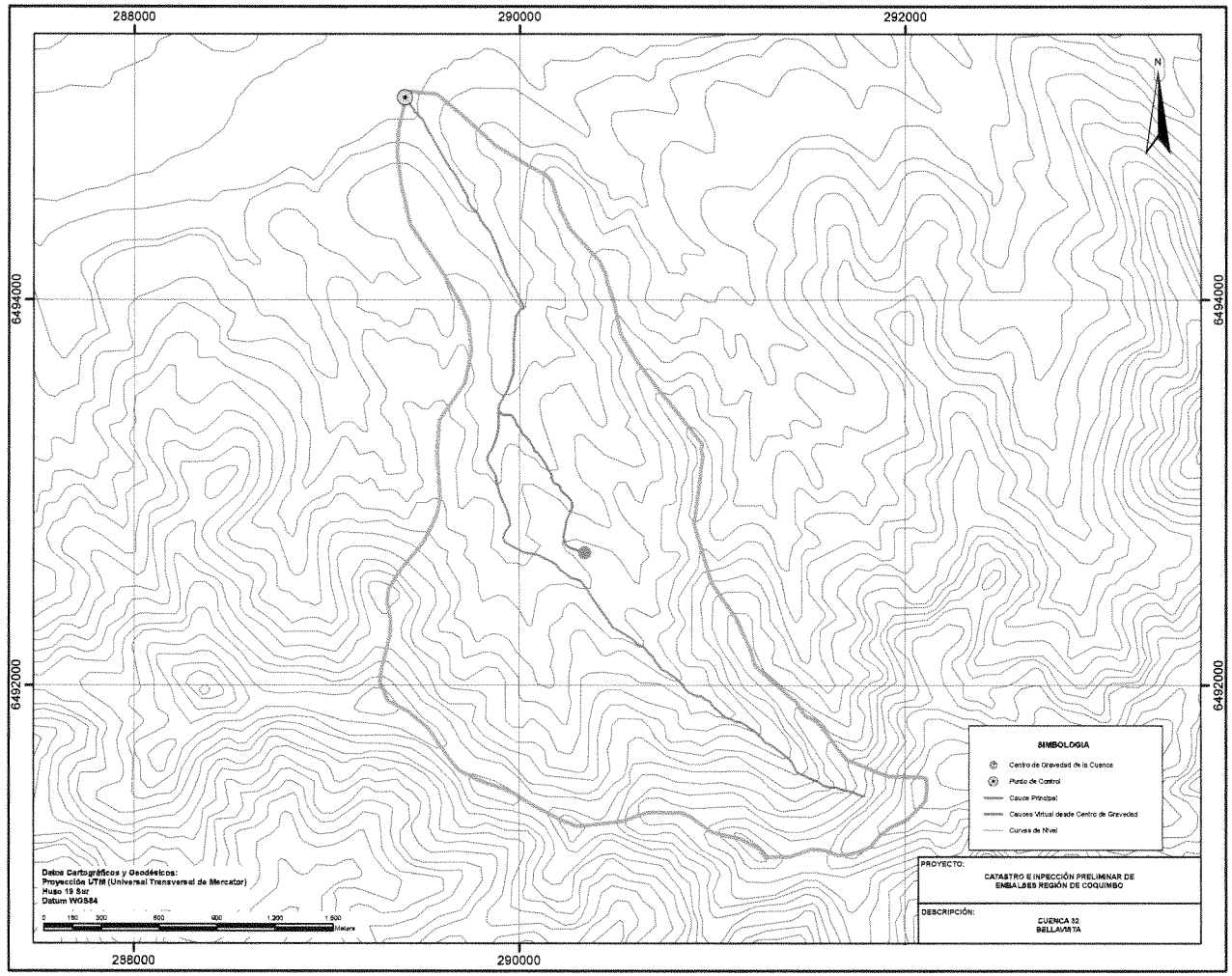


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 32.- BELLAVISTA

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
32	BELLAVISTA	289.404	6.495.049	84 H19S	5.037.034	290.338	6.492.687	0,294650	550	4.933	2.813

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
32	BELLAVISTA	Kp	2	5,04	86	0,69	0,24	0,48	0,13	1,59	0,27	0,53	0,14
		Kp	5	5,04	86	0,69	0,60	0,78	0,50	1,59	0,66	0,86	0,55
		Kp	10	5,04	86	0,69	1,00	1,00	1,00	1,59	1,11	1,11	1,11
		Kp	20	5,04	86	0,69	1,61	1,77	1,49	1,59	1,78	1,96	1,65
		Kp	25	5,04	86	0,69	1,82	1,96	1,67	1,59	2,01	2,17	1,85
		Kp	50	5,04	86	0,69	2,61	3,03	2,33	1,59	2,88	3,35	2,57
		Kp	100	5,04	86	0,69	3,67	4,47	2,81	1,59	4,06	4,94	3,11

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
32	BELLAVISTA	IV.5	IV Choapa	2	5,04	86	0,527	45	0,200	0,330	0,066	0,19
		IV.5	IV Choapa	5	5,04	86	0,802	69	0,200	0,680	0,136	0,66
		IV.5	IV Choapa	10	5,04	86	1,000	86	0,200	1,000	0,200	1,28
		IV.5	IV Choapa	20	5,04	86	1,200	103	0,200	1,380	0,276	2,22
		IV.5	IV Choapa	25	5,04	86	1,229	105	0,200	1,540	0,308	2,55
		IV.5	IV Choapa	50	5,04	86	1,473	126	0,200	2,000	0,400	4,14
		IV.5	IV Choapa	100	5,04	86	1,689	145	0,200	2,560	0,512	6,28

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
32	BELLAVISTA	IV.5	IV Choapa	2	5,04	86	0,527	45	0,080	0,330	0,026	0,72	0,14	8,72	0,32
		IV.5	IV Choapa	5	5,04	86	0,802	69	0,080	0,680	0,054	0,72	0,14	13,27	1,01
		IV.5	IV Choapa	10	5,04	86	1,000	86	0,080	1,000	0,080	0,72	0,14	16,55	1,85
		IV.5	IV Choapa	20	5,04	86	1,200	103	0,080	1,380	0,110	0,72	0,14	19,86	3,07
		IV.5	IV Choapa	25	5,04	86	1,229	105	0,080	1,540	0,123	0,72	0,14	20,34	3,51
		IV.5	IV Choapa	50	5,04	86	1,473	126	0,080	2,000	0,160	0,72	0,14	24,38	5,46
		IV.5	IV Choapa	100	5,04	86	1,689	145	0,080	2,560	0,205	0,72	0,14	27,95	8,01

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
32	BELLAVISTA	2	0,27	0,19	0,32	0,26	0,32
		5	0,66	0,66	1,01	0,78	1,01
		10	1,11	1,28	1,85	1,41	1,85
		20	1,78	2,22	3,07	2,35	3,07
		25	2,01	2,55	3,51	2,69	3,51
		50	2,88	4,14	5,46	4,16	5,46
		100	4,06	6,28	8,01	6,11	8,01

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 11,80 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 20,57 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Bellavista no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Bellavista	23,18	16,68

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Bellavista.

TALUDES EMBALSE BELLAVISTA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Bellavista	Dx	24,27	Dx	24,27
	Dy	11,84	Dy	11,84

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Bellavista	1,81	1,74	1,68	1,17	1,12

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Bellavista	1,74	1,12

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Bellavista no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Bellavista, se tiene lo siguiente:

Altura Muro	T	Caudal	CAUDAL (m3/s)	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	[años]	[m3/s]	CRECIDAS									
11,8	250	20,57	0,50	0,95	0,6	0,6	0,9	0,4	0,6	0,6	0,05	2,9%

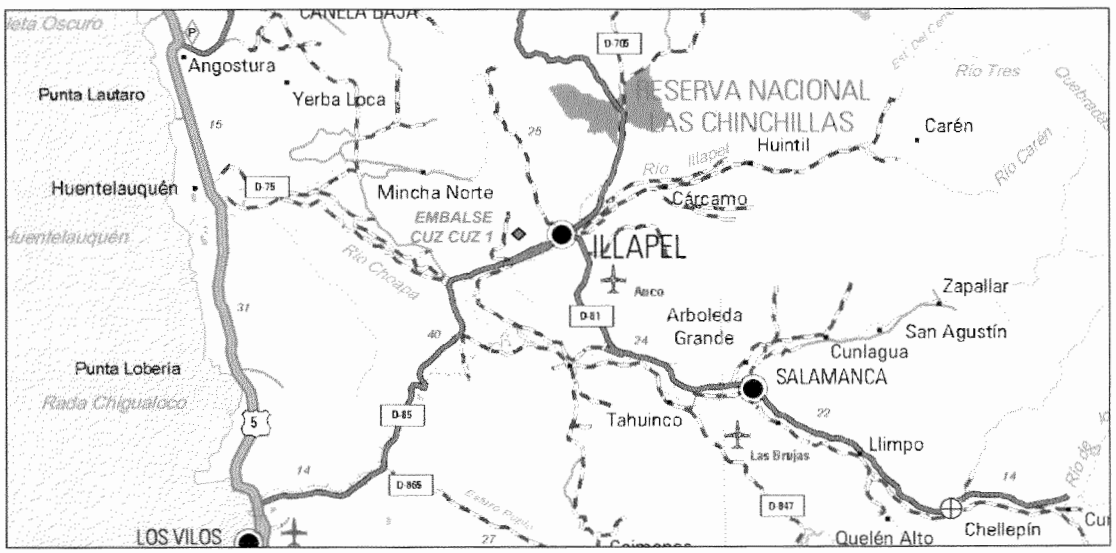
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 2,9 %

5.3.33 Embalse Cuz Cuz 1

Ubicado en la comuna de Illapel, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.495.465 E: 287.928 Datum: WGS 84
Altitud: 259 m.s.n.m



Acceso: Al interior de predio El Peral, a 5 km al poniente de Illapel.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

CUZ - CUZ N°1	
CUENCA	RIO CHOAPA
SUB - CUENCA	RIO ILLAPEL
FUENTE	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	SOC AGRICOLA EL PERAL

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION	
	Sep-08
DIA	MES AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	ILLAPEL

COORDENADAS UTM	N °	6.495.465
	E	287.928
DATUM	w G S 8 4	
ALTITUD m.s.n.m.	259	

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE		
BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,0048
ALTURA DEL MURO (m)	2,50
ANCHO CORONAMIENTO (m)	3,90
LARGO CORONAMIENTO (m)	150,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	24	2,25	1
	EXTERNO	31	1,66	1

AÑO CONSTRUCCION	2000

TIPO DE PRESA		
DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO: RIEGO TECNIFICADO	5	50 L/S

AREA REGADA
100 Ha

ESTADO	
BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

EVALUACION DE CRECIDAS		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	0,1
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA		
NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

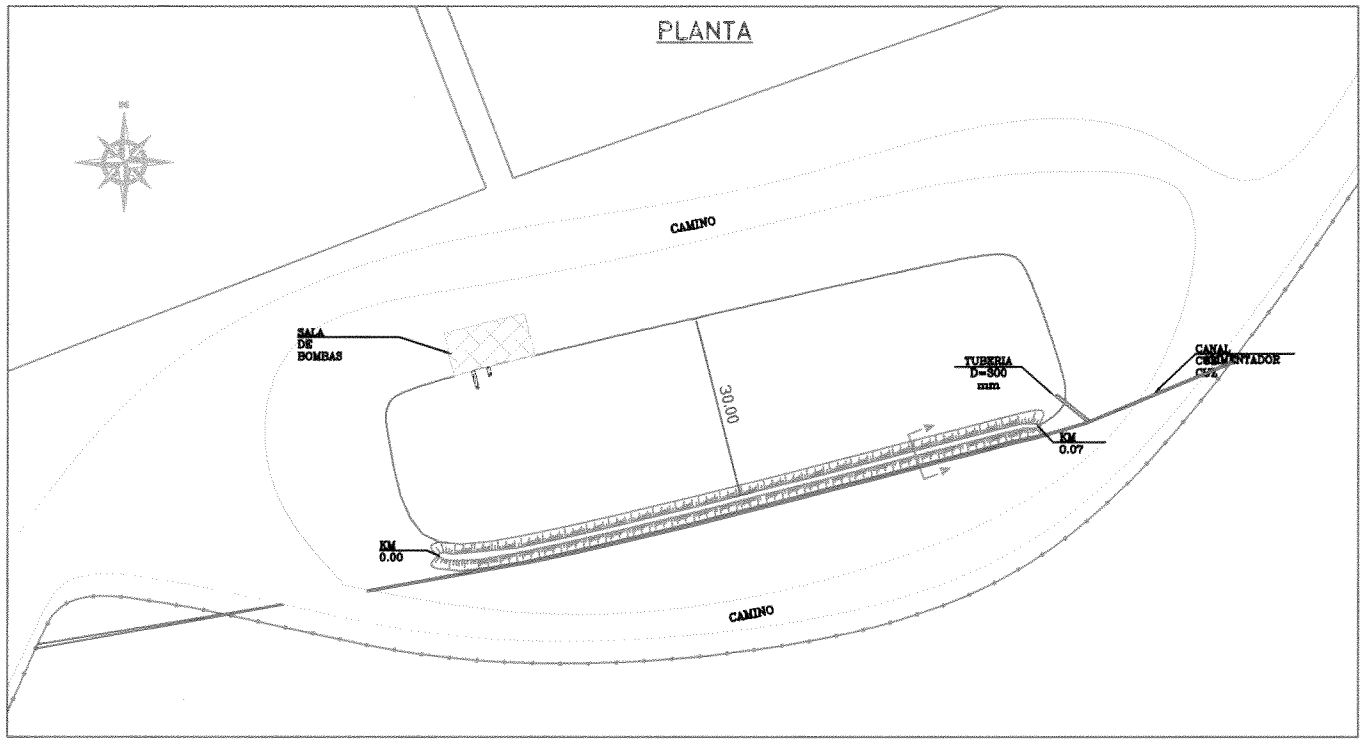
ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

OBSERVACIONES: SISTEMA DE TRANQUES EN PREDIO DE SOC. AGRICOLA EL PERAL. ACUMULADOR PARA RIEGO TECNIFICADO.
EN CASO DE FALLA LAS AGUAS INUNDAN PARRONALES Y LLEGAN A LA CARRETERA DE ACCESO A ILLAPEL.
EMBALSE MENOR, NO AFECTA EN FORMA IMPORTANTE. POSEE CANAL PERIMETRAL QUE DERIVA AGUAS EN CASO DE FALLA.

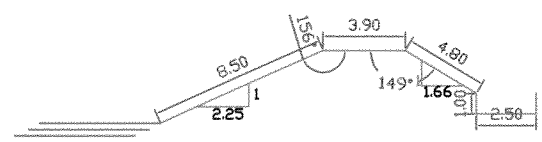
ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN AL INTERIOR DE PREDIO EL PERAL, A 5 KM AL PONIENTE DE ILLAPEL.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE CUZ CUZ I

COMUNA DE ILLAPEL

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

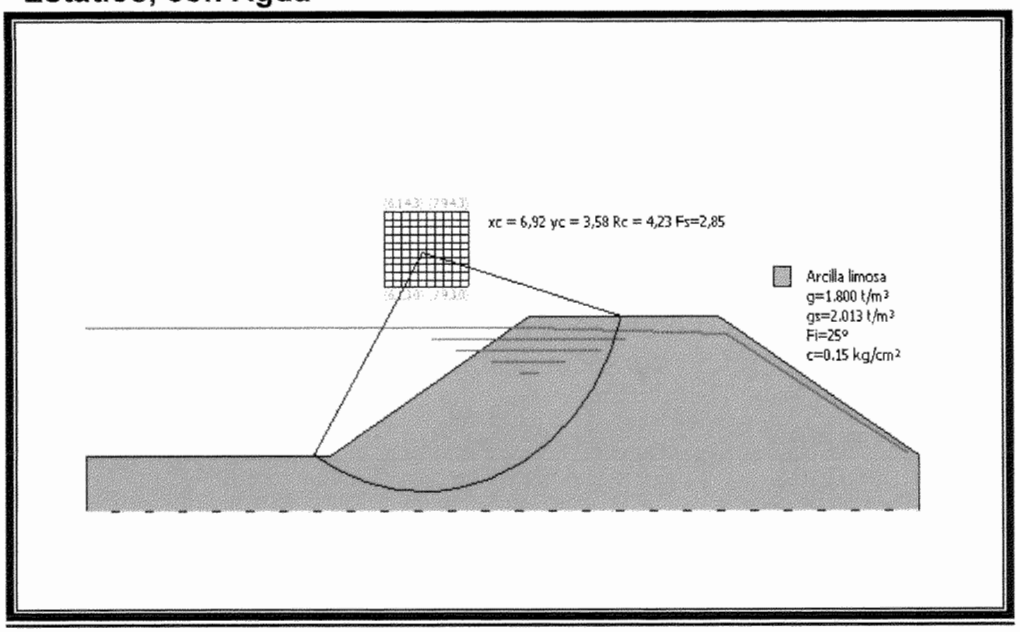
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

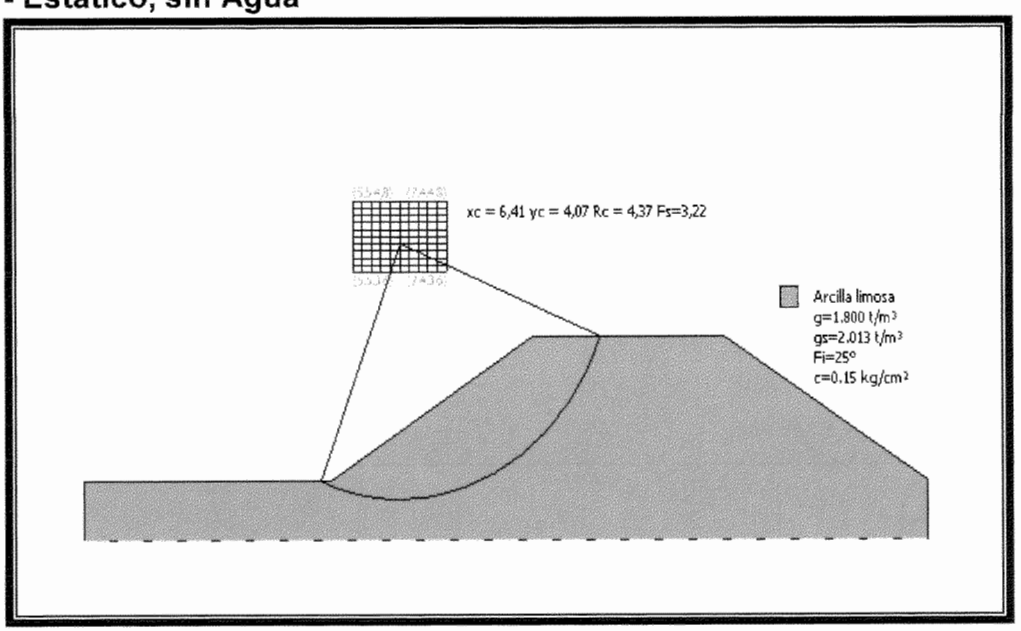
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

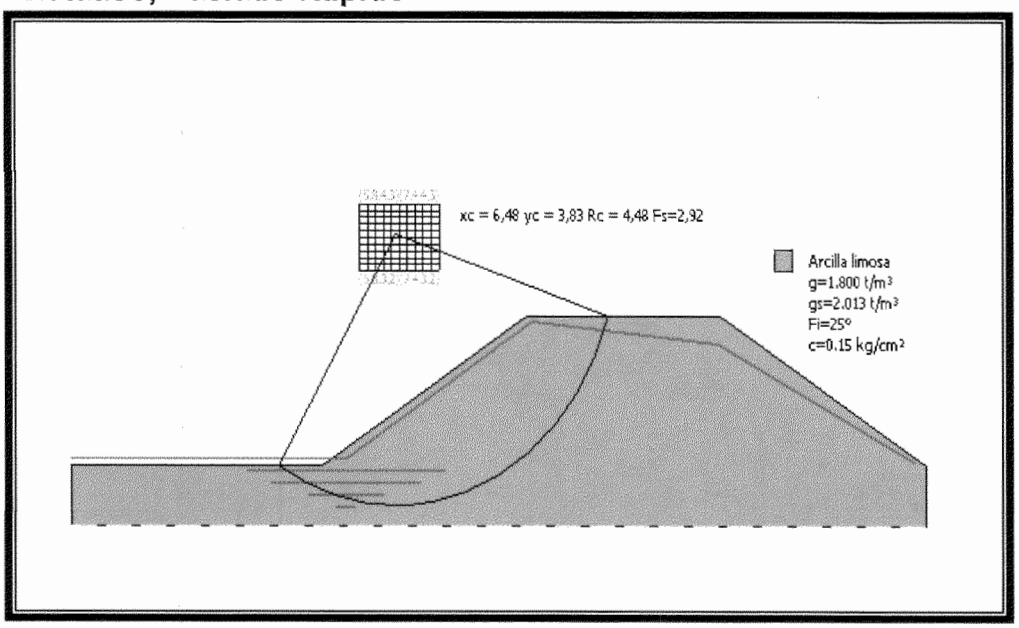
- Estático, con Agua



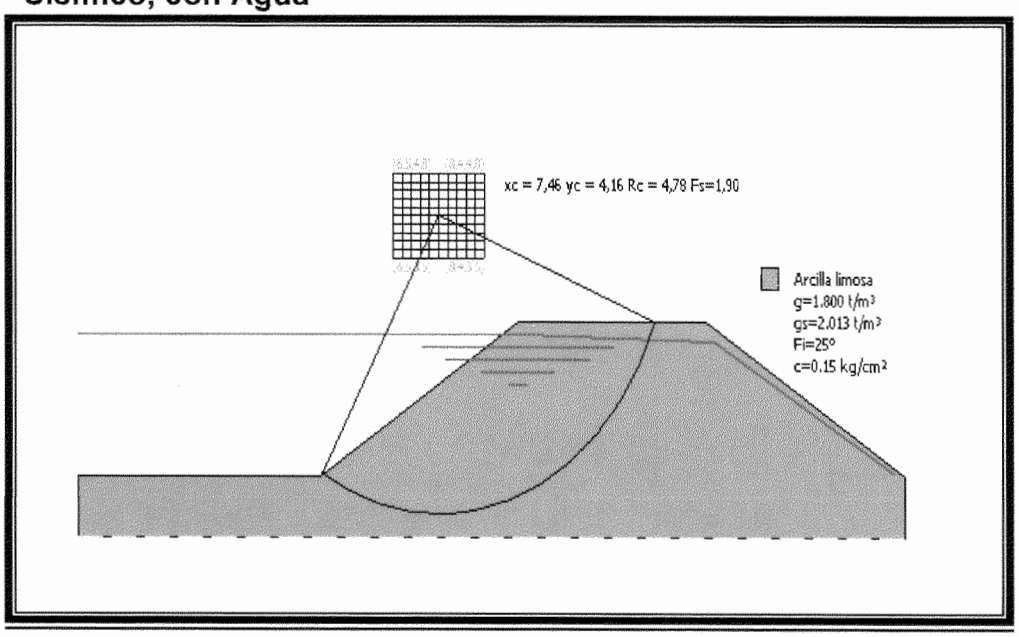
- Estático, sin Agua



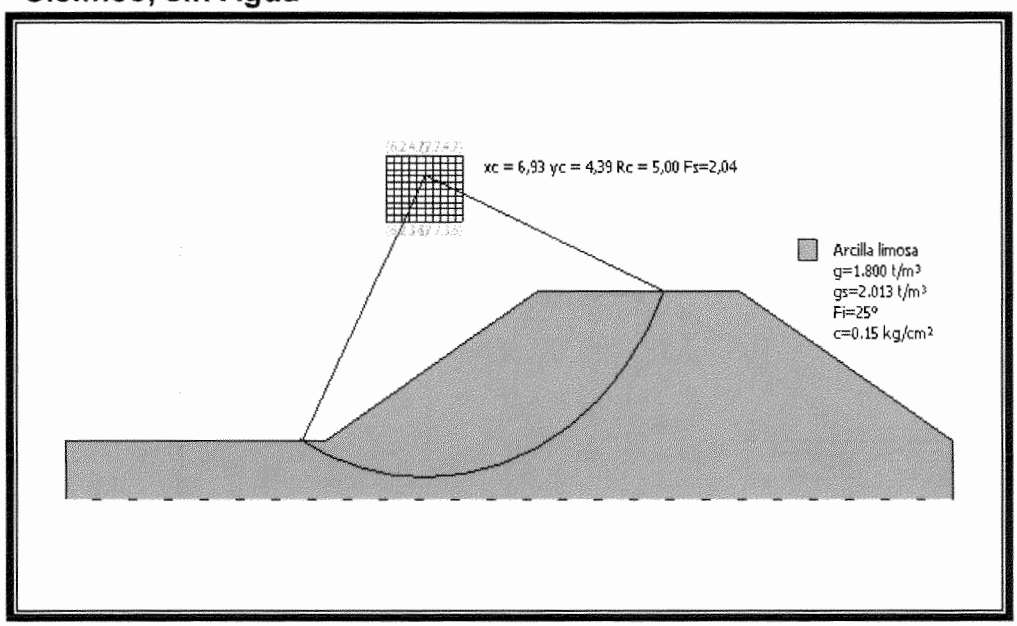
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

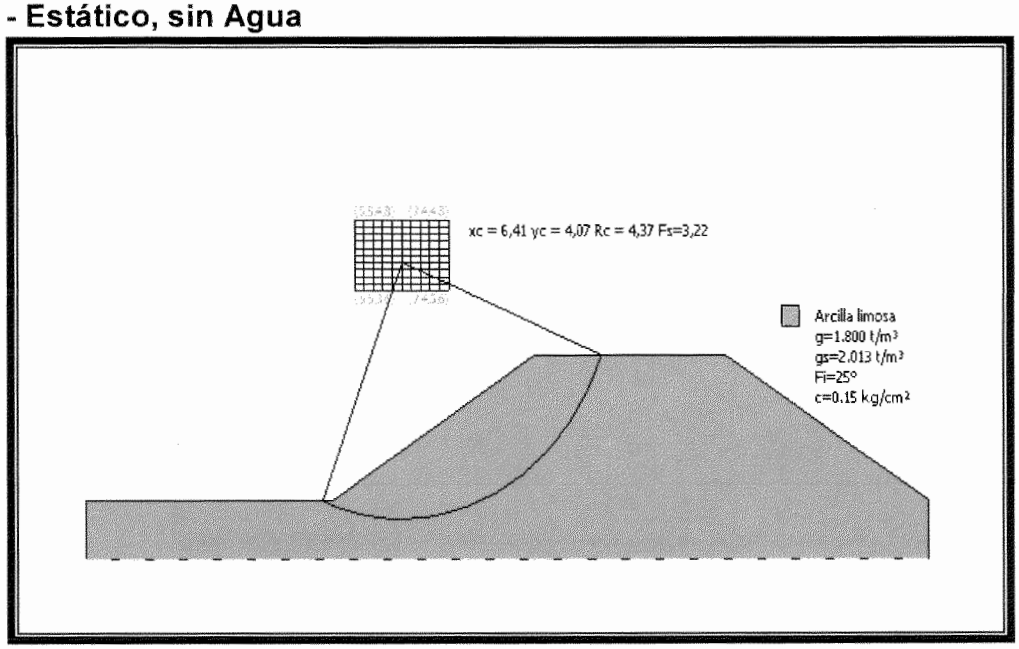


- Sísmico, sin Agua

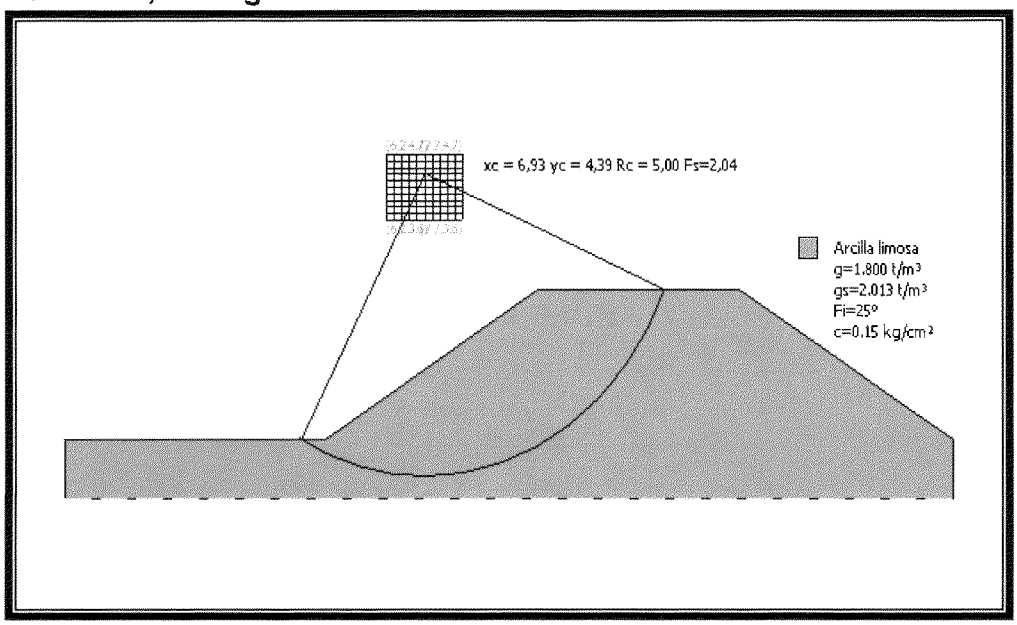


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse Cuz Cuz 1 no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Cuz Cuz 1 no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Cuz Cuz Nº 1	5,04	3,60

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Cuz Cuz 1.

TALUDES EMBALSE CUZ CUZ 1

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Cuz Cuz N° 1	Dx	4,11	Dx	4,11
	Dy	2,47	Dy	2,47

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Cuz Cuz N° 1	2,85	3,22	2,92	1,90	2,04

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Cuz Cuz N° 1	3,22	2,04

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

➢ Evento Desencadenante: Sismos de Placa

El embalse Cuz Cuz 1 no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

➢ Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Cuz Cuz 1, se tiene lo siguiente:

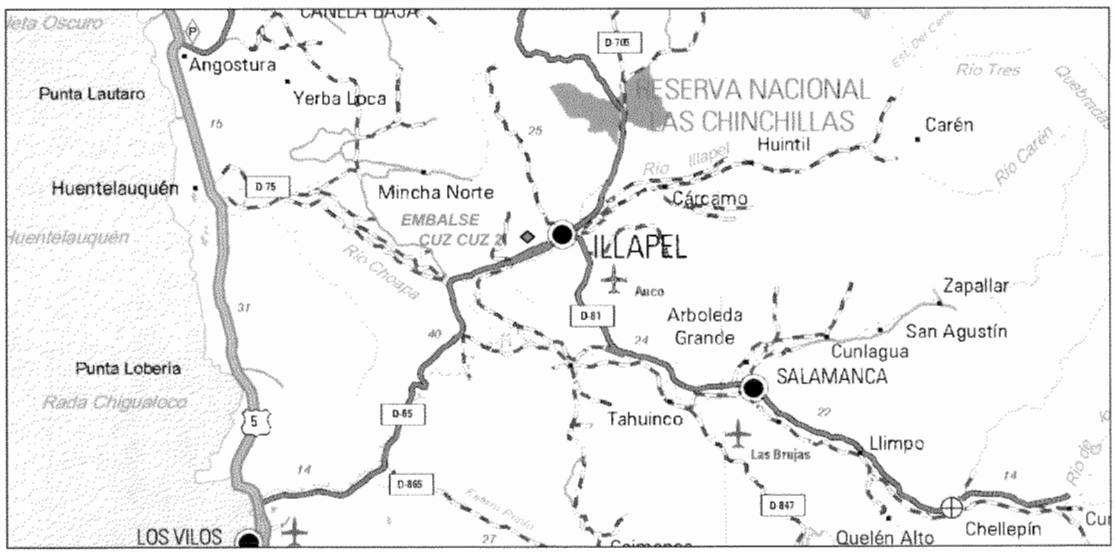
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
2,5	250	sin cuenca	0,1		0,6	1,0	0,9	0,6	0,4	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.34 Embalse Cuz Cuz 2

Ubicado en la comuna de Illapel, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.495.704 E: 288.883 Datum: WGS 84
Altitud: 266 m.s.n.m



Acceso: Al interior de predio El Peral, a 5 km al poniente de Illapel.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

CUZ-CUZ N°2

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
RIO CHOAPA

SUB - CUENCA
RIO ILLAPEL

CODIGO

FUENTE

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
SOC AGRICOLA EL PERAL

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM		
	N °	6.495.704
	E	288.883

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	ILLAPEL

DATUM						
	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	266

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,0038
ALTURA DEL MURO (m)	2,50
ANCHO CORONAMIENTO (m)	1,20
LARGO CORONAMIENTO (m)	90,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	24	2,25	1
	EXTERNO	31	1,66	1

AÑO CONSTRUCCION	2001

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2		
TUBERIA FORZADA	3		
SIFON	4		
OTRO: RIEGO TECNIFICADO	5	50 L/S	

AREA REGADA: 100 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1		
VERT. POZO O BOCINA	2		
VERT. DE ALCANTARIL	3	0,1	
VERT. DE SIFON	4		
OTR: FRONTAL	5		

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

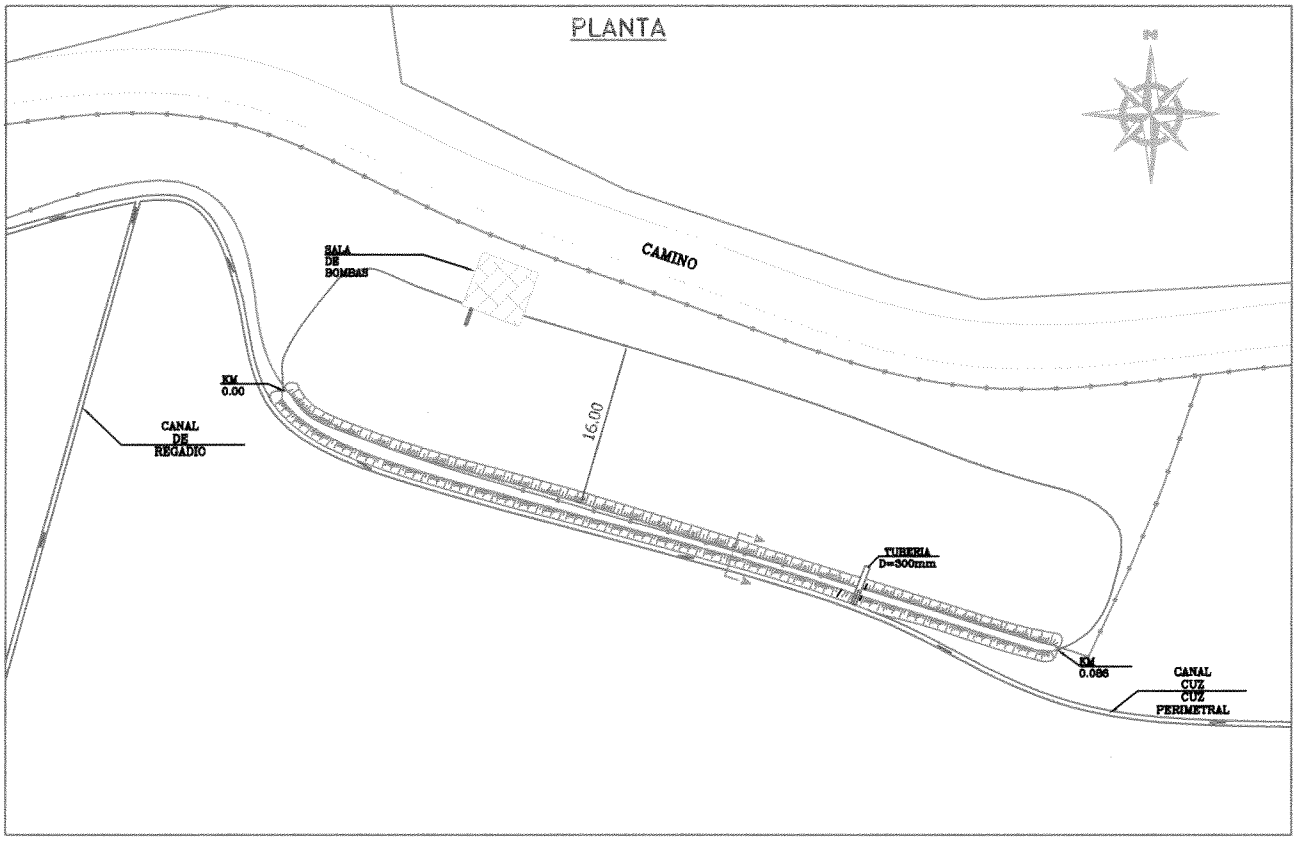
ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: SISTEMA DE TRANQUES EN PREDIO DE SOC. AGRICOLA EL PERAL. ACUMULADOR PARA RIEGO TECNIFICADO.
EN CASO DE FALLA LAS AGUAS INUNDAN PARRONALES Y LLEGAN A LA CARRETERA DE ACCESO A ILLAPEL.
EMBALSE MENOR, NO AFECTA EN FORMA IMPORTANTE. TIENE ADEMAS CANAL PERIMETRAL QUE DERIVA AGUAS EN CASO DE FALLA.

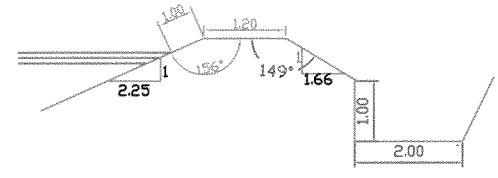
ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN AL INTERIOR DE PREDIO EL PERAL, A 5 KM AL PONIENTE DE ILLAPEL.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE CUZ CUZ 2

COMUNA DE ILLAPEL

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

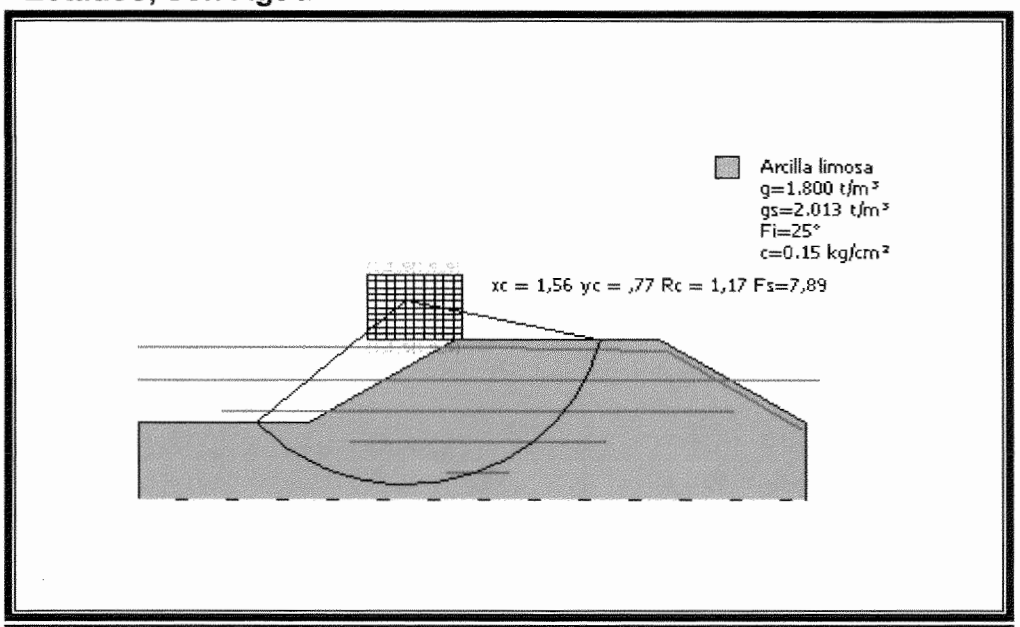
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

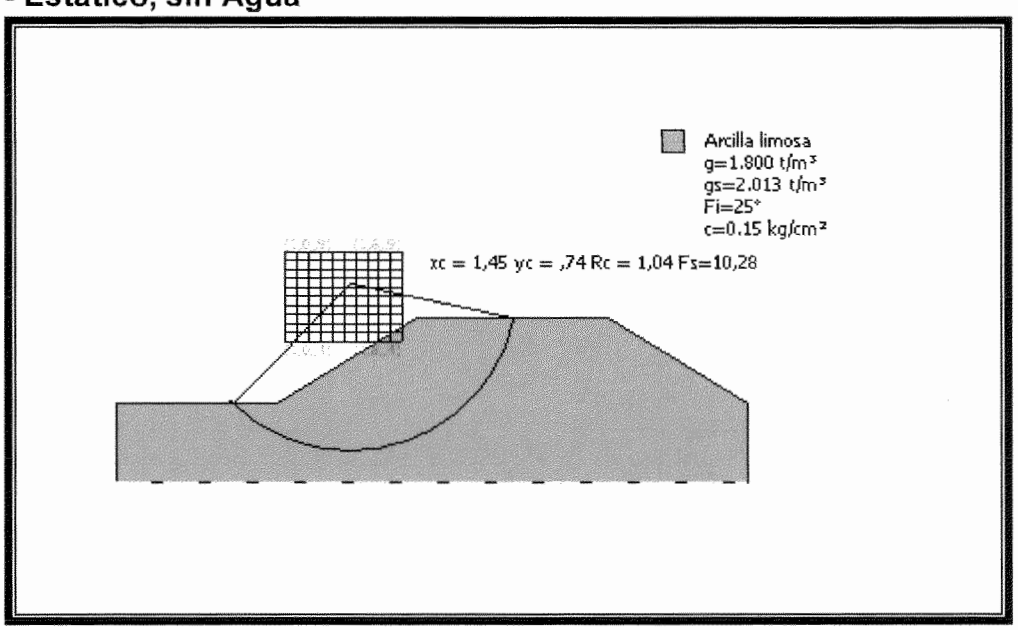
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

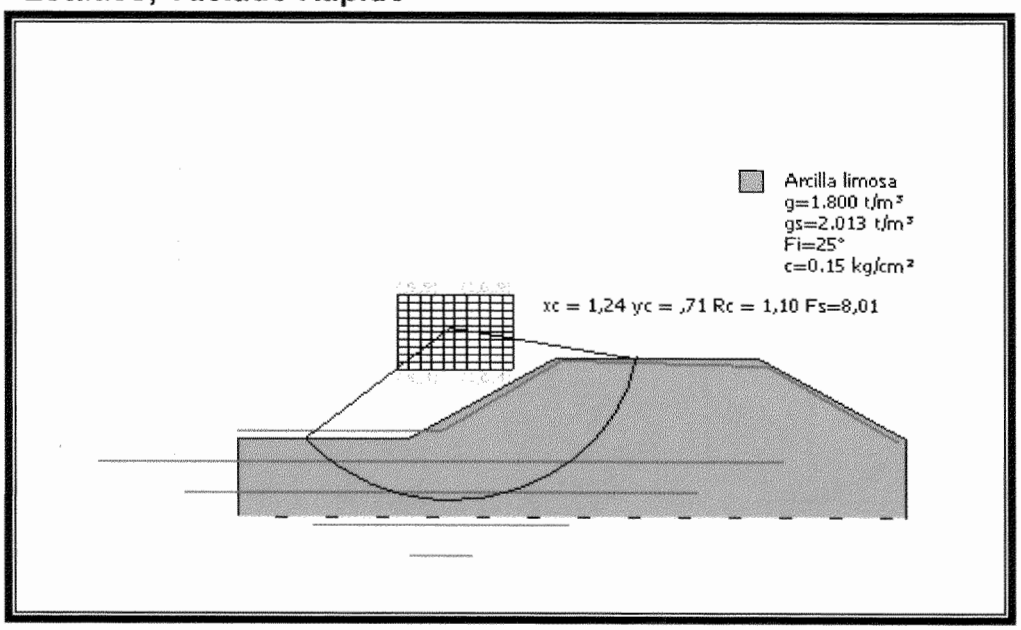
- Estático, con Agua



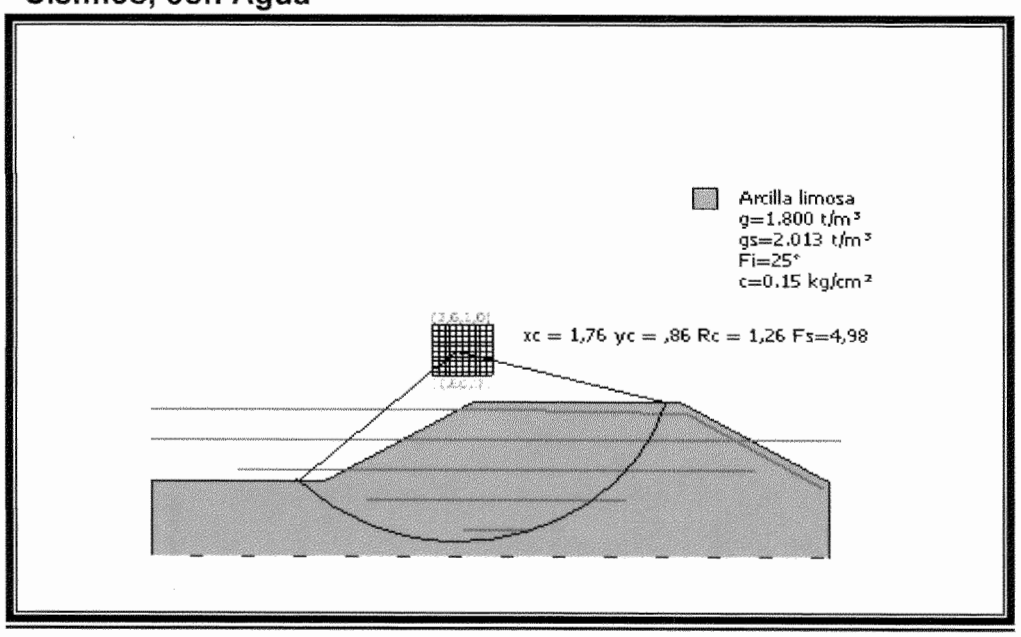
- Estático, sin Agua



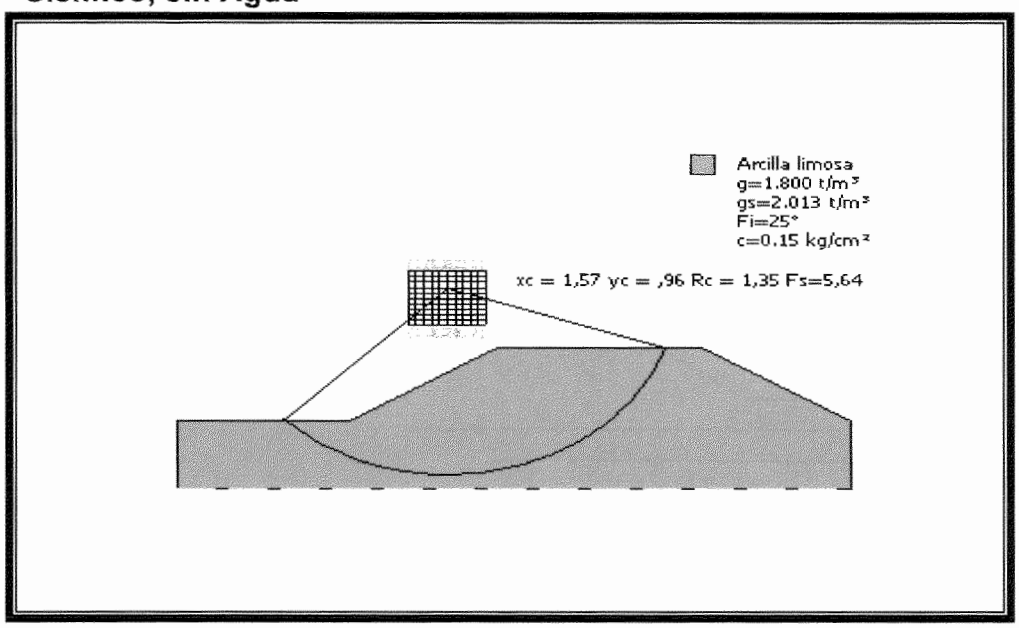
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

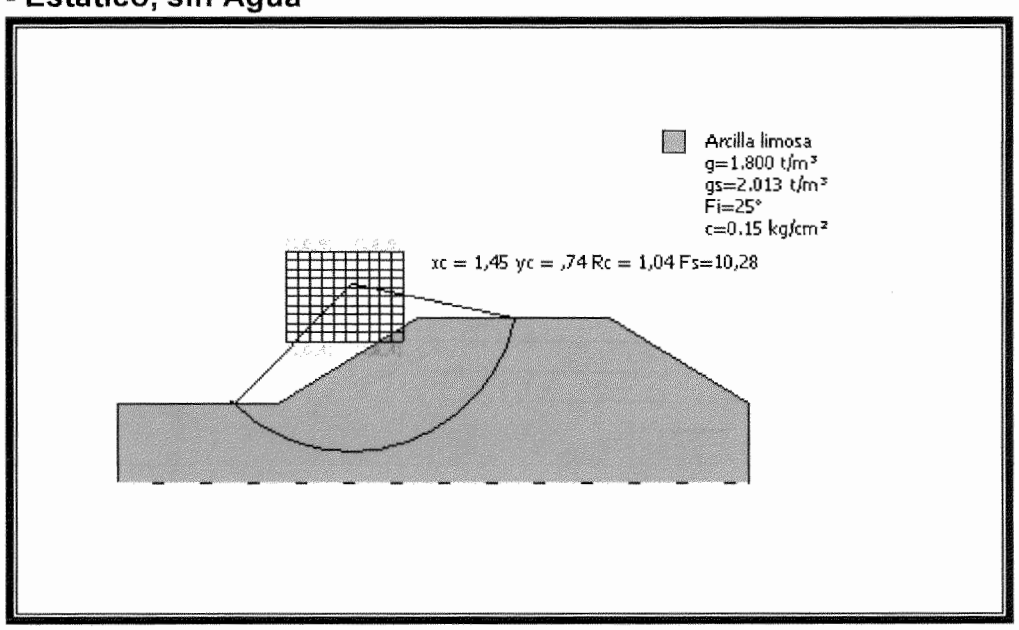


- Sísmico, sin Agua

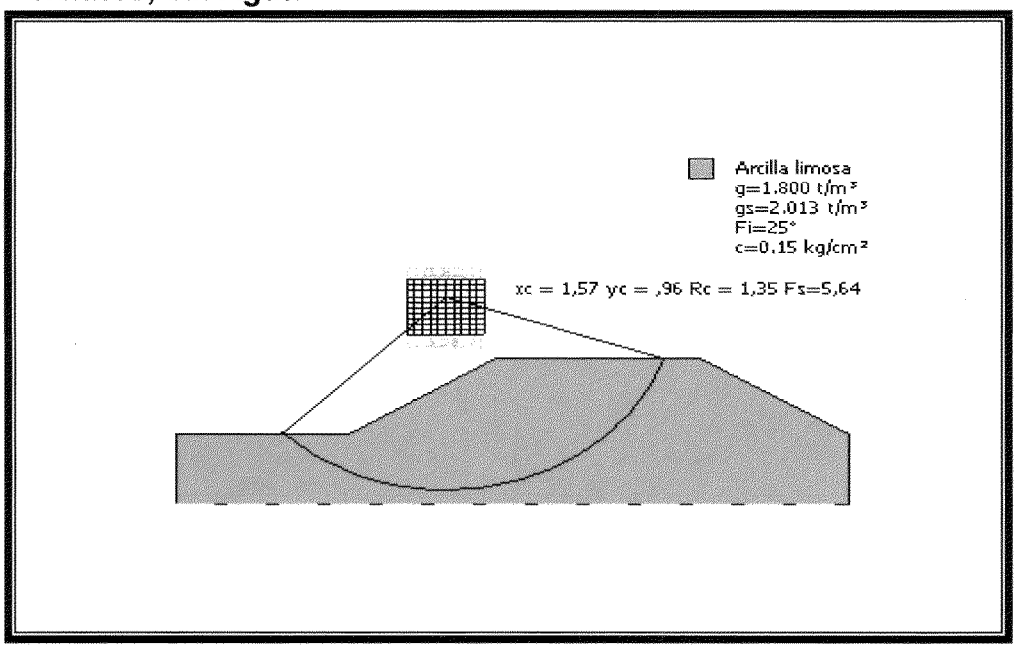


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

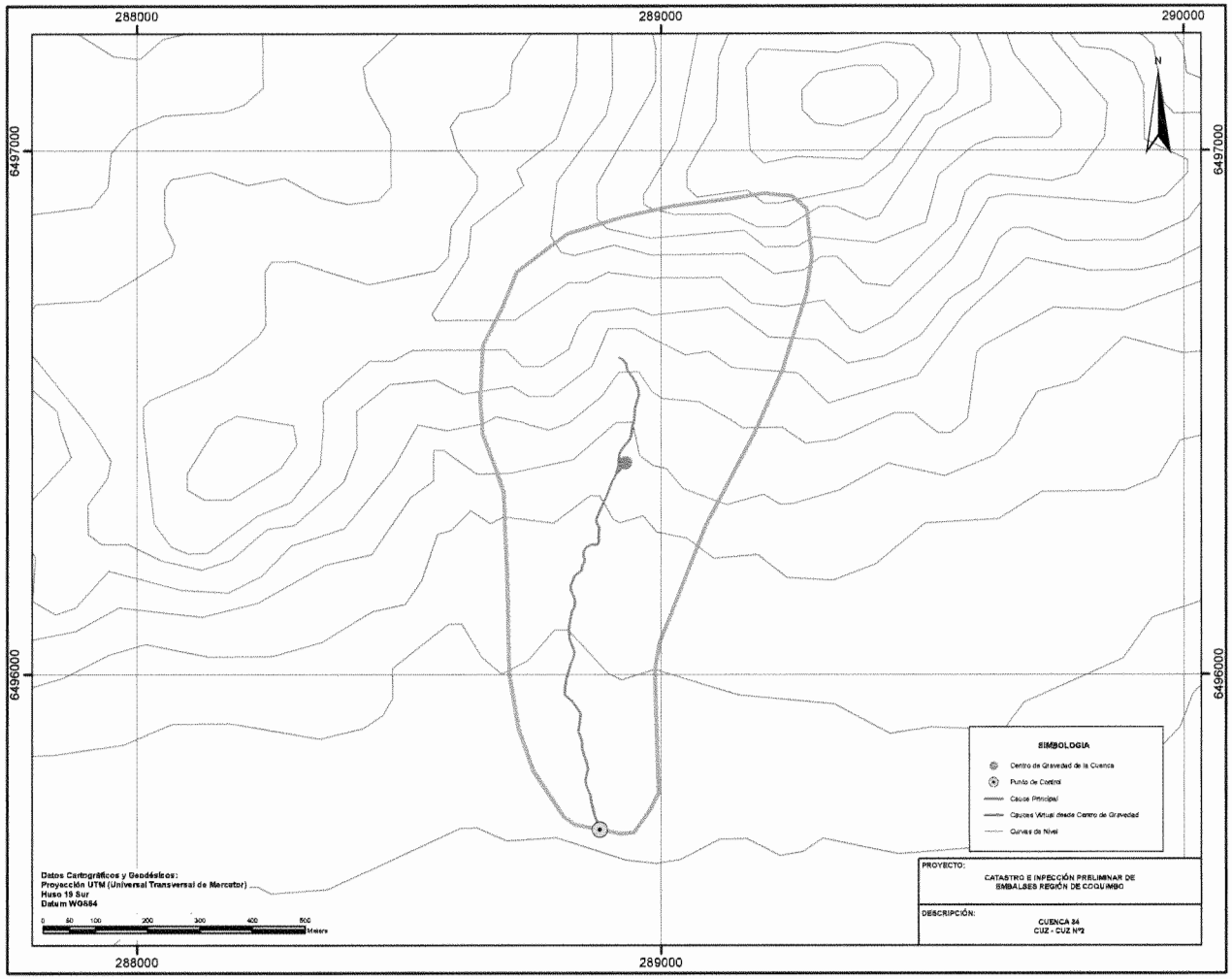


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 34.- CUZ-CUZ N° 2

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
34	CUZ-CUZ N° 2	288.883	6.495.704	84 H19S	472.934	288.932	6.496.404	0,265528	250	988	773

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
34	CUZ-CUZ N° 2	Kp	2	0,47	86	0,11	0,24	0,48	0,13	1,59	0,04	0,08	0,02
		Kp	5	0,47	86	0,11	0,60	0,78	0,50	1,59	0,11	0,14	0,09
		Kp	10	0,47	86	0,11	1,00	1,00	1,00	1,59	0,18	0,18	0,18
		Kp	20	0,47	86	0,11	1,61	1,77	1,49	1,59	0,28	0,31	0,26
		Kp	25	0,47	86	0,11	1,82	1,96	1,67	1,59	0,32	0,35	0,29
		Kp	50	0,47	86	0,11	2,61	3,03	2,33	1,59	0,46	0,53	0,41
		Kp	100	0,47	86	0,11	3,67	4,47	2,81	1,59	0,65	0,79	0,50

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
34	CUZ-CUZ N° 2	IV.5	IV Choapa	2	0,47	86	0,527	45	0,200	0,330	0,066	0,02
		IV.5	IV Choapa	5	0,47	86	0,802	69	0,200	0,680	0,136	0,08
		IV.5	IV Choapa	10	0,47	86	1,000	86	0,200	1,000	0,200	0,16
		IV.5	IV Choapa	20	0,47	86	1,200	103	0,200	1,380	0,276	0,28
		IV.5	IV Choapa	25	0,47	86	1,229	105	0,200	1,540	0,308	0,32
		IV.5	IV Choapa	50	0,47	86	1,473	126	0,200	2,000	0,400	0,52
		IV.5	IV Choapa	100	0,47	86	1,689	145	0,200	2,560	0,512	0,78

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
34	CUZ-CUZ N° 2	IV.5	IV Choapa	2	0,47	86	0,527	45	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	15,57	0,05
		IV.5	IV Choapa	5	0,47	86	0,802	69	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	23,69	0,17
		IV.5	IV Choapa	10	0,47	86	1,000	86	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	29,54	0,31
		IV.5	IV Choapa	20	0,47	86	1,200	103	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	35,45	0,51
		IV.5	IV Choapa	25	0,47	86	1,229	105	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	36,30	0,59
		IV.5	IV Choapa	50	0,47	86	1,473	126	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	43,51	0,91
		IV.5	IV Choapa	100	0,47	86	1,689	145	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	49,89	1,34

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
34	CUZ-CUZ N° 2	2	0,04	0,02	0,05	0,04	0,05
		5	0,11	0,08	0,17	0,12	0,17
		10	0,18	0,16	0,31	0,22	0,31
		20	0,28	0,28	0,51	0,36	0,51
		25	0,32	0,32	0,59	0,41	0,59
		50	0,46	0,52	0,91	0,63	0,91
		100	0,65	0,78	1,34	0,92	1,34

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 2,5 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 3,52 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Cuz Cuz 2 no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Cuz Cuz N° 2	1,97	0,80

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Cuz Cuz 2.

TALUDES EMBALSE CUZ CUZ 2

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Cuz Cuz N° 2	Dx	0,86	Dx	0,86
	Dy	0,52	Dy	0,52

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Cuz Cuz N° 2	7,89	10,28	8,01	4,98	5,64

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Cuz Cuz N° 2	10,28	5,64

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 para todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Cuz Cuz 2 no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Cuz Cuz 2, se tiene lo siguiente:

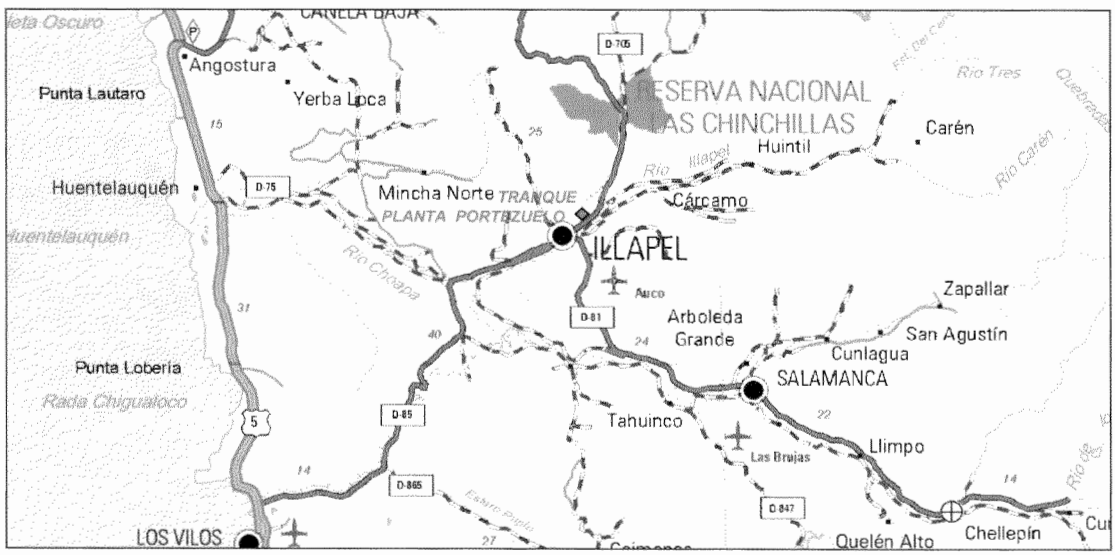
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	T	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
2,5	250	3,52	0,10	0,95	0,6	1,0	0,9	0,6	0,4	0,4	0,05	1,8%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 1,8 %

5.3.35 Embalse Planta Portezuelo

Ubicado en la comuna de Illapel, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.502.215 E: 298.269 Datum: WGS 84
Altitud: 406 m.s.n.m



Acceso: La Planta Portezuelo se encuentra en la ruta D85, Illapel Combarbalá a 5 km al poniente de Illapel

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

PLANTA PORTEZUELO	Nº EXPEDIENTE
CUENCA: RIO CHOAPA	Nº REGISTRO
SUB - CUENCA: RIO ILLAPEL	
FUENTE: PROCESOS DE FLOTACIÓN O LIXIVIACIÓN EN PLANTA MINERA	CODIGO
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL: PLANTA PORTEZUELO ENAMI	FECHA INFORMACION: Sep-08 (DIA / MES / AÑO)

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO	
PROVINCIA:	CHOAPA	
COMUNA:	ILLAPEL	

COORDENADAS UTM	N °	6.502.215
	E	298.269
DATUM	WGS 84	
ALTITUD m.s.n.m.		406

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE		
BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA	X	5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,09
ALTURA DEL MURO (m)	14,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)	1,00
LARGO CORONAMIENTO (m)	
BORDE LIBRE (m)	0,90

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	35	1,43	1
	EXTERNO	34	1,48	1

AÑO CONSTRUCCION	2000

TIPO DE PRESA		
DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES	X	3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	SIN SALIDA

ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA: NO RIEGA

ESTADO	
BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	NO APLICA

ESTADO	
AÑO REPARACION	NO

EVACUADOR DE FOND		
	S	1
	N x	2
CAPACIDAD M3/SEG		
ESTADO		
AÑO REPARACION	NO	

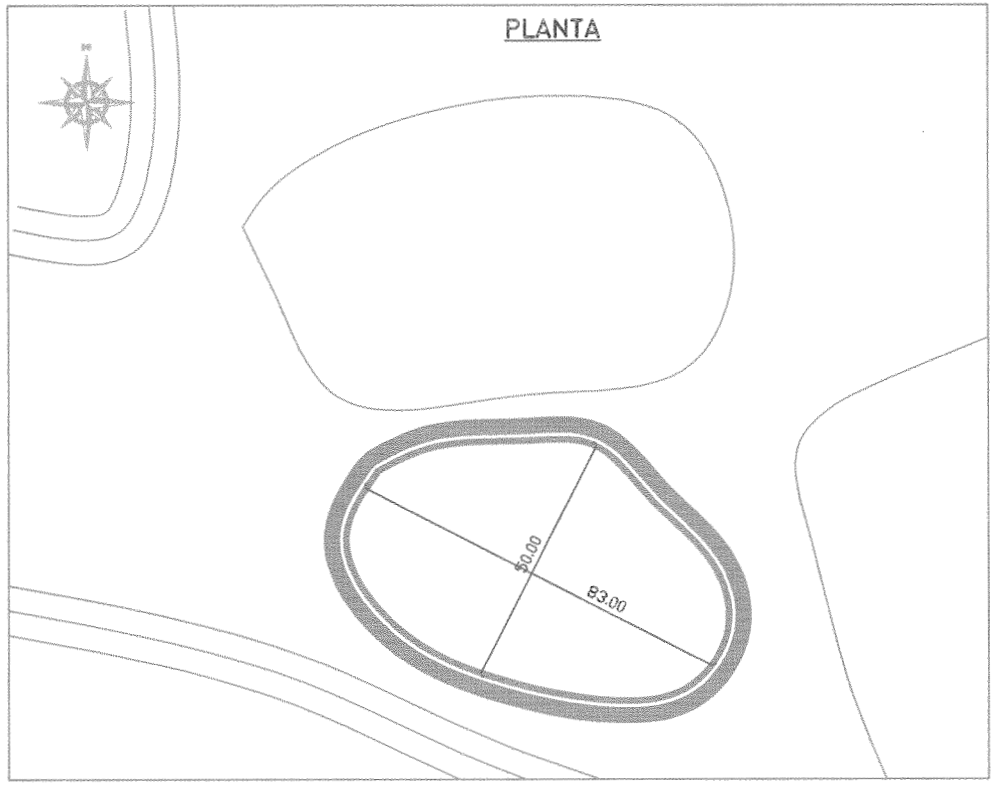
POTENCIA GENERADA		
NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

OBSERVACIONES: EN PLANTA PORTEZUELO EXISTEN 3 TRANQUES SEDIMENTADORES CON LIQUIDOS PRODUCTO DE LOS PROCESOS MINEROS. ESTA PLANTA OBTIENE EL COBRE POR MEDIO DE LIXIVIACION. LOS TRANQUES DE ACUMULACIÓN SE ENCUENTRAN RECUBIERTOS POR MEMBRANAS PLÁSTICAS GRUESAS, NO PERMITIENDO FILTRACIONES. SE DEBE REVISAR LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DADO QUE PRESENTAN ANGULOS PRONUNCIADOS. EN CASO DE FALLA LOS LÍQUIDOS VERTERAN DIRECTAMENTE AL ESTERO AUCO, AFLUENTE DEL RIO ILLAPEL.

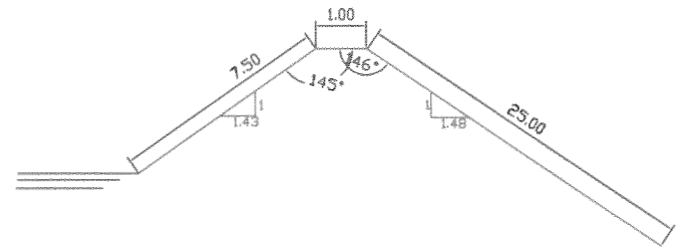
ESTADO GENERAL: SE APRECIA EN REGULAR ESTADO; TALUDES MUY PRONUNCIADOS

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: LA PLANTA PORTEZUELO SE ENCUENTRA EN LA RUTA D 85, ILLAPEL COMBARBALÁ A 5 KM AL PONIENTE DE ILLAPEL

PLANTA



CORTE A–A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

TRANQUE PLANTA PORTEZUELO

COMUNA DE ILLAPEL

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

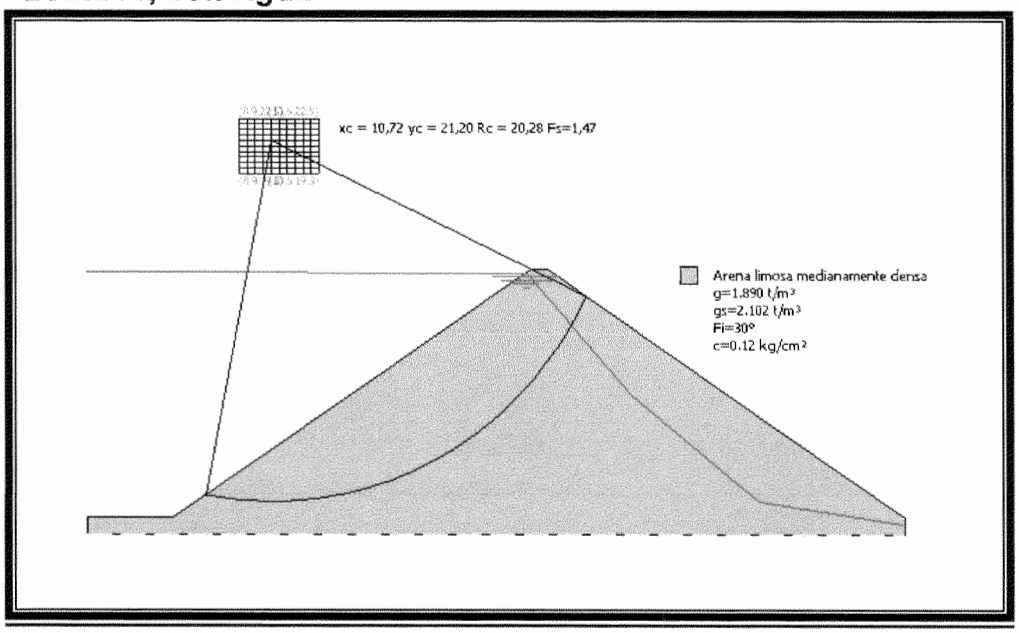
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

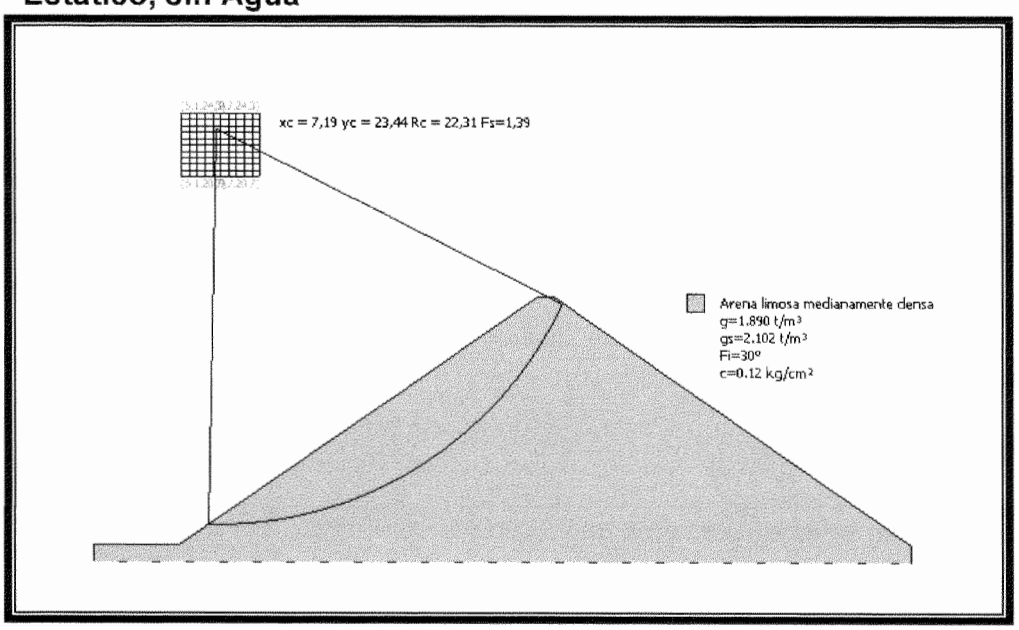
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

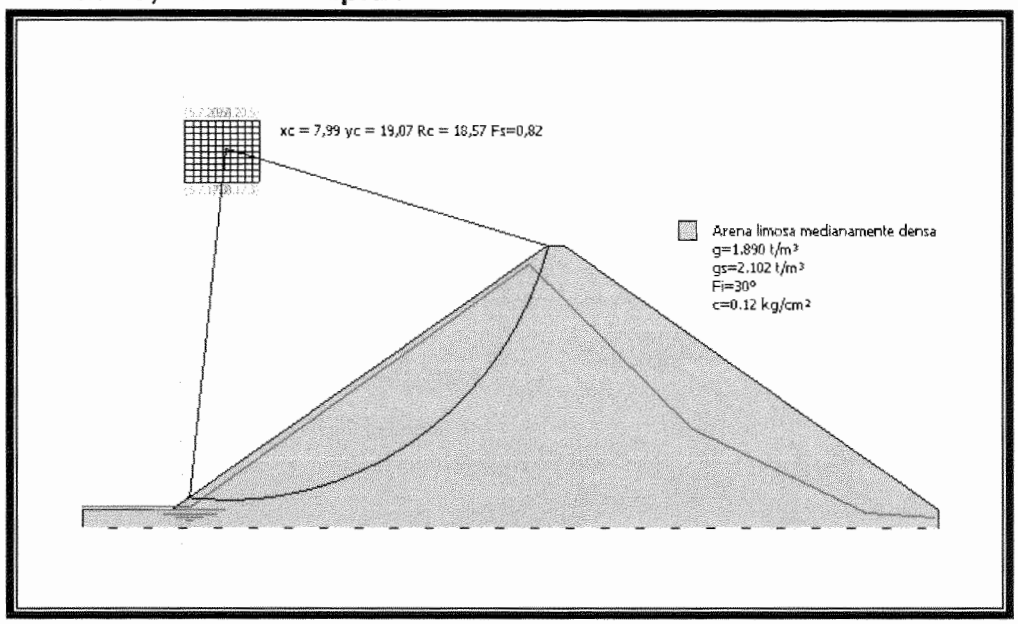
- Estático, con Agua



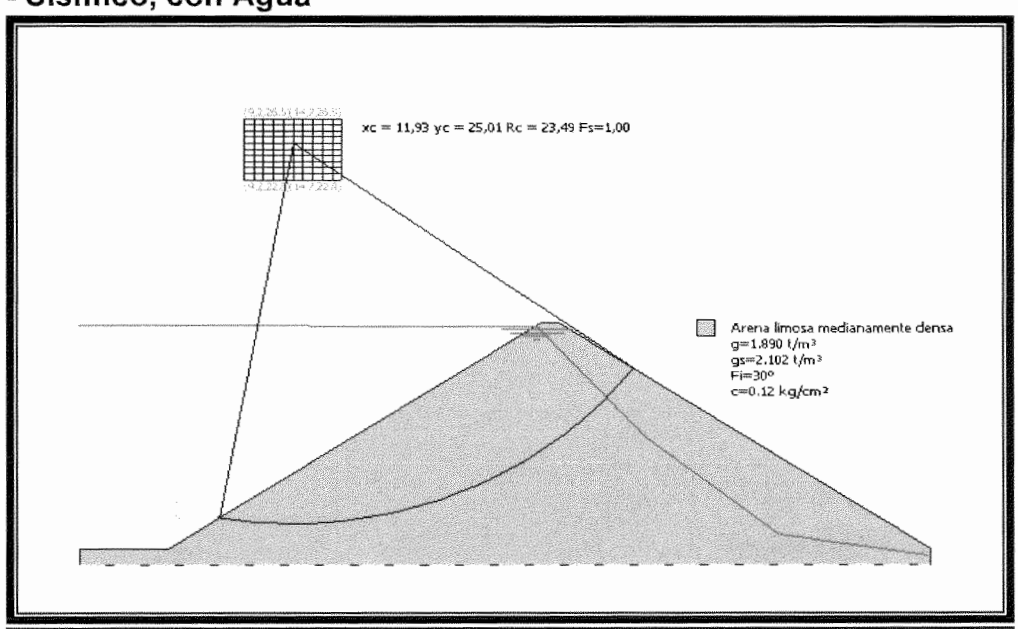
- Estático, sin Agua



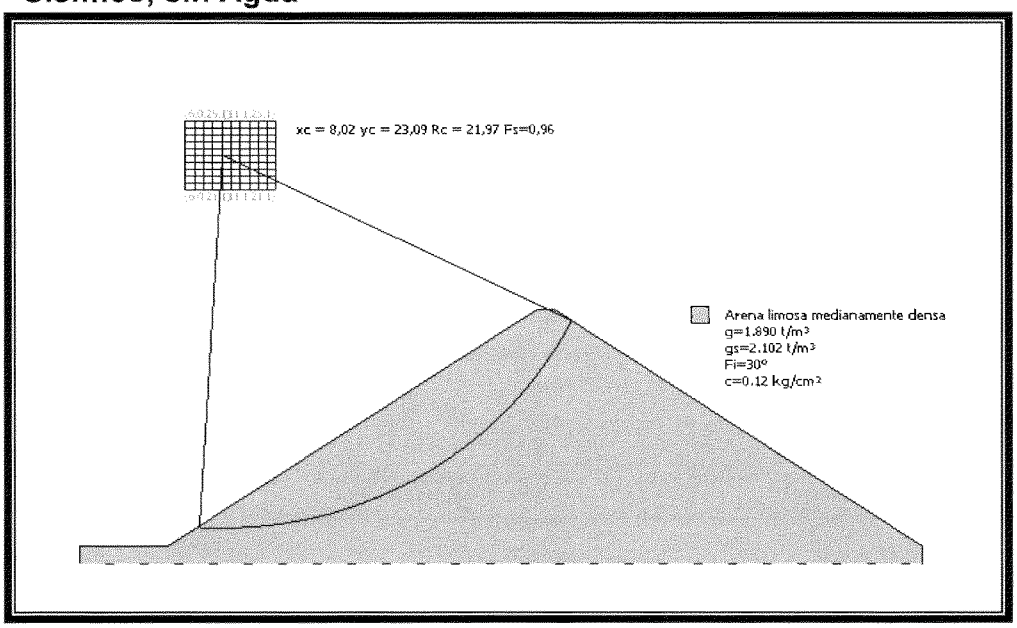
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

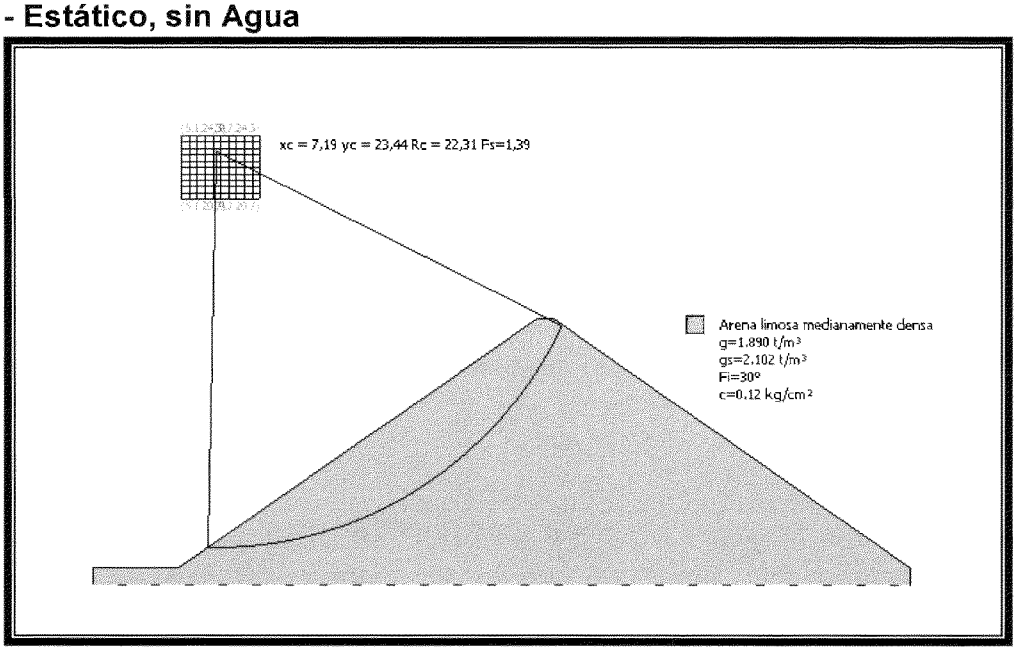


- Sísmico, sin Agua

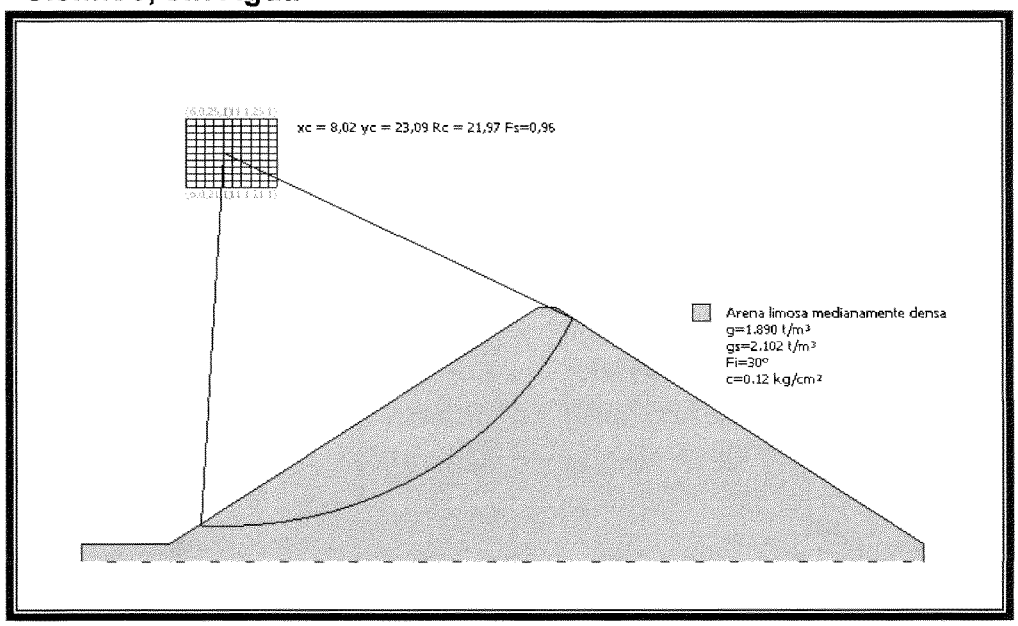


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse Planta Portezuelo no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Planta Portezuelo existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Portezuelo	15,15	22,50

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Planta Portezuelo.

TALUDES EMBALSE PLANTA PORTEZUELO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Portezuelo	Dx	20,73	Dx	20,73
	Dy	13,98	Dy	13,98

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Portezuelo	1,47	1,39	0,82	1,00	0,96

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Portezuelo	1,39	0,96

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 en los siguientes casos:

Talud Aguas Arriba: - estático vaciado rápido y sísmico sin agua
Talud Aguas Abajo: - sísmico sin agua

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.

V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse Planta Portezuelo será:

P= 10 %
V= 60 %
E= 80 %

Riesgo Total= 4,80 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Planta Portezuelo, se tiene lo siguiente:

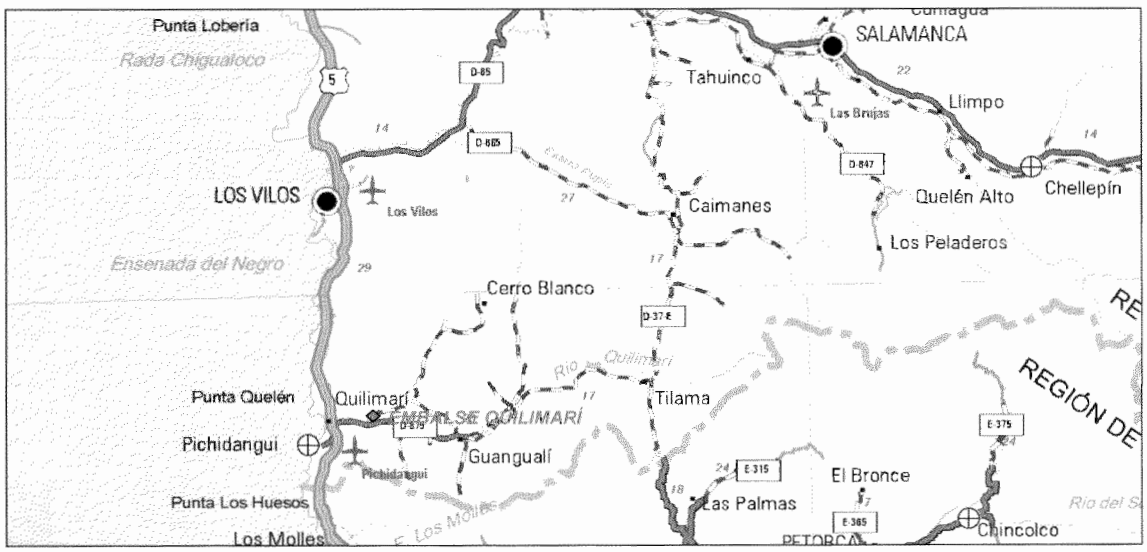
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
14	500	sin cuenca	SIN		0,6	1,0	0,7	0,6	0,4	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.36 Embalse Quilimarí – Los Loros

Ubicado en la comuna de Los Vilos, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.444.251 E: 268.709 Datum: WGS 84
Altitud: 27 m.s.n.m



Acceso: Ruta de Quilimarí hacia Guangualí, internarse en el sector Los Loros hacia el fundo Los Maquis, al predio del Sr. Jaime Fuenzalida, en el sector bajo, vecino al río se encuentra el embalse.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE QUILIMARÍ LOS LOROS

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
RIO CHOAPA

SUB - CUENCA
RIO QUILIMARÍ

CODIGO

FUENTE
CANAL LOS MAQUIS

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
FUNDO RESERVA LOS MAQUIS - JAIME FUENZALIDA

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	LOS VILOS

COORDENADAS UTM		
	N °	6.444.251
	E	268.709

DATUM	w	G	S	8	4

ALTITUD m.s.n.m.	27

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,001
ALTURA DEL MURO (m)	1,80
ANCHO CORONAMIENTO (m)	2,07
LARGO CORONAMIENTO (m)	
BORDE LIBRE (m)	0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO		2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS	X	7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	34	1,48	1
	EXTERNO	31	1,66	1

AÑO CONSTRUCCION	1980

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2	20 L/S	
TUBERIA FORZADA	3		
SIFON	4		
OTRO SISTEMA	5		

AREA REGADA: FUERA DE USO

ESTADO	
BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1
VERT. POZO O BOCINA	2
VERT. DE ALCANTARIL	3
VERT. DE SIFON	4
OTR: FRONTAL	5

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA: NO APLICA — KW *10^6 (1) — HP (2)

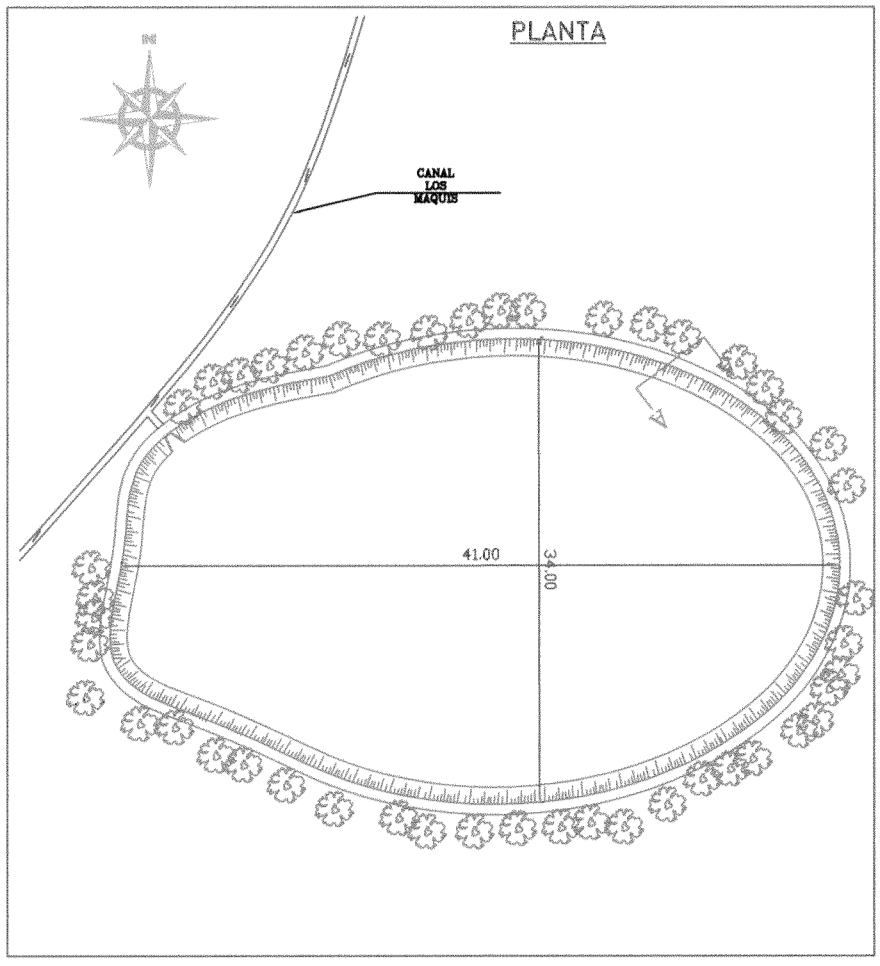
ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: EMBALSE MENOR, FUERA DE USO, SOLO ESTÁ COMO ELEMENTO DECORATIVO. EMBANCADO TOTALMENTE EN CASO DE FALLA, INUNDA PLANTACIONES DE PALTO Y LAS AGUAS LLEGAN AL RIO QUILIMARÍ. NO REVISTE MAYOR PELIGRO.

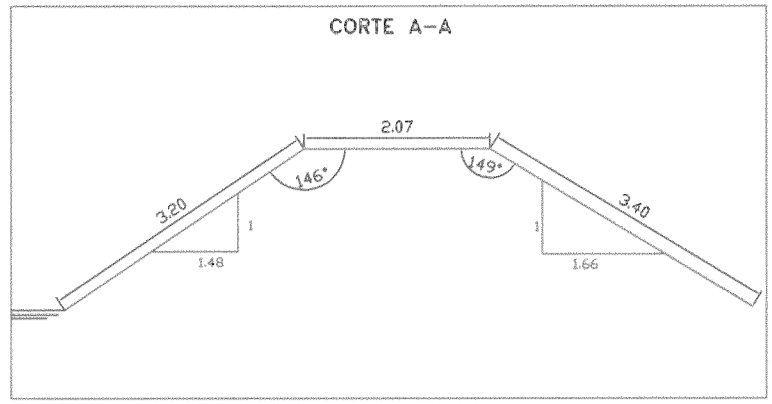
ESTADO GENERAL: MAL ESTADO, EMBANCADO TOTALMENTE, EXCESO DE VEGETACION EN EL MURO.

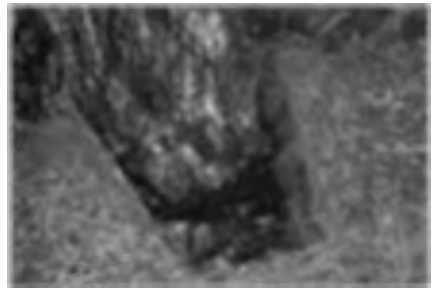
DESCRIPCION DE UBICACIÓN: RUTA DE QUILIMARÍ HACIA GUANGUALÍ, INTERNARSE EN EL SECTOR LOS LOROS HACIA EL FUNDO LOS MAQUIS, AL PREDIO DEL SR. JAIME FUENZALIDA, EN EL SECTOR BAJO, VECINO AL RIO SE ENCUENTRA EL EMBALSE.

PLANTA



CORTE A-A





"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE QUILIMARI-LOS LOROS

COMUNA DE LOS VILOS
REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

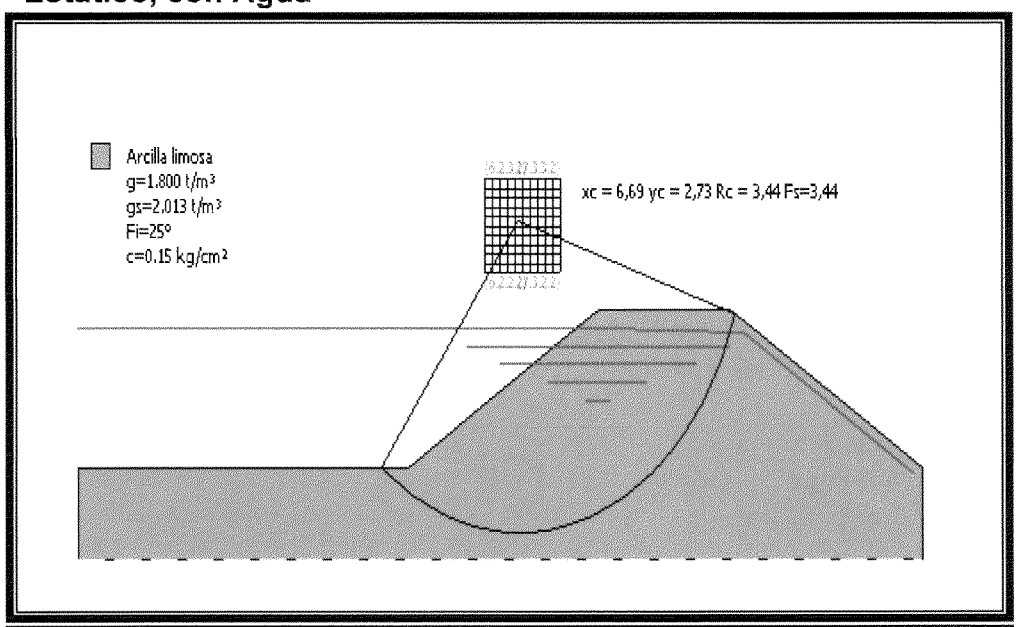
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

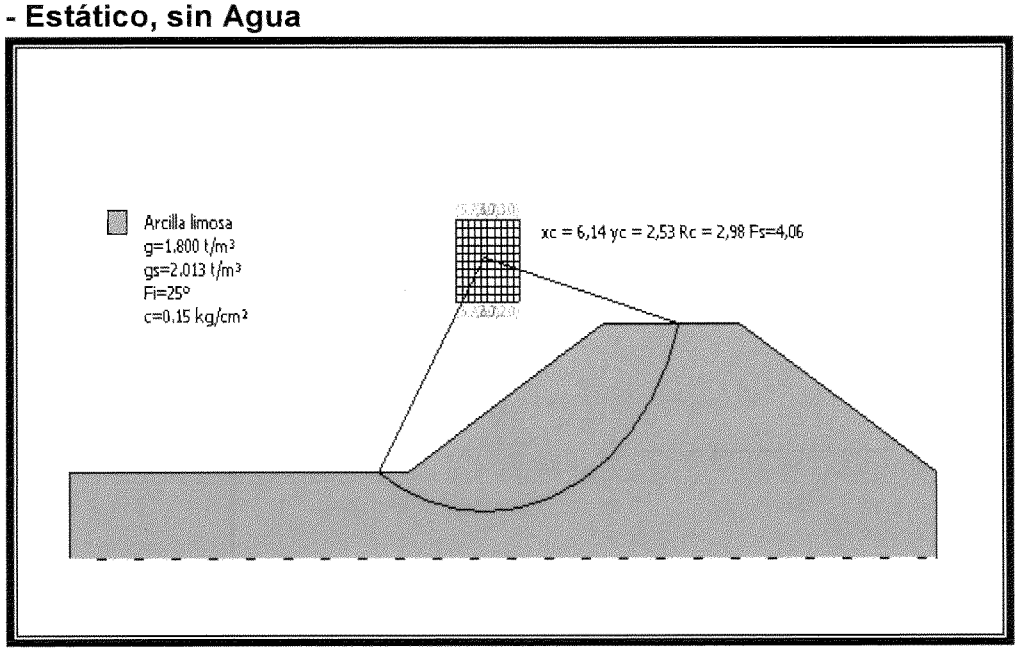
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

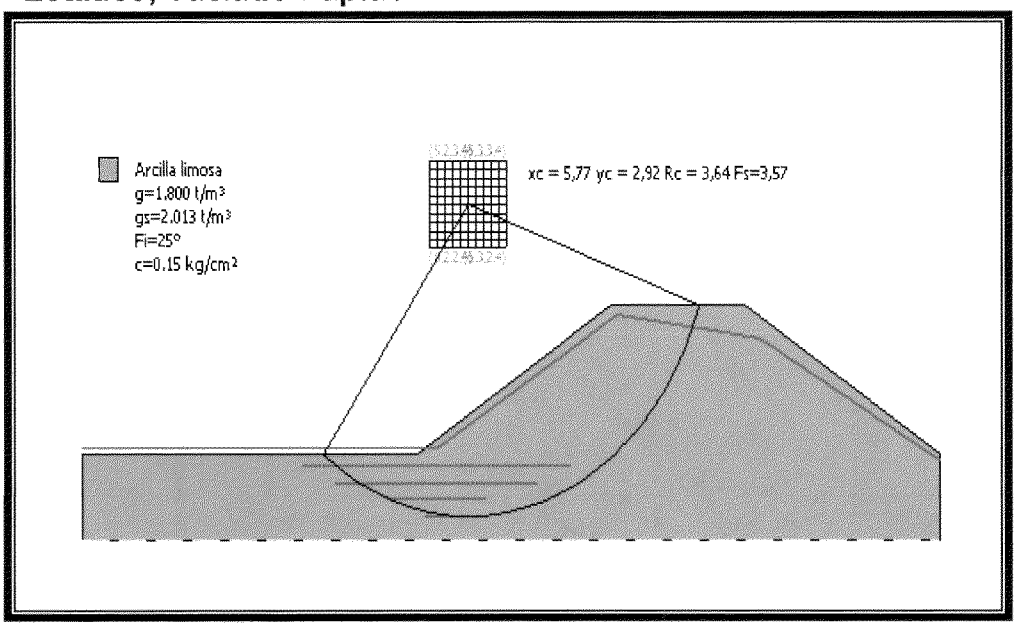
- Estático, con Agua



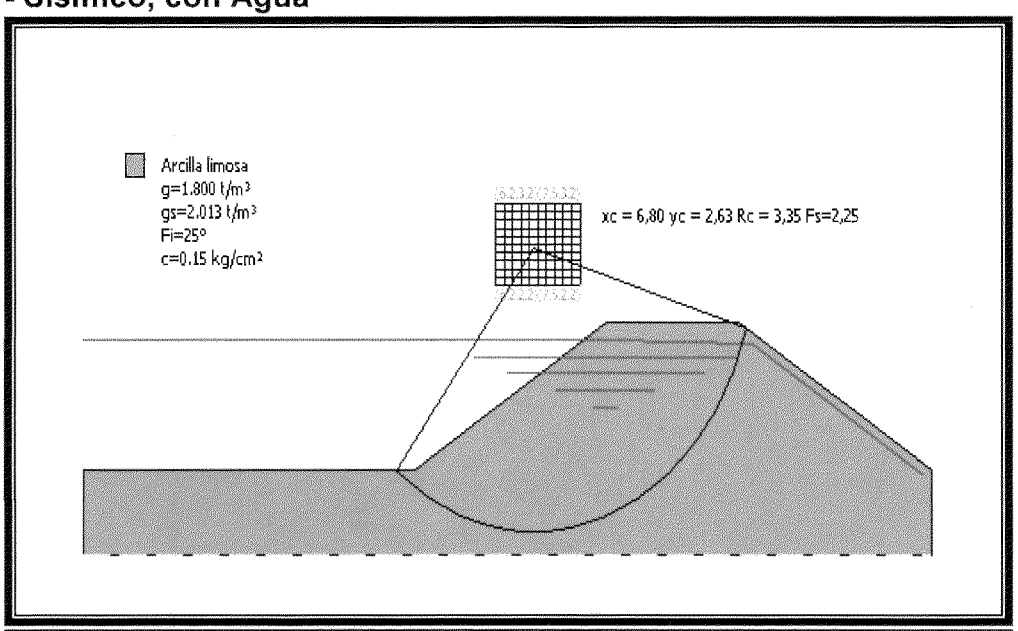
- Estático, sin Agua



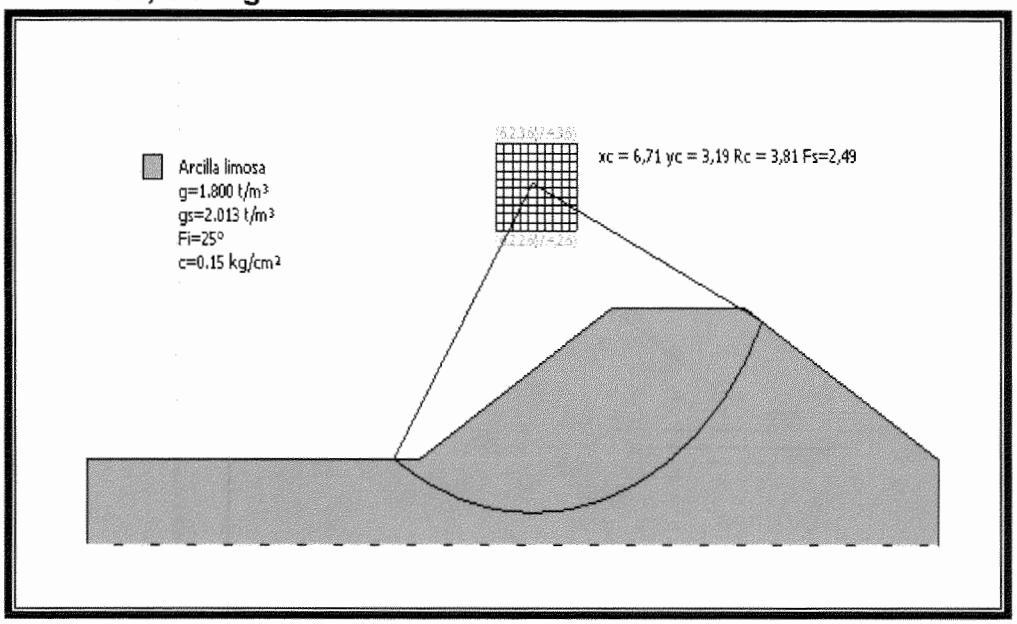
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

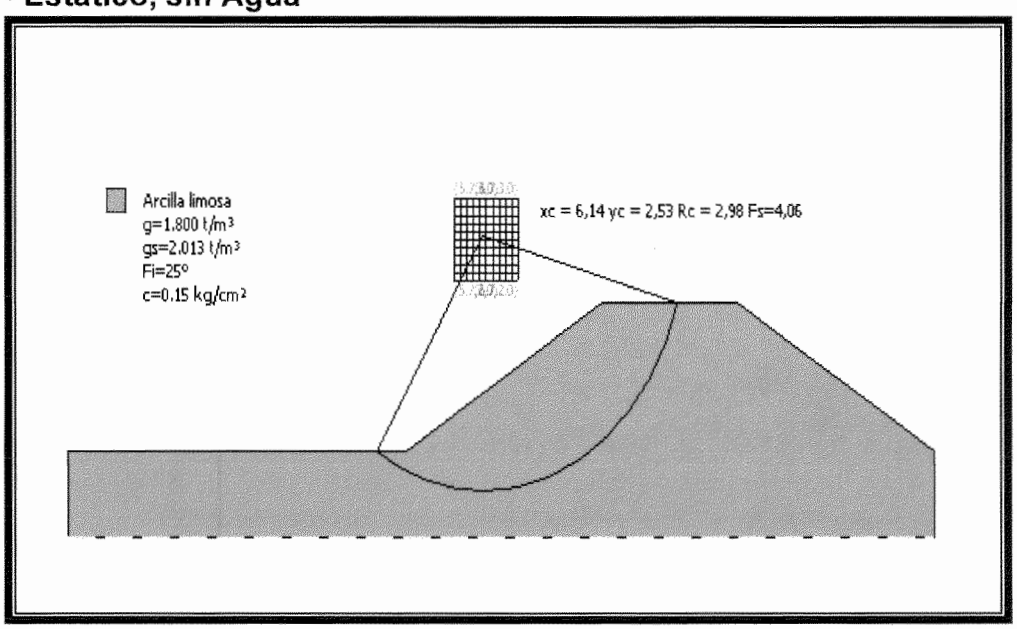


- Sísmico, sin Agua

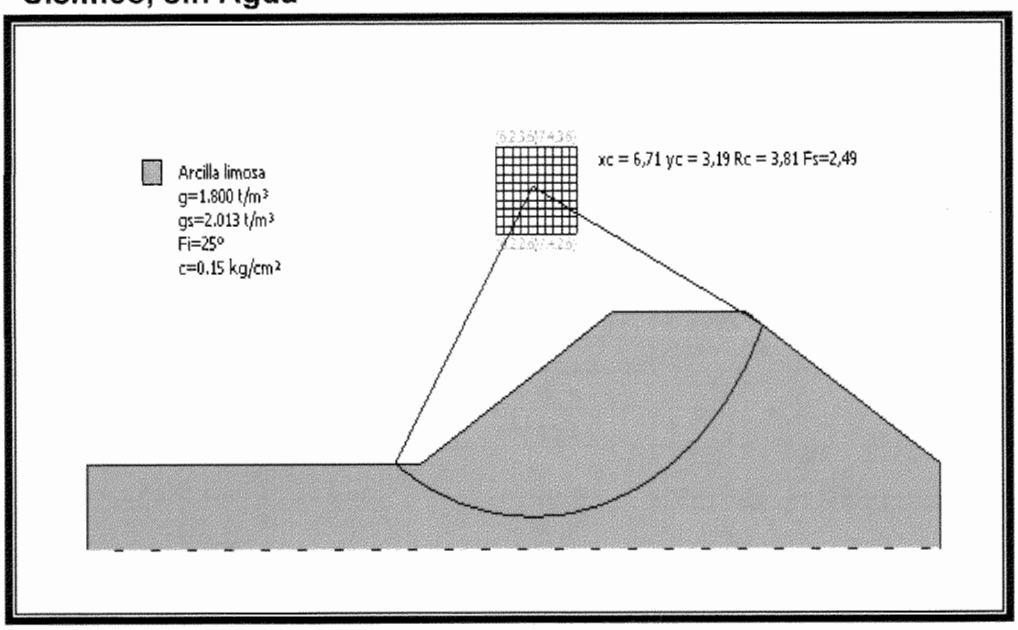


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



➢ Resultados Estudio de Crecidas

El embalse Quilimarí Los Loros no tiene cuenca aportante.

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Quilimarí Los Loros no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Los Loros	3,61	2,40

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Quilimarí Los Loros.

TALUDES EMBALSE PLANTA QUILIMARÍ LOS LOROS

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Los Loros	Dx	2,91	Dx	2,91
	Dy	1,75	Dy	1,75

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Los Loros	3,44	4,06	3,57	2,25	2,49

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Los Loros	4,06	2,49

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Quilimarí Los Loros no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Quilimarí Los Loros, se tiene lo siguiente:

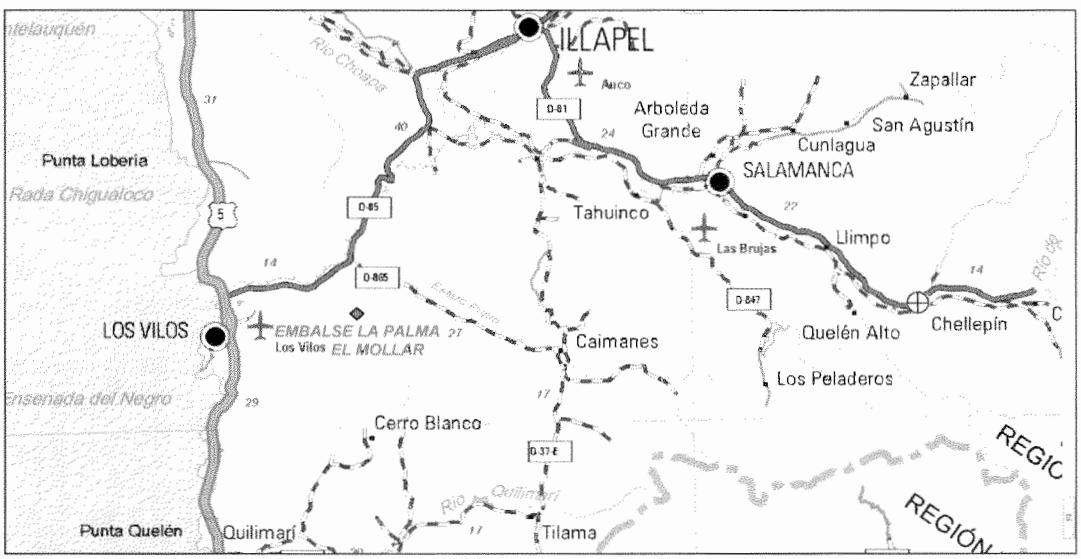
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
1,8	250	sin cuenca	SIN		0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.37 Embalse La Palma El Mollar

Ubicado en la comuna de Los Vilos, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.469.035 E: 277.221 Datum: WGS 84
Altitud: 194 m.s.n.m



Acceso: Desde ruta 5 hacia Illapel 10.5 km., desviarse al sur, atravesar Estero Pupío, ingresar a hacienda El Mollar. Desde entrada de la hacienda seguir camino hasta casas patronales, son 3,3 km desde ahí tomar caminos interiores dirección sur oriente 2,55 km.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE LA PALMA - EL MOLLAR
HACIENDA EL MOLLAR

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
RIO PUPIO

SUB - CUENCA	
RÍO QUILIMARÍ	

CODIGO

FUENTE

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	LOS VILOS

COORDENADAS UTM		
	N °	6.469.035
	E	277.221

DATUM						
	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,46
ALTURA DEL MURO (m)	15,30
ANCHO CORONAMIENTO (m)	4,20
LARGO CORONAMIENTO (m)	140,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	22	2,47	1
	EXTERNO	44	1,03	1

AÑO CONSTRUCCION	1995

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	50 L/S
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

AREA REGADA: 60 Ha

ESTADO	M	
AÑO REPARACION	NO	

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	10 M3/S

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^5	1
	HP	2

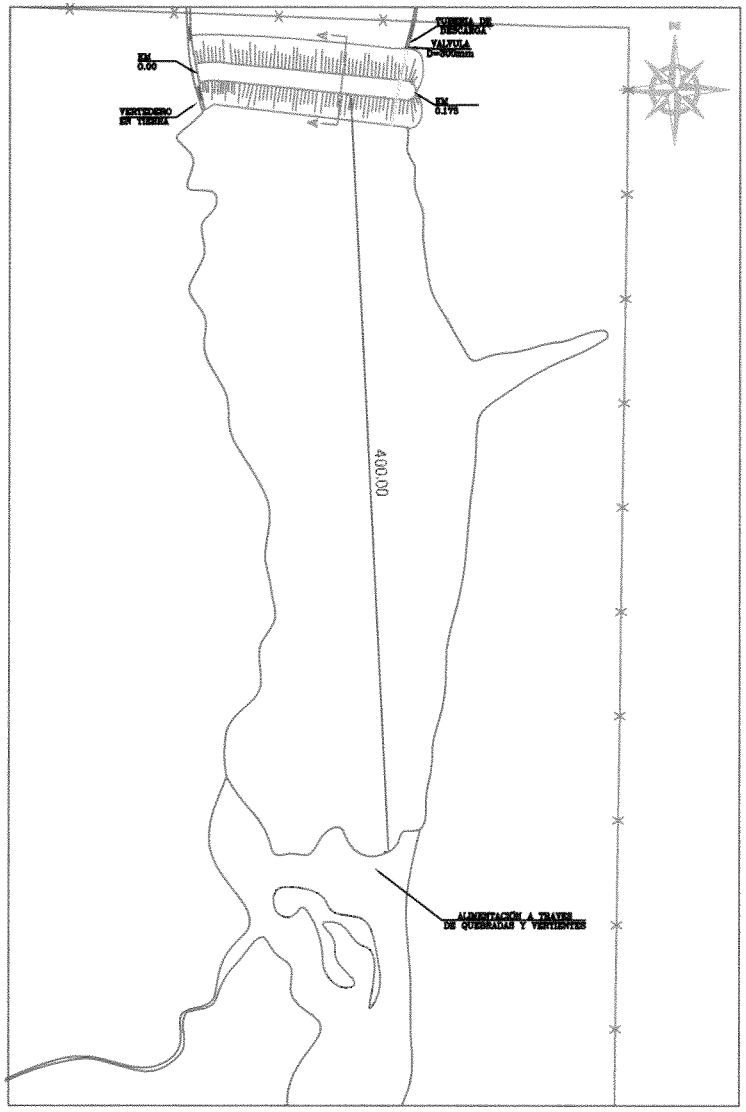
ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

OBSERVACIONES: EMBALSE DE GRAN CAPACIDAD, 460,000 M3. MURO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO. SU ABASTECIMIENTO ES AGUAS LLUVIAS Y VERTIENTES. CANAL DE SALIDA EN MUY MAL ESTADO, EMBANCADO COMPLETAMENTE Y CUBIERTO DE VEGETACIÓN. ALTAS PERDIDAS POR CONDUCCIÓN. EN CASO DE FALLA DE MURO AGUAS SE CONDUCEN POR QUEBRADA HASTA RÍO PUPIO.

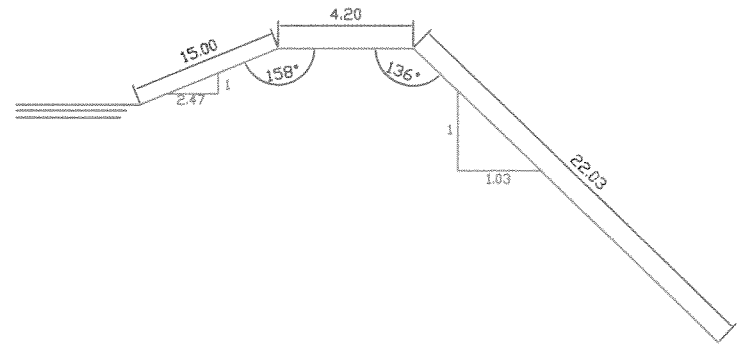
ESTADO GENERAL: EMBALSE EN BUEN ESTADO. SE DEBEN MEJORAR OBRAS DE CONDUCCIÓN DEL EMBALSE, SE DEBE DESPEJAR DE VEGETACIÓN AGUAS ABAJO DEL MURO DEL EMBALSE.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN DESDE RUTA 5 HACIA ILLAPEL 10.5 KM, DESVIARSE AL SUR, ATRAVESAR RÍO PUPIO, INGRESAR A HACIENDA EL MOLLAR. DESDE ENTRADA DE LA HACIENDA SEGUIR CAMINO HASTA CASAS PATRONALES, SON 3,3 KM. DESDE AHÍ TOMAR CAMINOS INTERIORES DIRECCIÓN SUR ORIENTE 2.55 KM.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LA PALMA

COMUNA DE LOS VILOS

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

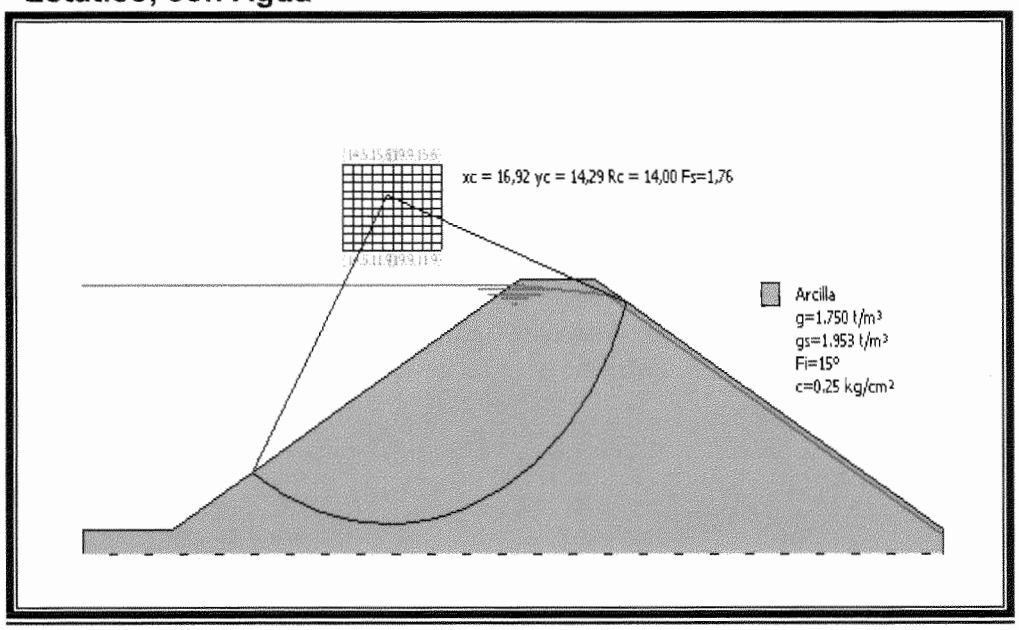
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

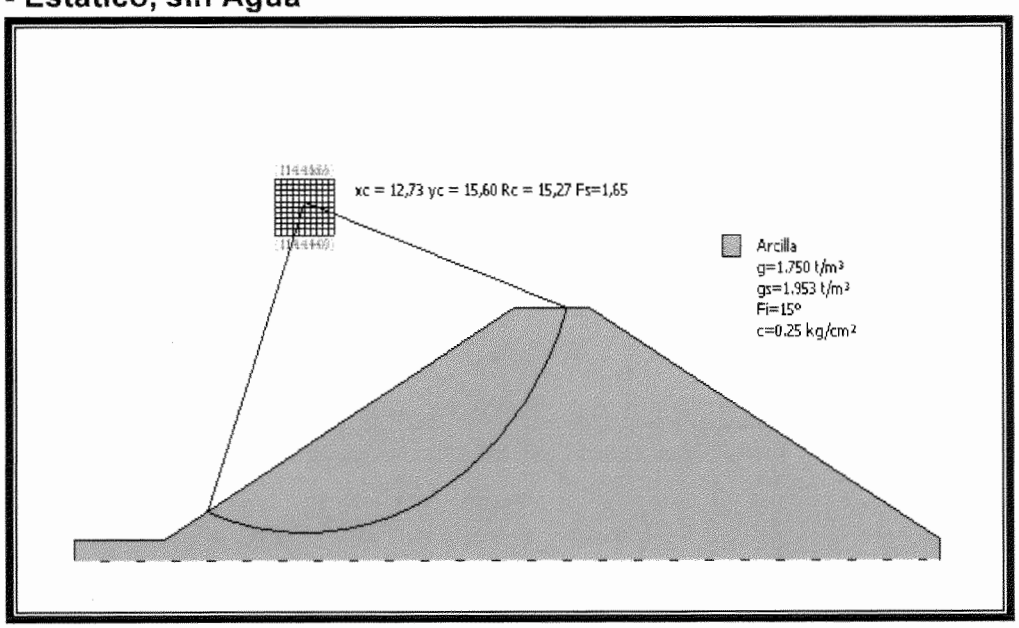
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

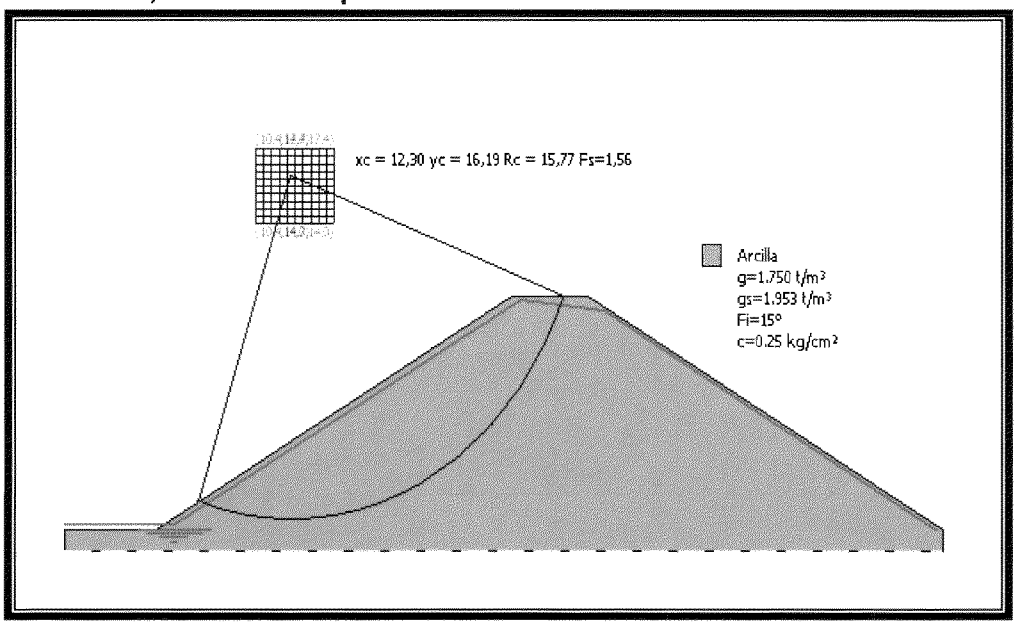
- Estático, con Agua



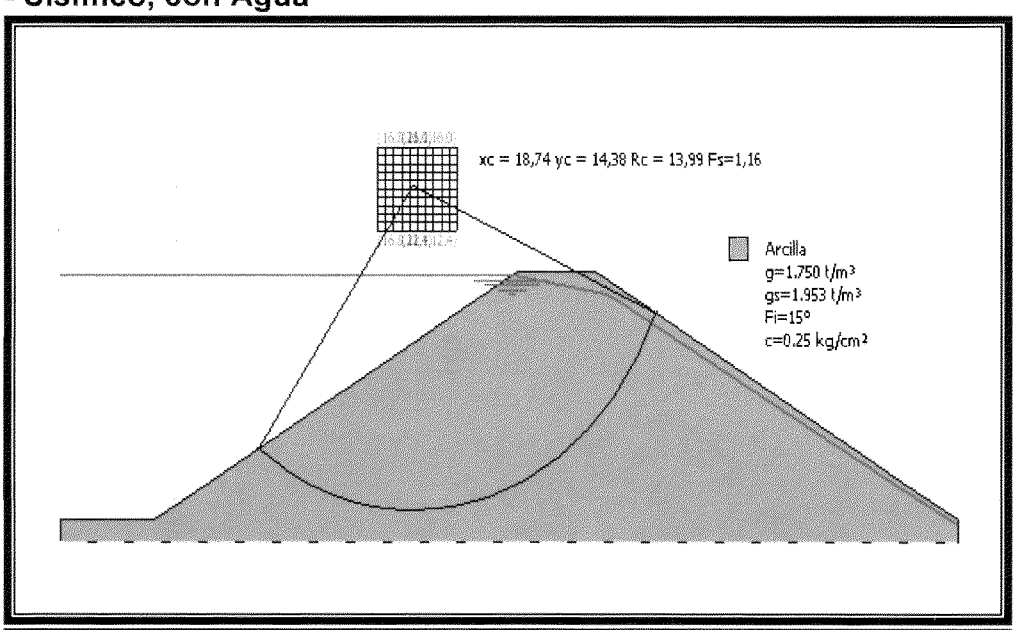
- Estático, sin Agua



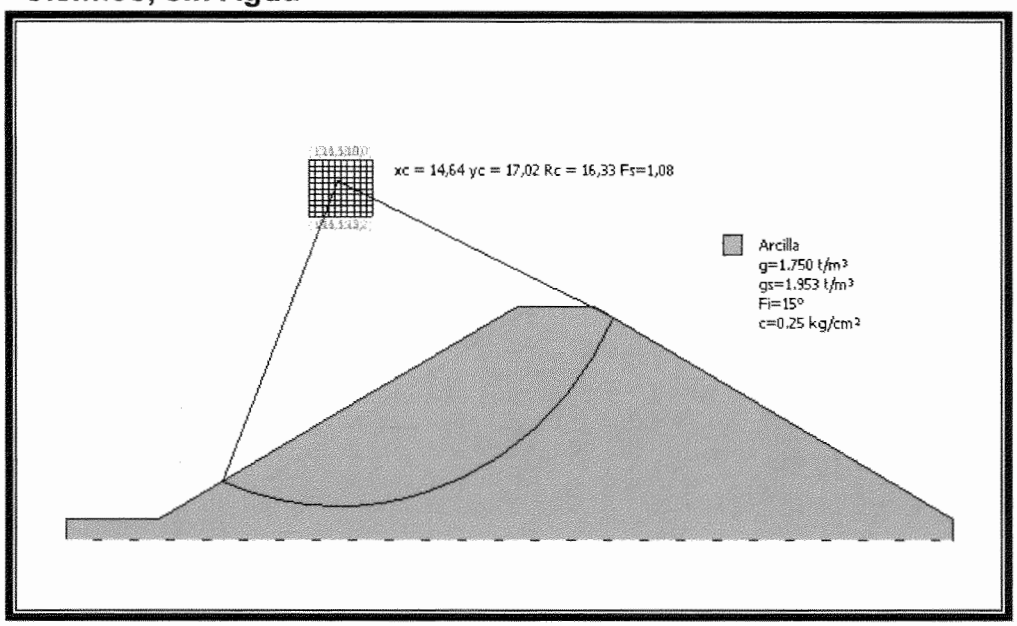
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

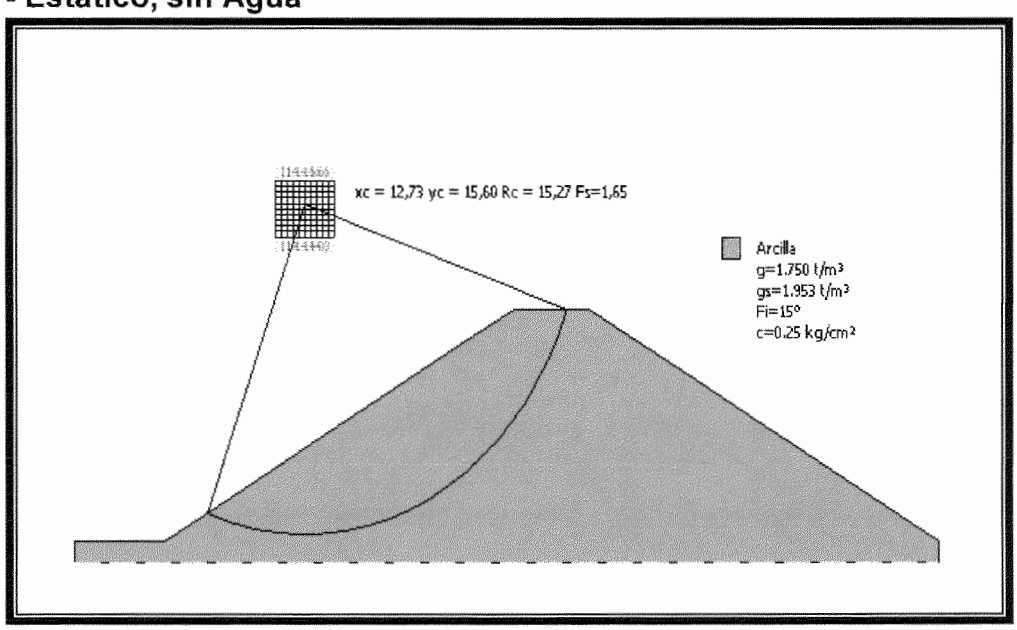


- Sísmico, sin Agua

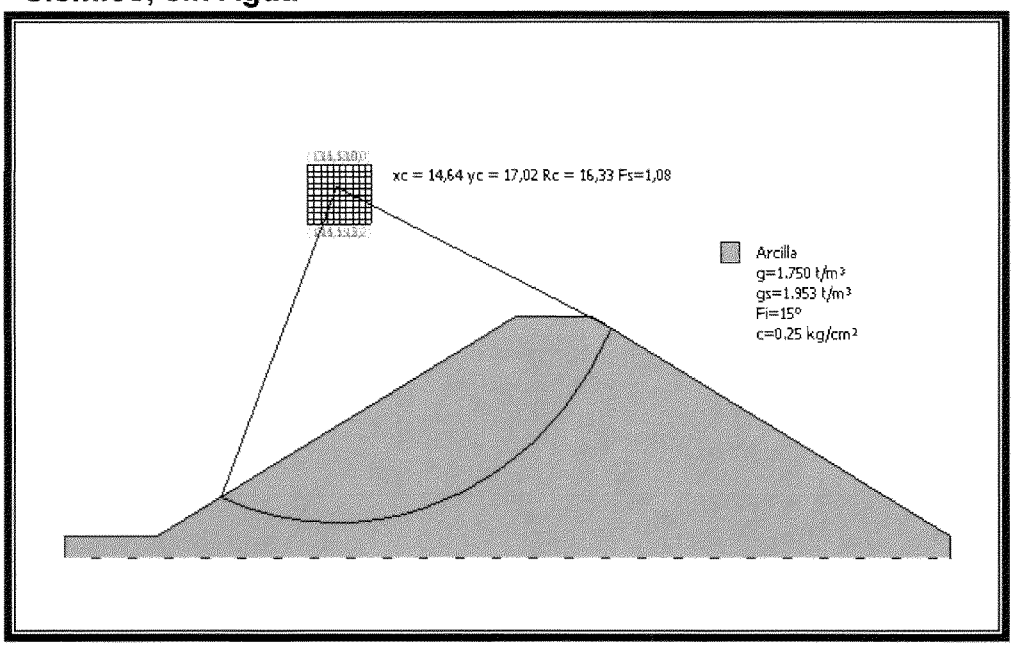


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

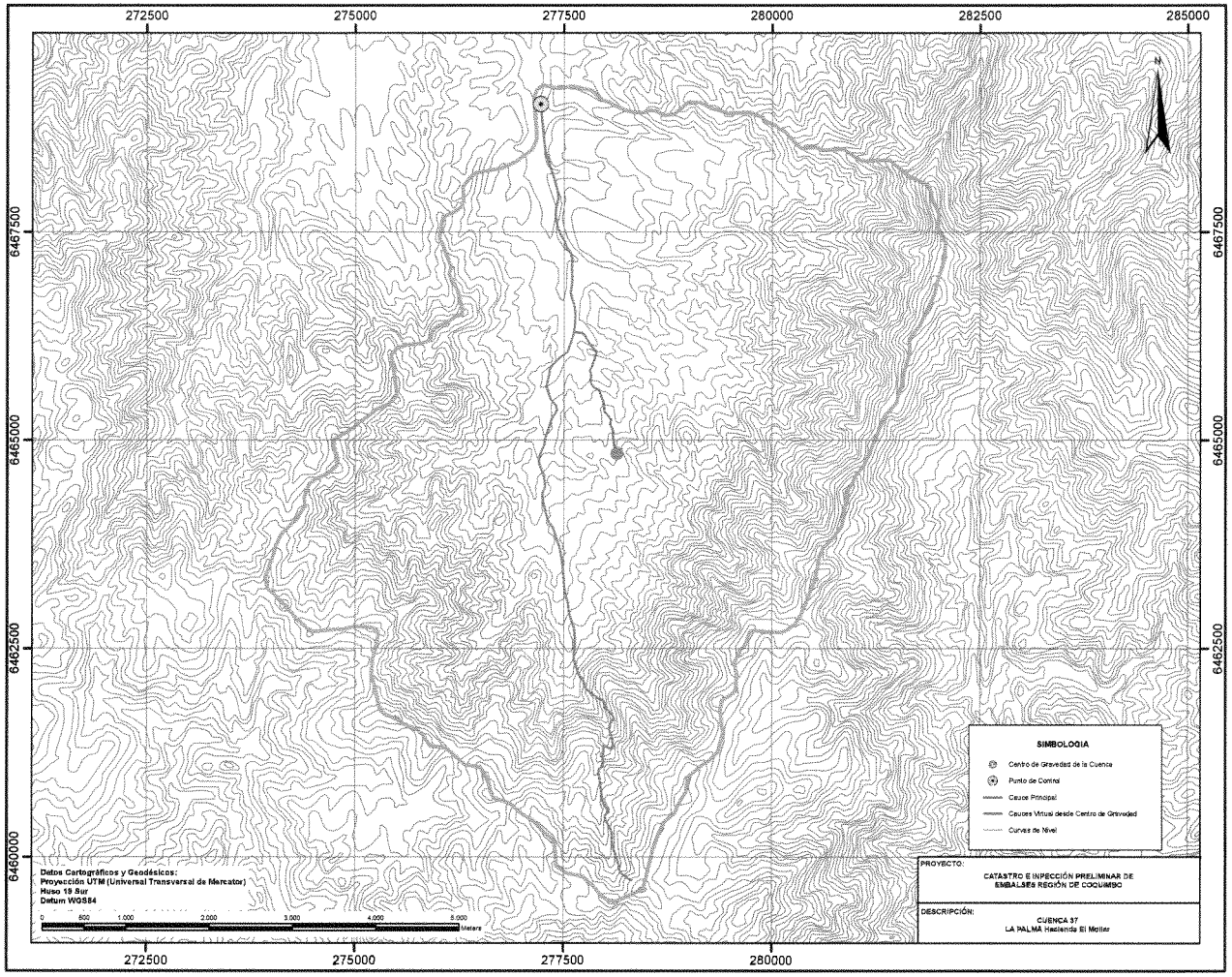


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 37.- LA PALMA HACIENDA EL MOLLAR

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
37	LA PALMA Hacienda El Mollar	277.221	6.469.035	84 H19S	45.402.009	278.142	6.464.841	0,403095	1.025	10.192	4.554

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
37	LA PALMA Hacienda El Mollar	Kp	2	45,40	88	4,14	0,24	0,48	0,13	1,59	1,58	3,16	0,86
		Kp	5	45,40	88	4,14	0,60	0,78	0,50	1,59	3,95	5,14	3,29
		Kp	10	45,40	88	4,14	1,00	1,00	1,00	1,59	6,58	6,58	6,58
		Kp	20	45,40	88	4,14	1,61	1,77	1,49	1,59	10,60	11,66	9,81
		Kp	25	45,40	88	4,14	1,82	1,96	1,67	1,59	11,98	12,91	11,00
		Kp	50	45,40	88	4,14	2,61	3,03	2,33	1,59	17,19	19,95	15,34
		Kp	100	45,40	88	4,14	3,67	4,47	2,81	1,59	24,17	29,43	18,50

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
37	LA PALMA Hacienda El Mollar	IV.7	IV Choapa	2	45,40	88	0,530	47	0,200	0,330	0,066	1,37
		IV.7	IV Choapa	5	45,40	88	0,803	71	0,200	0,680	0,136	4,74
		IV.7	IV Choapa	10	45,40	88	1,000	88	0,200	1,000	0,200	9,15
		IV.7	IV Choapa	20	45,40	88	1,199	106	0,200	1,380	0,276	15,81
		IV.7	IV Choapa	25	45,40	88	1,228	108	0,200	1,540	0,308	18,17
		IV.7	IV Choapa	50	45,40	88	1,470	129	0,200	2,000	0,400	29,51
		IV.7	IV Choapa	100	45,40	88	1,685	148	0,200	2,560	0,512	44,73

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
37	LA PALMA Hacienda El Mollar	IV.7	IV Choapa	2	45,40	88	0,530	47	0,080	0,330	0,026	1,20	0,18	6,96	2,32
		IV.7	IV Choapa	5	45,40	88	0,803	71	0,080	0,680	0,054	1,20	0,18	10,55	7,24
		IV.7	IV Choapa	10	45,40	88	1,000	88	0,080	1,000	0,080	1,20	0,18	13,14	13,25
		IV.7	IV Choapa	20	45,40	88	1,199	106	0,080	1,380	0,110	1,20	0,18	15,75	21,93
		IV.7	IV Choapa	25	45,40	88	1,228	108	0,080	1,540	0,123	1,20	0,18	16,13	25,06
		IV.7	IV Choapa	50	45,40	88	1,470	129	0,080	2,000	0,160	1,20	0,18	19,31	38,97
		IV.7	IV Choapa	100	45,40	88	1,685	148	0,080	2,560	0,205	1,20	0,18	22,13	57,17

➢ Hidrograma Unitario Sintético (H.U.S)

A	45,40	km2
CD	0,18	
tc	1,20	hr
Lat	31,93	°
L	10,19	km
Lg	4,55	km
S	0,40	m/m

	Zona I	
tp	1,976	hr
tb	9,304	hr
qp	83,817	l/s/mm/km2
tu	0,359	hr
tu -10	0,323	hr
tr	0,401	hr
tu +10	0,395	hr
tp'	1,986	hr
tb'	9,343	hr
qp'	83,469	l/s/mm/km2

T	P(T)	
2	47	mm
5	71	mm
10	88	mm
20	106	mm
25	108	mm
50	129	mm
100	148	mm

t/tp	q/qp
0	0
0,3	0,2
0,5	0,4
0,6	0,6
0,75	0,8
1	1
1,3	0,8
1,5	0,6
1,8	0,4
2,3	0,2
2,7	0,1

Zona 1

t	qp	corrección	q corr	verificación
0,000	0,000		0,000	
0,596	16,694	0,018	20,869	0,022
0,993	33,388	0,036	41,738	0,045
1,192	50,082	0,030	62,607	0,037
1,490	66,776	0,063	83,476	0,078
1,986	83,469	0,134	104,345	0,168
2,582	66,776	0,161	83,476	0,201
2,980	50,082	0,084	62,607	0,104
3,576	33,388	0,090	41,738	0,112
4,569	16,694	0,090	20,869	0,112
5,363	8,347	0,036	10,435	0,045
9,343	0,000	0,060	0,000	0,075
Suma		**0,800**		**1,000**

T=2

P 24	47	mm
P tc	8,368206624	mm
i	6,962293501	mm/hr
CN	91,84920713	
S	22,54022058	mm
Pef	0,56441812	mm
i ef	0,469592206	mm/hr
Interpolación	0,400644157	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		0,188139373	0,188139373	0,188139373		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,40	14,03053373		2,639695826	0		2,639695826	0,119847494
2	0,80	31,65710116		5,955947177	2,639695826	0	8,595643002	0,390259461
3	1,20	63,31420232		11,91189435	5,955947177	2,639695826	20,50753736	0,931083396
4	1,60	88,21556199		16,59682056	11,91189435	5,955947177	34,46466209	1,564764899
5	2,00	103,7556653		19,52052587	16,59682056	11,91189435	48,02924078	2,180624022
6	2,40	89,7251316		16,88083004	19,52052587	16,59682056	52,99817647	2,406223685
7	2,80	71,80389664		13,50914012	16,88083004	19,52052587	49,91049603	2,26603679
8	3,21	54,70773077		10,29267819	13,50914012	16,88083004	40,68264835	1,847073967
9	3,61	41,10151829		7,732813898	10,29267819	13,50914012	31,53463221	1,431735655
10	4,01	32,68319805		6,148996403	7,732813898	10,29267819	24,17448849	1,097570344
11	4,41	24,26487781		4,565178907	6,148996403	7,732813898	18,44698921	0,83753037
12	4,81	17,72997351		3,335706107	4,565178907	6,148996403	14,04988142	0,637892843
13	5,21	12,46852336		2,345820173	3,335706107	4,565178907	10,24670519	0,465221001
14	5,61	9,790129104		1,841908756	2,345820173	3,335706107	7,523435036	0,341579065
15	6,01	8,739655854		1,644273376	1,841908756	2,345820173	5,832002305	0,264784621
16	6,41	7,689182603		1,446637997	1,644273376	1,841908756	4,932820129	0,223959944
17	6,81	6,638709353		1,249002618	1,446637997	1,644273376	4,339913992	0,197040814
18	7,21	5,588236102		1,051367239	1,249002618	1,446637997	3,747007854	0,170121684
19	7,61	4,537762852		0,85373186	1,051367239	1,249002618	3,154101717	0,143202555
20	8,01	3,487289601		0,656096481	0,85373186	1,051367239	2,561195579	0,116283425
21	8,41352729	2,436816351		0,458461101	0,656096481	0,85373186	1,968289442	0,089364295
22	8,814171446	1,3863431		0,260825722	0,458461101	0,656096481	1,375383304	0,062445165
23	9,214815603	0,33586985		0,063190343	0,260825722	0,458461101	0,782477167	0,035526035
							Q max	**2,40622369**

T=5

P 24	71	mm
P tc	12,67862249	mm
i	10,54853147	mm/hr
CN	91,84920713	
S	22,54022058	mm
Pef	2,173774478	mm
i ef	1,808566232	mm/hr
Interpolación	0,400644157	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		0,724591493	0,724591493	0,724591493		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,40	14,03053373		10,16640538	0		10,16640538	0,461575229
2	0,80	31,65710116		22,93846619	10,16640538	0	33,10487157	1,503027677
3	1,20	63,31420232		45,87693237	22,93846619	10,16640538	78,98180394	3,585932573
4	1,60	88,21556199		63,92024575	45,87693237	22,93846619	132,7356443	6,026464918
5	2,00	103,7556653		75,18047243	63,92024575	45,87693237	184,9776505	8,398356955
6	2,40	89,7251316		65,01406704	75,18047243	63,92024575	204,1147852	9,267221316
7	2,80	71,80389664		52,02849265	65,01406704	75,18047243	192,2230321	8,727311834
8	3,21	54,70773077		39,64075631	52,02849265	65,01406704	156,683316	7,113737323
9	3,61	41,10151829		29,78181049	39,64075631	52,02849265	121,4510594	5,514122094
10	4,01	32,68319805		23,68196726	29,78181049	39,64075631	93,10453406	4,227132893
11	4,41	24,26487781		17,58212403	23,68196726	29,78181049	71,04590179	3,225626672
12	4,81	17,72997351		12,84698797	17,58212403	23,68196726	54,11107927	2,456751708
13	5,21	12,46852336		9,034585954	12,84698797	17,58212403	39,46369796	1,79173117
14	5,61	9,790129104		7,093844262	9,034585954	12,84698797	28,97541819	1,315542197
15	6,01	8,739655854		6,332680282	7,093844262	9,034585954	22,4611105	1,019779541
16	6,41	7,689182603		5,571516301	6,332680282	7,093844262	18,99804085	0,862549221
17	6,81	6,638709353		4,81035232	5,571516301	6,332680282	16,7145489	0,7588741
18	7,21	5,588236102		4,049188339	4,81035232	5,571516301	14,43105696	0,655198978
19	7,61	4,537762852		3,288024359	4,049188339	4,81035232	12,14756502	0,551523856
20	8,01	3,487289601		2,526860378	3,288024359	4,049188339	9,864073076	0,447848735
21	8,41	2,436816351		1,765696397	2,526860378	3,288024359	7,580581134	0,344173613
22	8,81	1,3863431		1,004532417	1,765696397	2,526860378	5,297089192	0,240498491
23	9,21	0,33586985		0,243368436	1,004532417	1,765696397	3,01359725	0,136823369
							Q max	**9,26722132**

T=10

P 24	88	mm
P tc	15,7890691	mm
i	13,13640283	mm/hr
CN	91,84920713	
S	22,54022058	mm
Pef	3,762768717	mm
i ef	3,130599107	mm/hr
Interpolación	0,400644157	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
Ti	t	q(t)		1,254256239	1,254256239	1,254256239		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,40	14,03053373		17,59788447	0		17,59788447	0,798979309
2	0,80	31,65710116		39,70611663	17,59788447	0	57,3040011	2,601716774
3	1,20	63,31420232		79,41223327	39,70611663	17,59788447	136,7162344	6,207191703
4	1,60	88,21556199		110,644919	79,41223327	39,70611663	229,7632689	10,431714
5	2,00	103,7556653		130,1361906	110,644919	79,41223327	320,1933428	14,53742103
6	2,40	89,7251316		112,5383061	130,1361906	110,644919	353,3194156	16,04141129
7	2,80	71,80389664		90,06048533	112,5383061	130,1361906	332,734982	15,10683665
8	3,21	54,70773077		68,61751264	90,06048533	112,5383061	271,2163041	12,31376508
9	3,61	41,10151829		51,55183574	68,61751264	90,06048533	210,2298337	9,544856802
10	4,01	32,68319805		40,99310506	51,55183574	68,61751264	161,1624534	7,317099161
11	4,41	24,26487781		30,43437438	40,99310506	51,55183574	122,9793152	5,583507974
12	4,81	17,72997351		22,23792989	30,43437438	40,99310506	93,66540932	4,252597757
13	5,21	12,46852336		15,63872321	22,23792989	30,43437438	68,31102748	3,101457884
14	5,61	9,790129104		12,27933051	15,63872321	22,23792989	50,15598361	2,277182419
15	6,01	8,739655854		10,96176788	12,27933051	15,63872321	38,8798216	1,76522201
16	6,41	7,689182603		9,644205252	10,96176788	12,27933051	32,88530364	1,493058852
17	6,81	6,638709353		8,326642624	9,644205252	10,96176788	28,93261576	1,313598881
18	7,21	5,588236102		7,009079996	8,326642624	9,644205252	24,97992787	1,13413891
19	7,61	4,537762852		5,691517368	7,009079996	8,326642624	21,02723999	0,954678939
20	8,01	3,487289601		4,373954739	5,691517368	7,009079996	17,0745521	0,775218968
21	8,41	2,436816351		3,056392111	4,373954739	5,691517368	13,12186422	0,595758997
22	8,81	1,3863431		1,738829483	3,056392111	4,373954739	9,169176333	0,416299026
23	9,21	0,33586985		0,421266855	1,738829483	3,056392111	5,216488449	0,236839055
							Q max	**16,0414113**

T=20

P 24	106	mm
P tc	18,93109385	mm
i	15,750547	mm/hr
CN	91,84920713	
S	22,54022058	mm
Pef	5,627866853	mm
i ef	4,682348629	mm/hr
Interpolación	0,400644157	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		1,875955618	1,875955618	1,875955618		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,40	14,03053373		26,32065857	0		26,32065857	1,195010777
2	0,80	31,65710116		59,38731675	26,32065857	0	85,70797532	3,891314267
3	1,20	63,31420232		118,7746335	59,38731675	26,32065857	204,4826088	9,283921246
4	1,60	88,21556199		165,4884791	118,7746335	59,38731675	343,6504293	15,60241989
5	2,00	103,7556653		194,6410232	165,4884791	118,7746335	478,9041358	21,74320988
6	2,40	89,7251316		168,3203647	194,6410232	165,4884791	528,449867	23,99268562
7	2,80	71,80389664		134,7009233	168,3203647	194,6410232	497,6623111	22,59486873
8	3,21	54,70773077		102,6292749	134,7009233	168,3203647	405,6505628	18,4173505
9	3,61	41,10151829		77,10462412	102,6292749	134,7009233	314,4348222	14,27597263
10	4,01	32,68319805		61,31222897	77,10462412	102,6292749	241,046128	10,94397847
11	4,41	24,26487781		45,51983383	61,31222897	77,10462412	183,9366869	8,351095115
12	4,81	17,72997351		33,2606434	45,51983383	61,31222897	140,0927062	6,360490308
13	5,21	12,46852336		23,39039644	33,2606434	45,51983383	102,1708737	4,638762926
14	5,61	9,790129104		18,36584769	23,39039644	33,2606434	75,01688753	3,405917403
15	6,01	8,739655854		16,39520649	18,36584769	23,39039644	58,15145062	2,640192685
16	6,41	7,689182603		14,4245653	16,39520649	18,36584769	49,18561948	2,233125938
17	6,81	6,638709353		12,4539241	14,4245653	16,39520649	43,2736959	1,964712731
18	7,21	5,588236102		10,48328291	12,4539241	14,4245653	37,36177231	1,696299523
19	7,61	4,537762852		8,512641713	10,48328291	12,4539241	31,44984873	1,427886315
20	8,01	3,487289601		6,542000518	8,512641713	10,48328291	25,53792514	1,159473107
21	8,41	2,436816351		4,571359322	6,542000518	8,512641713	19,62600155	0,891059899
22	8,81	1,3863431		2,600718127	4,571359322	6,542000518	13,71407797	0,622646691
23	9,21	0,33586985		0,630076932	2,600718127	4,571359322	7,802154381	0,354233483
							Q max	**23,9926856**

T=25

P 24	108	mm
P tc	19,38331727	mm
i	16,12679394	mm/hr
CN	91,84920713	
S	22,54022058	mm
Pef	5,913960486	mm
i ef	4,920376672	mm/hr
Interpolación	0,400644157	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
Ti	t	q(t)		1,971320162	1,971320162	1,971320162		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,40	14,03053373		27,65867403	0		27,65867403	1,255759367
2	0,80	31,65710116		62,40628178	27,65867403	0	90,06495581	4,089129934
3	1,20	63,31420232		124,8125636	62,40628178	27,65867403	214,8775194	9,755871069
4	1,60	88,21556199		173,901116	124,8125636	62,40628178	361,1199613	16,39557173
5	2,00	103,7556653		204,535635	173,901116	124,8125636	503,2493145	22,84852991
6	2,40	89,7251316		176,876961	204,535635	173,901116	555,3137119	25,21235815
7	2,80	71,80389664		141,5484692	176,876961	204,535635	522,9610651	23,74348298
8	3,21	54,70773077		107,8464527	141,5484692	176,876961	426,2718828	19,35359986
9	3,61	41,10151829		81,02425169	107,8464527	141,5484692	330,4191735	15,00169429
10	4,01	32,68319805		64,42904727	81,02425169	107,8464527	253,2997516	11,5003176
11	4,41	24,26487781		47,83384285	64,42904727	81,02425169	193,2871418	8,775624552
12	4,81	17,72997351		34,95145425	47,83384285	64,42904727	147,2143444	6,683826988
13	5,21	12,46852336		24,57945149	34,95145425	47,83384285	107,3647486	4,874575282
14	5,61	9,790129104		19,29947889	24,57945149	34,95145425	78,83038463	3,579057833
15	6,01	8,739655854		17,22865979	19,29947889	24,57945149	61,10759018	2,774407359
16	6,41	7,689182603		15,1578407	17,22865979	19,29947889	51,68597938	2,346647301
17	6,81	6,638709353		13,0870216	15,1578407	17,22865979	45,47352209	2,064589259
18	7,21	5,588236102		11,0162025	13,0870216	15,1578407	39,26106479	1,782531217
19	7,61	4,537762852		8,9453834	11,0162025	13,0870216	33,0486075	1,500473175
20	8,01	3,487289601		6,874564302	8,9453834	11,0162025	26,8361502	1,218415133
21	8,41	2,436816351		4,803745204	6,874564302	8,9453834	20,62369291	0,936357091
22	8,81	1,3863431		2,732926105	4,803745204	6,874564302	14,41123561	0,654299049
23	9,21	0,33586985		0,662107007	2,732926105	4,803745204	8,198778316	0,372241007
							Q max	**25,2123581**

T=50

P 24	129	mm
P tc	23,20993158	mm
i	19,31051216	mm/hr
CN	91,84920713	
S	22,54022058	mm
Pef	8,480667245	mm
i ef	7,055860006	mm/hr
Interpolación	0,400644157	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
ti	t	q(t)		2,826889082	2,826889082	2,826889082		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,40	14,03053373		39,66276262	0		39,66276262	1,800769105
2	0,80	31,65710116		89,49111362	39,66276262	0	129,1538762	5,863845451
3	1,20	63,31420232		178,9822272	89,49111362	39,66276262	308,1361035	13,98999814
4	1,60	88,21556199		249,375609	178,9822272	89,49111362	517,8489499	23,51138268
5	2,00	103,7556653		293,3057575	249,375609	178,9822272	721,6635937	32,76497698
6	2,40	89,7251316		253,6429949	293,3057575	249,375609	796,3243614	36,15472582
7	2,80	71,80389664		202,9816514	253,6429949	293,3057575	749,9304037	34,04834694
8	3,21	54,70773077		154,6526868	202,9816514	253,6429949	611,2773331	27,75321898
9	3,61	41,10151829		116,1894333	154,6526868	202,9816514	473,8237715	21,51255114
10	4,01	32,68319805		92,39177571	116,1894333	154,6526868	363,2338958	16,49154861
11	4,41	24,26487781		68,59411814	92,39177571	116,1894333	277,1753271	12,5843167
12	4,81	17,72997351		50,12066853	68,59411814	92,39177571	211,1065624	9,584662045
13	5,21	12,46852336		35,24713255	50,12066853	68,59411814	153,9619192	6,990180442
14	5,61	9,790129104		27,67560907	35,24713255	50,12066853	113,0434102	5,132397925
15	6,01	8,739655854		24,70603771	27,67560907	35,24713255	87,62877933	3,978522628
16	6,41	7,689182603		21,73646635	24,70603771	27,67560907	74,11811313	3,365111239
17	6,81	6,638709353		18,76689499	21,73646635	24,70603771	65,20939904	2,960637722
18	7,21	5,588236102		15,79732362	18,76689499	21,73646635	56,30068496	2,556164205
19	7,61	4,537762852		12,82775226	15,79732362	18,76689499	47,39197087	2,151690688
20	8,01	3,487289601		9,858180899	12,82775226	15,79732362	38,48325678	1,747217171
21	8,41	2,436816351		6,888609536	9,858180899	12,82775226	29,5745427	1,342743654
22	8,81	1,3863431		3,919038174	6,888609536	9,858180899	20,66582861	0,938270136
23	9,21	0,33586985		0,949466811	3,919038174	6,888609536	11,75711452	0,533796619
							Q max	**36,1547258**

T=100

P 24	148	mm
P tc	26,60458144	mm
i	22,13483877	mm/hr
CN	91,84920713	
S	22,54022058	mm
Pef	10,93845039	mm
i ef	9,100719599	mm/hr
Interpolación	0,400644157	hr

				P1	P2	P3	Total	Q (m3/s)
Ti	t	q(t)		3,646150129	3,646150129	3,646150129		
0	0,00	0		0			0	0
1	0,40	14,03053373		51,15743237	0		51,15743237	2,322650205
2	0,80	31,65710116		115,4265435	51,15743237	0	166,5839758	7,56324717
3	1,20	63,31420232		230,8530869	115,4265435	51,15743237	397,4370627	18,0444411
4	1,60	88,21556199		321,6471827	230,8530869	115,4265435	667,9268131	30,32521918
5	2,00	103,7556653		378,3087325	321,6471827	230,8530869	930,8090021	42,26059869
6	2,40	89,7251316		327,1513001	378,3087325	321,6471827	1027,107215	46,63273103
7	2,80	71,80389664		261,807787	327,1513001	378,3087325	967,2678195	43,91590225
8	3,21	54,70773077		199,4725996	261,807787	327,1513001	788,4316866	35,79638253
9	3,61	41,10151829		149,8623062	199,4725996	261,807787	611,1426927	27,74710604
10	4,01	32,68319805		119,1678468	149,8623062	199,4725996	468,5027525	21,27096619
11	4,41	24,26487781		88,47338734	119,1678468	149,8623062	357,5035403	16,23137895
12	4,81	17,72997351		64,64614519	88,47338734	119,1678468	272,2873793	12,36239404
13	5,21	12,46852336		45,46210805	64,64614519	88,47338734	198,5816406	9,016005433
14	5,61	9,790129104		35,69628049	45,46210805	64,64614519	145,8045337	6,619818753
15	6,01	8,739655854		31,86609732	35,69628049	45,46210805	113,0244859	5,131538724
16	6,41	7,689182603		28,03591414	31,86609732	35,69628049	95,59829195	4,340354511
17	6,81	6,638709353		24,20573096	28,03591414	31,86609732	84,10774241	3,818660478
18	7,21	5,588236102		20,37554778	24,20573096	28,03591414	72,61719288	3,296966445
19	7,61	4,537762852		16,54536461	20,37554778	24,20573096	61,12664335	2,775272411
20	8,01	3,487289601		12,71518143	16,54536461	20,37554778	49,63609382	2,253578378
21	8,41	2,436816351		8,884998251	12,71518143	16,54536461	38,14554429	1,731884345
22	8,81	1,3863431		5,054815074	8,884998251	12,71518143	26,65499475	1,210190312
23	9,21	0,33586985		1,224631896	5,054815074	8,884998251	15,16444522	0,688496278
							Q max	**46,632731**

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC	V-K MOD	RAC MOD	HUS	HEC-HMS	PROM	MAX
37	LA PALMA HACIENDA EL MOLLAR	2	1,58	1,37	2,32	2,41	3,30	2,20	3,30
		5	3,95	4,74	7,24	9,27	11,50	7,34	11,50
		10	6,58	9,15	13,25	16,04	19,30	12,87	19,30
		20	10,60	15,81	21,93	23,99	28,30	20,13	28,30
		25	11,98	18,17	25,06	25,21	29,60	22,00	29,60
		50	17,19	29,51	38,97	36,15	41,80	32,72	41,80
		100	24,17	44,73	57,17	46,63	53,40	45,22	57,17

Nota: se adopta el promedio de los caudales máximos

Este embalse es Categoría B (altura muro= 15,3 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 500 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 500 años)= 115 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse La Palma El Mollar no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
La Palma	15,23	11,34

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse La Palma El Mollar.

TALUDES EMBALSE LA PALMA EL MOLLAR

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
La Palma	Dx	19,24	Dx	19,24
	Dy	10,67	Dy	10,67

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
La Palma	1,76	1,65	1,56	1,16	1,08

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
La Palma	1,65	1,08

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse La Palma El Mollar no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse La Palma El Mollar, se tiene lo siguiente:

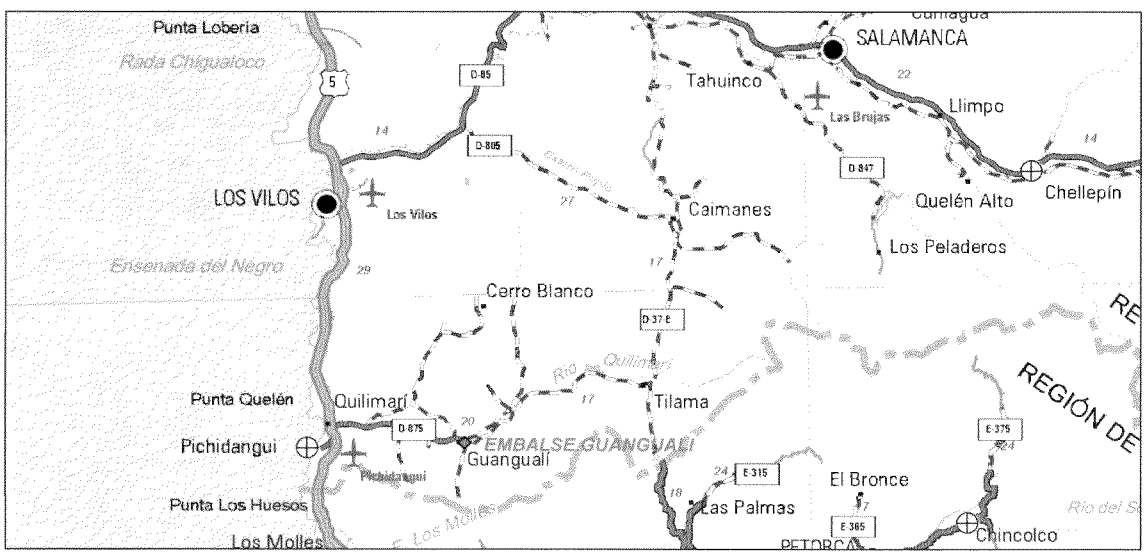
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
15,3	500	115,00	10	0,95	0,6	1,0	0,9	0,6	0,4	0,4	0,50	18,1%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 18,1 %

5.3.38 Embalse Guangualí

Ubicado en la comuna de Los Vilos, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.442.562 E: 276.791 Datum: WGS 84
Altitud: 102 m.s.n.m



Acceso: Sector Guangualí, Cuarto callejón desde plaza hacia el oriente, dirigirse hasta el final del callejón.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE BOCATOMA GUANGUALÍ	
GUANGUALÍ	
CUENCA	
RIO CHOAPA	
SUB - CUENCA	
RÍO QUILIMARÍ	
FUENTE	
CANAL COMUNITARIO GUANGUALI	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
CANAL COMUNIDAD GUANGUALÍ	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.442.562
	E	276.791

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	LOS VILOS

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	102

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (M3)	1.500,00
ALTURA DEL MURO (m)	9,80
ANCHO CORONAMIENTO (m)	4,20
LARGO CORONAMIENTO (m)	102,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	35	1,43	1
	EXTERNO	33	1,54	1

AÑO CONSTRUCCION	1998

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD	X	5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	50 L/S
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA: 25 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	0,01

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

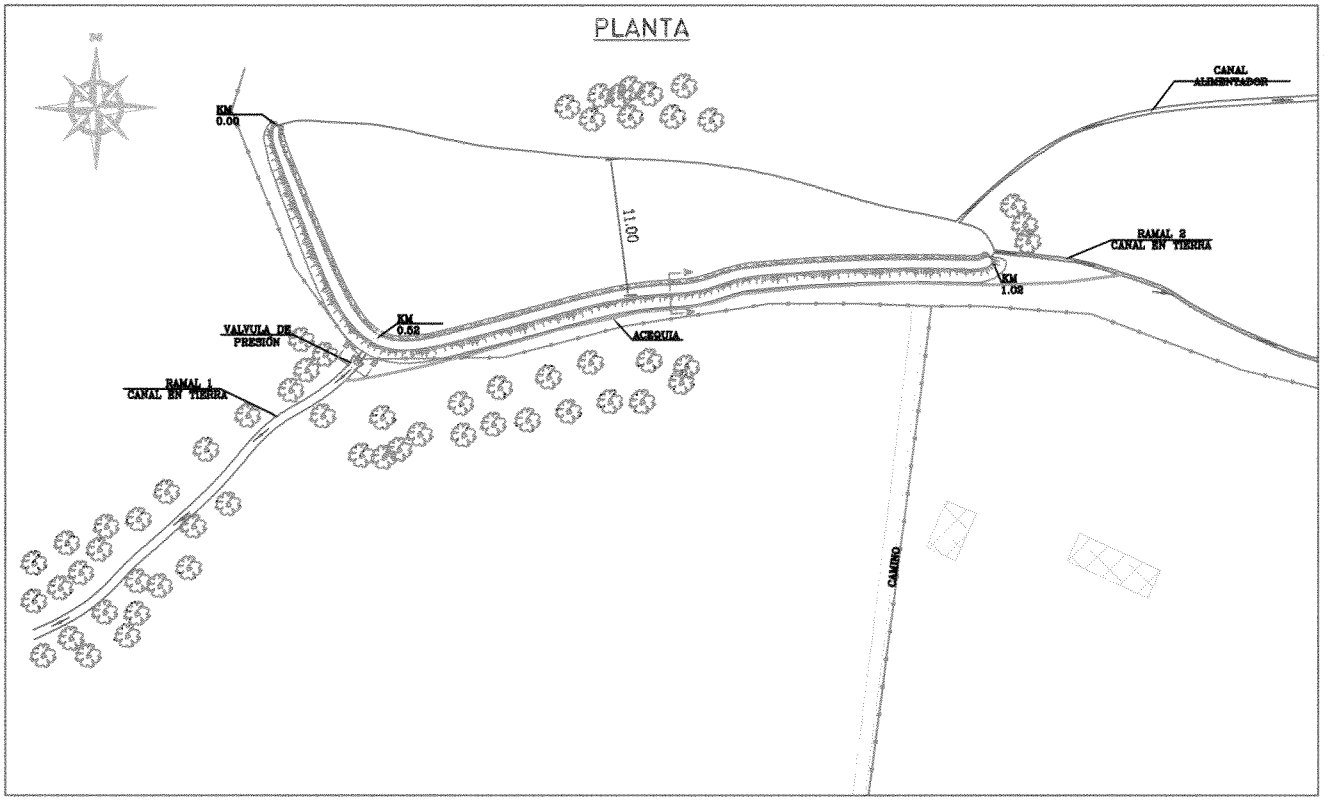
ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: EMBALSE TIENE MURO DE HORMIGON DE 80 M Y SECTOR REVESTIDO EN TIERRA DE 20 M. AL MOMENTO DE LA VISITA SECTOR DE TIERRA SE ENCONTRABA TOTALMENTE SATURADO, EL EMBALSE LLENO CON ALTA PROBABILIDAD DE FALLA. ZONA AFECTADA DIRECTAMENTE CASA DE UNA FAMILIA DE ESCASOS RECURSOS.

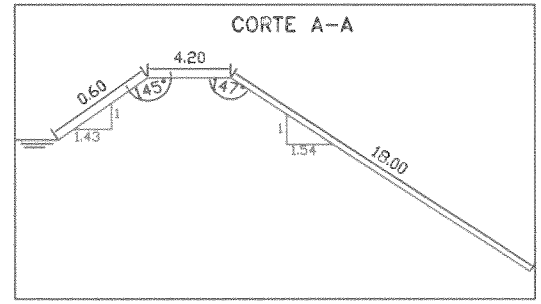
ESTADO GENERAL: MAL ESTADO, NO SE HACE MANTENCIÓN. MEDIDA URGENTE REVESTIR CON MEMBRANA PLASTICA.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: SECTOR GUANGUALI, CUARTO CALLEJÓN DESDE PLAZA HACIA EL ORIENTE, DIRIGIRSE HASTA EL FINAL DEL CALLEJÓN.

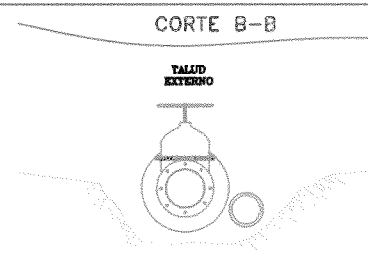
PLANTA



CORTE A-A



CORTE B-B



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE GUANGUALI

COMUNA DE LOS VILOS

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

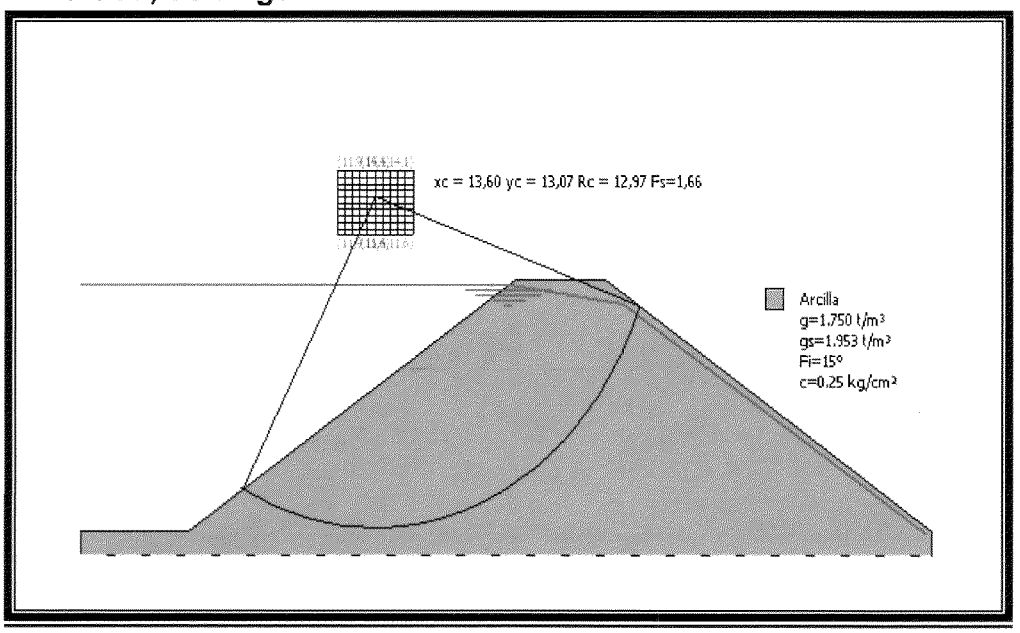
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

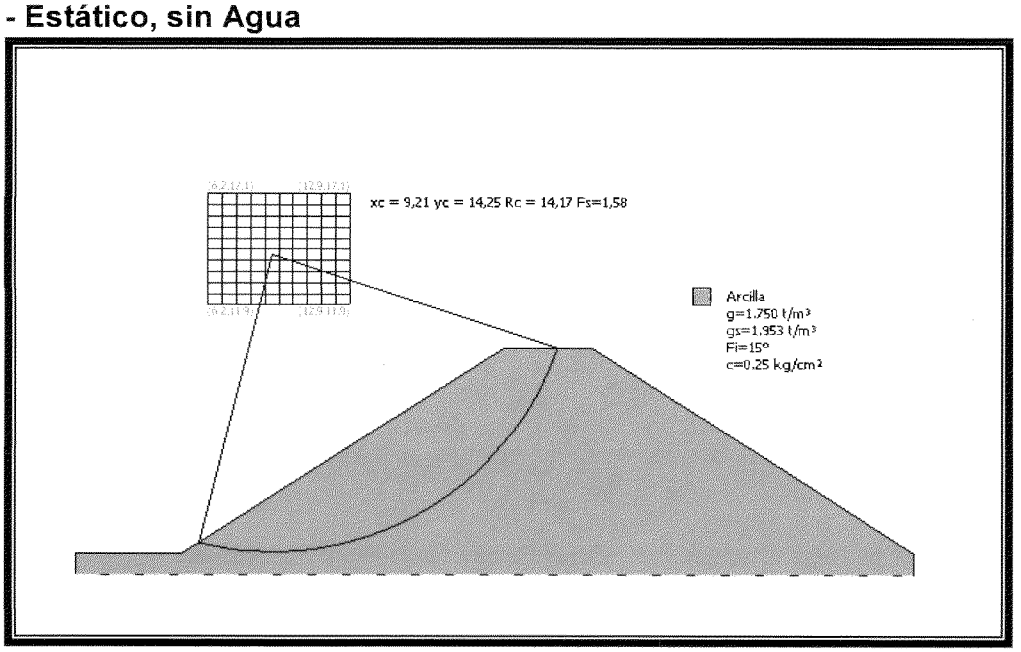
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

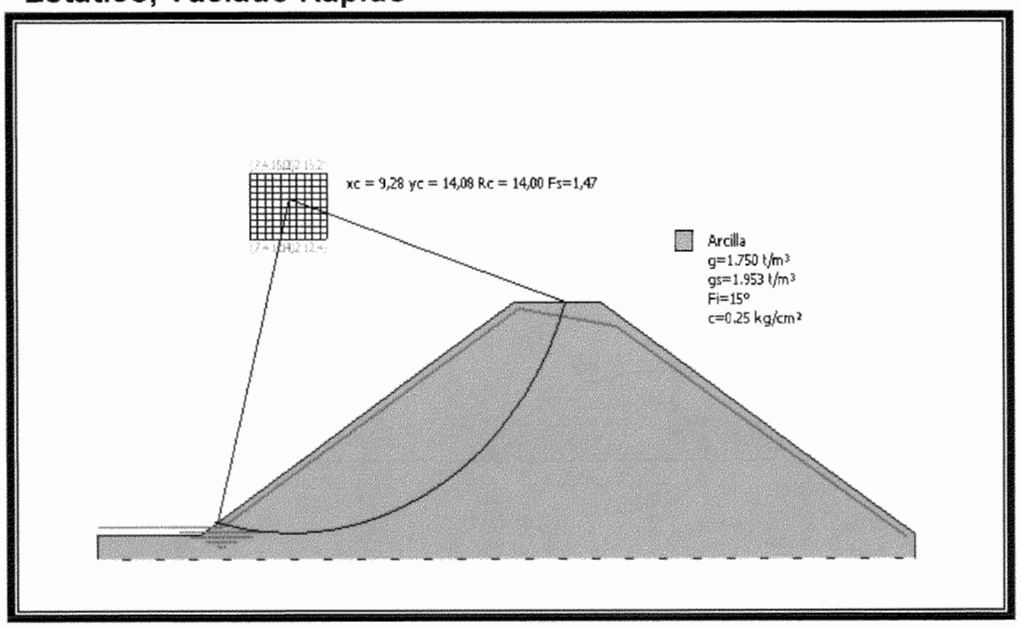
- Estático, con Agua



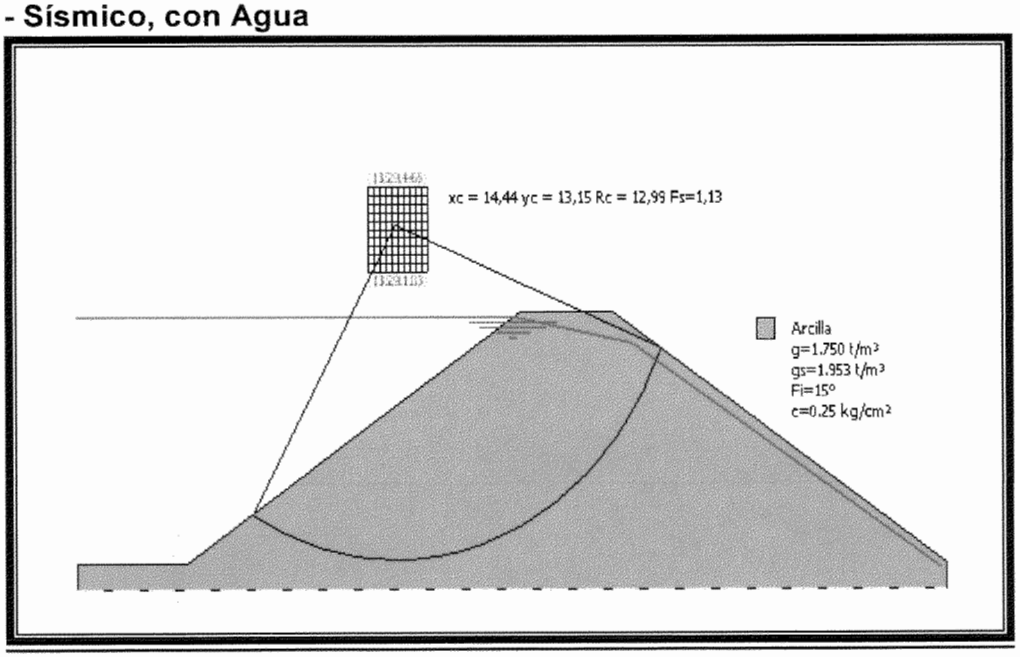
- Estático, sin Agua



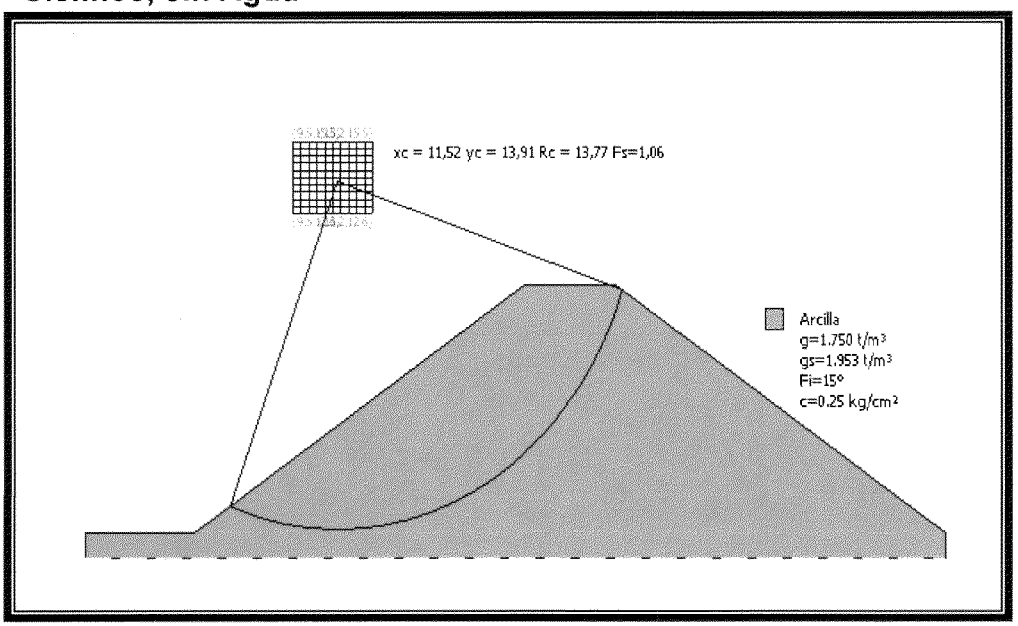
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

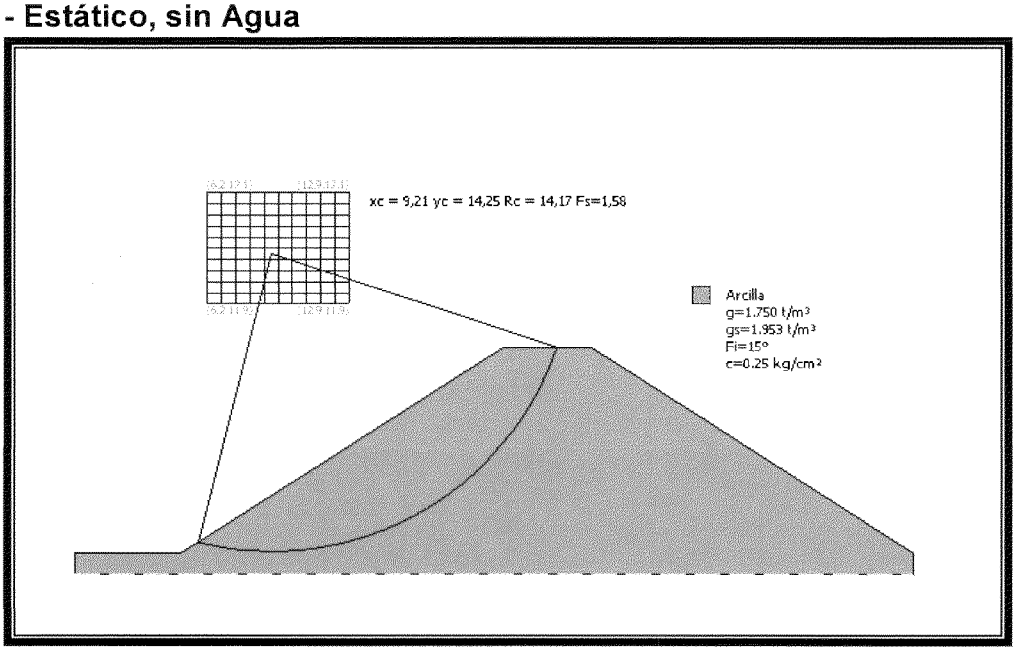


- Sísmico, sin Agua

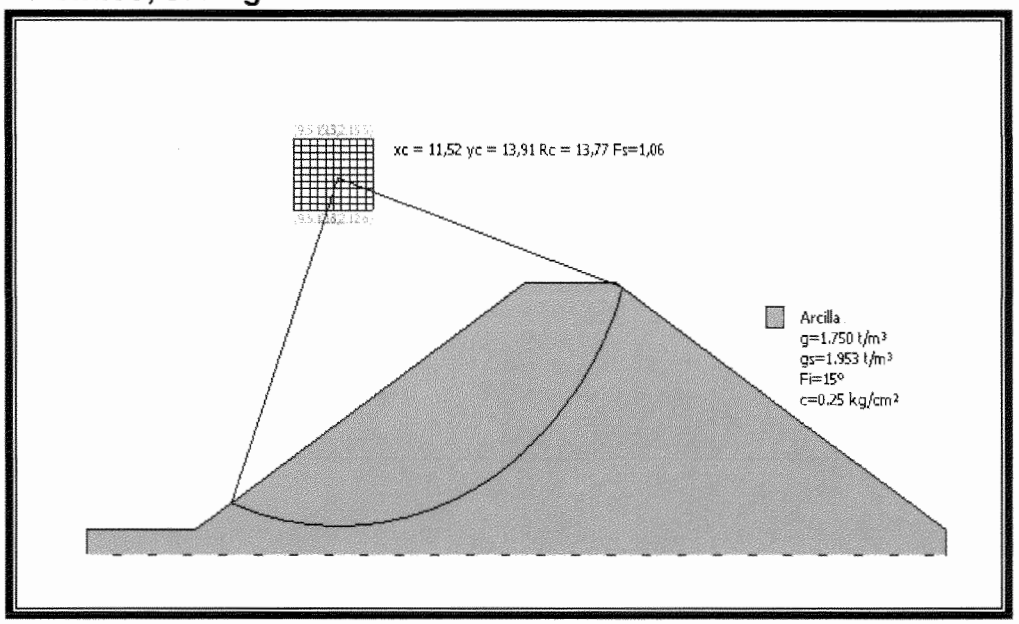


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

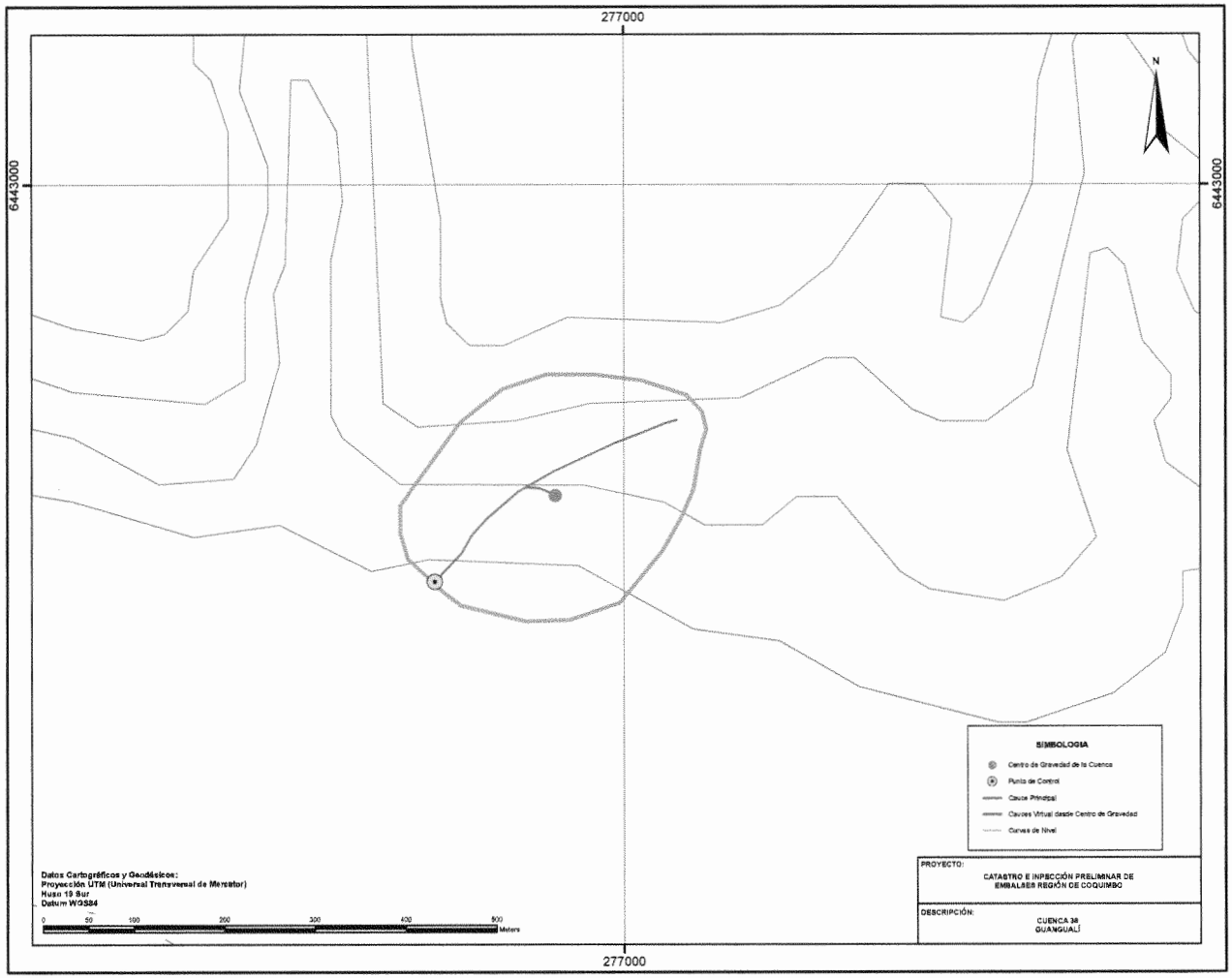


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 38.- GUANGUALI

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
38	GUANGUALI	276.791	6.442.562	84 H19S	68.747	276.924	6.442.657	0,201251	50	329	180

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
38	GUANGUALI	Kp	2	0,07	91	0,03	0,24	0,48	0,13	1,59	0,01	0,02	0,01
		Kp	5	0,07	91	0,03	0,60	0,78	0,50	1,59	0,03	0,04	0,02
		Kp	10	0,07	91	0,03	1,00	1,00	1,00	1,59	0,05	0,05	0,05
		Kp	20	0,07	91	0,03	1,61	1,77	1,49	1,59	0,08	0,08	0,07
		Kp	25	0,07	91	0,03	1,82	1,96	1,67	1,59	0,09	0,09	0,08
		Kp	50	0,07	91	0,03	2,61	3,03	2,33	1,59	0,12	0,15	0,11
		Kp	100	0,07	91	0,03	3,67	4,47	2,81	1,59	0,18	0,21	0,13

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
38	GUANGUALI	IV.7	IV Choapa	2	0,07	91	0,530	48	0,200	0,330	0,066	0,00
		IV.7	IV Choapa	5	0,07	91	0,803	73	0,200	0,680	0,136	0,02
		IV.7	IV Choapa	10	0,07	91	1,000	91	0,200	1,000	0,200	0,03
		IV.7	IV Choapa	20	0,07	91	1,199	109	0,200	1,380	0,276	0,05
		IV.7	IV Choapa	25	0,07	91	1,228	112	0,200	1,540	0,308	0,06
		IV.7	IV Choapa	50	0,07	91	1,470	134	0,200	2,000	0,400	0,10
		IV.7	IV Choapa	100	0,07	91	1,685	154	0,200	2,560	0,512	0,15

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
38	GUANGUALI	IV.7	IV Choapa	2	0,07	91	0,530	48	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	16,66	0,01
		IV.7	IV Choapa	5	0,07	91	0,803	73	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	25,24	0,03
		IV.7	IV Choapa	10	0,07	91	1,000	91	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	31,43	0,05
		IV.7	IV Choapa	20	0,07	91	1,199	109	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	37,69	0,08
		IV.7	IV Choapa	25	0,07	91	1,228	112	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	38,59	0,09
		IV.7	IV Choapa	50	0,07	91	1,470	134	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	46,21	0,14
		IV.7	IV Choapa	100	0,07	91	1,685	154	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	52,96	0,21

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
38	GUANGUALI	2	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
		5	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03
		10	0,05	0,03	0,05	0,04	0,05
		20	0,08	0,05	0,08	0,07	0,08
		25	0,09	0,06	0,09	0,08	0,09
		50	0,12	0,10	0,14	0,12	0,14
		100	0,18	0,15	0,21	0,18	0,21

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 9,8 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 0,49 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Guangualí existe riesgo de filtración, debido a que $L' < C' * h$, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Guangualí	12,47	15,60

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Guangualí.

TALUDES EMBALSE LA PALMA EL MOLLAR

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Guangualí	Dx	15,10	Dx	15,10
	Dy	9,80	Dy	9,80

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Guangualí	1,66	1,58	1,47	1,13	1,06

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Guangualí	1,58	1,06

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Guangualí no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Guangualí, se tiene lo siguiente:

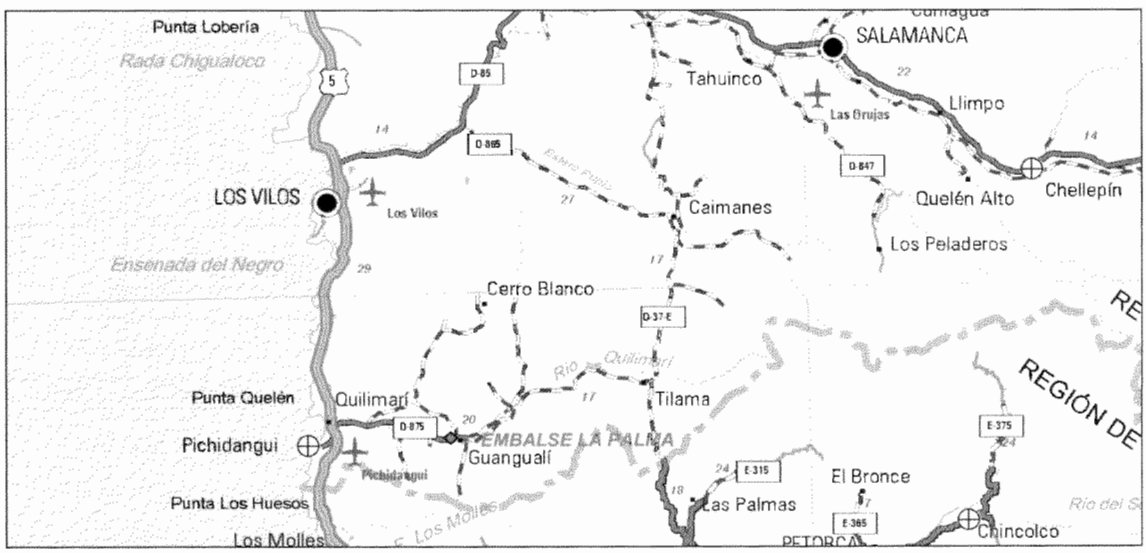
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
9,8	250	0,49	0,01	0,95	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,6	0,80	46,2%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 46,2 %

5.3.39 Embalse La Palma Ajial

Ubicado en la comuna de Los Vilos, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.443.845 E: 271.359 Datum: WGS 84
Altitud: 34 m.s.n.m



Acceso: A 5 km al oriente de Quilimarí tomar desvío hacia la cuenca del río. Seguir por camino paralelo al cauce 1,3 km hacia el oriente.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nº EXPEDIENTE

EMBALSE LA PALMA - AJIAL
AGRICOLA ARANCIBIA

Nº REGISTRO

CUENCA
RIO CHOAPA

SUB - CUENCA
RIO QUILIMARÍ

CODIGO

FUENTE
POZO

FECHA INFORMACION	
	Sep-08
DIA	MES AÑO

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
AGRICOLA ARANCIBIA LTDA.

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	CHOAPA
COMUNA:	LOS VILOS

COORDENADAS UTM	N °	6.443.845
	E	271.359

DATUM	w	G	S	8	4

ALTITUD m.s.n.m.	34

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (M3)		2.000,00
ALTURA DEL MURO (m)		3,90
ANCHO CORONAMIENTO (m)		2,60
LARGO CORONAMIENTO (m)		49,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	37	1,33	1
	EXTERNO	38	1,28	1

AÑO CONSTRUCCION	2004

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2		
TUBERIA FORZADA	3		
SIFON	4		
RIEGO TECNIFICADO	5	20 L/S	

AREA REGADA

60 HA

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1
VERT. POZO O BOCINA		2
VERT. DE ALCANTARIL		3
VERT. DE SIFON		4
OTR: FRONTAL		5

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

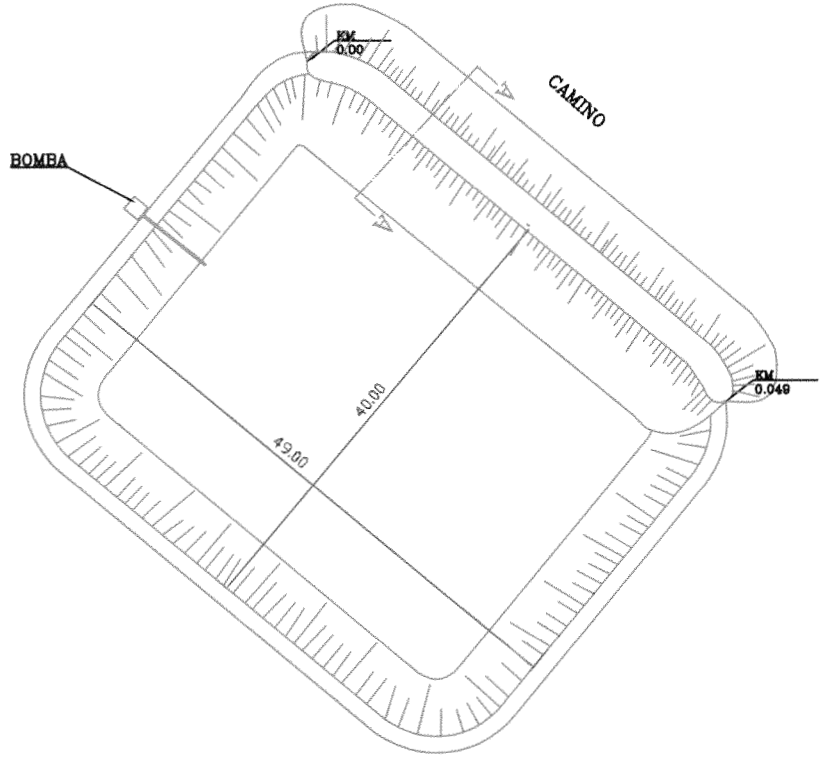
ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

OBSERVACIONES: TRANQUE POR SOBRE LA COTA DE SUELO NATURAL. MURO EN TODO SU PERÍMETRO. SE ABASTECE DE POZO CON UN CAUDAL DE 30 L/S. EMBALSE TOTALMENTE REVESTIDO CON MEMBRANA PLÁSTICA, MUROS BIEN COMPACTADOS.
EN CASO DE FALLA, AGUAS VIERTEN HACIA EL RIO. EL EMBALSE ESTÁ EN LA ZONA DE CRECIDA DEL RIO QUILIMARÍ.

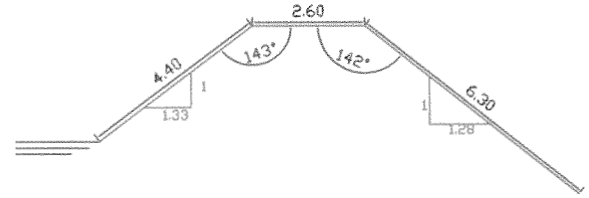
ESTADO GENERAL: BUEN ESTADO, SIN OBSERVACIONES.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: A 5 KM AL ORIENTE DE QUILIMARÍ TOMAR DESVIO HACIA LA CUENCA DEL RIO. SEGUIR POR CAMINO PARALELO AL CAUCE 1.3 KM HACIA EL ORIENTE.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LA PALMA – EL AJIAL

COMUNA DE LOS VILOS

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

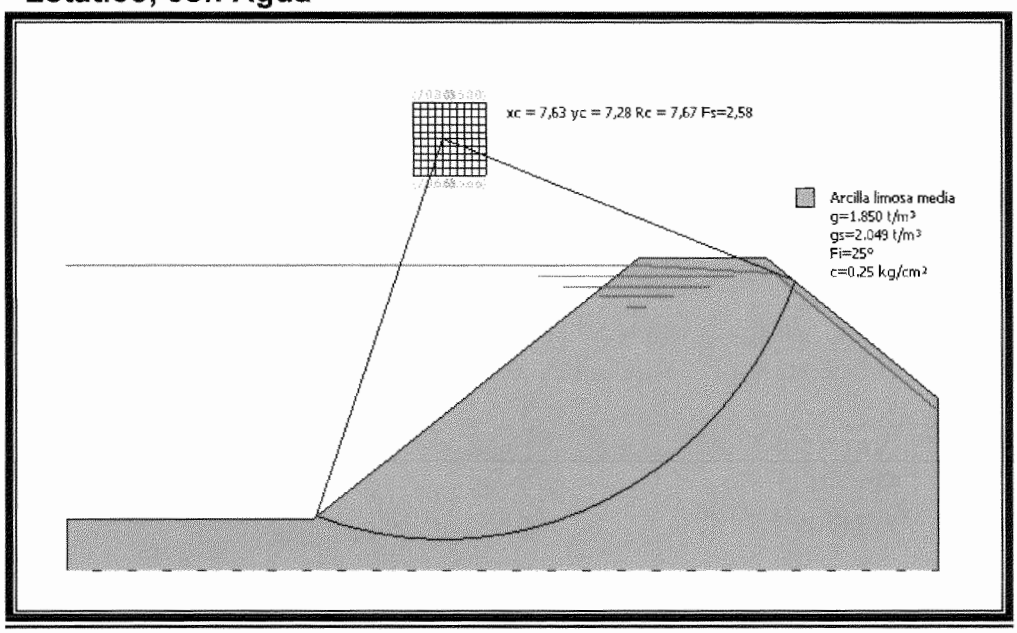
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

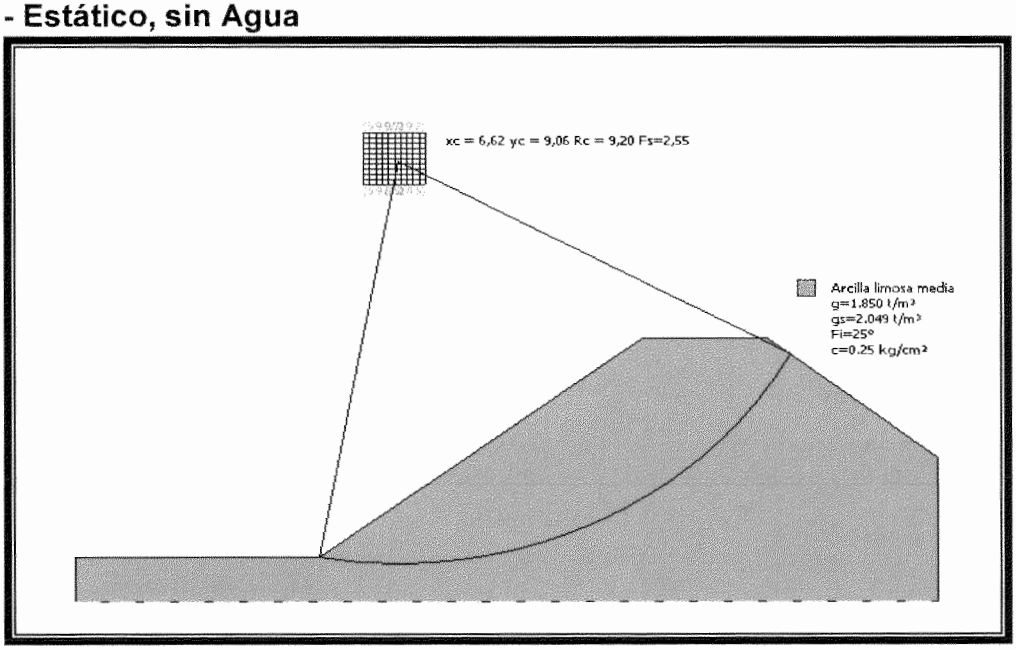
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

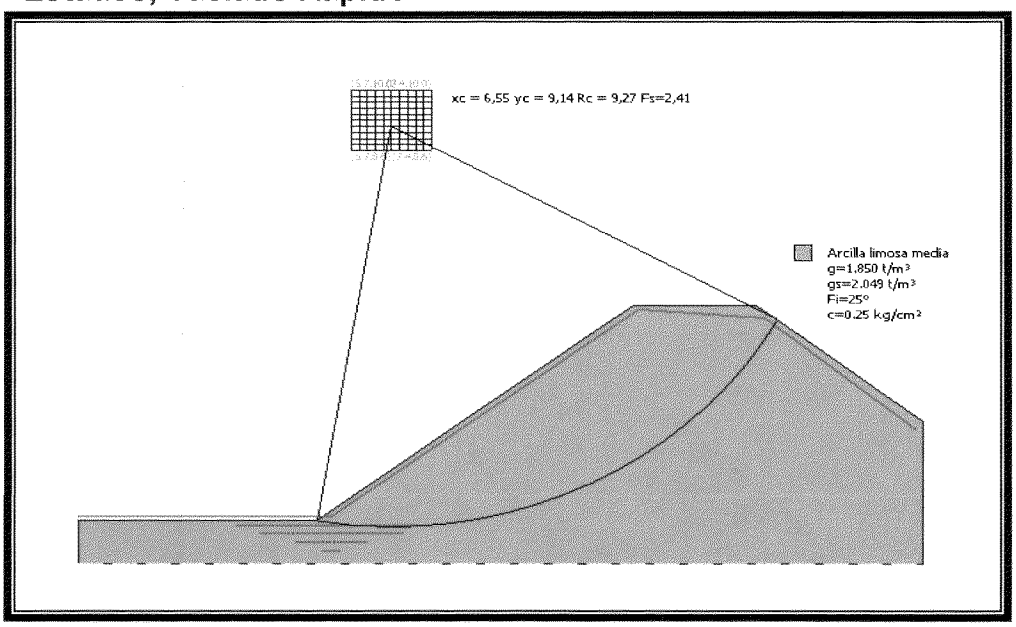
- Estático, con Agua



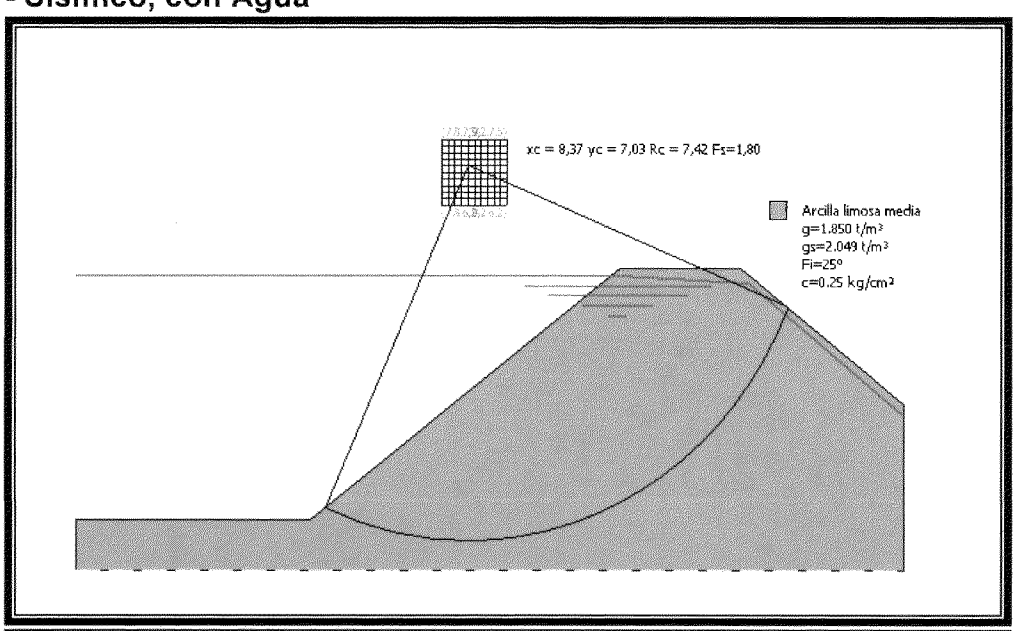
- Estático, sin Agua



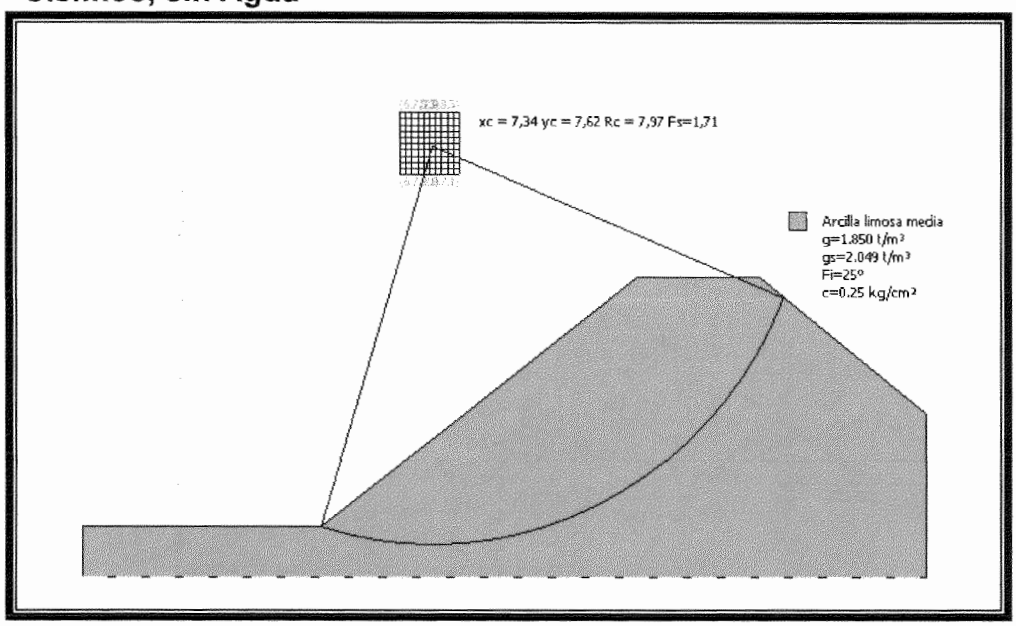
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

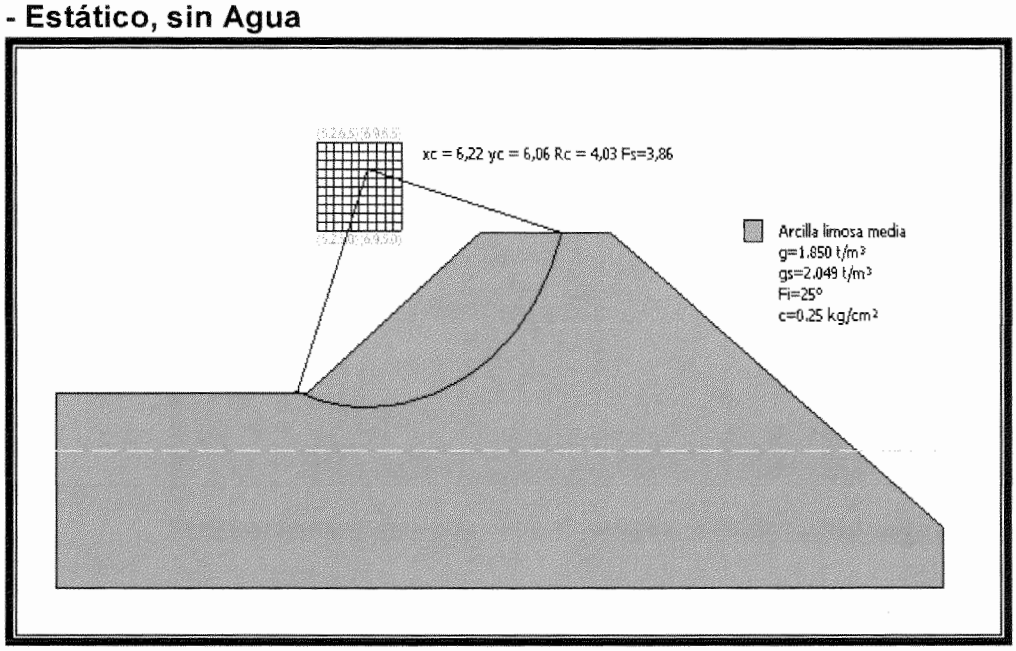


- Sísmico, sin Agua

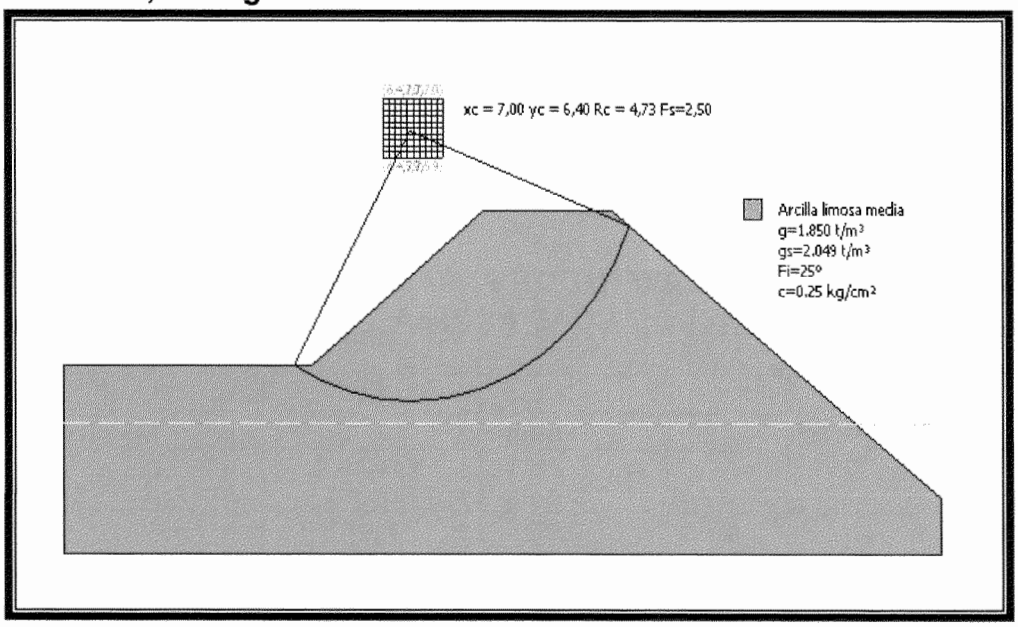


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse La Palma Ajial no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse La Palma Ajial no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
La Palma - Ajial	5,23	4,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse La Palma Ajial.

TALUDES EMBALSE LA PALMA AJIAL

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
La Palma - Ajial	Dx	6,63	Dx	3,47
	Dy	5,00	Dy	2,71

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
La Palma - Ajial	2,58	2,55	2,41	1,80	1,71

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
La Palma - Ajial	3,86	2,50

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse La Palma Ajial no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse La Palma Ajial, se tiene lo siguiente:

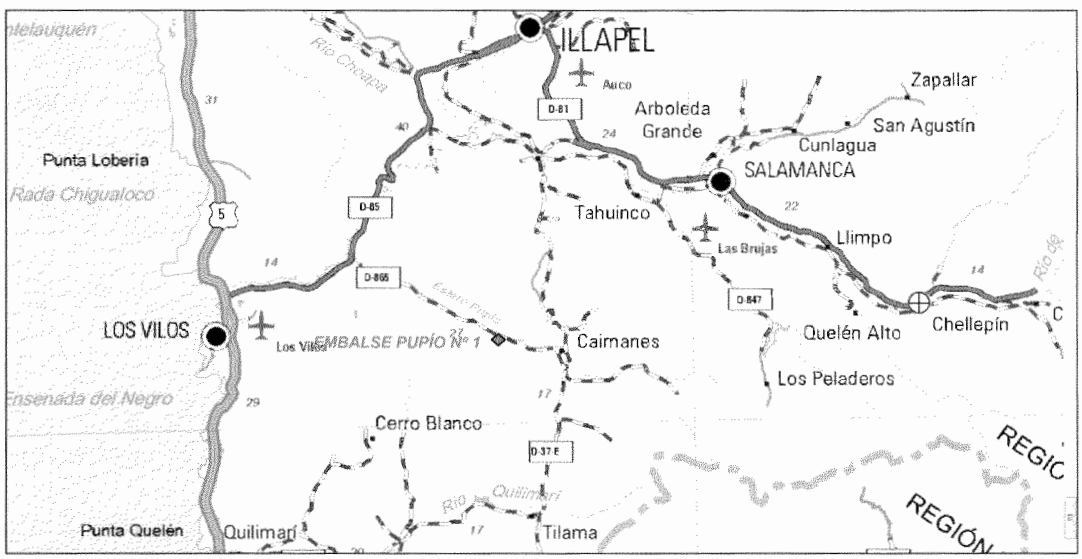
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	T	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
3,9	250	sin cuenca	SIN		0,6	1,0	0,9	0,6	0,4	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.40 Embalse Pupío 1

Ubicado en la comuna de Illapel, provincia del Choapa.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.465.828 E: 293.265 Datum: WGS 84
Altitud: 323 m.s.n.m



Acceso: Ruta de Cavilolén a Caimanes, 14 km hacia el sur oriente, en el sector donde se encuentra la escuela Pupío.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE PUPIO N° 1	Nº EXPEDIENTE
CUENCA: RÍO PUPÍO	Nº REGISTRO
SUB - CUENCA	
FUENTE: RIO PUPIO / CANAL LOS SITIOS	CODIGO
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL: FELIPE MONTALVA SANTANA	FECHA INFORMACION: Sep-08 (DIA / MES / AÑO)

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION: DE COQUIMBO	
PROVINCIA: CHOAPA	
COMUNA: LOS VILOS	

COORDENADAS UTM	N °	6.465.828
	E	293.265
DATUM	w G S 8 4	
ALTITUD m.s.n.m.		323

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,00
ALTURA DEL MURO (m)	1,60
ANCHO CORONAMIENTO (m)	0,40
LARGO CORONAMIENTO (m)	31,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	90°	0,00	1
	EXTERNO	90°	0,00	1

AÑO CONSTRUCCION	1990

TIPO DE PRESA

DE TIERRA		1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD	X	5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA

		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	50 L/S
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

AREA REGADA: 5 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

EVALUACION DE CRECIDAS

		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	NO APLICA
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	

ESTADO		
AÑO REPARACION	NO	

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

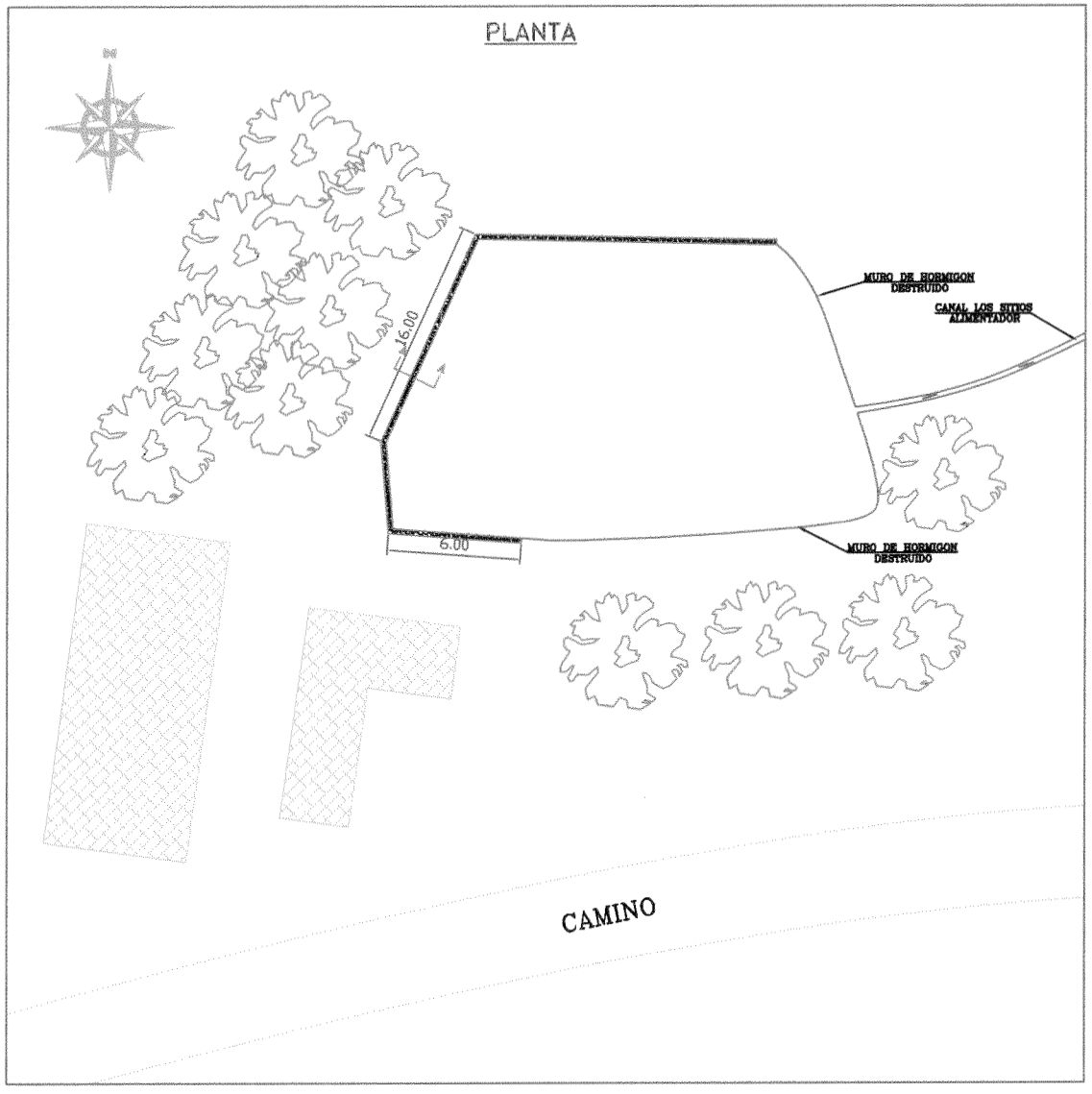
NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

OBSERVACIONES: EMBALSE ACUMULADOR, CANAL LOS SITIOS FINALIZA AQUÍ. MURO DE HORMIGON EN BUEN ESTADO.
EL EMBALSE PROPORCIONA SEGURIDAD DE RIEGO A 4 USUARIOS. RIEGA 5 Ha.
EN CASO DE FALLA AFECTA PLANTACIÓN DE NOGALES. AGUAS VIERTEN LUEGO AL RIO PUPIO.

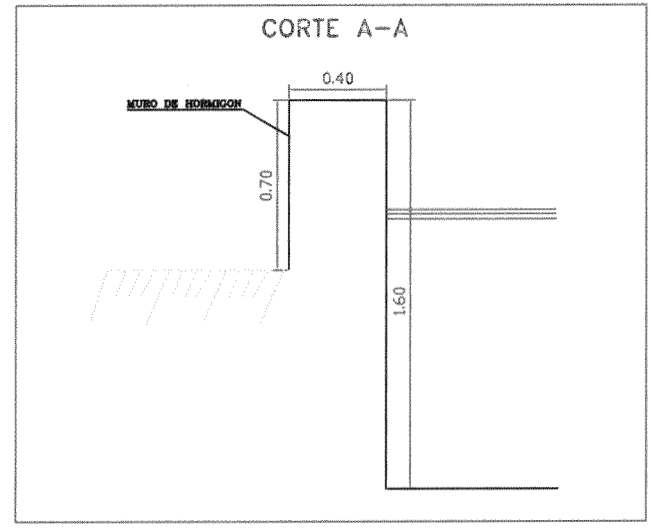
ESTADO GENERAL: BUENO

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: RUTA DE CAVILOLEN A CAIMANES, 14 KM HACIA EL SUR ORIENTE, EN EL SECTOR DONDE SE ENCUENTRA LA ESCUELA PUPIO.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE PUPIO N° 1

COMUNA DE SALAMANCA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

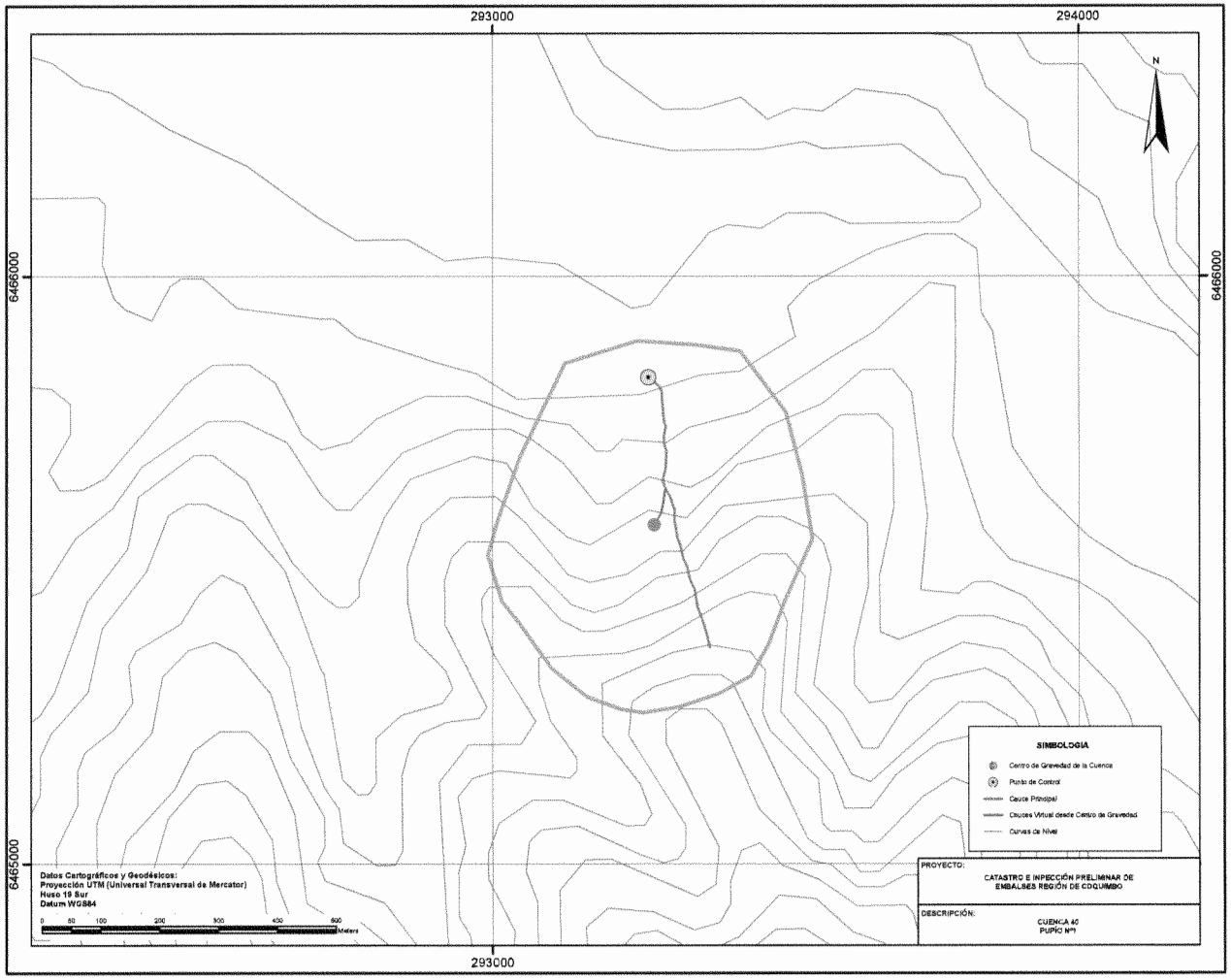
A este embalse no se le hizo análisis de estabilidad pues corresponde a un embalse regulador nocturno con muros de hormigón. Este embalse es una "piscina" de hormigón en ¾ de su muro. El ¼ restante corresponde a la zona de entrada del canal que abastece este embalse y no tiene muro, toda vez que llega al cerro. No tiene filtraciones.

- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 40.- PUPIO N° 1

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
40	PUPIO N° 1	293.265	6.465.828	84 H19S	263.866	293.275	6.465.577	0,426071	225	485	268

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
40	PUPIO N° 1	Kp	2	0,26	88	0,08	0,24	0,48	0,13	1,59	0,03	0,06	0,02
		Kp	5	0,26	88	0,08	0,60	0,78	0,50	1,59	0,07	0,09	0,06
		Kp	10	0,26	88	0,08	1,00	1,00	1,00	1,59	0,12	0,12	0,12
		Kp	20	0,26	88	0,08	1,61	1,77	1,49	1,59	0,20	0,21	0,18
		Kp	25	0,26	88	0,08	1,82	1,96	1,67	1,59	0,22	0,24	0,20
		Kp	50	0,26	88	0,08	2,61	3,03	2,33	1,59	0,32	0,37	0,28
		Kp	100	0,26	88	0,08	3,67	4,47	2,81	1,59	0,44	0,54	0,34

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
40	PUPIO N° 1	IV.7	IV Choapa	2	0,26	88	0,530	47	0,200	0,330	0,066	0,01
		IV.7	IV Choapa	5	0,26	88	0,803	71	0,200	0,680	0,136	0,05
		IV.7	IV Choapa	10	0,26	88	1,000	88	0,200	1,000	0,200	0,10
		IV.7	IV Choapa	20	0,26	88	1,199	106	0,200	1,380	0,276	0,17
		IV.7	IV Choapa	25	0,26	88	1,228	108	0,200	1,540	0,308	0,20
		IV.7	IV Choapa	50	0,26	88	1,470	129	0,200	2,000	0,400	0,32
		IV.7	IV Choapa	100	0,26	88	1,685	148	0,200	2,560	0,512	0,48

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
40	PUPIO N° 1	IV.7	IV Choapa	2	0,26	88	0,530	47	0,080	0,330	0,026	0,25	0,09	16,06	0,03
		IV.7	IV Choapa	5	0,26	88	0,803	71	0,080	0,680	0,054	0,25	0,09	24,33	0,10
		IV.7	IV Choapa	10	0,26	88	1,000	88	0,080	1,000	0,080	0,25	0,09	30,30	0,18
		IV.7	IV Choapa	20	0,26	88	1,199	106	0,080	1,380	0,110	0,25	0,09	36,33	0,29
		IV.7	IV Choapa	25	0,26	88	1,228	108	0,080	1,540	0,123	0,25	0,09	37,19	0,34
		IV.7	IV Choapa	50	0,26	88	1,470	129	0,080	2,000	0,160	0,25	0,09	44,54	0,52
		IV.7	IV Choapa	100	0,26	88	1,685	148	0,080	2,560	0,205	0,25	0,09	51,05	0,77

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
40	PUPIO N° 1	2	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03
		5	0,07	0,05	0,10	0,07	0,10
		10	0,12	0,10	0,18	0,13	0,18
		20	0,20	0,17	0,29	0,22	0,29
		25	0,22	0,20	0,34	0,25	0,34
		50	0,32	0,32	0,52	0,39	0,52
		100	0,44	0,48	0,77	0,56	0,77

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 1,6 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 1,98 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con lo señalado precedentemente, a este embalse no se le hizo análisis de filtraciones.

- **Estabilidad de Taludes**

De acuerdo con lo señalado precedentemente, a este embalse no se le hizo análisis de estabilidad.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

R= P x V x E

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

➢ **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

A este embalse no se le hizo ningún análisis de estabilidad.

➢ **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Pupío Nº 1, se tiene lo siguiente:

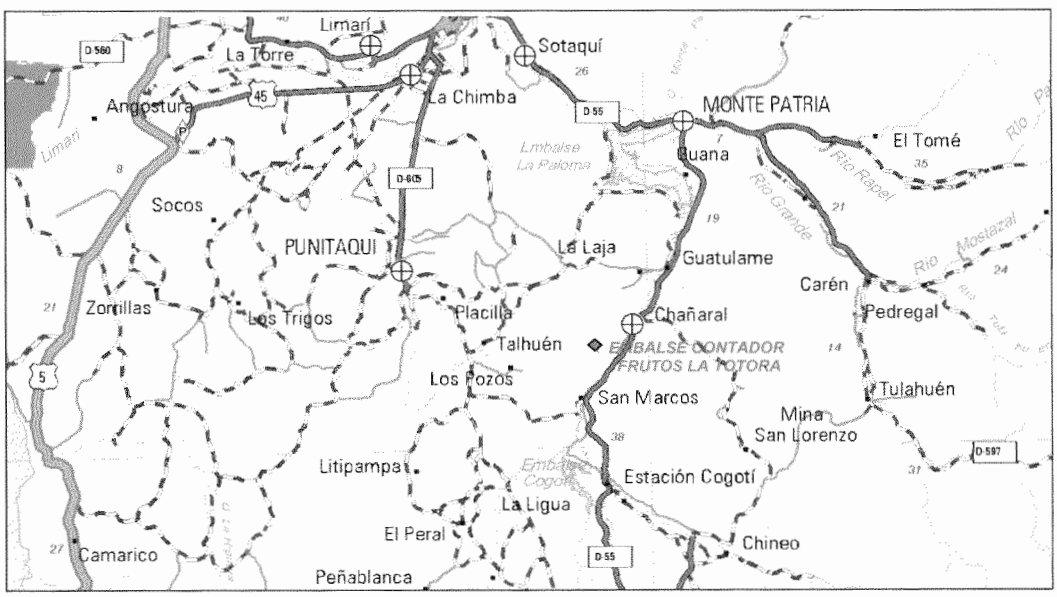
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
1,6	250	1,98	SIN	0,95	1,0	0,8	0,7	0,8	0,2	0,2	0,05	0,9%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0,9 %

5.3.41 Embalse Las Totoras

Ubicado en la comuna de Monte Patria, provincia de Limari.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.578.399 E: 303.678 Datum: WGS 84
Altitud: 670 m.s.n.m



Acceso: Ruta de Combarbalá a Monte Patria, antes del embalse La Paloma, al pasar San Marcos hacia el poniente se señaliza "Las Totoras". Se sube el cerro hasta garita de control del predio.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE LAS TOTORAS - CONTADOR FRUTOS	Nº EXPEDIENTE
FUNDO LAS TOTORAS	
CUENCA	Nº REGISTRO
RIO LIMARÍ	
SUB - CUENCA	
RÍO HUATULAME - CHAÑARAL ALTO	CODIGO
FUENTE	
FUNDO LAS TOTORAS	FECHA INFORMACION: Sep-08 (DIA / MES / AÑO)
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO	
PROVINCIA:	LIMARÍ	
COMUNA:	MONTEPATRIA	

COORDENADAS UTM	N °	6.578.399
	E	303.678
DATUM	WGS 84	
ALTITUD m.s.n.m.		

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		1,00
ALTURA DEL MURO (m)		19,70
ANCHO CORONAMIENTO (m)		8,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		270,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	32	1,60	1
	EXTERNO	28	1,88	1

AÑO CONSTRUCCION	1995

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	200 L/S
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

AREA REGADA: 60 Ha

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: LATERAL	5	5,0

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

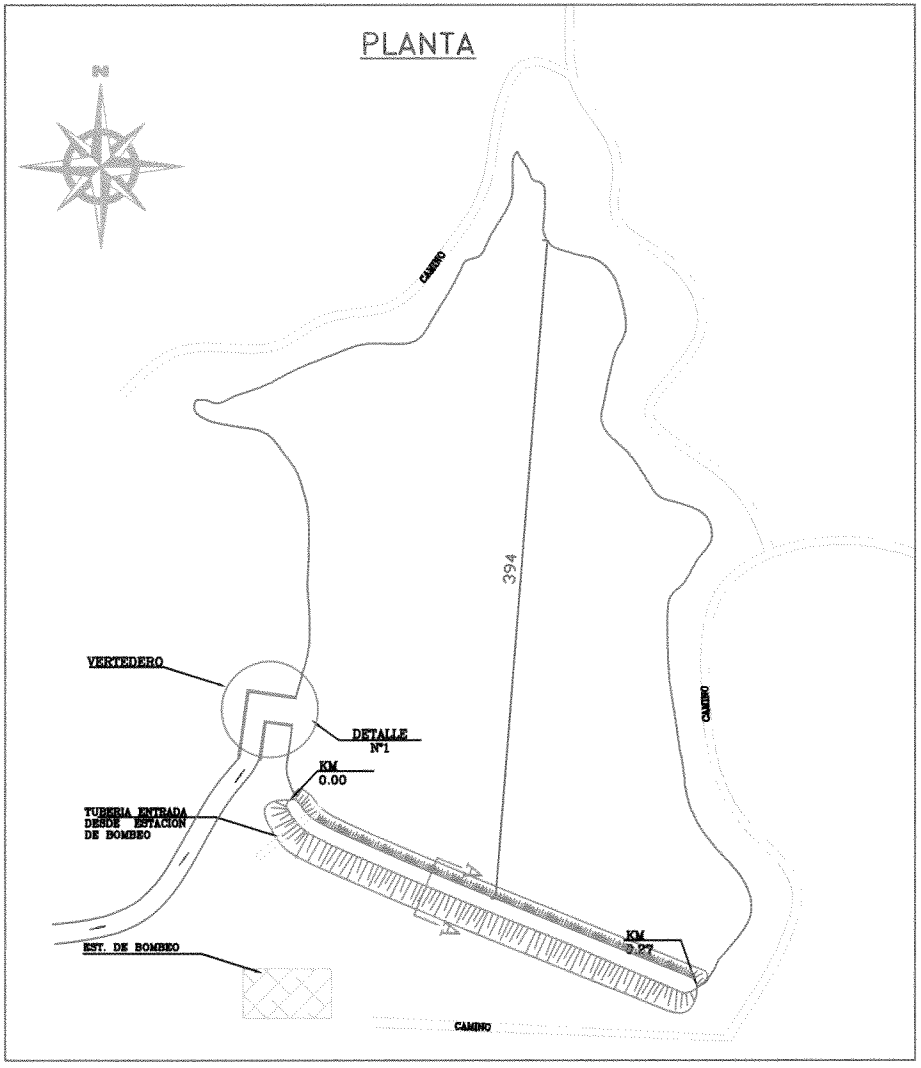
ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: ABASTECIMIENTO POR BOMBEO DESDE RIO HUATULAME. NUCLEO REVESTIDO CON MEMBRANA PLASTICA. FILTRA 36 L/S LOS QUE SON RECUPERADOS POR UN SISTEMA DE TRES PISCINAS EN SERIE Y REBOMBEADOS HACIA EL EMBALSE. AL MOMENTO DE LA VISITA SE ENCUENTRA CON CAPACIDAD AL 60%, PROFUNDIDAD EN EL CENTRO DEL EMBALSE DE 17 M.

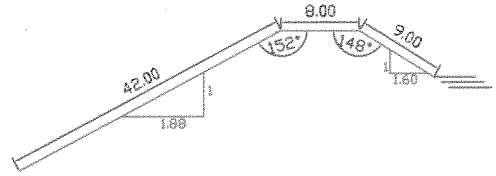
ESTADO GENERAL: BUENO. CON VIGILANCIA PERMANENTE DE ENCARGADOS DE RIEGO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: RUTA DE COMBARBALÁ A MONTE PATRIA, ANTES DEL EMBALSE LA PALOMA, AL PASAR SAN MARCOS HACIA EL PONIENTE SE SEÑALIZA "LAS TOTORAS". SE SUBE EL CERRO HASTA GARITA DE CONTROL DEL PREDIO.

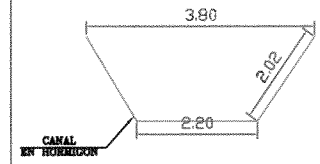
PLANTA



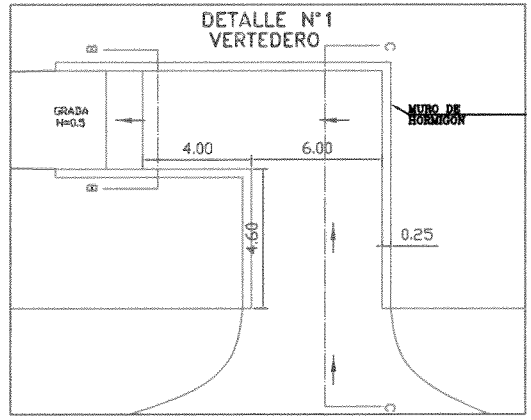
CORTE A-A



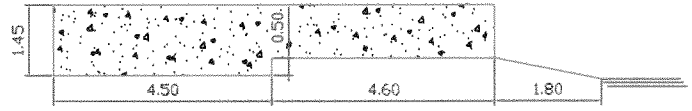
CORTE B-B



DETALLE N°1
VERTEDERO



CORTE C-C



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LAS TOTORAS – CONTADOR FRUTOS

COMUNA DE MONTE PATRIA

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

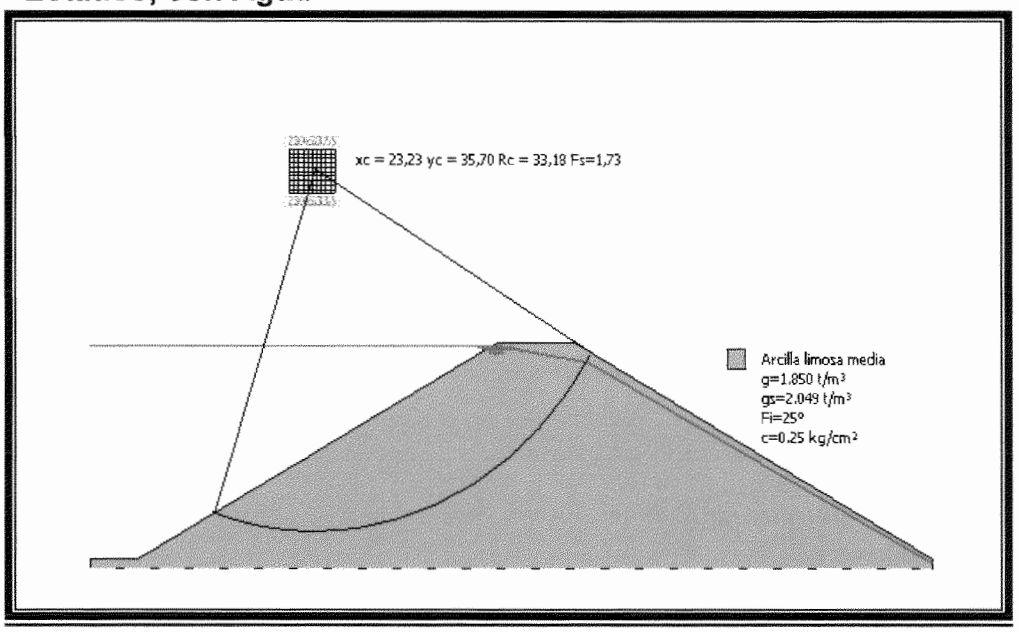
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

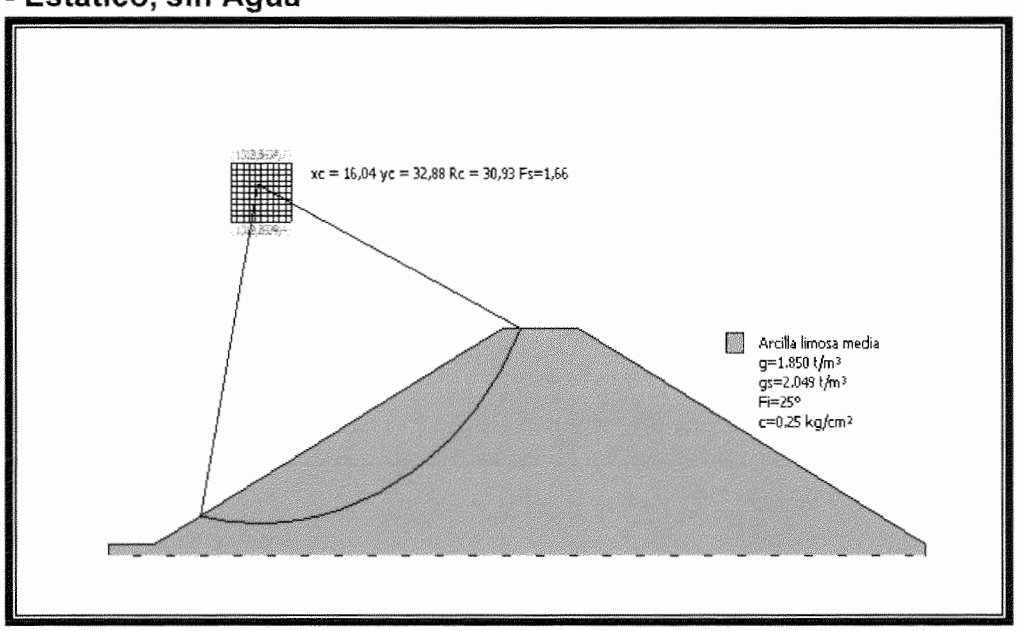
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

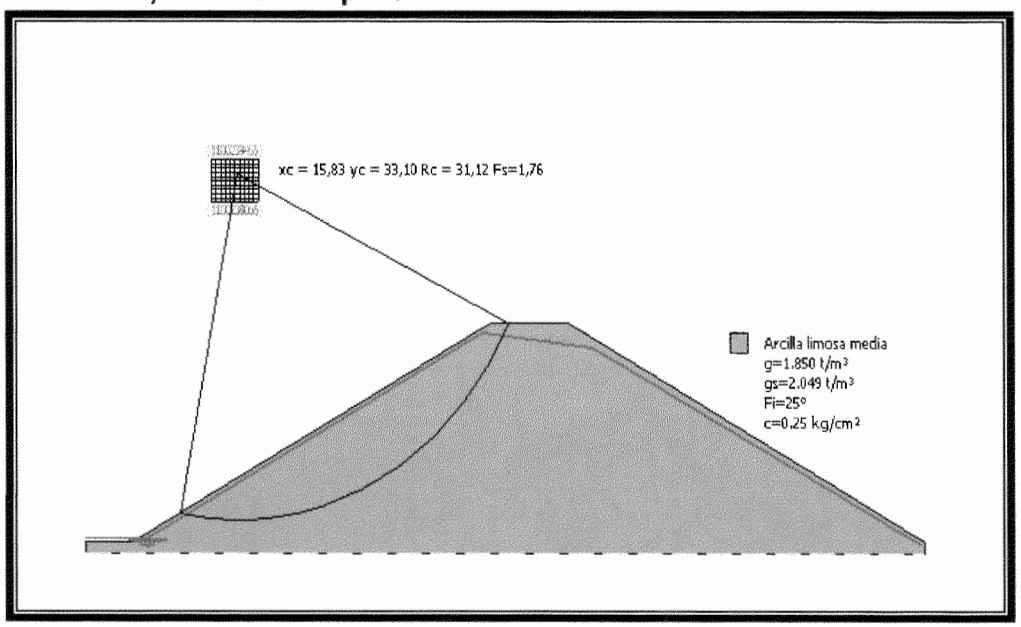
- Estático, con Agua



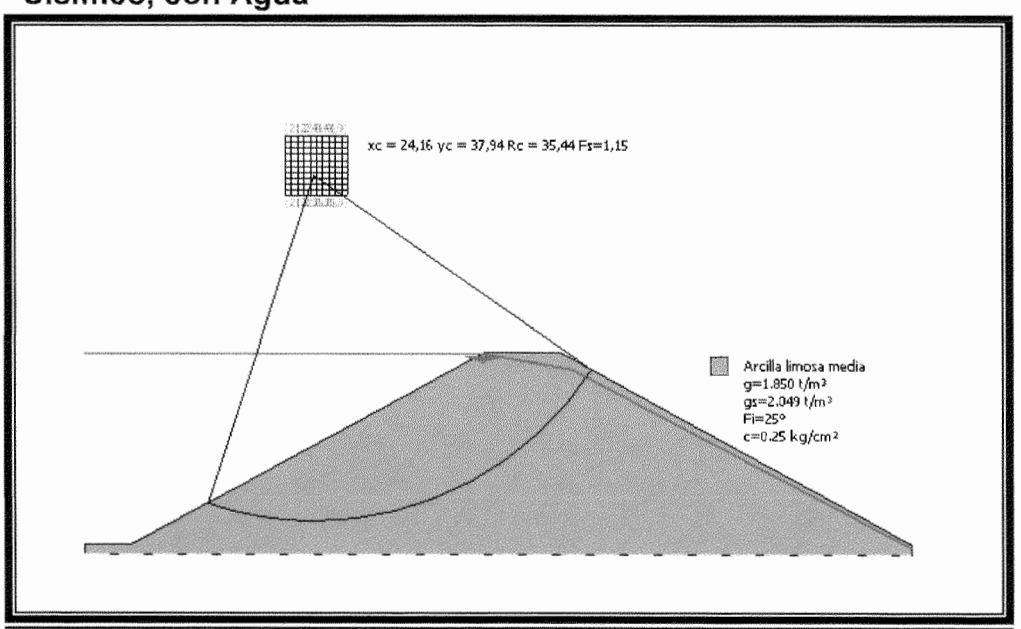
- Estático, sin Agua



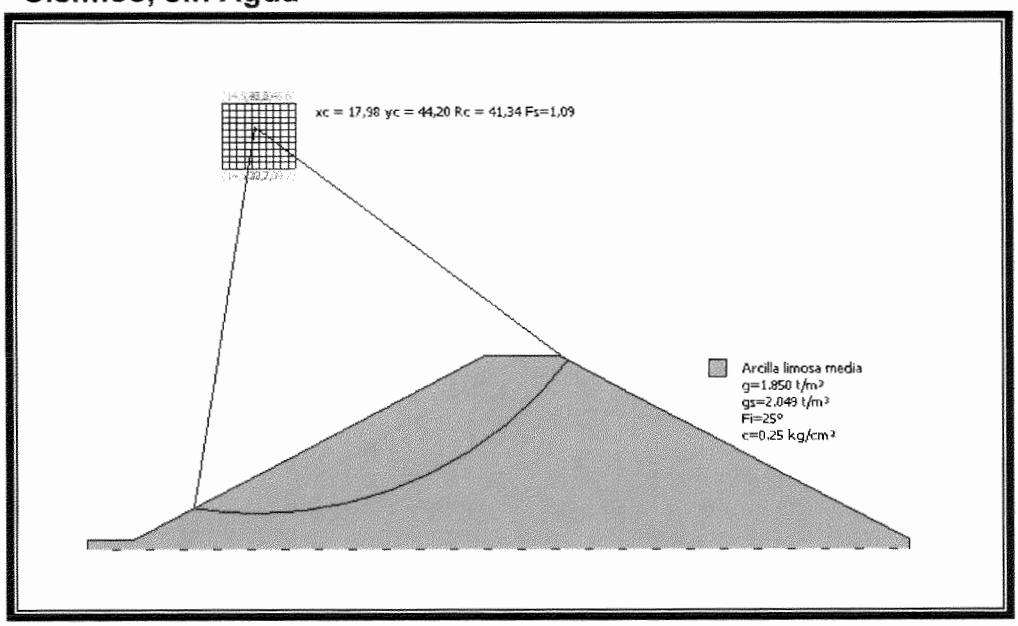
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

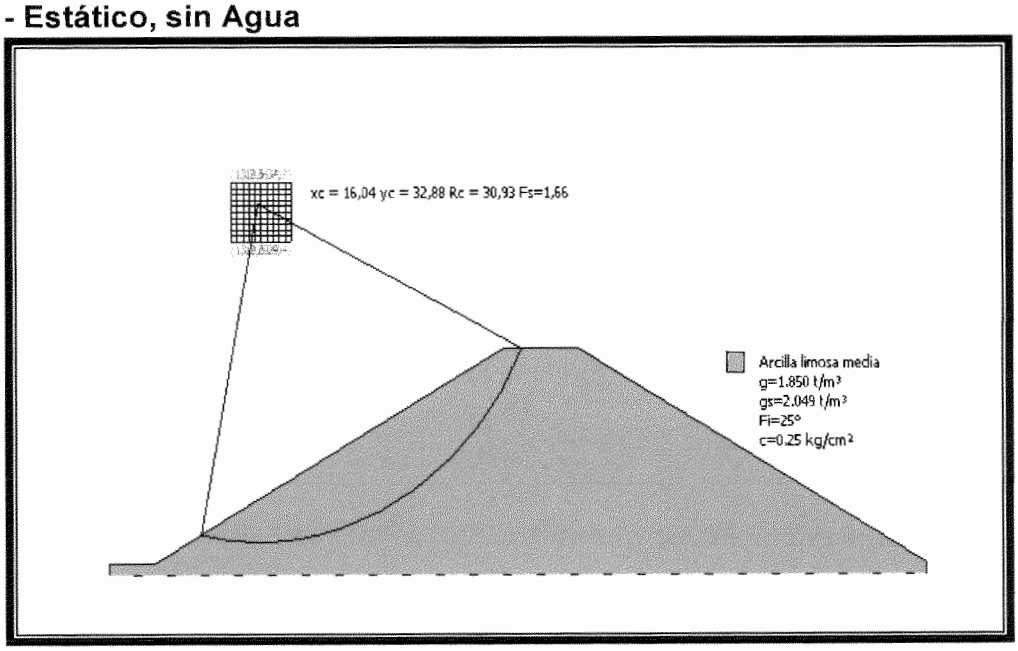


- Sísmico, sin Agua

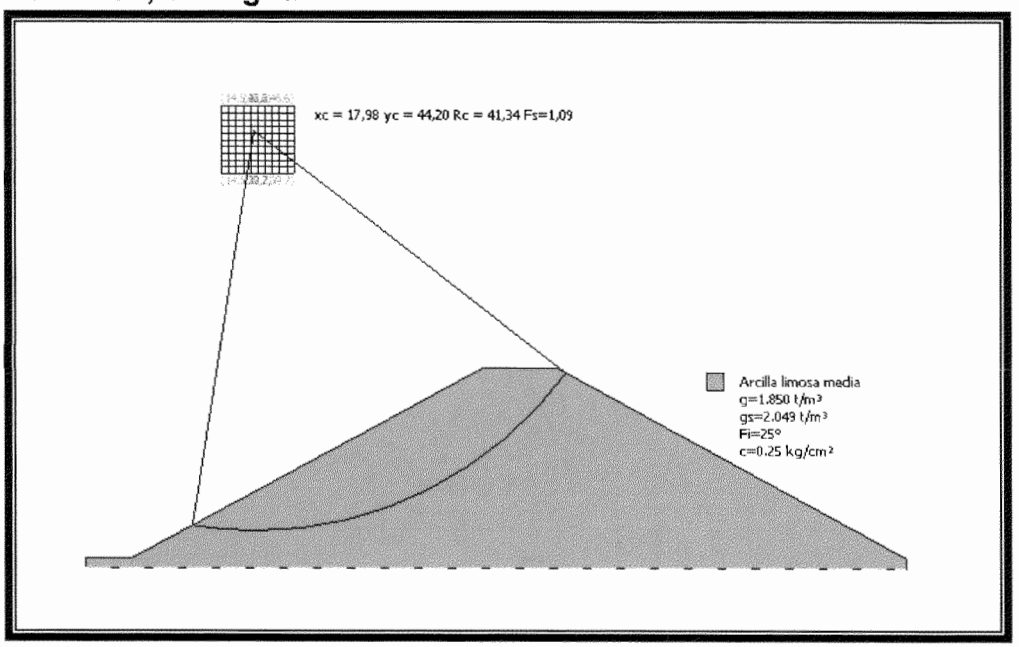


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

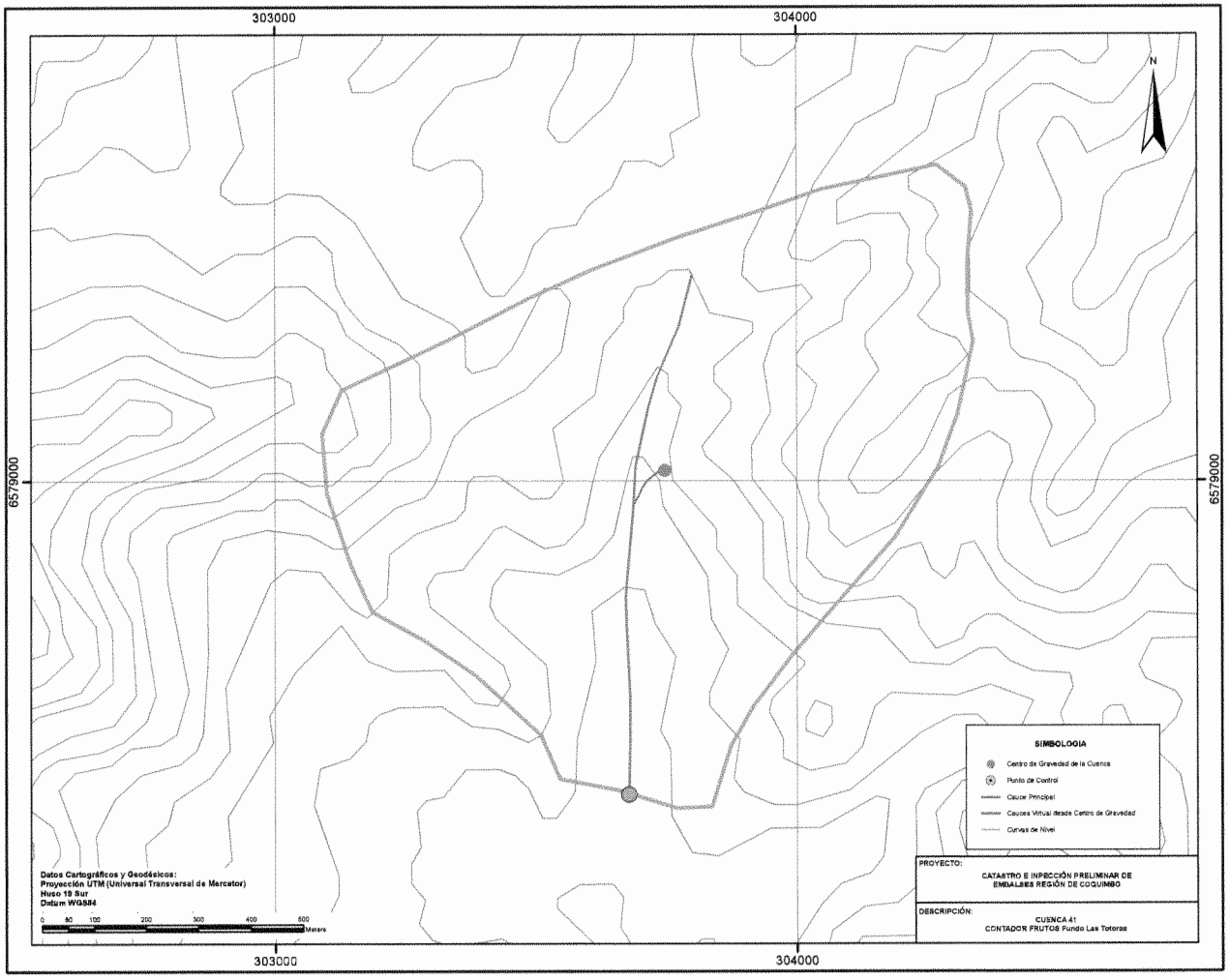


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 41.- CONTADOR FRUTOS FUNDO LAS TOTORAS

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
41	CONTADOR FRUTOS Fundo Las Totoras	303.678	6.578.399	84 H19S	954.210	303.747	6.579.020	0,310915	175	1.014	649

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
41	CONTADOR FRUTOS Fundo Las Totoras	Jp	2	0,95	97	0,28	0,24	0,30	0,19	2,14	0,14	0,18	0,11
		Jp	5	0,95	97	0,28	0,61	0,66	0,56	2,14	0,36	0,39	0,33
		Jp	10	0,95	97	0,28	1,00	1,00	1,00	2,14	0,60	0,60	0,60
		Jp	20	0,95	97	0,28	1,51	1,61	1,40	2,14	0,90	0,96	0,83
		Jp	25	0,95	97	0,28	1,71	1,85	1,55	2,14	1,02	1,10	0,92
		Jp	50	0,95	97	0,28	2,41	2,76	2,06	2,14	1,43	1,64	1,23
		Jp	100	0,95	97	0,28	3,30	3,94	2,66	2,14	1,96	2,34	1,58

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
41	CONTADOR FRUTOS Fundo Las Totoras	IV.3	IV Limarí	2	0,95	97	0,422	41	0,180	0,440	0,079	0,05
		IV.3	IV Limarí	5	0,95	97	0,749	73	0,180	0,750	0,135	0,16
		IV.3	IV Limarí	10	0,95	97	1,000	97	0,180	1,000	0,180	0,31
		IV.3	IV Limarí	20	0,95	97	1,279	124	0,180	1,260	0,227	0,53
		IV.3	IV Limarí	25	0,95	97	1,326	128	0,180	1,360	0,245	0,60
		IV.3	IV Limarí	50	0,95	97	1,686	163	0,180	1,620	0,292	0,96
		IV.3	IV Limarí	100	0,95	97	2,028	196	0,180	1,910	0,344	1,42

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
41	CONTADOR FRUTOS Fundo Las Totoras	IV.3	IV Limarí	2	0,95	97	0,422	41	0,078	0,440	0,034	0,25	0,09	14,06	0,13
		IV.3	IV Limarí	5	0,95	97	0,749	73	0,078	0,750	0,059	0,25	0,09	24,96	0,39
		IV.3	IV Limarí	10	0,95	97	1,000	97	0,078	1,000	0,078	0,25	0,09	33,33	0,69
		IV.3	IV Limarí	20	0,95	97	1,279	124	0,078	1,260	0,098	0,25	0,09	42,62	1,11
		IV.3	IV Limarí	25	0,95	97	1,326	128	0,078	1,360	0,106	0,25	0,09	44,21	1,24
		IV.3	IV Limarí	50	0,95	97	1,686	163	0,078	1,620	0,126	0,25	0,09	56,19	1,88
		IV.3	IV Limarí	100	0,95	97	2,028	196	0,078	1,910	0,149	0,25	0,09	67,59	2,67

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
41	CONTADOR FRUTOS FUNDO LAS TOTORAS	2	0,14	0,05	0,13	0,11	0,14
		5	0,36	0,16	0,39	0,30	0,39
		10	0,60	0,31	0,69	0,53	0,69
		20	0,90	0,53	1,11	0,85	1,11
		25	1,02	0,60	1,24	0,95	1,24
		50	1,43	0,96	1,88	1,42	1,88
		100	1,96	1,42	2,67	2,02	2,67

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría B (altura muro= 19,7 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 500 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 500 años)= 10,58 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Las Totoras no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Las Totoras	28,39	20,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Las Totoras.

TALUDES EMBALSE LAS TOTORAS

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Las Totoras	Dx	37,08	Dx	37,08
	Dy	19,72	Dy	19,72

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Las Totoras	1,73	1,66	1,76	1,15	1,09

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Las Totoras	1,66	1,09

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Las Totoras no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Las Totoras, se tiene lo siguiente:

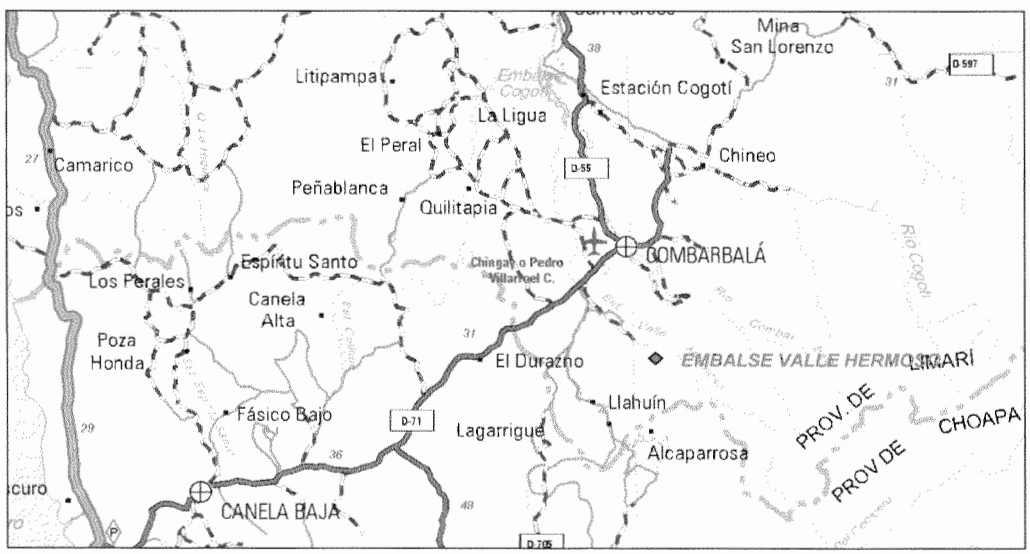
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
19,7	500	10,58	5,00	0,95	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,20	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.42 Embalse Valle Hermoso

Ubicado en la comuna de Combarbalá, provincia de Limari.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.539.107 E: 312.518 Datum: WGS 84
Altitud: 1.147 m.s.n.m



Acceso: 6 km al sur de Combarbalá en la ruta Combarbalá Canela, dirigirse al oriente al sector de Pama hasta donde se acaba el camino, se llega al Fundo Valle Hermoso.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE VALLE HERMOSO - RIO PAMA	
CUENCA	
LIMARÍ	
SUB - CUENCA	
RIO PAMA	
FUENTE	
RIO PAMA	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
VERFRUT S.A.	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	LIMARÍ
COMUNA:	COMBARBALÁ

COORDENADAS UTM	N °	6.537.107
	E	312.518

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	1.147

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,60
ALTURA DEL MURO (m)		20,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		11,50
LARGO CORONAMIENTO (m)		540,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	18	3,08	1
	EXTERNO	40	1,19	1

AÑO CONSTRUCCION	1993

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	2007

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2		
TUBERIA FORZADA	3	200 L/S	
SIFON	4		
OTRO SISTEMA	5		

AREA REGADA: 76 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1		
VERT. POZO O BOCINA	2		
VERT. DE ALCANTARIL	3		
VERT. DE SIFON	4		
OTR: LATERAL	5	0,5	

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^5	1
	HP	2

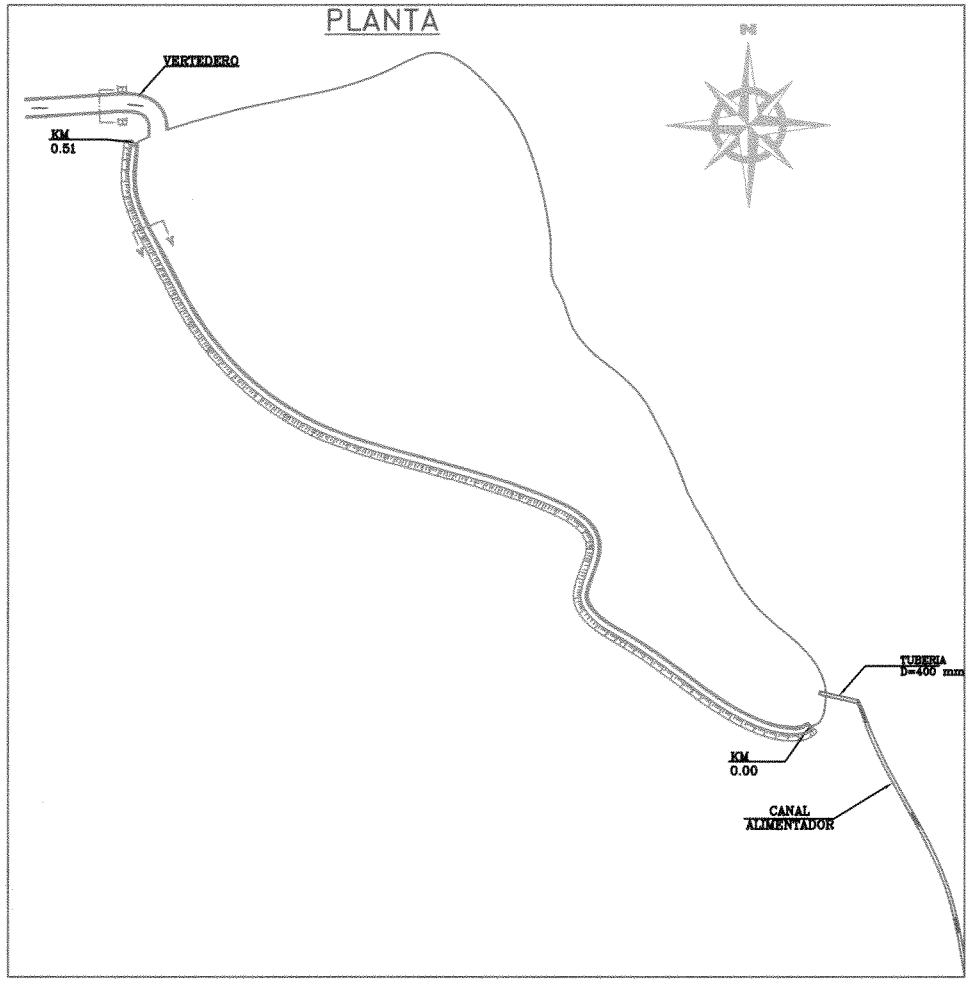
ESTADO	B
AÑO REPARACION	2007

OBSERVACIONES: MURO DE TIERRA RECUBIERTO CON MEMBRANA PLASTICA. ABSTECIMIENTO DESDE RIO PAMA MEDIANTE CANAL QUE TERMINA EN TUBO DE DIÁMETRO 400 mm. EN CASO DE FALLA SE AFECTAN PARRONALES. LAS AGUAS DERIVAN HACIA CAUCE DE RIO PAMA. SE DEBE DESPEJAR AREA DE VÁLVULAS DE ENTREGA AL PIE DEL MURO.

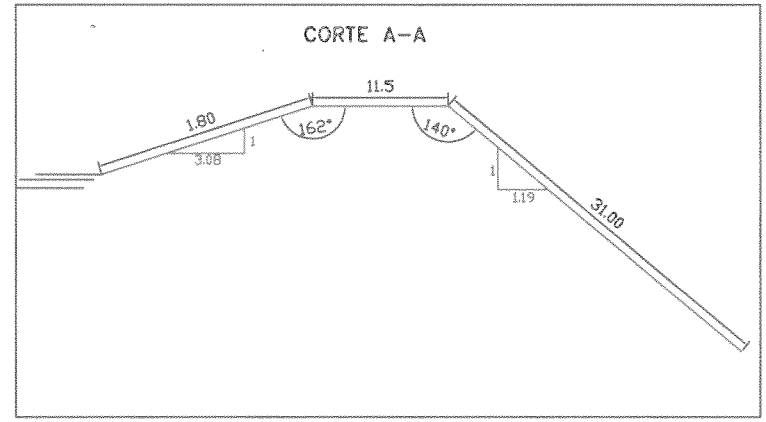
ESTADO GENERAL: BUEN ESTADO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: 6 KM AL SUR DE COMBARBALÁ EN LA RUTA COMBARBALÁ CANELA, DIRIGIRSE AL ORIENTE AL SECTOR DE PAMA HASTA DONDE SE ACABA EL CAMINO, SE LLEGA AL FUNDO VALLE HERMOSO.

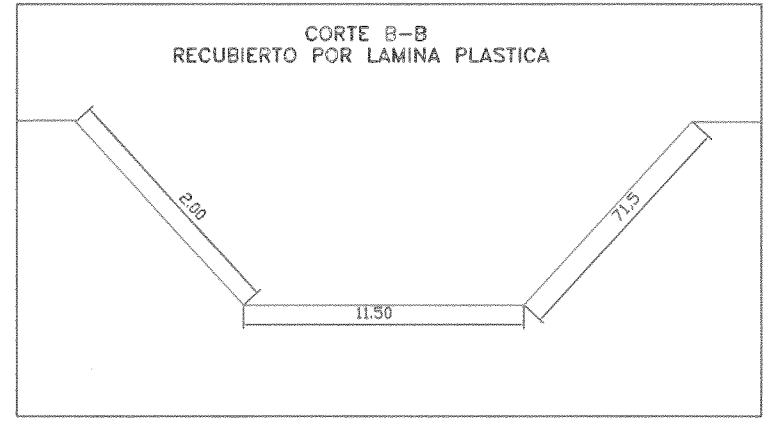
PLANTA



CORTE A-A



CORTE B-B
RECUBIERTO POR LAMINA PLASTICA



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE VALLE HERMOSO RIO PAMA – VERFRUT

COMUNA DE COMBARBALÁ

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

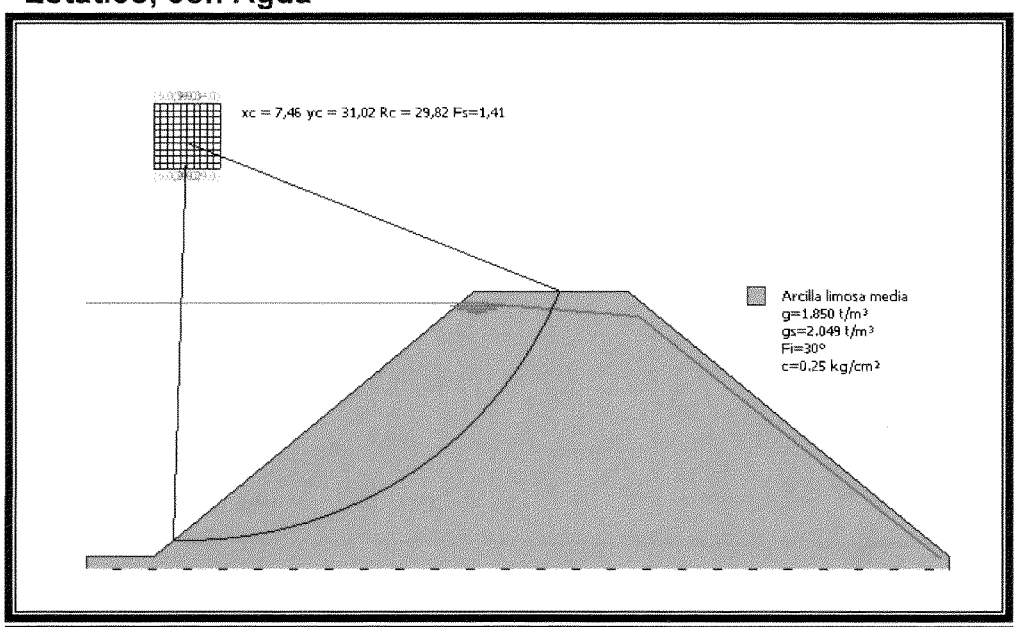
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

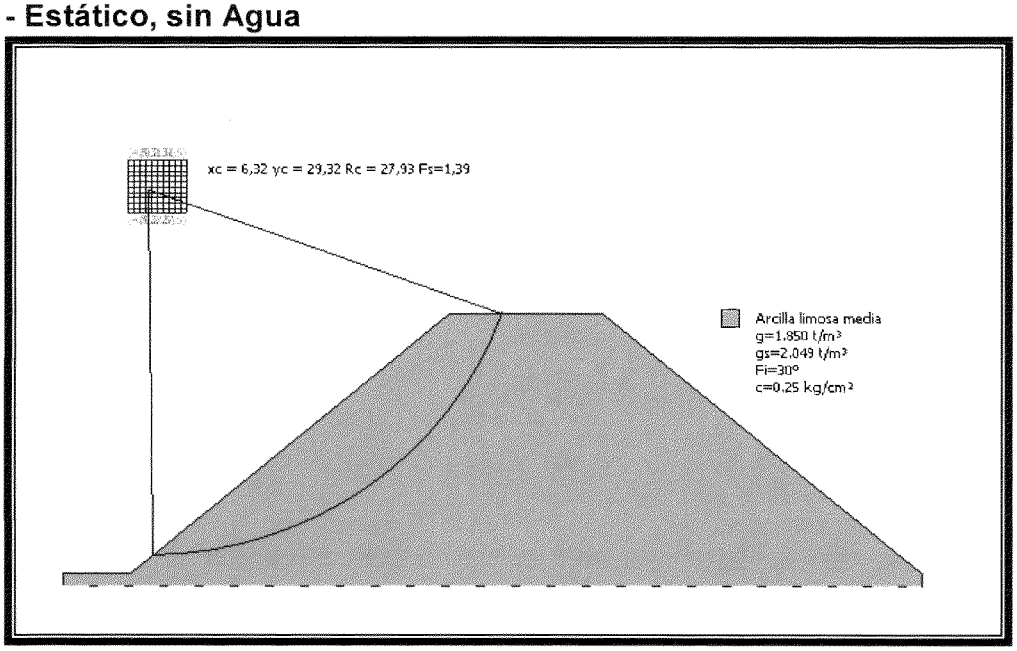
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

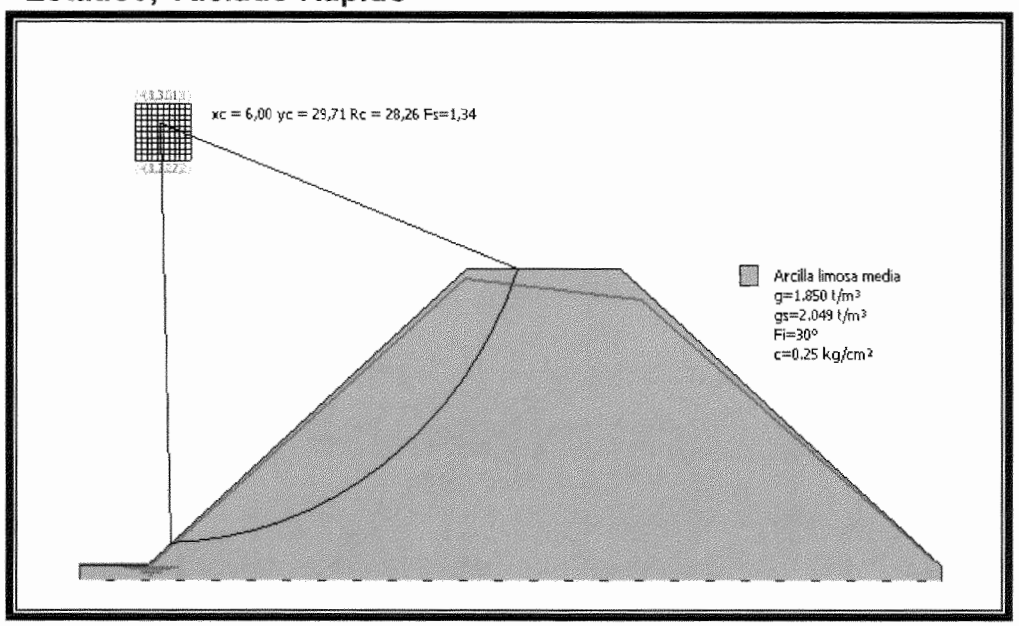
- Estático, con Agua



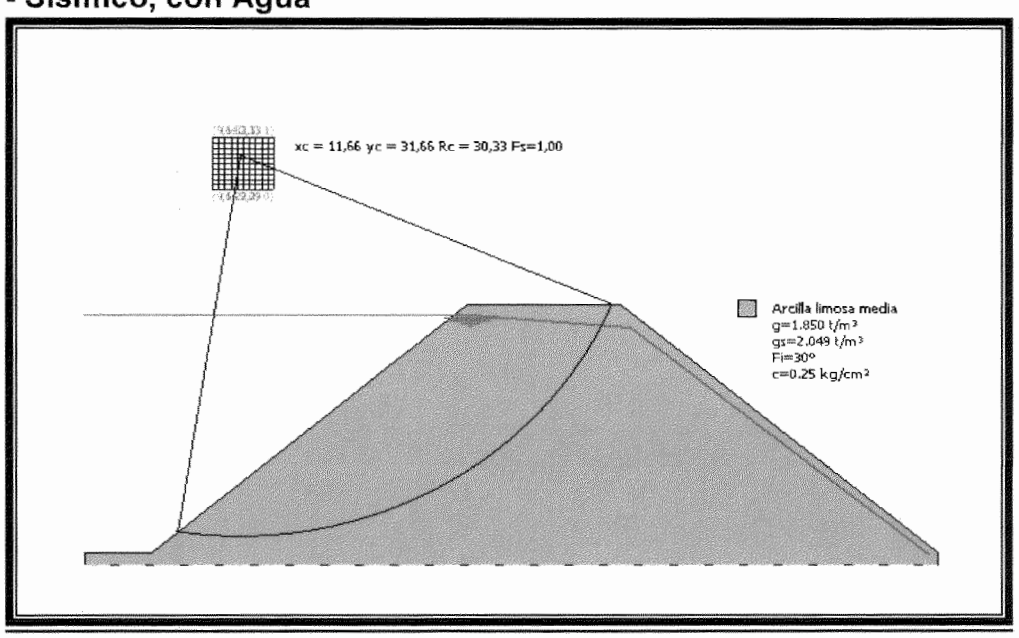
- Estático, sin Agua



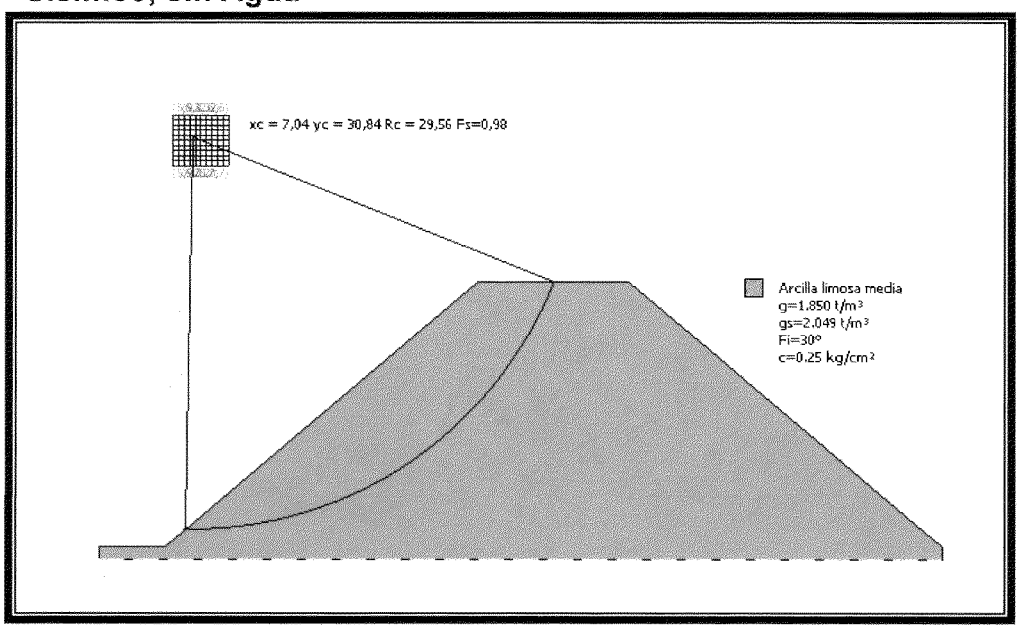
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

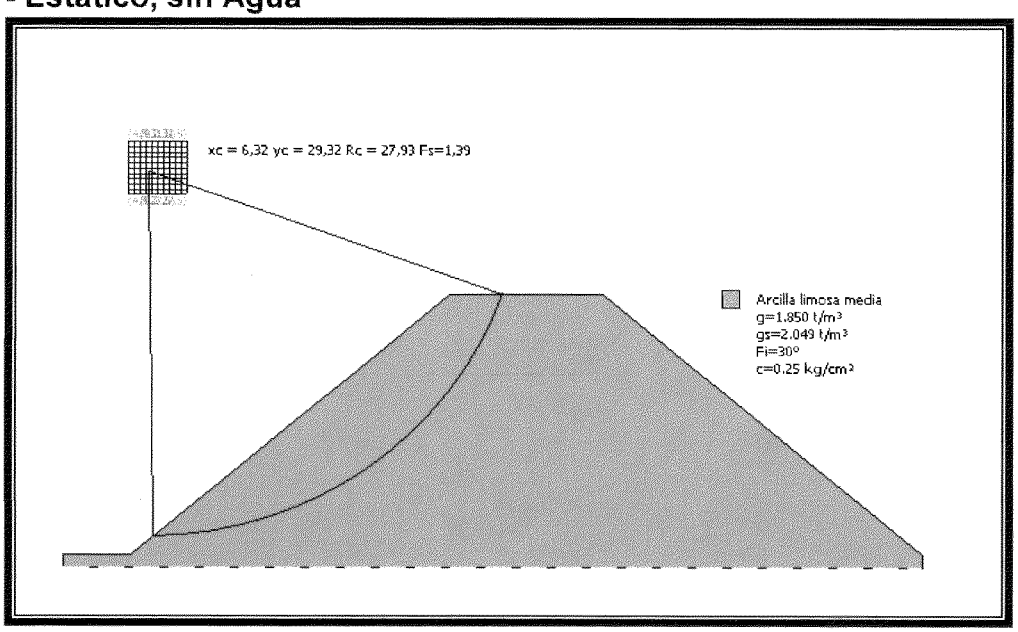


- Sísmico, sin Agua

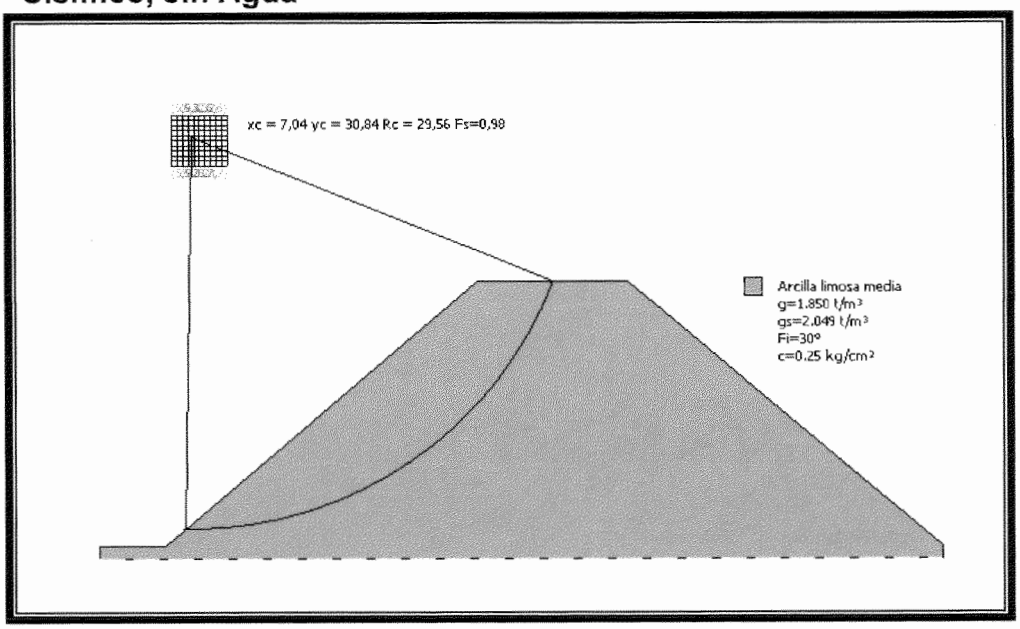


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

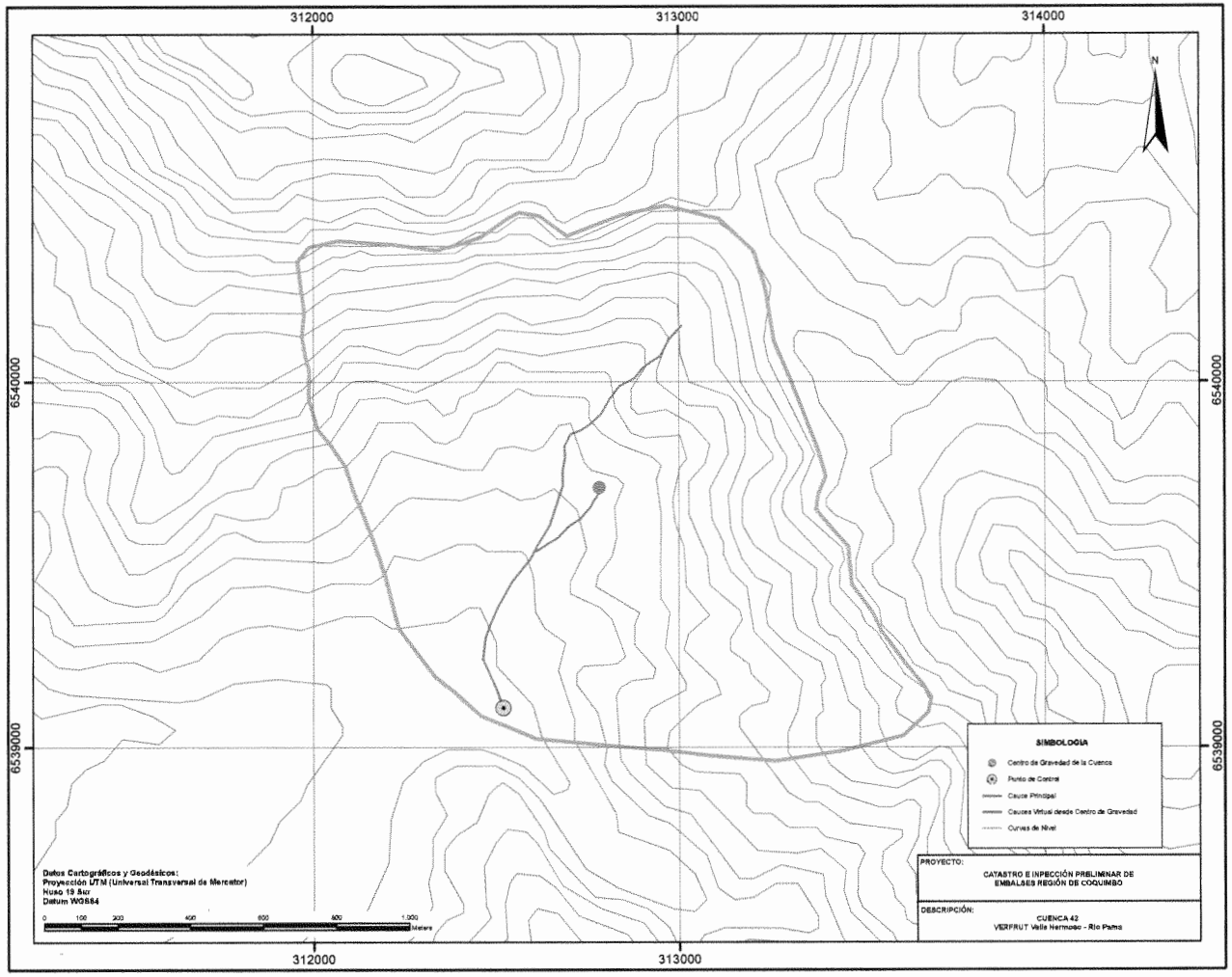


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 42.- VERFRUT VALLE HERMOSO - RÍO PAMA

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
42	VERFRUT Valle Hermoso - Río Pama	312.518	6.539.107	84 H19S	1.815.403	312.782	6.539.710	0,396073	350	1.255	736

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
42	VERFRUT Valle Hermoso - Río Pama	Jp	2	1,82	123	0,97	0,24	0,30	0,19	2,14	0,50	0,62	0,39
		Jp	5	1,82	123	0,97	0,61	0,66	0,56	2,14	1,27	1,37	1,16
		Jp	10	1,82	123	0,97	1,00	1,00	1,00	2,14	2,07	2,07	2,07
		Jp	20	1,82	123	0,97	1,51	1,61	1,40	2,14	3,13	3,34	2,90
		Jp	25	1,82	123	0,97	1,71	1,85	1,55	2,14	3,55	3,84	3,21
		Jp	50	1,82	123	0,97	2,41	2,76	2,06	2,14	5,00	5,72	4,27
		Jp	100	1,82	123	0,97	3,30	3,94	2,66	2,14	6,84	8,17	5,52

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
42	VERFRUT Valle Hermoso - Río Pama	IV.4	IV Limarí	2	1,82	123	0,476	59	0,180	0,440	0,079	0,13
		IV.4	IV Limarí	5	1,82	123	0,774	95	0,180	0,750	0,135	0,40
		IV.4	IV Limarí	10	1,82	123	1,000	123	0,180	1,000	0,180	0,74
		IV.4	IV Limarí	20	1,82	123	1,236	152	0,180	1,260	0,227	1,21
		IV.4	IV Limarí	25	1,82	123	1,273	157	0,180	1,360	0,245	1,35
		IV.4	IV Limarí	50	1,82	123	1,568	193	0,180	1,620	0,292	2,08
		IV.4	IV Limarí	100	1,82	123	1,838	226	0,180	1,910	0,344	2,99

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
42	VERFRUT Valle Hermoso - Río Pama	IV.4	IV Limarí	2	1,82	123	0,476	59	0,078	0,440	0,034	0,25	0,09	20,19	0,35
		IV.4	IV Limarí	5	1,82	123	0,774	95	0,078	0,750	0,059	0,25	0,09	32,83	0,97
		IV.4	IV Limarí	10	1,82	123	1,000	123	0,078	1,000	0,078	0,25	0,09	42,42	1,67
		IV.4	IV Limarí	20	1,82	123	1,236	152	0,078	1,260	0,098	0,25	0,09	52,43	2,60
		IV.4	IV Limarí	25	1,82	123	1,273	157	0,078	1,360	0,106	0,25	0,09	53,99	2,89
		IV.4	IV Limarí	50	1,82	123	1,568	193	0,078	1,620	0,126	0,25	0,09	66,51	4,24
		IV.4	IV Limarí	100	1,82	123	1,838	226	0,078	1,910	0,149	0,25	0,09	77,96	5,86

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
42	VERFRUT VALLE HERMOSO - RÍO PAMA	2	0,50	0,13	0,35	0,33	0,50
		5	1,27	0,40	0,97	0,88	1,27
		10	2,07	0,74	1,67	1,49	2,07
		20	3,13	1,21	2,60	2,31	3,13
		25	3,55	1,35	2,89	2,59	3,55
		50	5,00	2,08	4,24	3,77	5,00
		100	6,84	2,99	5,86	5,23	6,84

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría B (altura muro= 20 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 500 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 500 años)= 23,21 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Valle Hermoso existe riesgo de filtración, debido a que $L' < C' * h$, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Valle Hermoso	20,67	30,00

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Valle Hermoso.

TALUDES EMBALSE VALLE HERMOSO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Valle Hermoso	Dx	23,75	Dx	23,75
	Dy	19,93	Dy	19,93

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Valle Hermoso	1,41	1,39	1,34	1,00	0,98

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Valle Hermoso	1,39	0,98

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 en los siguientes casos:

- Talud Aguas Arriba Sísmico Sin Agua
- Talud Aguas Abajo Sísmico Sin Agua

➢ **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

➢ **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse Planta Portezuelo será:

P= 10 %
V= 60 %
E= 15 %

Riesgo Total= 0,9 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados. Para el caso del embalse Valle Hermoso, se tiene lo siguiente:

					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	T	Caudal	CAUDAL (m3/s)	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	[años]	[m3/s]	CRECIDAS									
20	500	23,21	0,50	0,95	0,6	1,0	0,9	0,6	0,4	0,4	0,20	7,2%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 7,2 %

5.3.43 Embalse El Manzano

Ubicado en la comuna de Combarbalá, provincia de Limari.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.553.359 E: 304.192 Datum: WGS 84
Altitud: 800 m.s.n.m

Acceso: Por ruta D55, desvío hacia Punitaqui, 2 km hacia el poniente se encuentra camino interior. Luego 2 km hacia el nor poniente se encuentra el embalse.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE EL MANZANO	
FUNDO EL PARRAL	
CUENCA	
LIMARÍ	
SUB - CUENCA	
RIO COMBARBALÁ	
FUENTE	
QUEBRADAS APORTANTES	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
VERFRUT S.A.	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N	6.553.359
	E	304.192

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	800

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	LIMARÍ
COMUNA:	COMBARBALÁ

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,35
ALTURA DEL MURO (m)		23,00
ANCHO CORONAMIENTO (m)		6,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		240,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	28	1,88	1
	EXTERNO	31	1,66	1

AÑO CONSTRUCCION	1997

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

OBRAS DE ENTREGA

		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	200 L/S
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

AREA REGADA

40 HA	

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS

		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: FRONTAL	5	1,5

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

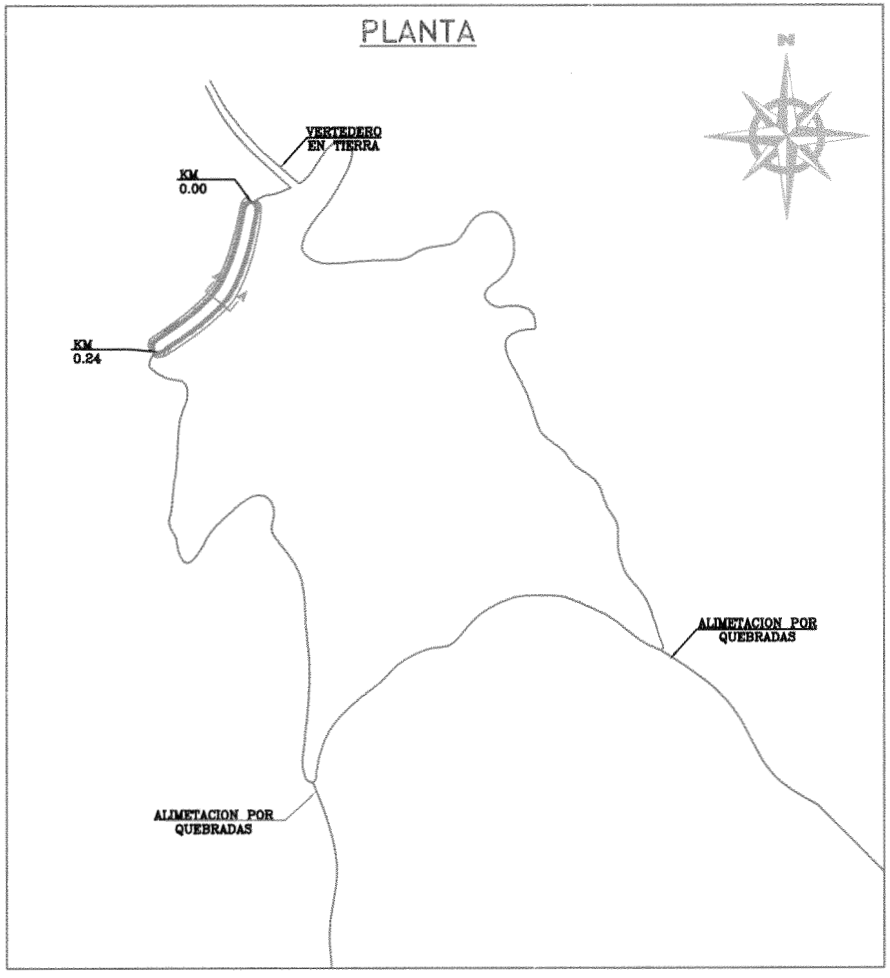
OBSERVACIONES: ABSTECIMIENTO DESDE QUEBRADAS. ACTUALMENTE SE CONSTRUYE CANAL DESDE RÍO COMBARBALÁ.
EXISTE UN ÁREA DE FILTRACIÓN DE UNA LONGITUD DE 20 M. NO PONE EN RIESGO ESTABILIDAD DEL MURO. AGUAS DE FILTRACIÓN SON ENCAUZADAS A
CANAL QUE CONDUCE HACIA SECTORES DE OTROS REGANTES, PRODUCIENDOSE UN CANJE DE DERECHOS.
EN CASO DE FALLA, AGUAS SE CONDUCEN POR QUEBRADA NO EXISTIENDO PROPIEDADES O INFRAESTRUCTURA AFECTADAS.

ESTADO GENERAL: BUENO, SE DEBE MEJORAR OBRA DE VERTEDERO DE SEGURIDAD, LA QUE ESTA FORMADA POR UNA EXCAVACIÓN DEMASIADO RÚSTICA.

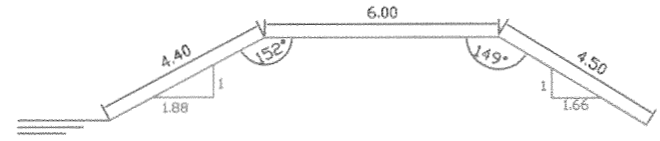
DESCRIPCION DE UBICACIÓN

POR RUTA D 55, DESVÍO HACIA PUNITAQUI, 2 KM HACIA EL PONIENTE SE ENCUENTRA CAMINO INTERIOR. LUEGO 2 KM HACIA EL NOR PONIENTE SE ENCUENTRA EL EMBALSE.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE EL MANZANO – FUNDO EL PARRAL, VERFRUT

COMUNA DE COMBARBALÁ

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

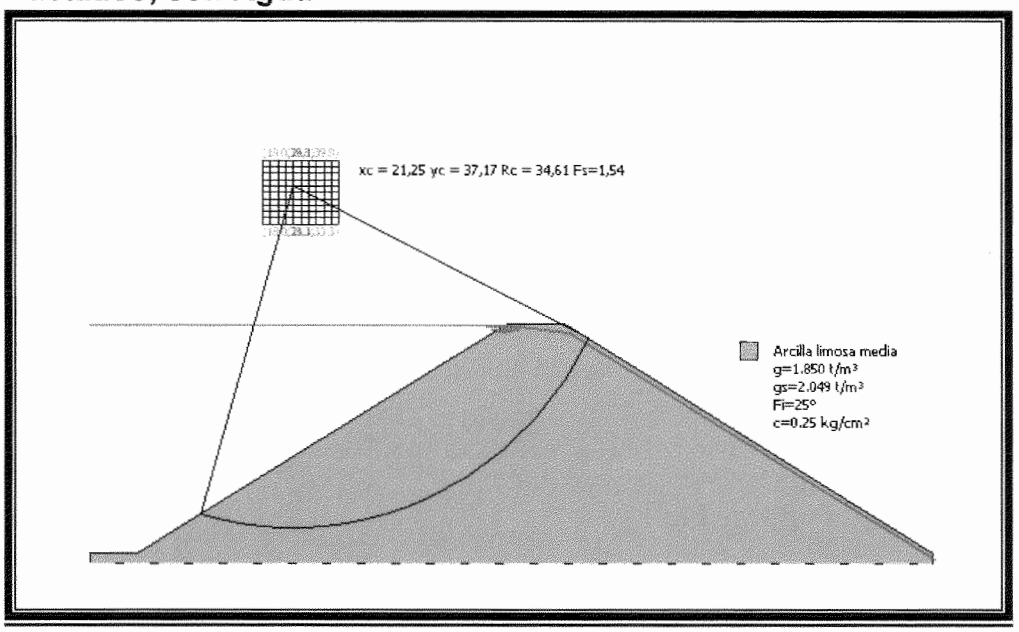
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

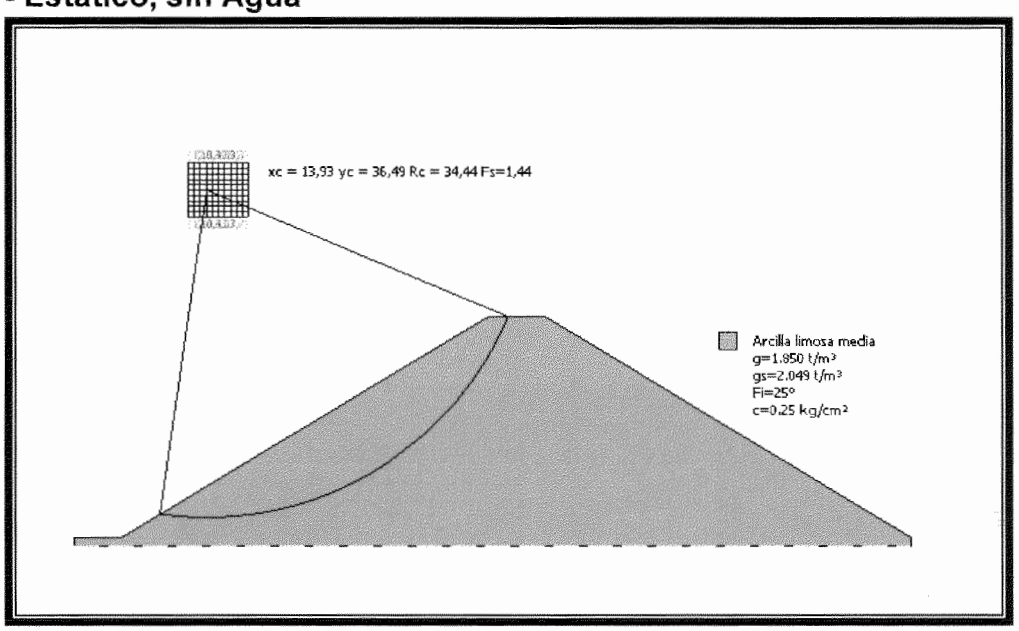
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

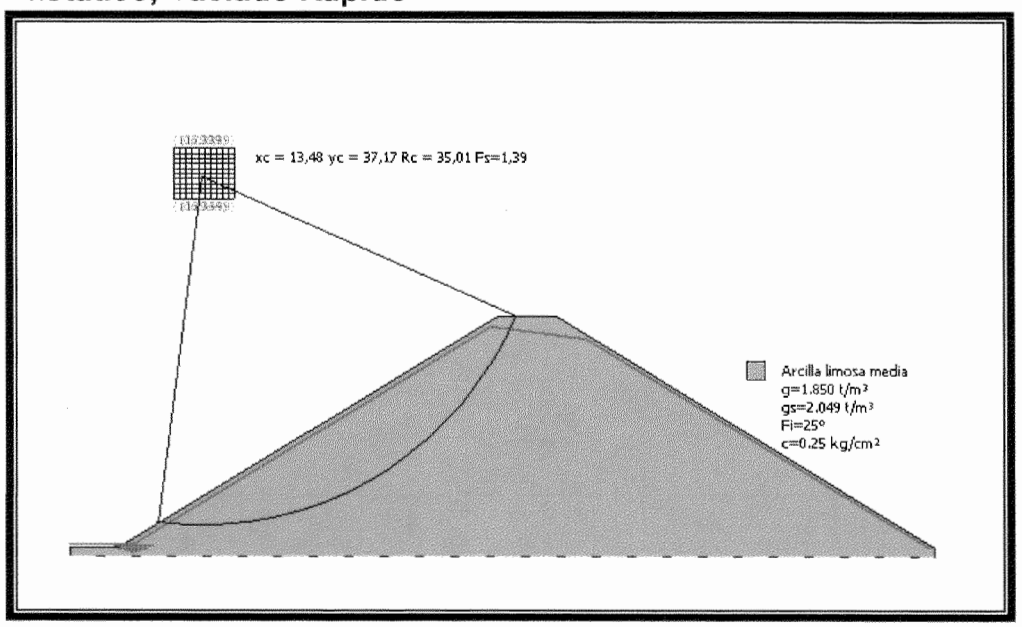
- Estático, con Agua



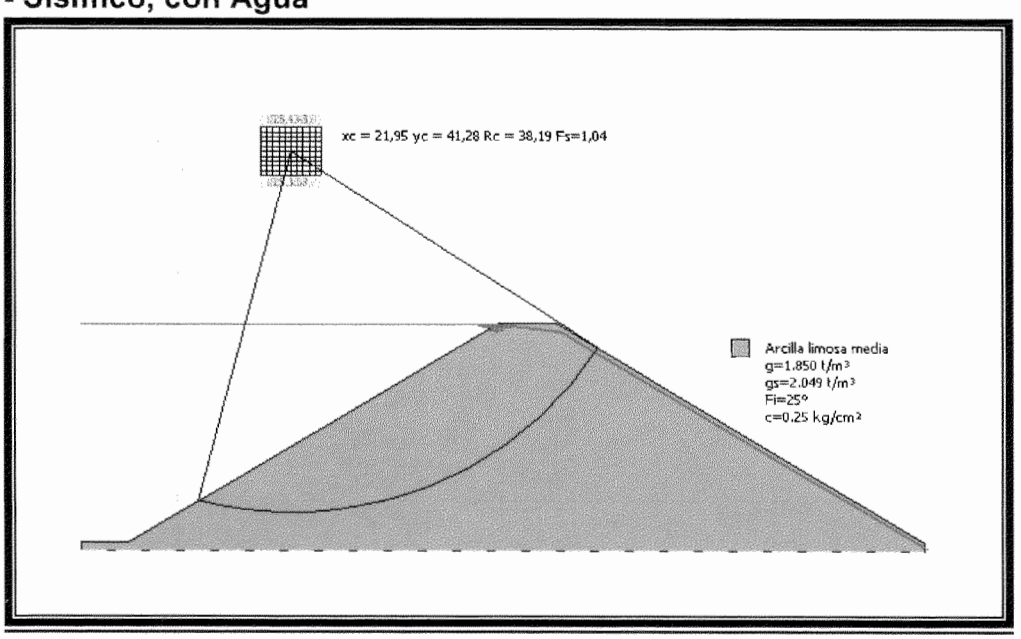
- Estático, sin Agua



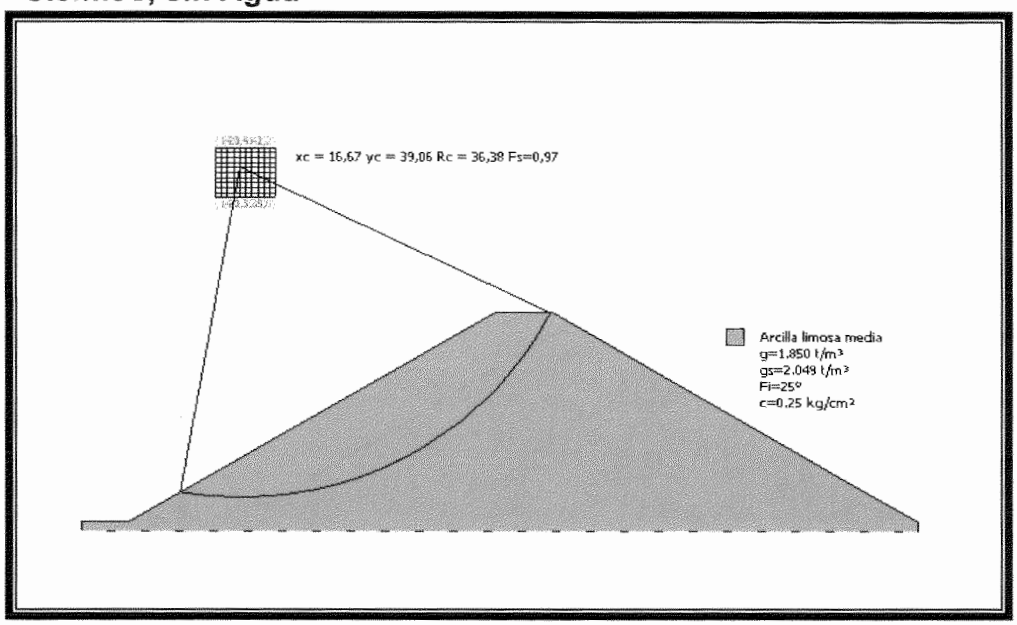
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

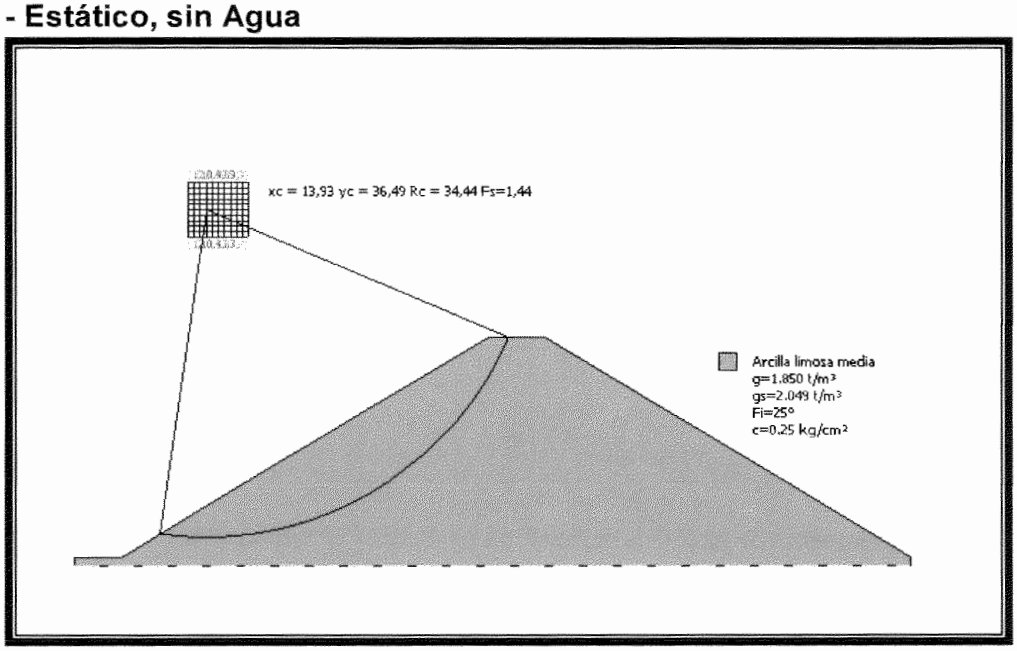


- Sísmico, sin Agua

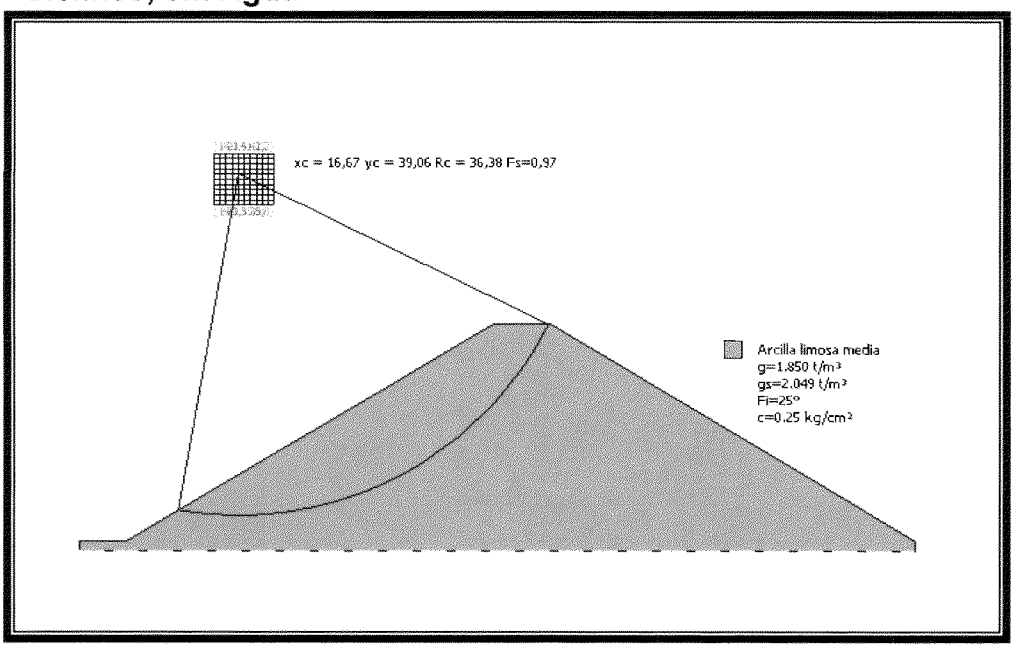


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

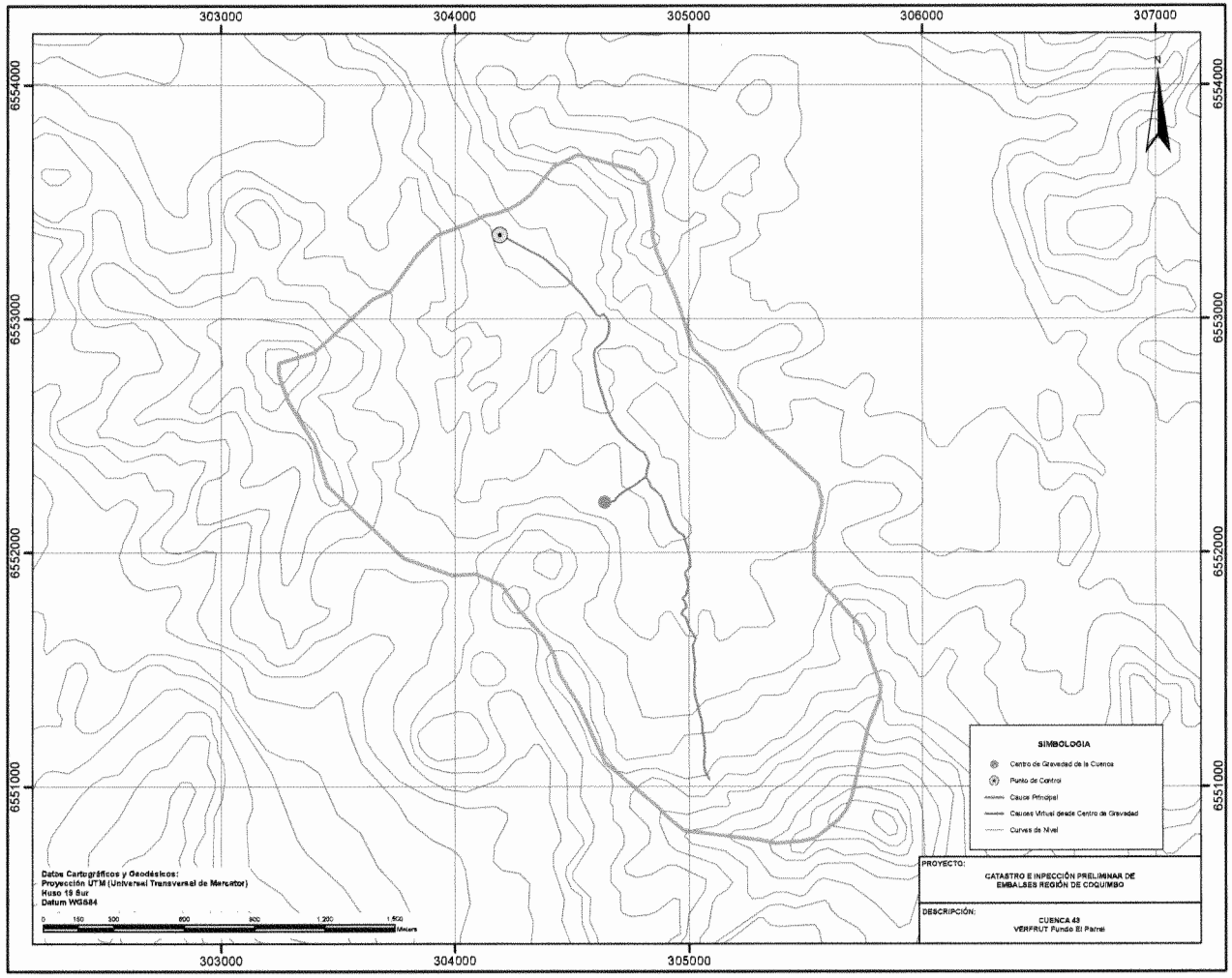


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 43.- VERFRUT FUNDO EL PARRAL

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
43	VERFRUT Fundo El Parral	304.192	6.553.359	84 H19S	3.956.518	304.640	6.552.216	0,213932	325	2.799	1.598

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
43	VERFRUT Fundo El Parral	Jp	2	3,96	102	1,00	0,24	0,30	0,19	2,14	0,51	0,64	0,40
		Jp	5	3,96	102	1,00	0,61	0,66	0,56	2,14	1,30	1,41	1,19
		Jp	10	3,96	102	1,00	1,00	1,00	1,00	2,14	2,13	2,13	2,13
		Jp	20	3,96	102	1,00	1,51	1,61	1,40	2,14	3,22	3,43	2,98
		Jp	25	3,96	102	1,00	1,71	1,85	1,55	2,14	3,64	3,94	3,30
		Jp	50	3,96	102	1,00	2,41	2,76	2,06	2,14	5,13	5,88	4,39
		Jp	100	3,96	102	1,00	3,30	3,94	2,66	2,14	7,03	8,39	5,67

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	$\frac{C(T)}{C(10)}$	C(T)	Q(T)
43	VERFRUT Fundo El Parral	IV.4	IV Limarí	2	3,96	102	0,476	49	0,180	0,440	0,079	0,20
		IV.4	IV Limarí	5	3,96	102	0,774	79	0,180	0,750	0,135	0,63
		IV.4	IV Limarí	10	3,96	102	1,000	102	0,180	1,000	0,180	1,16
		IV.4	IV Limarí	20	3,96	102	1,236	126	0,180	1,260	0,227	1,90
		IV.4	IV Limarí	25	3,96	102	1,273	130	0,180	1,360	0,245	2,13
		IV.4	IV Limarí	50	3,96	102	1,568	160	0,180	1,620	0,292	3,28
		IV.4	IV Limarí	100	3,96	102	1,838	188	0,180	1,910	0,344	4,71

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	$\frac{C(T)}{C(10)}$	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
43	VERFRUT Fundo El Parral	IV.4	IV Limarí	2	3,96	102	0,476	49	0,078	0,440	0,034	0,49	0,12	11,85	0,45
		IV.4	IV Limarí	5	3,96	102	0,774	79	0,078	0,750	0,059	0,49	0,12	19,27	1,24
		IV.4	IV Limarí	10	3,96	102	1,000	102	0,078	1,000	0,078	0,49	0,12	24,90	2,13
		IV.4	IV Limarí	20	3,96	102	1,236	126	0,078	1,260	0,098	0,49	0,12	30,77	3,32
		IV.4	IV Limarí	25	3,96	102	1,273	130	0,078	1,360	0,106	0,49	0,12	31,69	3,69
		IV.4	IV Limarí	50	3,96	102	1,568	160	0,078	1,620	0,126	0,49	0,12	39,04	5,42
		IV.4	IV Limarí	100	3,96	102	1,838	188	0,078	1,910	0,149	0,49	0,12	45,76	7,49

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
43	VERFRUT FUNDO EL PARRAL (MANZANO)	2	0,51	0,20	0,45	0,39	0,51
		5	1,30	0,63	1,24	1,06	1,30
		10	2,13	1,16	2,13	1,81	2,13
		20	3,22	1,90	3,32	2,81	3,32
		25	3,64	2,13	3,69	3,15	3,69
		50	5,13	3,28	5,42	4,61	5,42
		100	7,03	4,71	7,49	6,41	7,49

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría B (altura muro= 23 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 500 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 500 años)= 26,06 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse El Manzano existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
El Manzano	28,71	38,36

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse El Manzano.

TALUDES EMBALSE EL MANZANO

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
El Manzano	Dx	38,57	Dx	38,57
	Dy	23,18	Dy	23,18

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
El Manzano	1,54	1,44	1,39	1,04	0,97

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
El Manzano	1,44	0,97

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 en los siguientes casos:

- Talud Aguas Arriba Sísmico Sin Agua
- Talud Aguas Abajo Sísmico Sin Agua

➢ **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

➢ **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse Planta Portezuelo será:

P= 10 %
V= 60 %
E= 15 %

Riesgo Total= 0,9 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse El Manzano, se tiene lo siguiente:

					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
23	500	26,06	1,50	0,95	0,6	0,8	0,9	0,5	0,5	0,5	0,60	28,2%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 28,2 %

5.3.44 Embalse Ramadillas

Ubicado en la comuna de Combarbalá, provincia de Limari.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.542.689 E: 315.231 Datum: WGS 84
Altitud: 1.280 m.s.n.m

Acceso: Camino Combarbalá a Chineo, km 2,2. Desde ese punto 8,5 km hacia el sur oriente, por la cuenca del Río Combarbalá.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE RAMADILLAS
HACIENDA RAMADILLAS - AFRUVA

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
LIMARÍ

SUB - CUENCA
RÍO COMBARBALÁ

CODIGO

FUENTE
AGUAS LLUVIAS

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
HACIENDA RAMADILLAS - AFRUVA

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	LIMARÍ
COMUNA:	COMBARBALÁ

COORDENADAS UTM	N °	6.542.689
	E	315.231

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	1.280

3. ANTECEDENTES TECNICOS

USO O DESTINO DEL EMBALSE		
BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,07
ALTURA DEL MURO (m)	6,70
ANCHO CORONAMIENTO (m)	4,30
LARGO CORONAMIENTO (m)	380,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	24	2,25	1
	EXTERNO	31	1,66	1

AÑO CONSTRUCCION	1997

TIPO DE PRESA		
DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

OBRAS DE ENTREGA		CAPACIDAD
CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	100 L/S
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

AREA REGADA: 30 Ha

ESTADO	
BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

EVALUACION DE CRECIDAS		CAPACIDAD M3/SEG
VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: LATERAL	5	2,0

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

EVACUADOR DE FOND	S / N		1 / 2
		x	
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

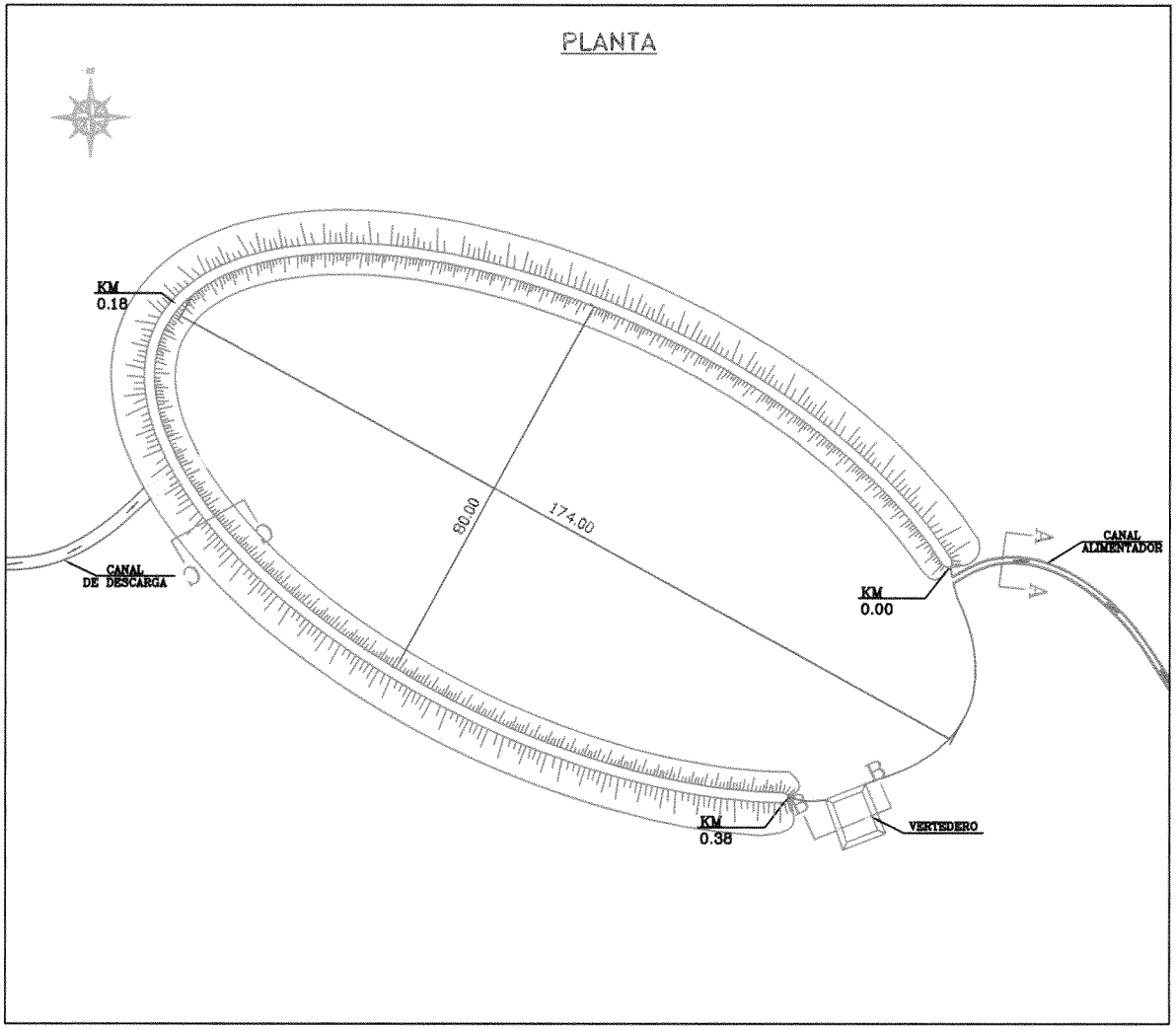
POTENCIA GENERADA			
NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

OBSERVACIONES: EN EL MOMENTO DE LA VISITA, EMBALSE NO USADO. ACUMULA AGUAS LLUVIAS.
ABASTECIMIENTO DUDOSO, CANAL DE ABASTECIMIENTO COLECTA AGUAS DE CERROS VECINOS.
EXISTE VÁLVULA DE SALIDA PERO NO SE VERIFICA EXISTENCIA DE CANAL O TUBERÍA CONDUCTORA HACIA SISTEMA DE RIEGO.

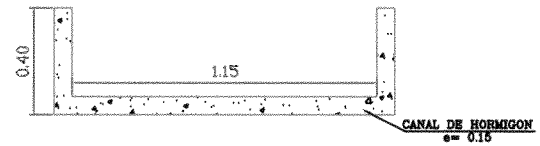
ESTADO GENERAL: BUENO. FUERA DE USO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: CAMINO COMBARBALÁ A CHINEO, KM 2.2. DESDE ESE PUNTO 8.5 KM HACIA EL SUR ORIENTE, POR LA CUENCA DEL RIO COMBARBALÁ.

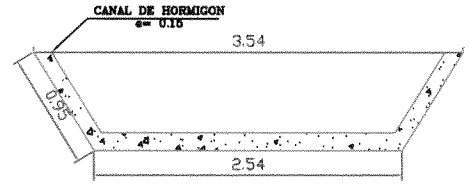
PLANTA



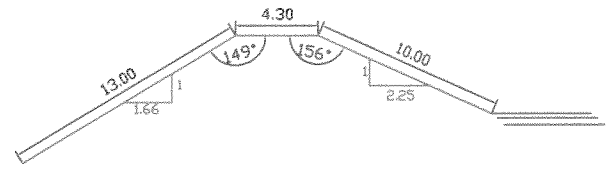
CORTE A-A



CORTE B-B



CORTE C-C



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE HACIENDA RAMADILLAS

COMUNA DE SALAMANCA
REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

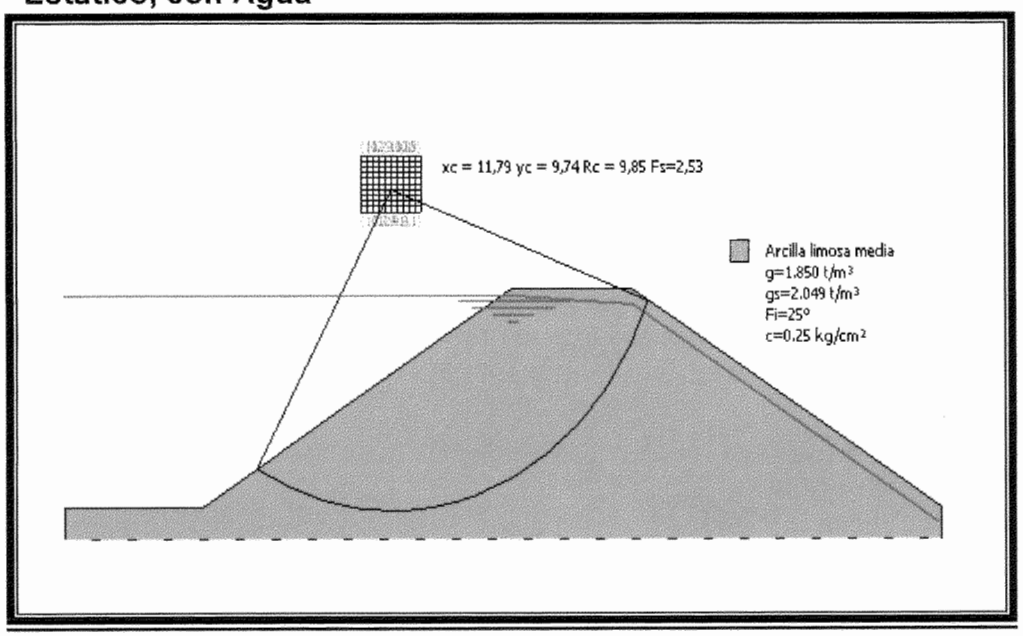
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

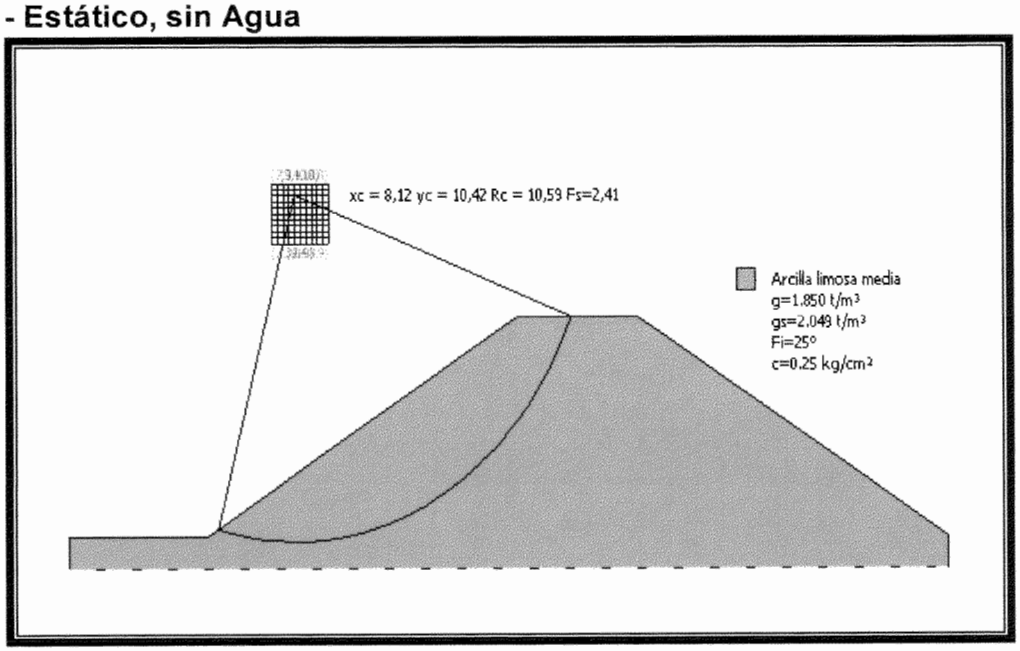
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

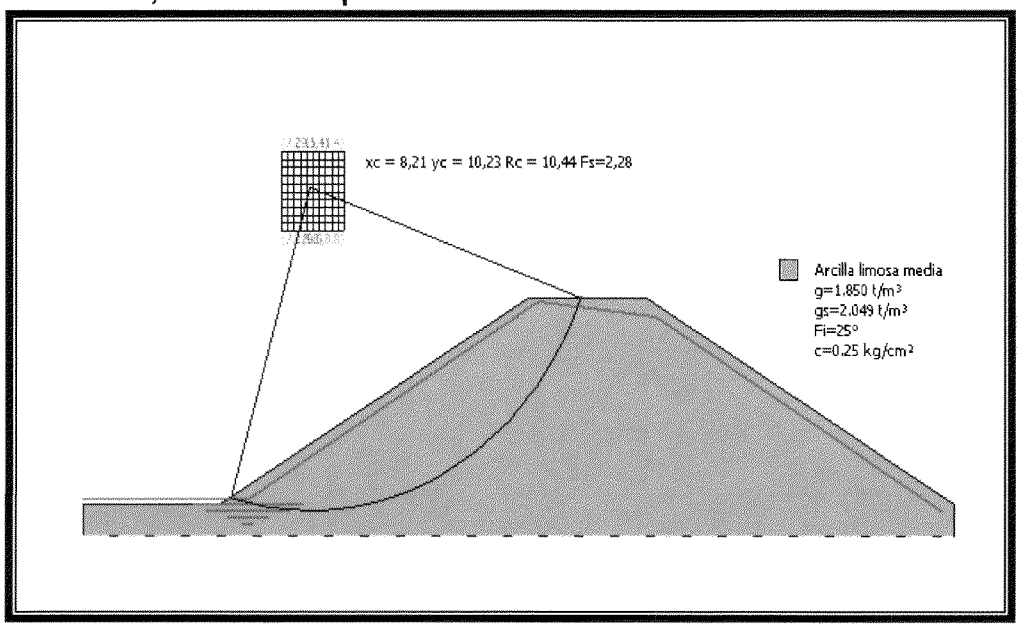
- Estático, con Agua



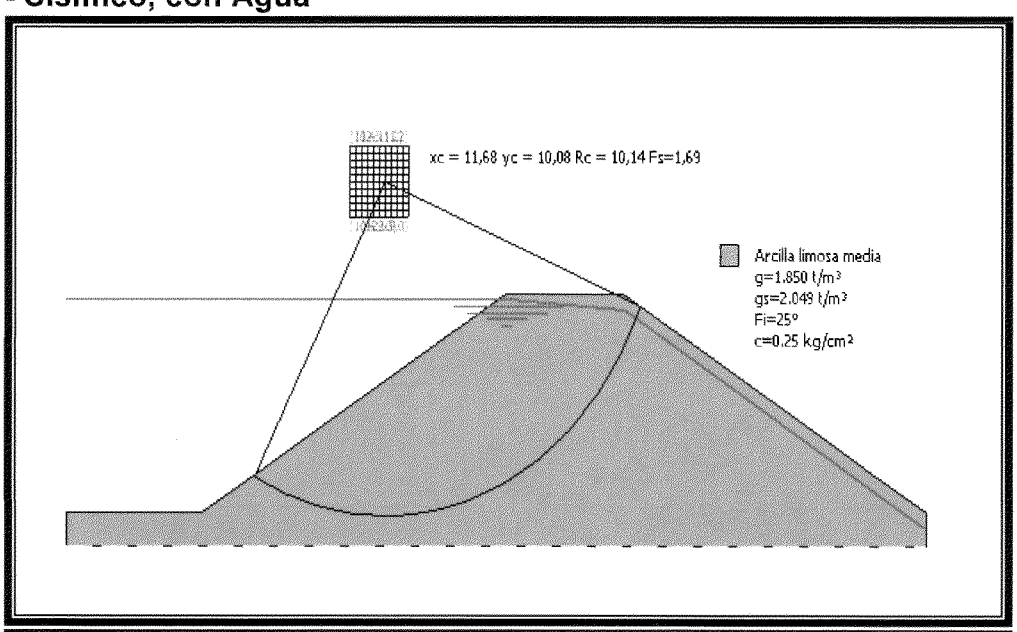
- Estático, sin Agua



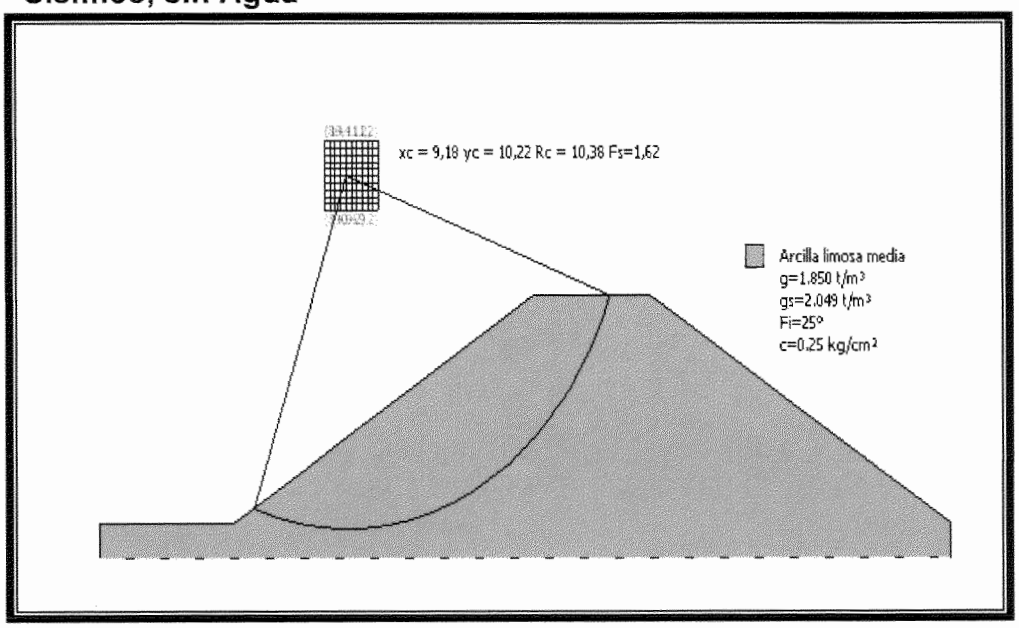
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

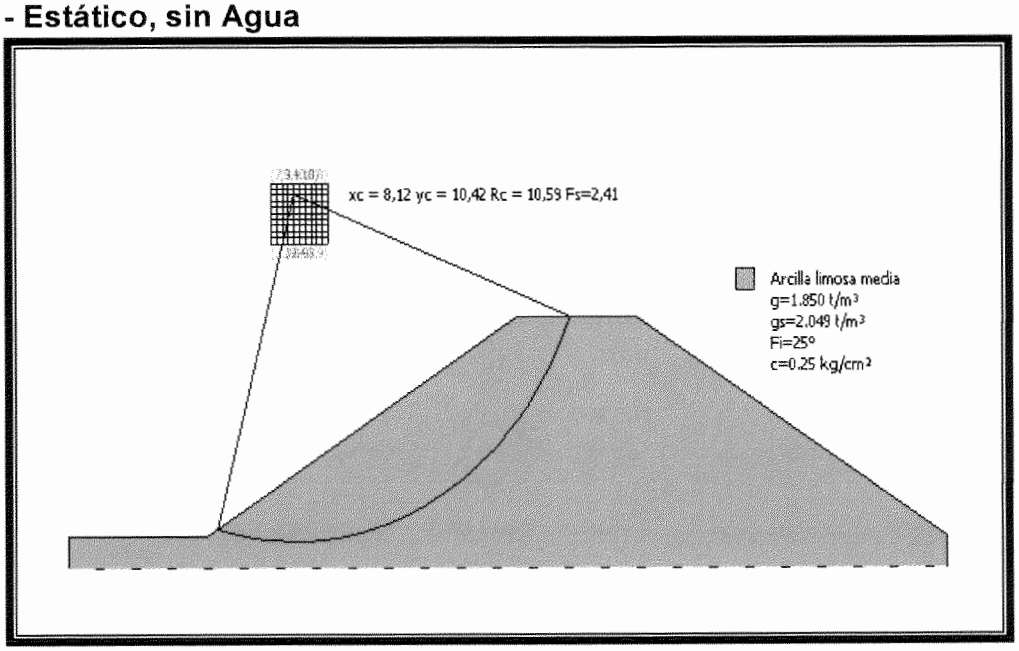


- Sísmico, sin Agua

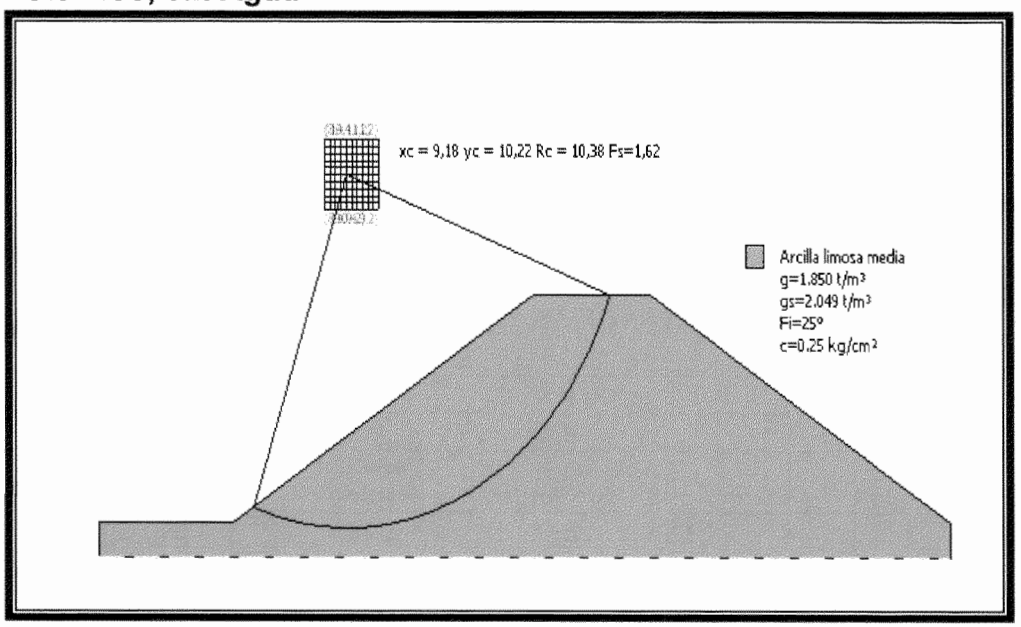


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

El embalse Ramadillas no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Ramadillas no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Ramadillas	9,86	4,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Ramadillas.

TALUDES EMBALSE RAMADILLAS

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Ramadillas	Dx	11,14	Dx	11,14
	Dy	6,70	Dy	6,70

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Ramadillas	2,53	2,41	2,28	1,69	1,62

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Ramadillas	2,41	1,62

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Ramadillas no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Ramadillas, se tiene lo siguiente:

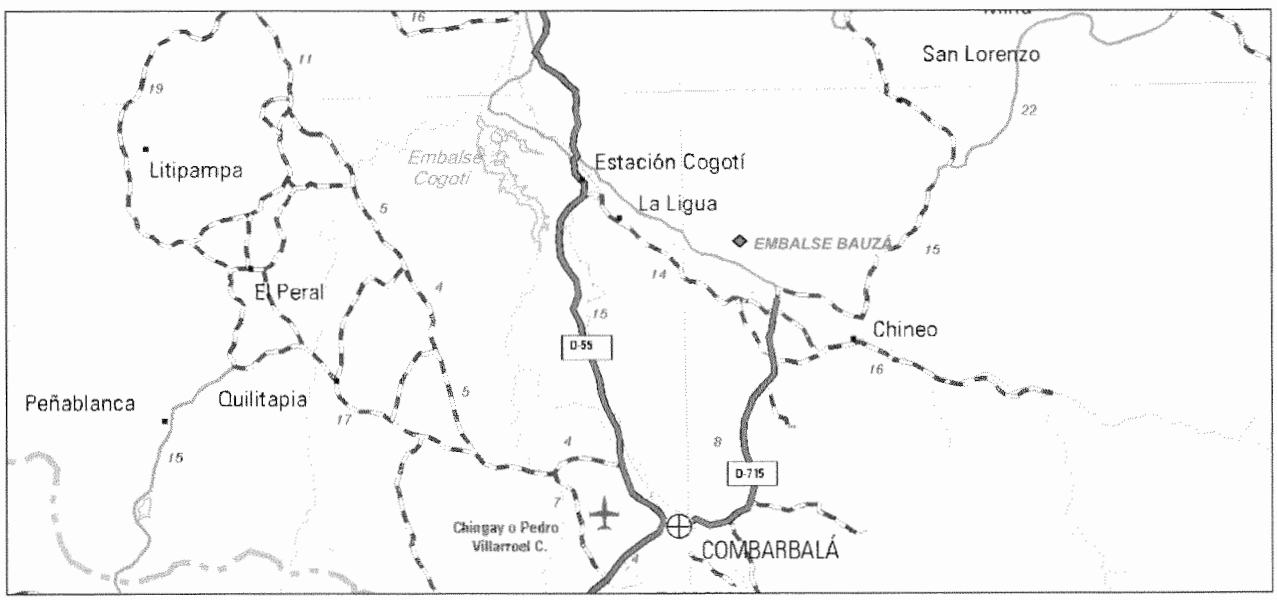
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
6,7	250	sin cuenca	2		0,8	0,8	0,9	0,6	0,4	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.45 Embalse Bauzá Río Cogotí

Ubicado en la comuna de Combarbalá, provincia de Limari.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.560.383 E: 314.380 Datum: WGS 84
Altitud: 878 m.s.n.m



Acceso: Camino de Combarbalá a Cogotí, hasta el final, pasado el cementerio se encuentra con predio de Bauzá.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE REGULADOR NOCTURNO	
HACIENDA COGOTÍ - BAUZA	
CUENCA	
LIMARÍ	
SUB - CUENCA	
RÍO COGOTÍ	
FUENTE	
CANAL PAREDES	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
HACIENDA COGOTÍ - BAUZA	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	LIMARÍ
COMUNA:	COMBARBALÁ

COORDENADAS UTM	N	6.560.383
	E	314.380
DATUM	WGS 84	
ALTITUD m.s.n.m.	878	

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)	0,03
ALTURA DEL MURO (m)	11,20
ANCHO CORONAMIENTO (m)	2,30
LARGO CORONAMIENTO (m)	100,00
BORDE LIBRE (m)	0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	32	1,60	1
	EXTERNO	36	1,38	1

AÑO CONSTRUCCION	1996

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	
SIFON	4	
RIEGO TECNIFICADO	5	200 L/S

ESTADO	B	
AÑO REPARACION	NO	

AREA REGADA: 50 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: LATERAL	5	0,5

ESTADO	R	
AÑO REPARACION	NO	

EVACUADOR DE FOND	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION	NO		

POTENCIA GENERADA

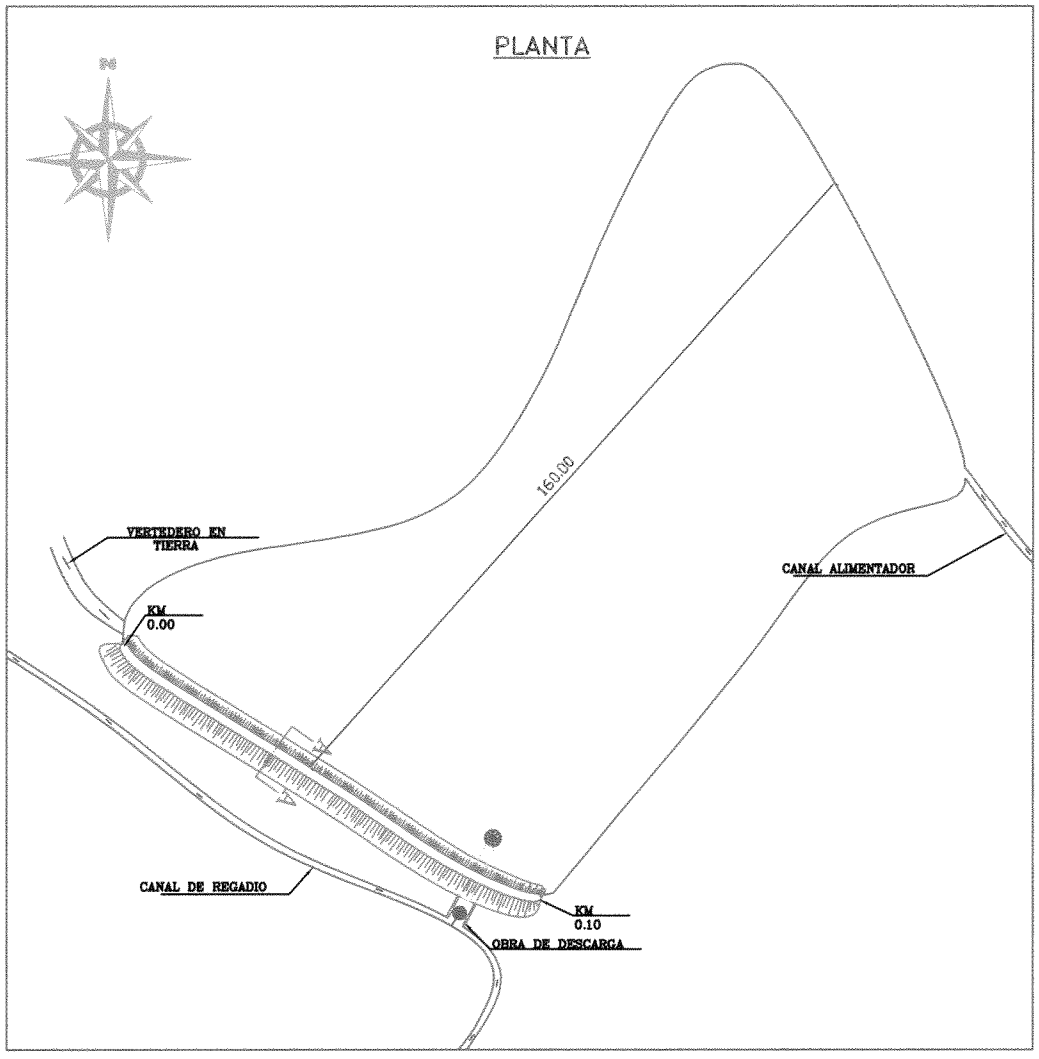
NO APLICA	KW *10^8	1
	HP	2

OBSERVACIONES: TRANQUE REGULACIÓN NOCTURNO. ANTIGÜEDAD DE 12 AÑOS. MURO CUBIERTO DE VEGETACIÓN. PRESENCIA DE ALGUNOS ARBOLES. VERTEDERO DE SEGURIDAD EN REGULAR ESTADO. EN CASO DE FALLA DEL MURO SOLO SE AFECTA PARRONALES.

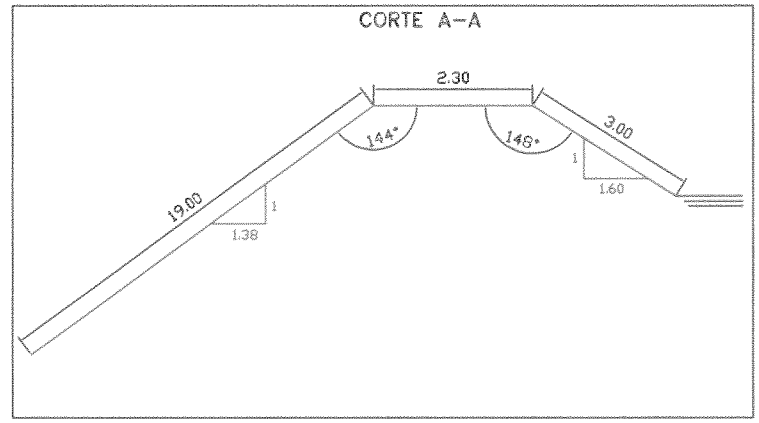
ESTADO GENERAL: REGULAR, DESCUIDADO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: CAMINO DE COMBARBALÁ A COGOTÍ, HASTA EL FINAL, PASDO EL CEMENTERIO SE ENCUENTRA CON PREDIO DE BAUZÁ.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE FUNDO BAUZA, HACIENDA COGOTÍ

COMUNA DE COMBARBALÁ

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

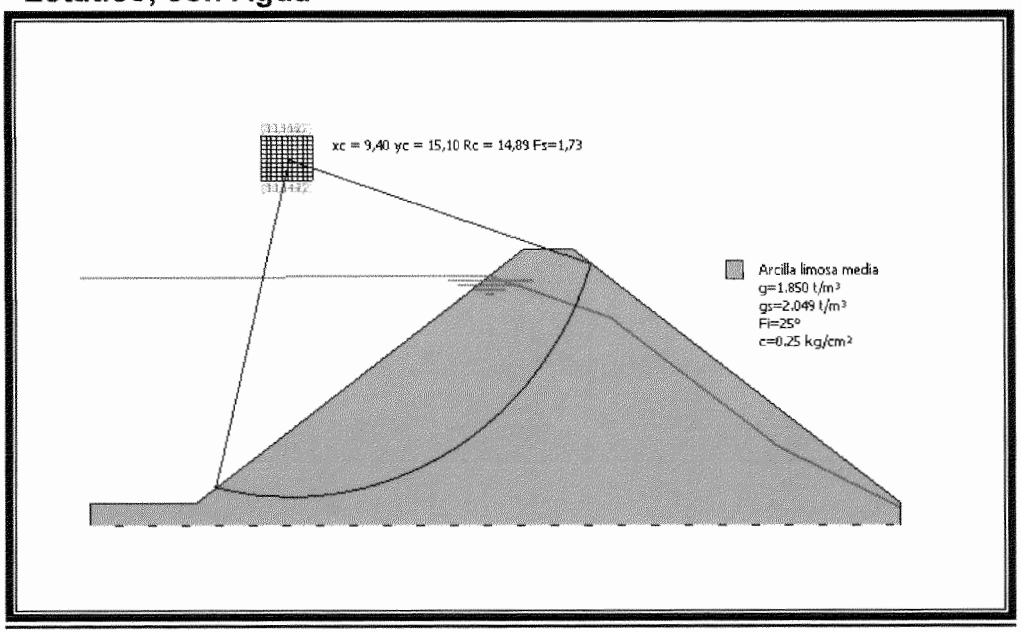
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

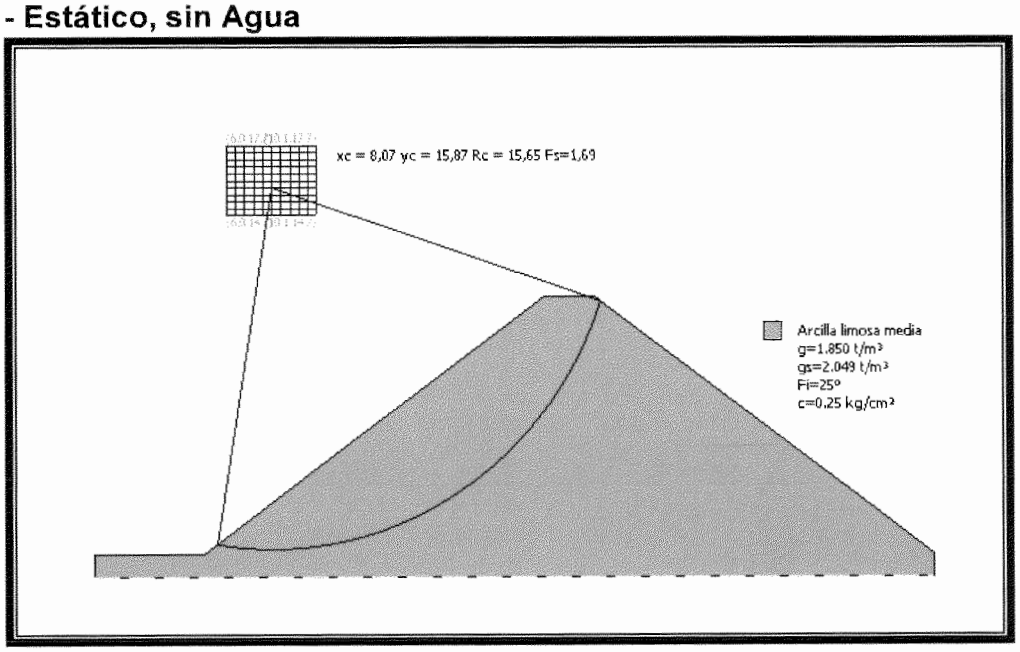
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

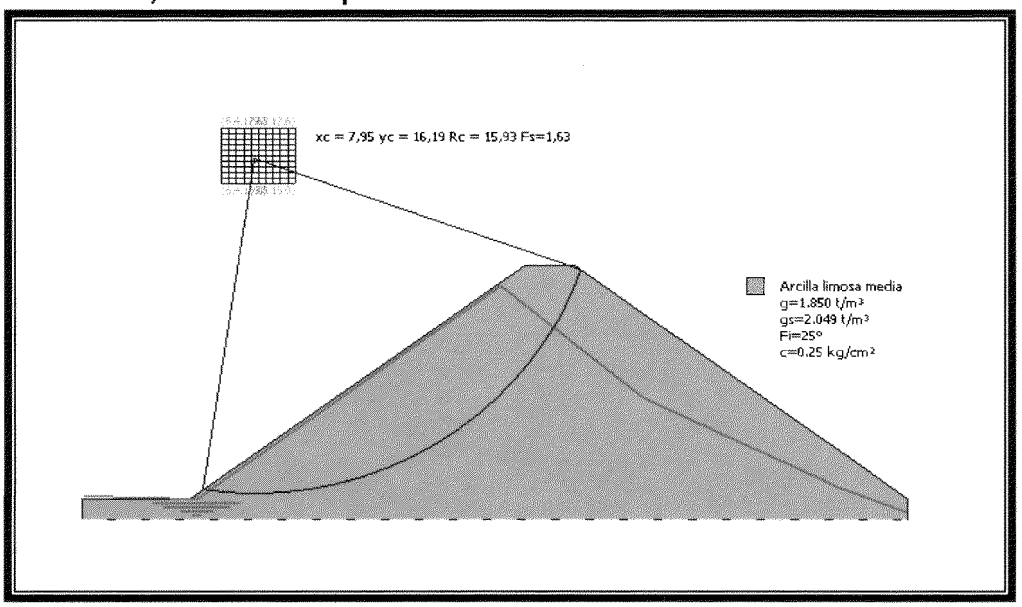
- Estático, con Agua



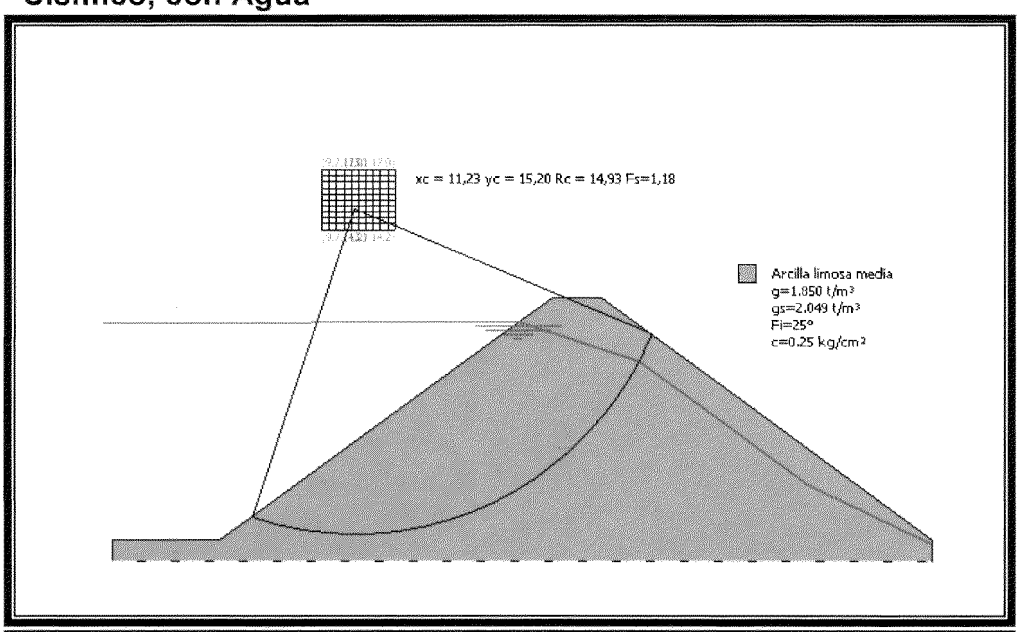
- Estático, sin Agua



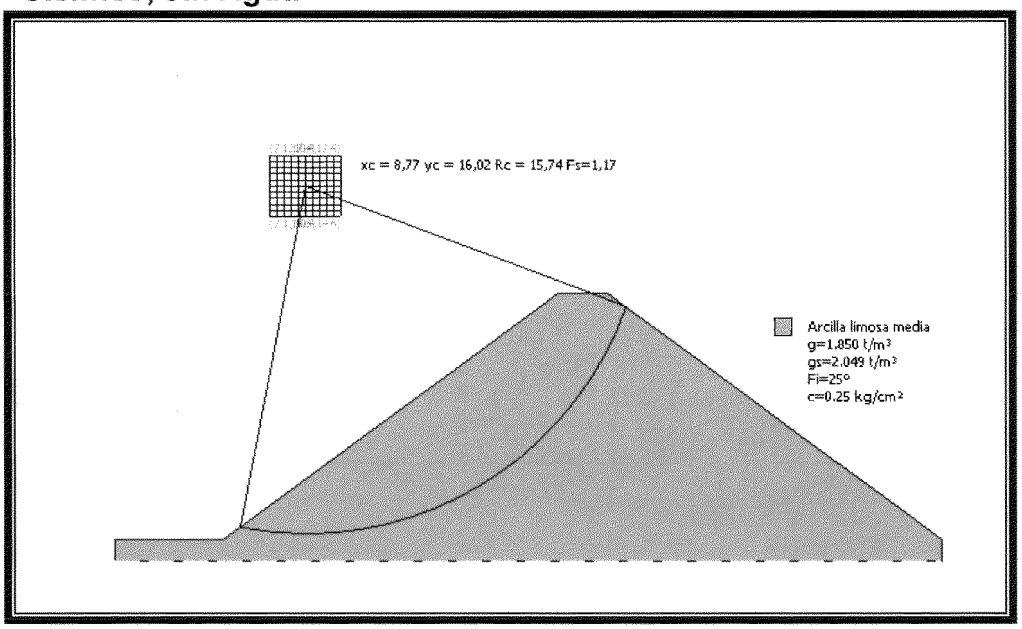
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

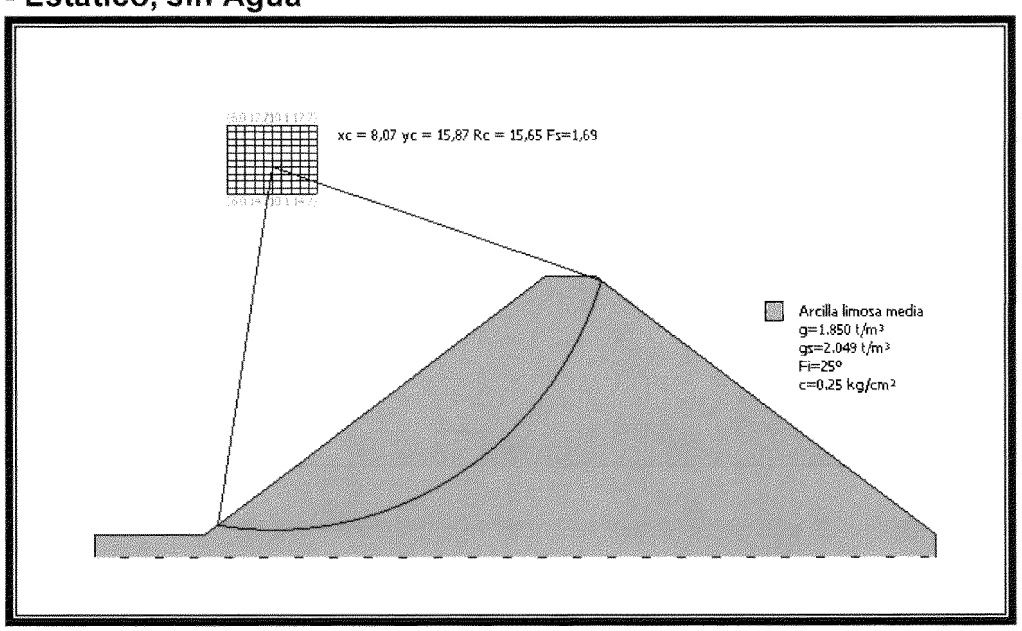


- Sísmico, sin Agua

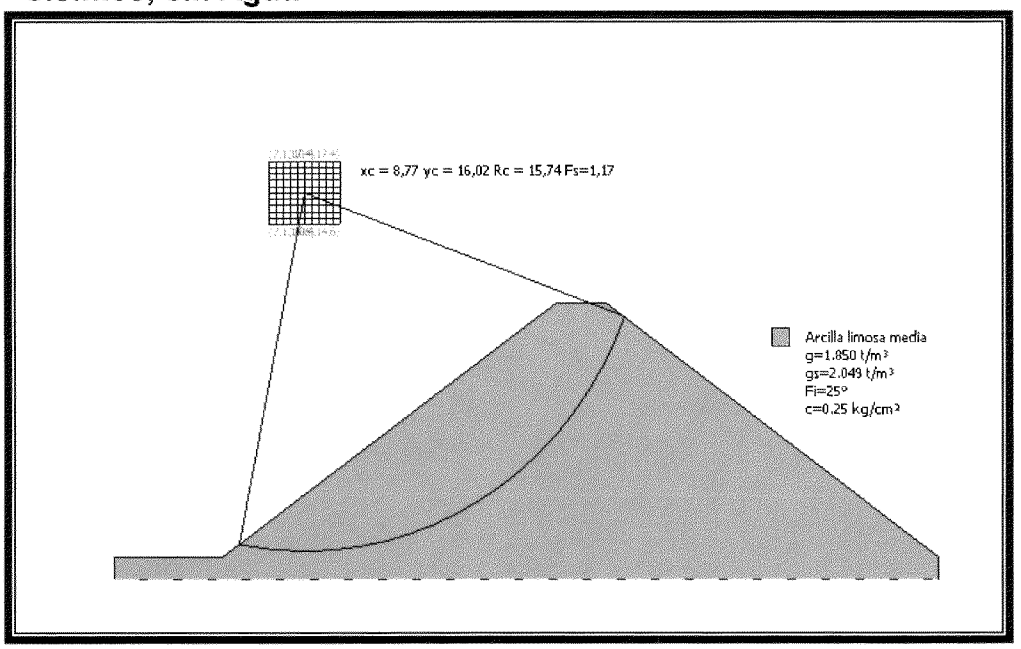


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

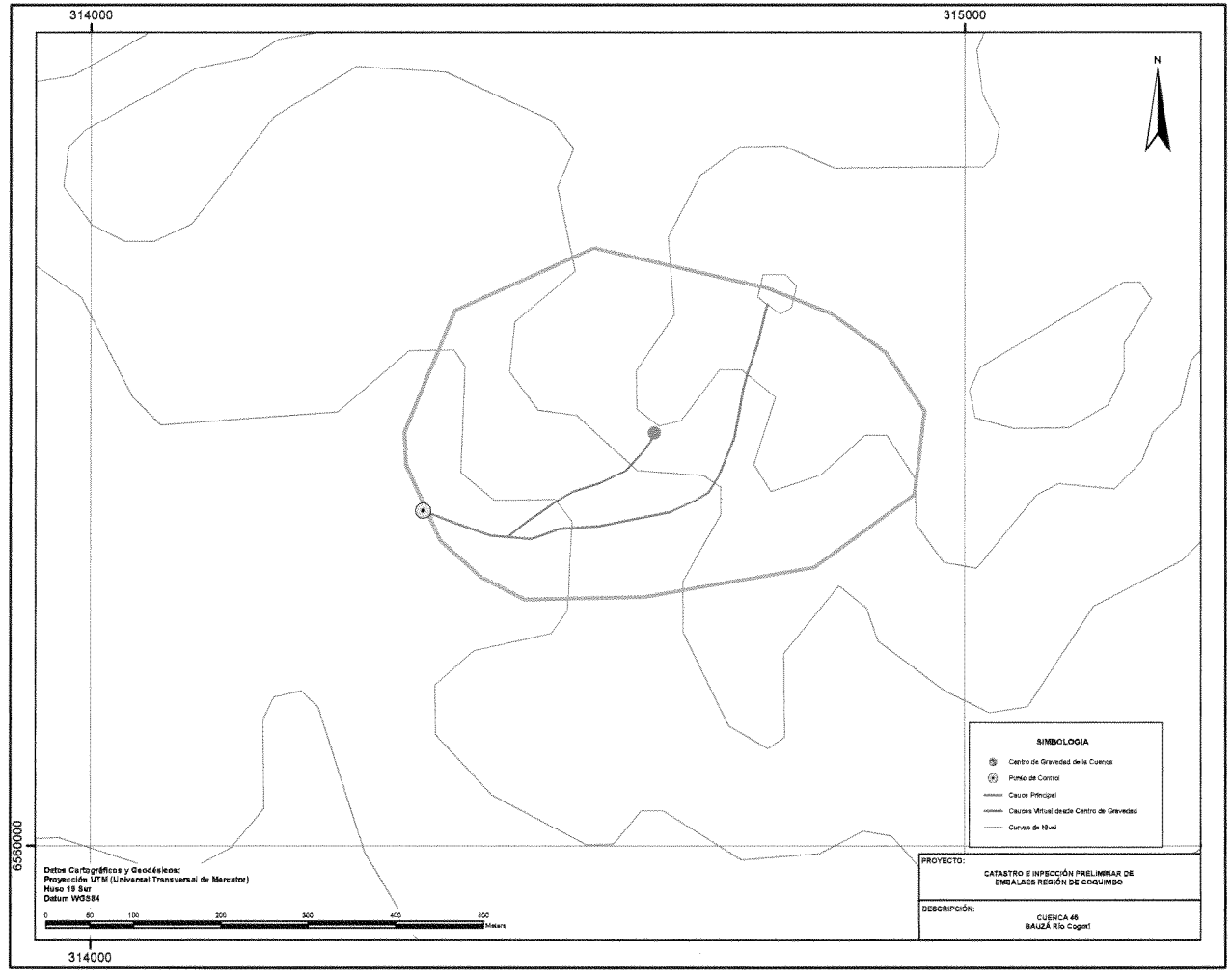


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 45.- BAUZA RÍO COGOTÍ

a) Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
45	BAUZA Río Cogotí	314.380	6.560.383	84 H19S	181.074	314.645	6.560.472	0,212997	75	568	313

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
45	BAUZA Río Cogotí	Jp	2	0,18	116	0,13	0,24	0,30	0,19	2,14	0,07	0,09	0,05
		Jp	5	0,18	116	0,13	0,61	0,66	0,56	2,14	0,17	0,19	0,16
		Jp	10	0,18	116	0,13	1,00	1,00	1,00	2,14	0,28	0,28	0,28
		Jp	20	0,18	116	0,13	1,51	1,61	1,40	2,14	0,43	0,46	0,40
		Jp	25	0,18	116	0,13	1,71	1,85	1,55	2,14	0,49	0,52	0,44
		Jp	50	0,18	116	0,13	2,41	2,76	2,06	2,14	0,68	0,78	0,58
		Jp	100	0,18	116	0,13	3,30	3,94	2,66	2,14	0,94	1,12	0,75

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
45	BAUZA Río Cogotí	IV.4	IV Limarí	2	0,18	116	0,476	55	0,180	0,440	0,079	0,02
		IV.4	IV Limarí	5	0,18	116	0,774	89	0,180	0,750	0,135	0,05
		IV.4	IV Limarí	10	0,18	116	1,000	116	0,180	1,000	0,180	0,09
		IV.4	IV Limarí	20	0,18	116	1,236	143	0,180	1,260	0,227	0,15
		IV.4	IV Limarí	25	0,18	116	1,273	147	0,180	1,360	0,245	0,16
		IV.4	IV Limarí	50	0,18	116	1,568	181	0,180	1,620	0,292	0,25
		IV.4	IV Limarí	100	0,18	116	1,838	212	0,180	1,910	0,344	0,36

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
45	BAUZA Río Cogotí	IV.4	IV Limarí	2	0,18	116	0,476	55	0,078	0,440	0,034	0,25	0,09	18,93	0,03
		IV.4	IV Limarí	5	0,18	116	0,774	89	0,078	0,750	0,059	0,25	0,09	30,78	0,09
		IV.4	IV Limarí	10	0,18	116	1,000	116	0,078	1,000	0,078	0,25	0,09	39,76	0,16
		IV.4	IV Limarí	20	0,18	116	1,236	143	0,078	1,260	0,098	0,25	0,09	49,15	0,24
		IV.4	IV Limarí	25	0,18	116	1,273	147	0,078	1,360	0,106	0,25	0,09	50,62	0,27
		IV.4	IV Limarí	50	0,18	116	1,568	181	0,078	1,620	0,126	0,25	0,09	62,35	0,40
		IV.4	IV Limarí	100	0,18	116	1,838	212	0,078	1,910	0,149	0,25	0,09	73,09	0,55

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
45	BAUZA RÍO COGOTÍ	2	0,07	0,02	0,03	0,04	0,07
		5	0,17	0,05	0,09	0,10	0,17
		10	0,28	0,09	0,16	0,18	0,28
		20	0,43	0,15	0,24	0,27	0,43
		25	0,49	0,16	0,27	0,31	0,49
		50	0,68	0,25	0,40	0,44	0,68
		100	0,94	0,36	0,55	0,62	0,94

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría A (altura muro= 11,2 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 250 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 250 años)= 2,01 m3/s

➢ Determinación de Filtraciones

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Bauzá existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Bauza	12,01	19,16

➢ Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Bauzá.

TALUDES EMBALSE BAUZÁ

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Bauza	Dx	15,37	Dx	15,37
	Dy	11,17	Dy	11,17

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Bauza	1,73	1,69	1,63	1,18	1,17

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Bauza	1,69	1,17

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Bauzá no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Bauzá, se tiene lo siguiente:

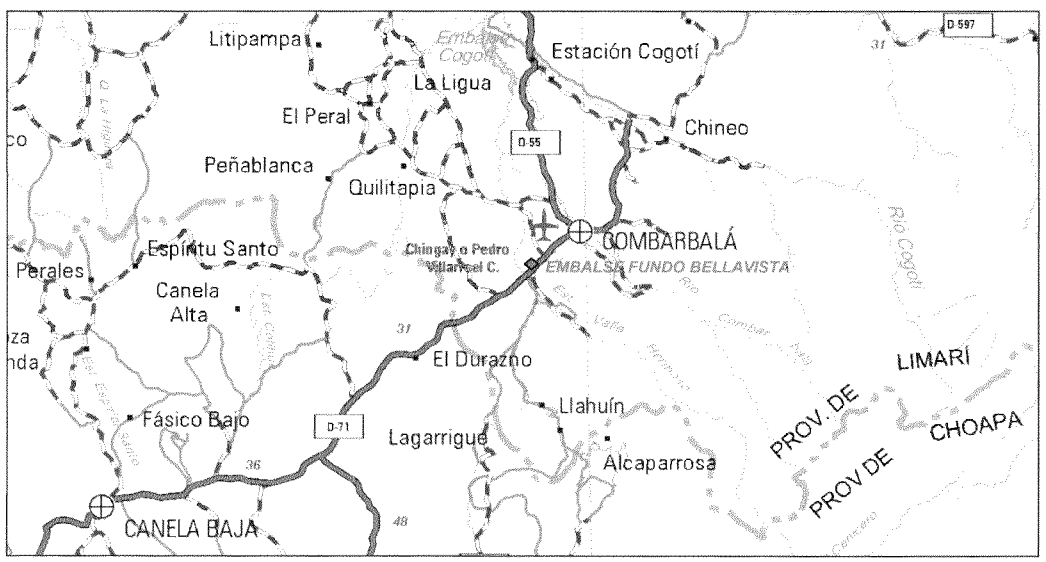
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
11,2	250	2,01	0,50	0,95	0,6	0,8	0,7	0,5	0,5	0,5	0,40	18,8%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 18,8 %

5.3.46 Embalse Fundo Bellavista

Ubicado en la comuna de Combarbalá, provincia de Limari.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.547.899 E: 306.558 Datum: WGS 84
Altitud: 882 m.s.n.m



Acceso: Ruta D71, Combarbalá Canela, km 2,5, al costado poniente de la carretera.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

FUNDO BELLAVISTA
ANDACOLLO INVERSIONES

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CUENCA
LIMARÍ

SUB - CUENCA
RIO COMBARBALÁ

FUENTE
CANAL BELLAVISTA - RÍO COMBARBALÁ

CODIGO

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
ANDACOLLO INVERSIONES

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	LIMARÍ
COMUNA:	COMBARBALÁ

COORDENADAS UTM		
	N °	6.547.899
	E	306.558

DATUM	w	G	S	8	4

ALTITUD m.s.n.m.	882

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,15
ALTURA DEL MURO (m)		13,40
ANCHO CORONAMIENTO (m)		1,40
LARGO CORONAMIENTO (m)		170,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	33	1,54	1
	EXTERNO	34	1,48	1

AÑO CONSTRUCCION	1999

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1	
CON SALIDA AL CANAL	2	
TUBERIA FORZADA	3	150 L/S
SIFON	4	
OTRO SISTEMA	5	

AREA REGADA: 40 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR: LATERAL	5	0,5

EVACUADOR DE FOND			
	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6	1
	HP	2

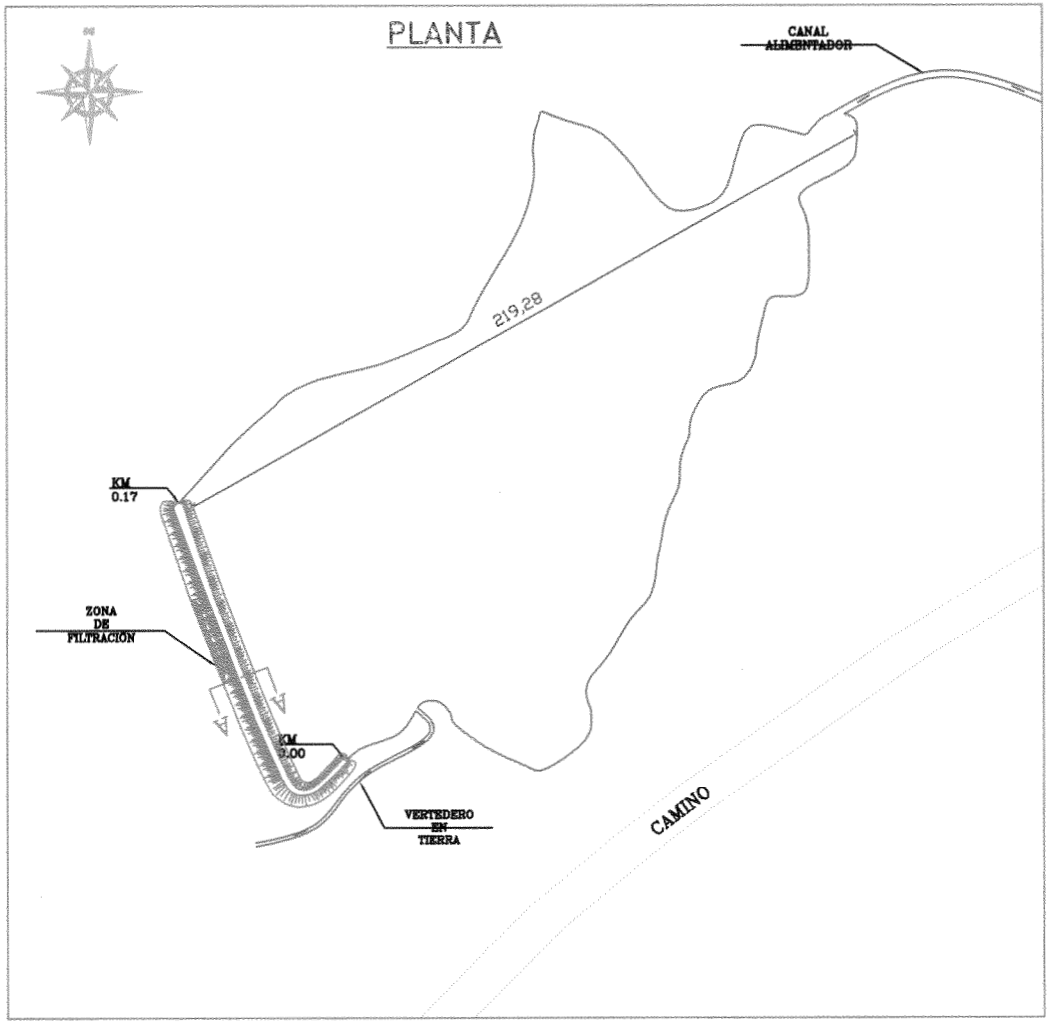
ESTADO	R
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: MURO INICIALMENTE CONSTRUIDO CON ARCILLA Y GRAVA. EN FORMA POSTERIO SE AUMENTA SU ALTURA DEPOSITANDO ESTERIL DE MINA SIN COMPACTAR Y SIN CONTROL GRANULOMÉTRICO. NO SE HA COMPACTADO. MURO FILTRA, GENERA PEQUEÑA LAGUNA AGUAS ABAJO. EL EMBALSE SE ABASTECE DE RIO COMBARBALÁ A TRAVÉS DE CANAL BELLAVISTA. EN CASO DE FALLA, ZONA DE INUNDACIÓN ES PRADERA, CONDUCE A QUEBRADAS. EXISTE BODEGA EN COSTADO DE RUTA DE INUNDACIÓN, PEQUEÑA PROBABILIDAD DE QUE SE AFECTE POR INUNDACIÓN.

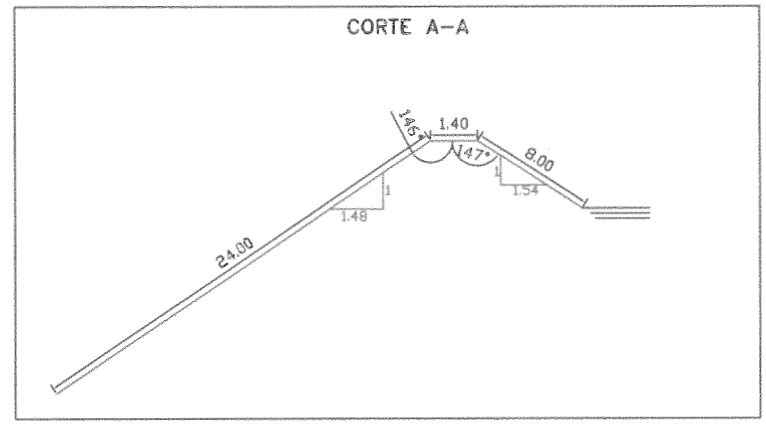
ESTADO GENERAL: MALO, MURO NO SE HA TRATADO EN FORMA CORRECTA. SE DEBE COMPACTAR Y NO VERTER MATERIAL NO CONTROLADO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: RUTA D 71, COMBARBALÁ CANELA, KM 2.5, AL COSTADO PONIENTE DE LA CARRETERA.

PLANTA



CORTE A-A



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE FUNDO BELLAVISTA ANDACOLLO INVERSIONES

COMUNA DE COMBARBALÁ

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

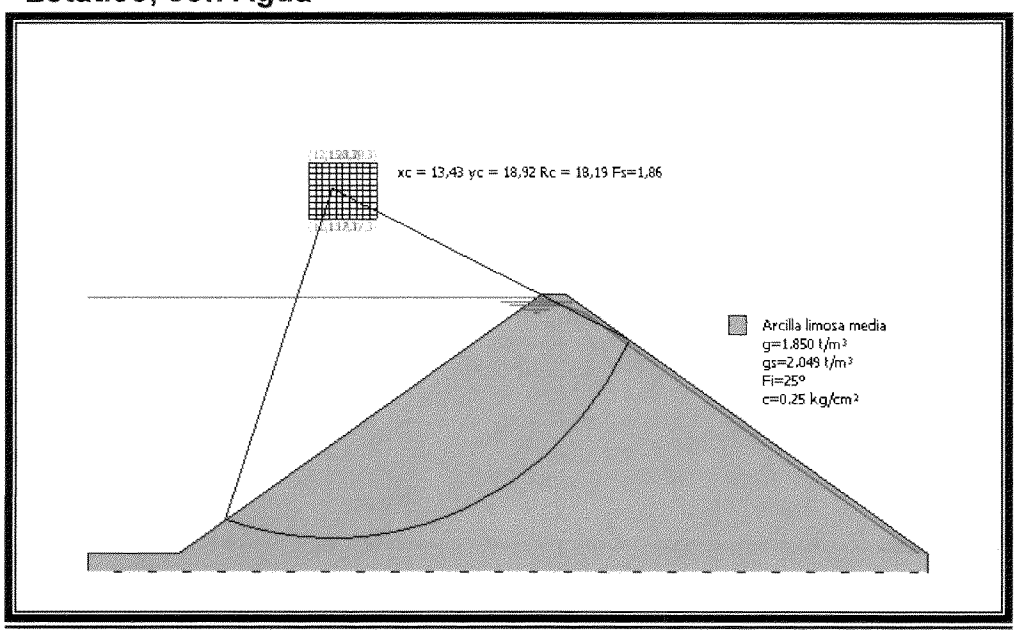
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

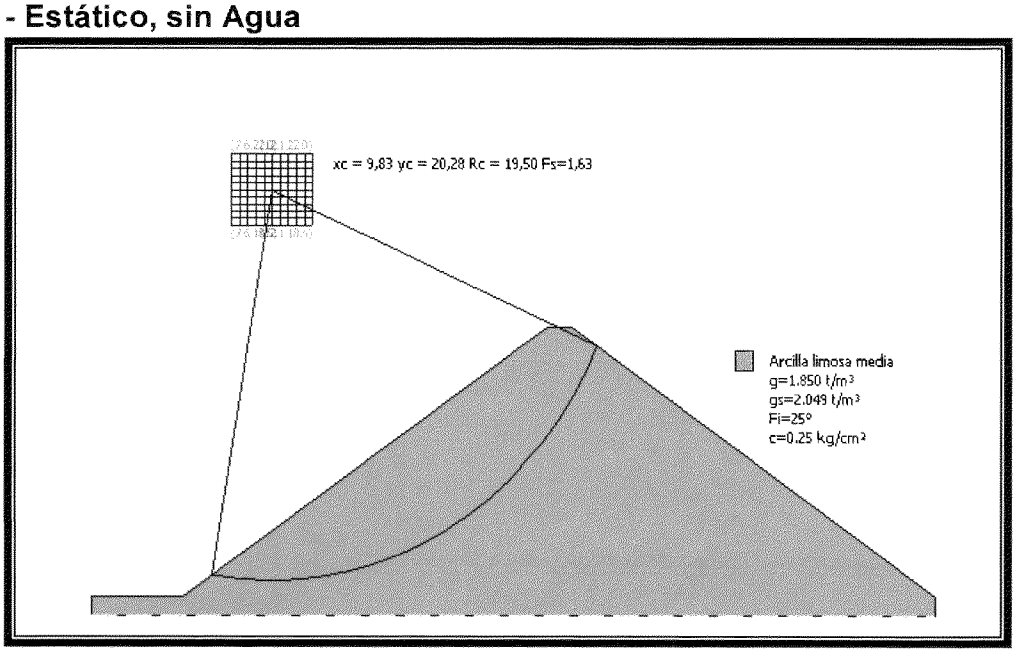
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

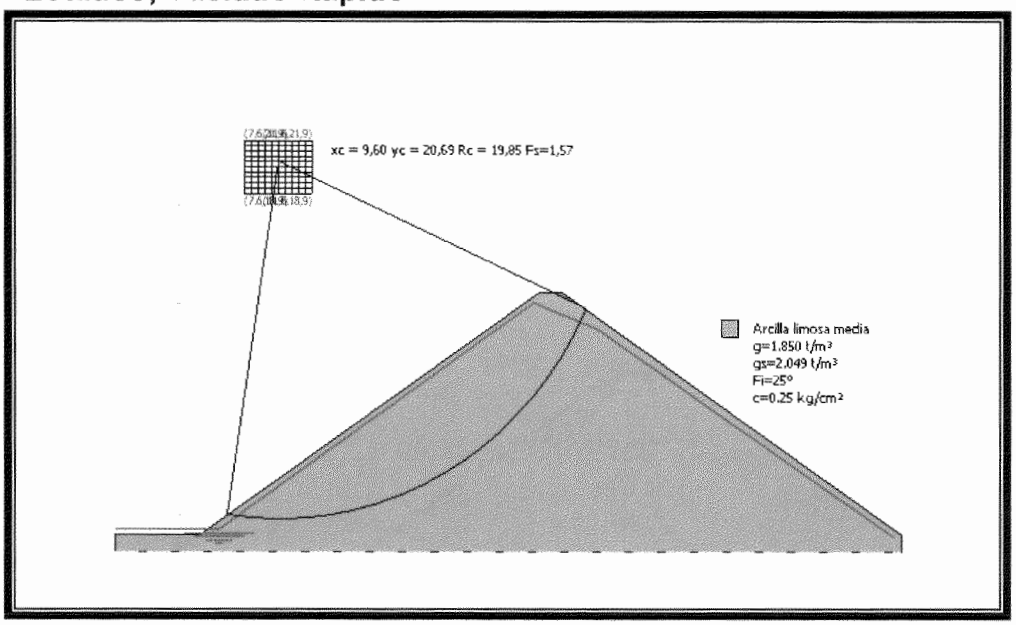
- Estático, con Agua



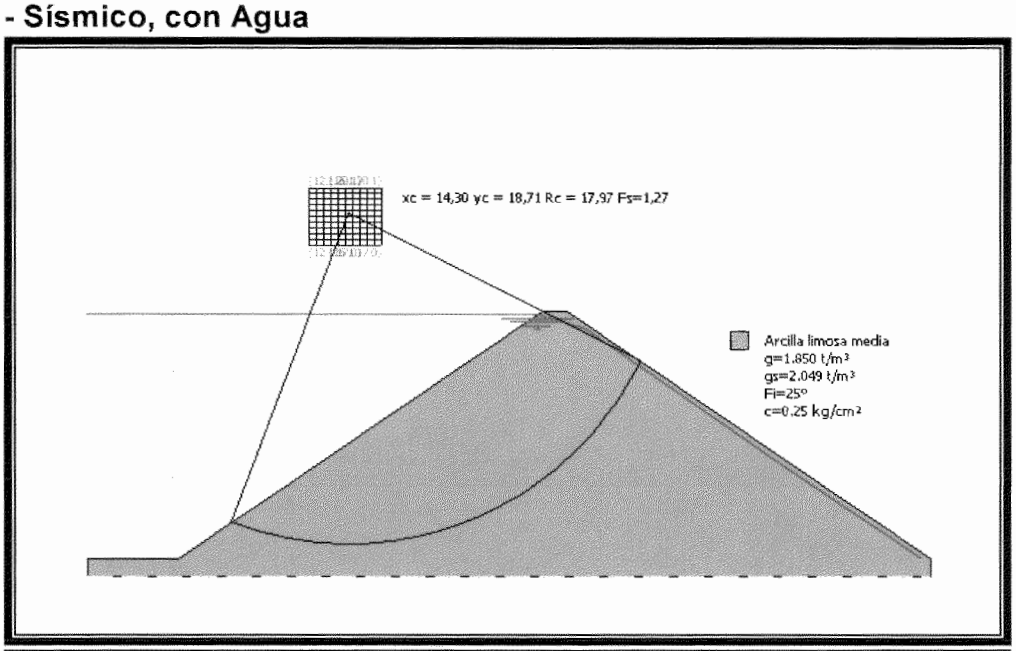
- Estático, sin Agua



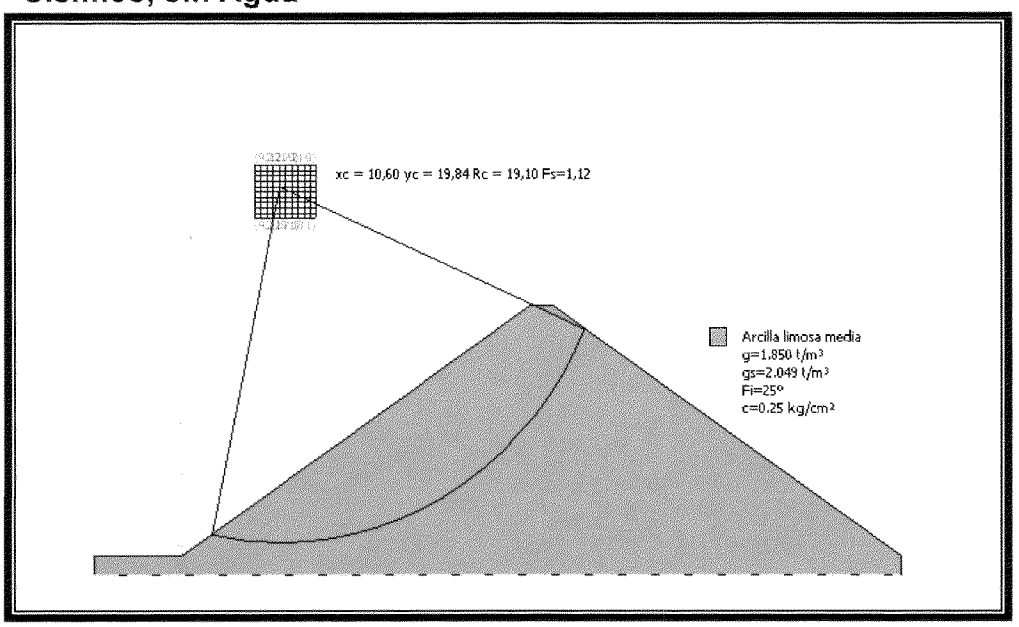
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

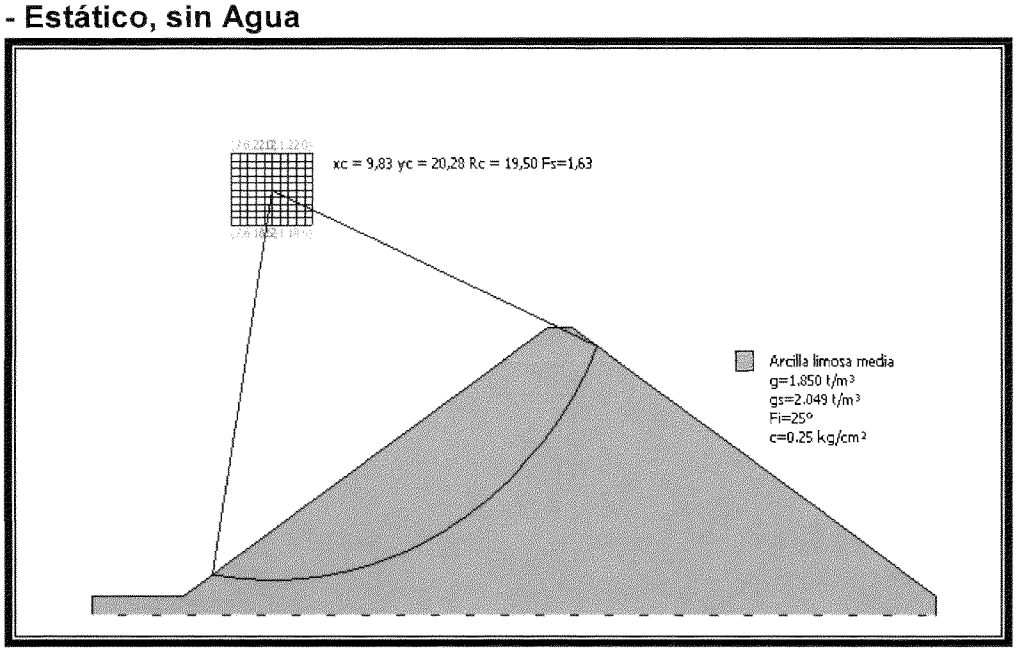


- Sísmico, sin Agua

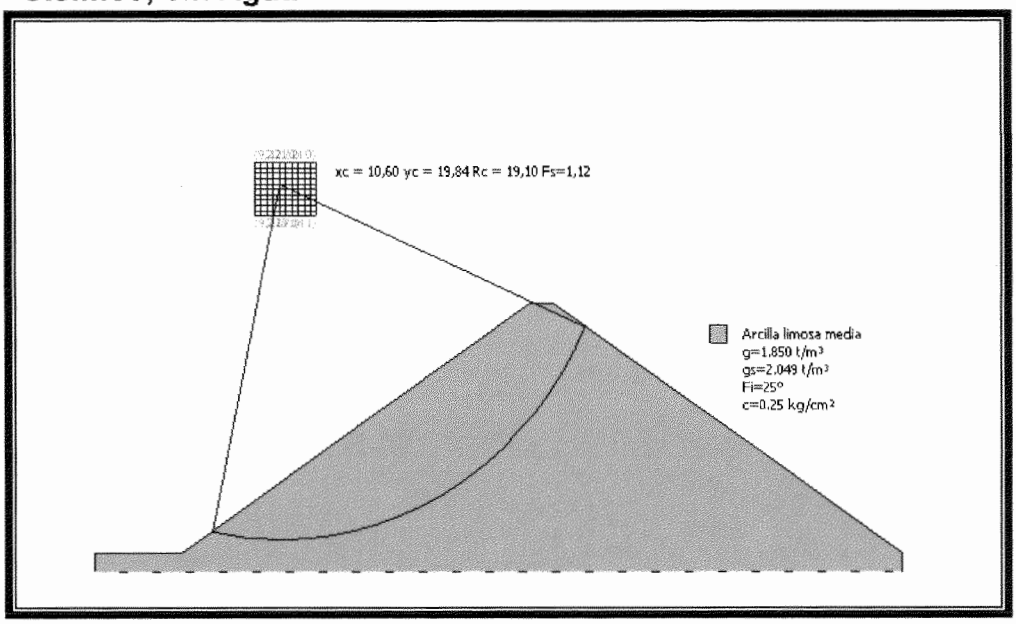


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



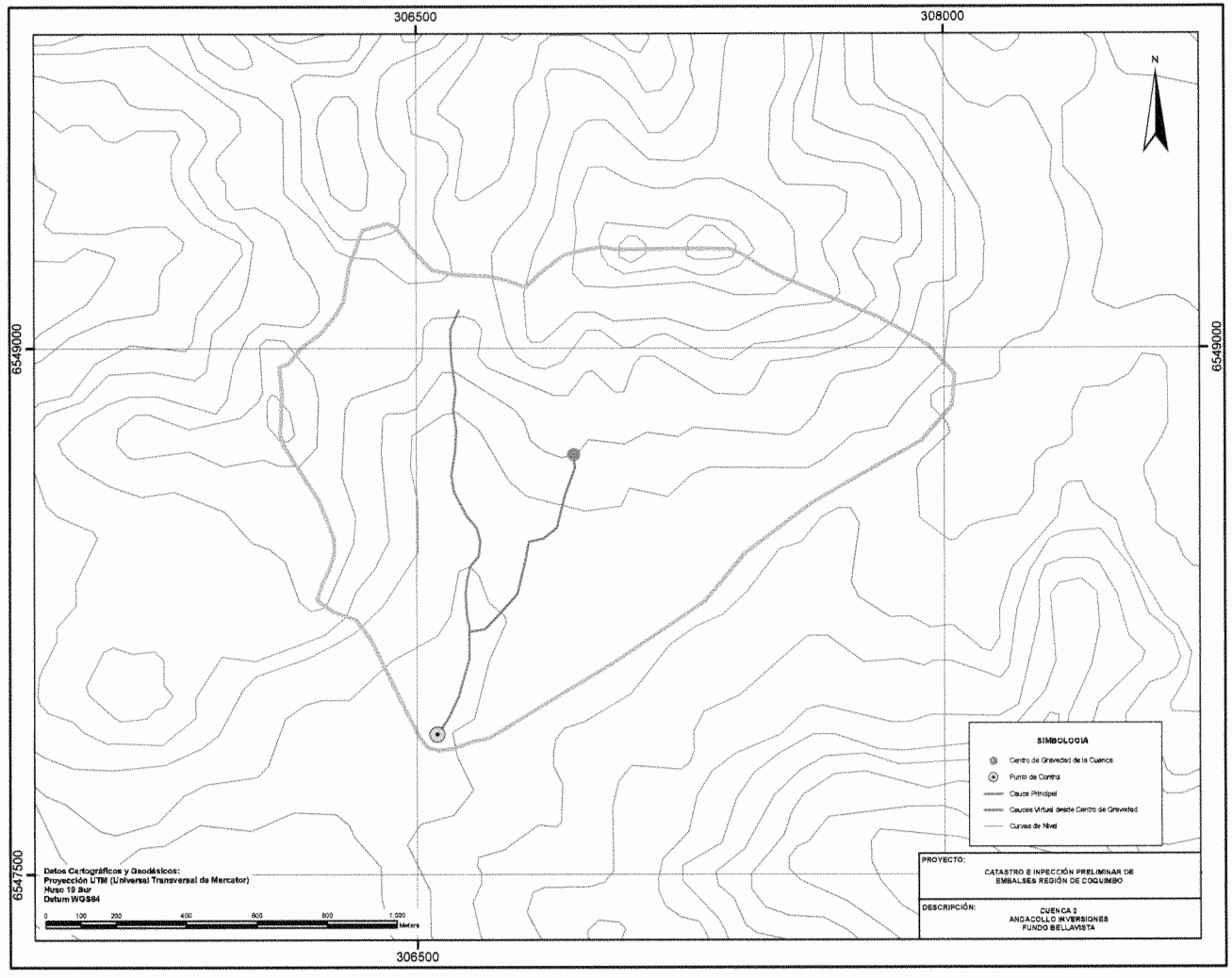
- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 46.- ANDACOLLO INVERSIONES – FUNDO BELLAVISTA



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
46	ANDACOLLO INVERSIONES FUNDO BELLAVISTA	306.558	6.547.899	84 H19S	1.743.683	306.946	6.548.697	0,188330	200,0	1271,70	957,00

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
46	ANDACOLLO INVERSIONES FUNDO BELLAVISTA	Jp	2	1.74	110	0.66	0.24	0.30	0.19	2.14	0.34	0.42	0.27
		Jp	5	1.74	110	0.66	0.61	0.66	0.56	2.14	0.86	0.93	0.79
		Jp	10	1.74	110	0.66	1.00	1.00	1.00	2.14	1.41	1.41	1.41
		Jp	20	1.74	110	0.66	1.51	1.61	1.40	2.14	2.13	2.28	1.98
		Jp	25	1.74	110	0.66	1.71	1.85	1.55	2.14	2.42	2.61	2.19
		Jp	50	1.74	110	0.66	2.41	2.76	2.06	2.14	3.41	3.90	2.91
		Jp	100	1.74	110	0.66	3.30	3.94	2.66	2.14	4.66	5.57	3.76

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
46	ANDACOLLO INVERSIONES FUNDO BELLAVISTA	IV.4	IV Limarí	2	1.74	110	0.476	52	0.180	0.440	0.079	0.11
		IV.4	IV Limarí	5	1.74	110	0.774	85	0.180	0.750	0.135	0.34
		IV.4	IV Limarí	10	1.74	110	1.000	110	0.180	1.000	0.180	0.62
		IV.4	IV Limarí	20	1.74	110	1.236	136	0.180	1.260	0.227	1.01
		IV.4	IV Limarí	25	1.74	110	1.273	140	0.180	1.360	0.245	1.13
		IV.4	IV Limarí	50	1.74	110	1.568	172	0.180	1.620	0.292	1.75
		IV.4	IV Limarí	100	1.74	110	1.838	202	0.180	1.910	0.344	2.51

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
46	ANDACOLLO INVERSIONES FUNDO BELLAVISTA	IV.4	IV Limarí	2	1.74	110	0.476	52	0.078	0.440	0.034	0.27	0.09	17.44	0.29
		IV.4	IV Limarí	5	1.74	110	0.774	85	0.078	0.750	0.059	0.27	0.09	28.36	0.80
		IV.4	IV Limarí	10	1.74	110	1.000	110	0.078	1.000	0.078	0.27	0.09	36.65	1.38
		IV.4	IV Limarí	20	1.74	110	1.236	136	0.078	1.260	0.098	0.27	0.09	45.29	2.16
		IV.4	IV Limarí	25	1.74	110	1.273	140	0.078	1.360	0.106	0.27	0.09	46.65	2.40
		IV.4	IV Limarí	50	1.74	110	1.568	172	0.078	1.620	0.126	0.27	0.09	57.46	3.52
		IV.4	IV Limarí	100	1.74	110	1.838	202	0.078	1.910	0.149	0.27	0.09	67.36	4.86

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
46	ANDACOLO INVERSIONES FUNDO BELLAVISTA	2	0,34	0,11	0,29	0,25	0,34
		5	0,86	0,34	0,80	0,67	0,86
		10	1,41	0,62	1,38	1,14	1,41
		20	2,13	1,01	2,16	1,77	2,16
		25	2,42	1,13	2,40	1,98	2,42
		50	3,41	1,75	3,52	2,89	3,52
		100	4,66	2,51	4,86	4,01	4,86

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría B (altura muro= 13,4 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 500 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 500 años)= 16,67 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Fundo Bellavista existe riesgo de filtración, debido a que L´< C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Fundo Bellavista	14,73	18,00

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Fundo Bellavista.

TALUDES EMBALSE FUNDO BELLAVISTA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Fundo Bellavista	Dx	19,90	Dx	19,90
	Dy	13,42	Dy	13,42

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Fundo Bellavista	1,86	1,63	1,57	1,27	1,12

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Fundo Bellavista	1,63	1,12

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Fundo Bellavista no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Fundo Bellavista, se tiene lo siguiente:

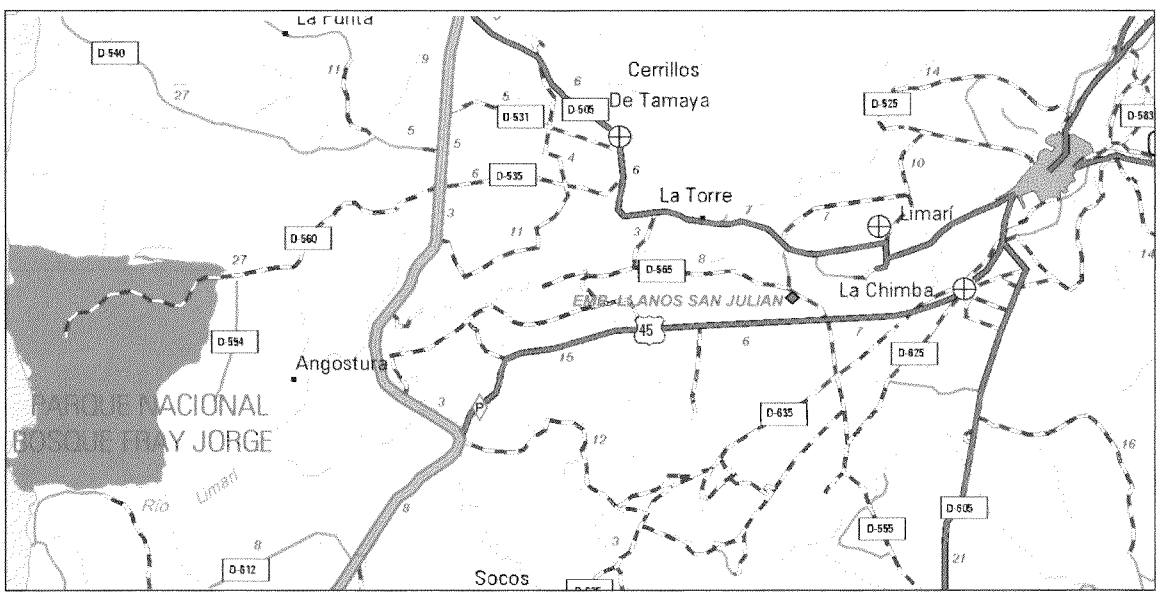
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
13,4	500	16,67	0,50	0,95	0,6	0,8	0,7	0,5	0,5	0,5	0,60	28,2%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 28,2 %

5.3.47 Embalse Contador de Frutos Llanos San Julián

Ubicado en la comuna de Ovalle, provincia de Limari.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.606.385 E: 278091 Datum: WGS 84
Altitud: 263 m.s.n.m



Acceso: Ruta 45, Ovalle a ruta 5 norte, km 13. Desviarse al norte por camino a San Julián, 800 m.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

CONTADOR FRUTOS	
LLANOS SAN JULIÁN	
CUENCA	
LIMARÍ	
SUB - CUENCA	
FUENTE	
CANAL COGOTÍ	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
CONTADOR FRUTOS	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM	N °	6.606.385
	E	278.091

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	263

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	LIMARÍ
COMUNA:	OVALLE

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,10
ALTURA DEL MURO (m)		18,20
ANCHO CORONAMIENTO (m)		5,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		270,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	23	1,54	1
	EXTERNO	36	1,38	1

AÑO CONSTRUCCION	2008

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B		
AÑO REPARACION		NO	

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	200 L/S
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

ESTADO	B		
AÑO REPARACION		NO	

AREA REGADA

60 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1	
VERT. POZO O BOCINA		2	
VERT. DE ALCANTARIL		3	
VERT. DE SIFON		4	
OTR: FRONTAL		5	1,5

ESTADO	B		
AÑO REPARACION		NO	

EVACUADOR DE FOND	S		1		
	N	x	2		
CAPACIDAD M3/SEG					
ESTADO					
AÑO REPARACION			NO		

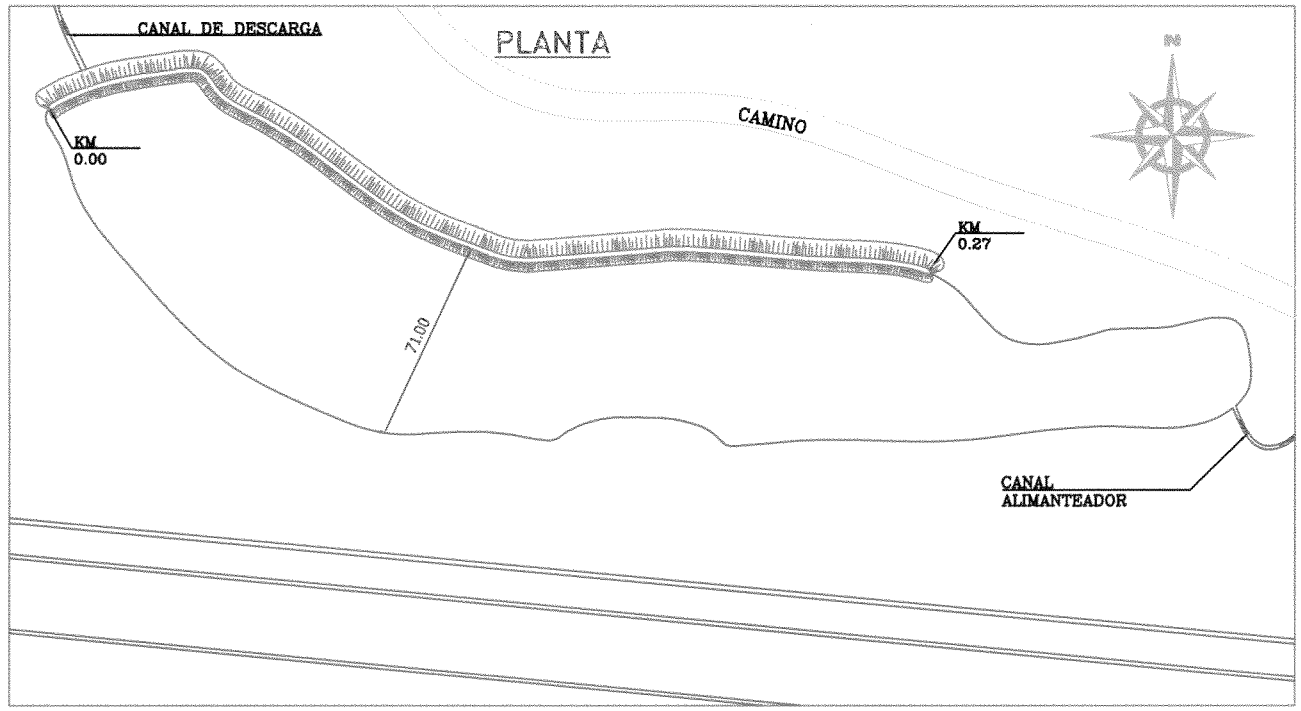
POTENCIA GENERADA

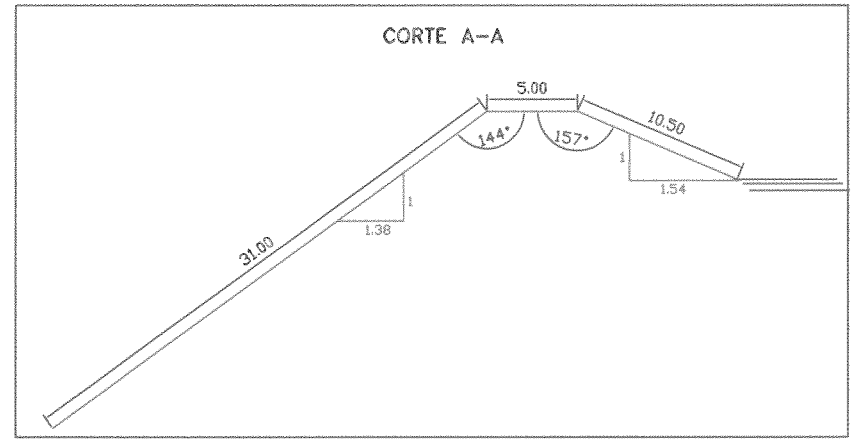
NO APLICA	KW *10^6	1	
	HP	2	

OBSERVACIONES: EMBALSE REVESTIDO TOTALMENTE CON MEMBRANA PLÁSTICA. DE RECIENTE CONSTRUCCIÓN. UBICACIÓN AL COSTADO DE CAMINO A CUENCA DE RÍO LIMARI, ZONA PRODUCTIVA CON UNA SERIE DE LOCALIDADES Y ACTIVIDAD ECONÓMICA. EN CASO DE FALLA SE PERJUDICARÁ EL CAMINO MENCIONADO. EL EMBALSE TIENE SOLO UNA PARTE DE MURO ARTIFICIAL, EL RESTO ES EXCAVADO EN EL CERRO, ES SUELO NATURAL. EN LA PARTE MAS CRÍTICA TIENE UN MURO DE CONTENCIÓN QUE SIRVE DE PARAPETO ANTE POSIBLES RODADOS EVITANDO QUE CAIGAN AL CAMINO.

ESTADO GENERAL: BUENO. SE DEBE MONITOREAR PERMANENTEMENTE LA EXISTENCIA DE GRIETAS EN EL CORONAMIENTO DEL MURO. SE DEBEN EVITAR TODO TIPO DE DERRUMBES.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN RUTA 45, OVALLE A RUTA 5 NORTE, KM 13. DESVIARSE AL NORTE POR CAMINO A SAN JULIAN, 800M.





"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE LLANOS SAN JULIAN – CONTADOR FRUTOS

COMUNA DE OVALLE

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

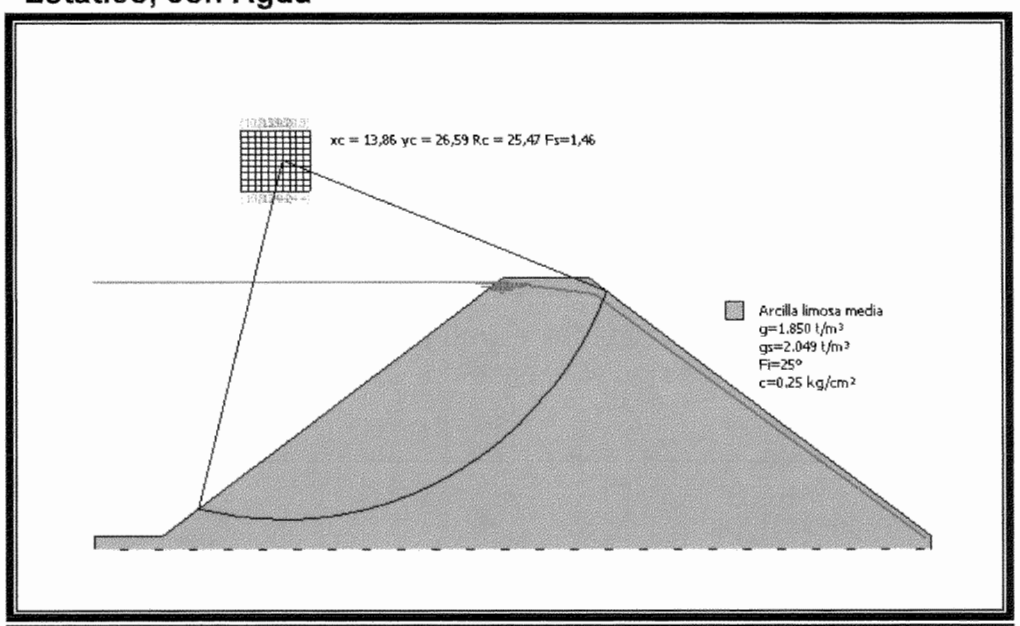
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

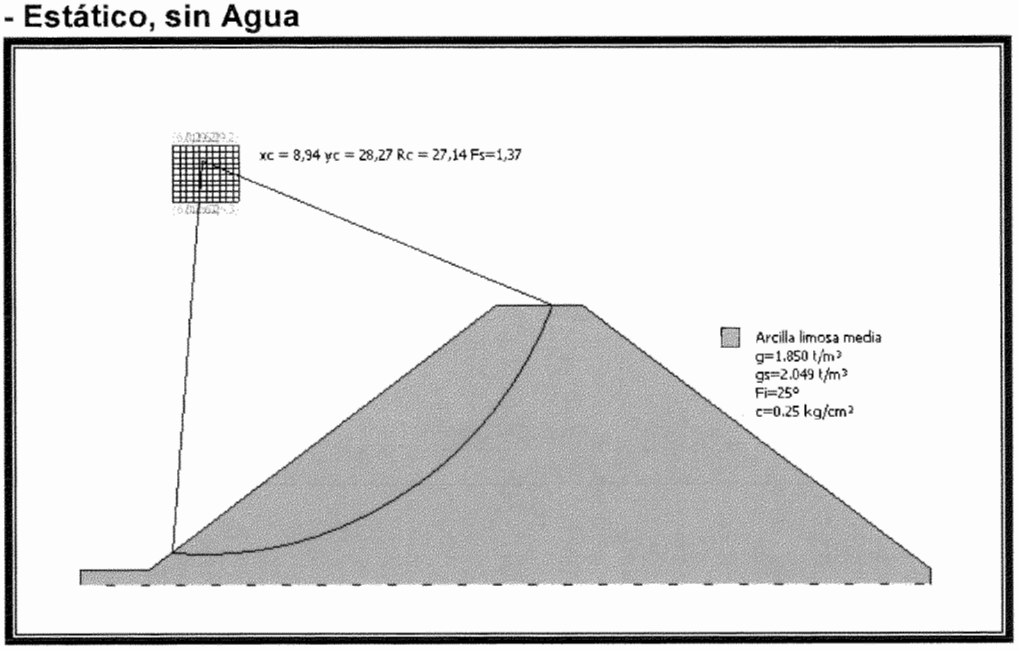
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

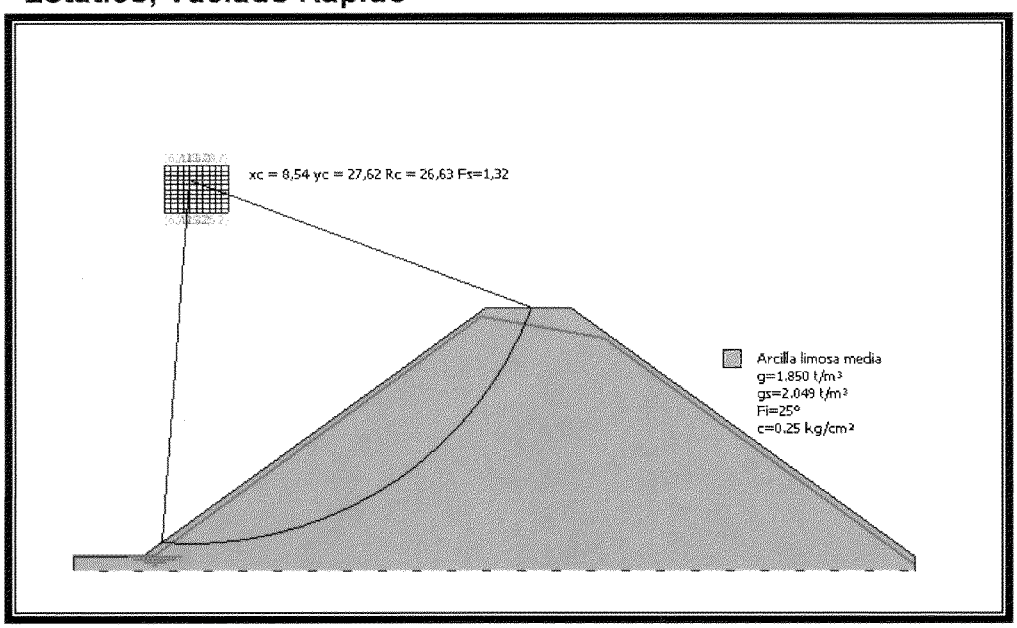
- Estático, con Agua



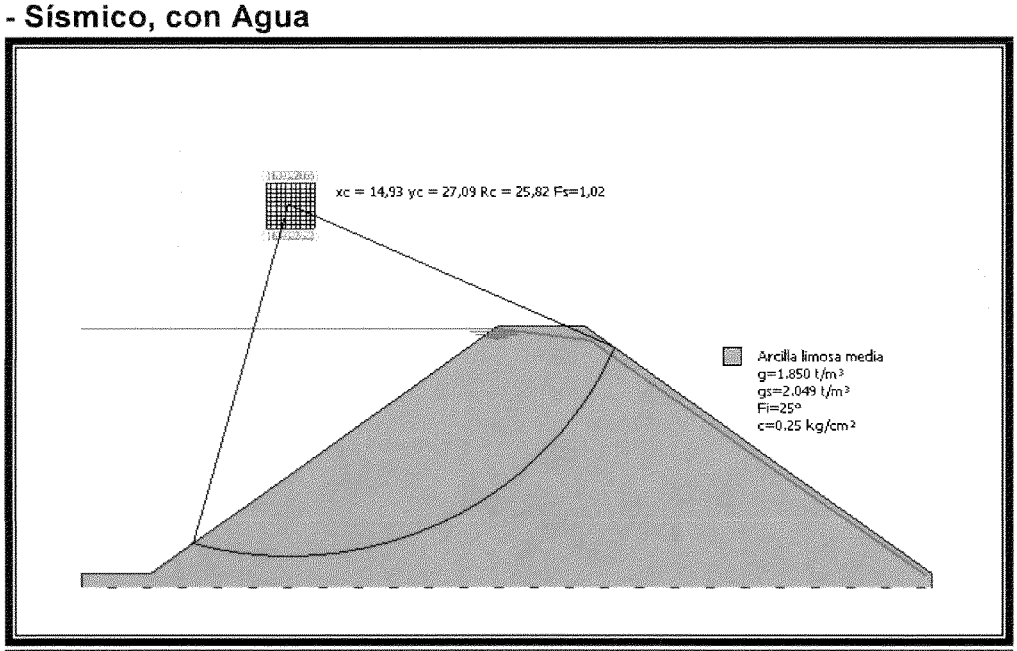
- Estático, sin Agua



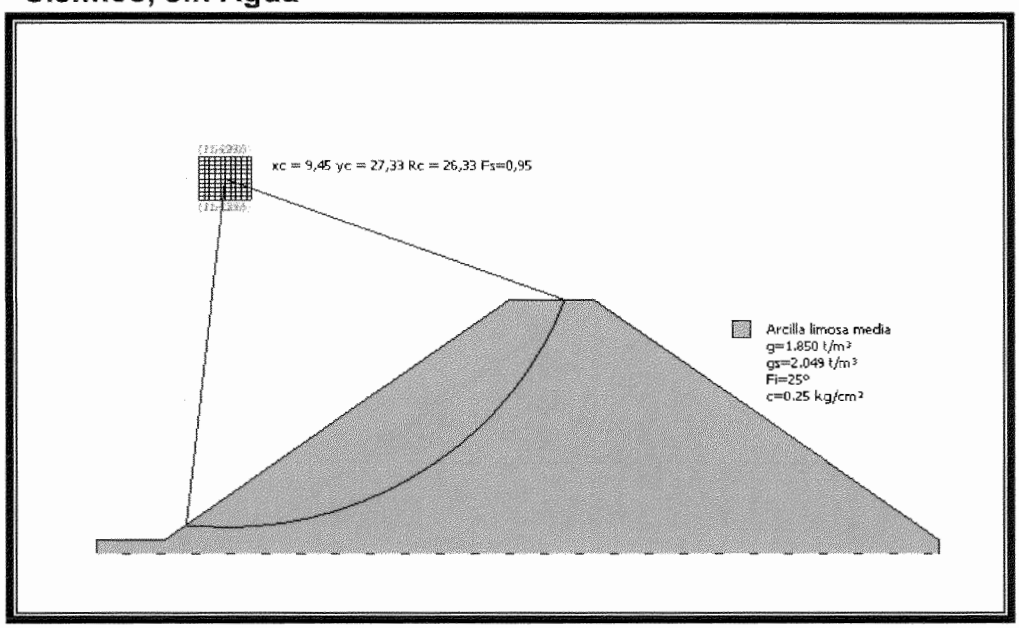
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

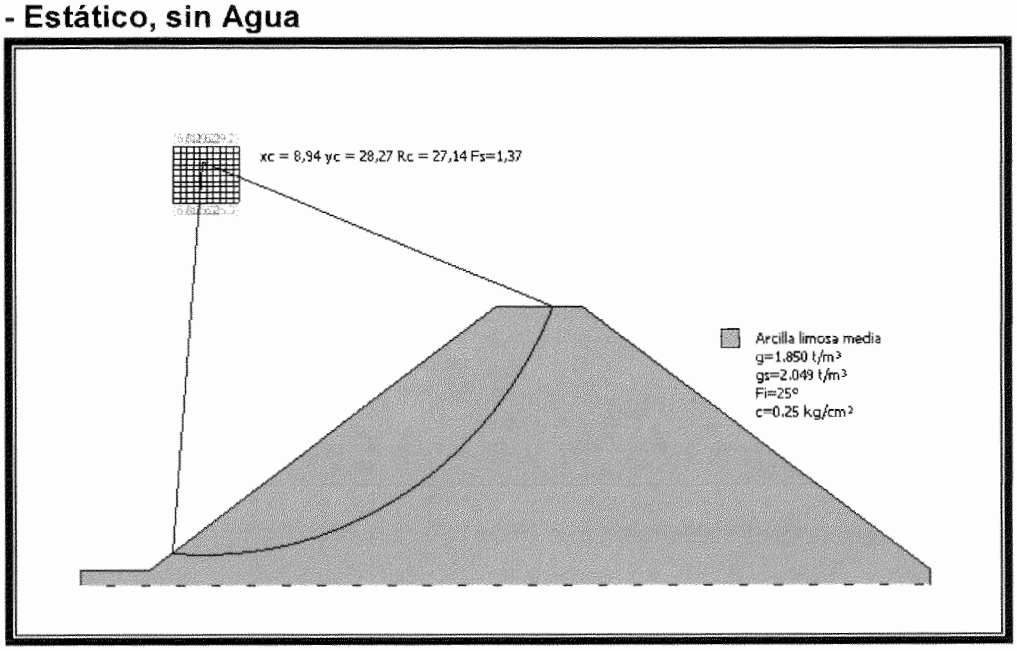


- Sísmico, sin Agua

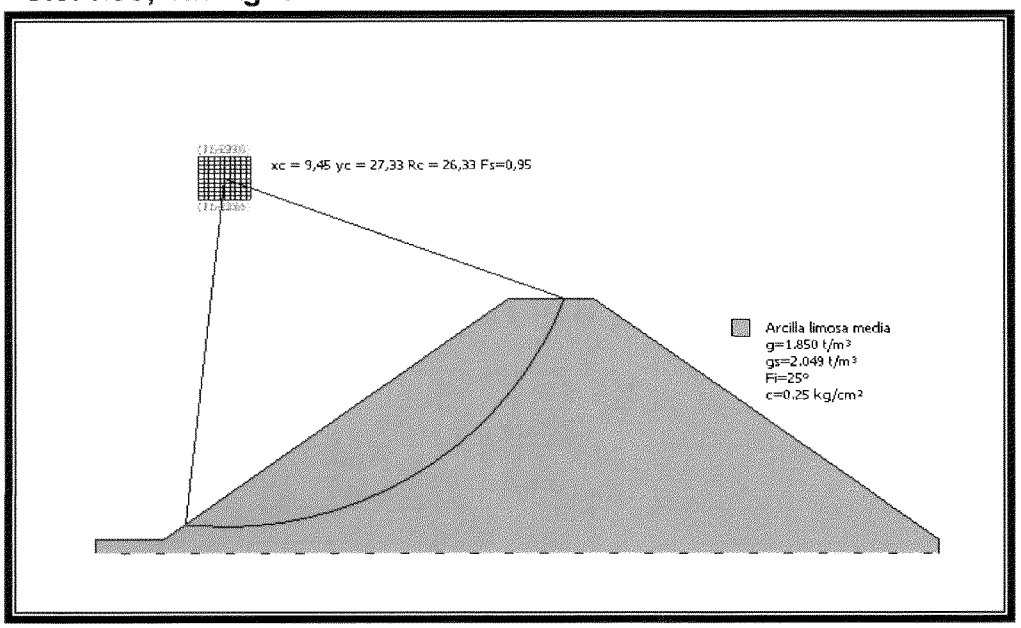


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

Este embalse no tiene cuenca aportante.

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Llanos de San Julián no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Llanos de San Julián	19,79	15,44

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Llanos de San Julián.

TALUDES EMBALSE LLANOS DE SAN JULIÁN

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Llanos de San Julián	Dx	25,08	Dx	25,08
	Dy	18,22	Dy	18,22

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Llanos de San Julián	1,46	1,37	1,32	1,02	0,95

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Llanos de San Julián	1,37	0,95

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. < 1,0 en caso sísmico sin agua talud aguas arriba y talud aguas abajo.

➢ Aplicación de Hazop

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.

E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El riesgo para este evento, considerando la inestabilidad de la presa para el caso sísmico con y sin agua es:

p = 10 % → Se estima que el período de retorno para este tipo de sismo es de 1 en 10 años.

V = 80 % → La vulnerabilidad del tranque esta dada por la posibilidad de que este sismo produzca daños a la estructura.

E= en este caso, debido a que los efectos de la posible falla es diferente en algunos casos, el listado de embalses se han agrupado y asignado un porcentaje de acuerdo con:

Tranque de relaves que si falla afecta esteros: E= 80 %
Resto de los embalses/tranques: E= 15 %

De acuerdo con lo anterior, el riesgo total del sistema para el embalse Llanos de San Julián será:

P= 10 %
V= 65 %
E= 15 %

Riesgo Total= 0,98 %

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Llanos de San Julián, se tiene lo siguiente:

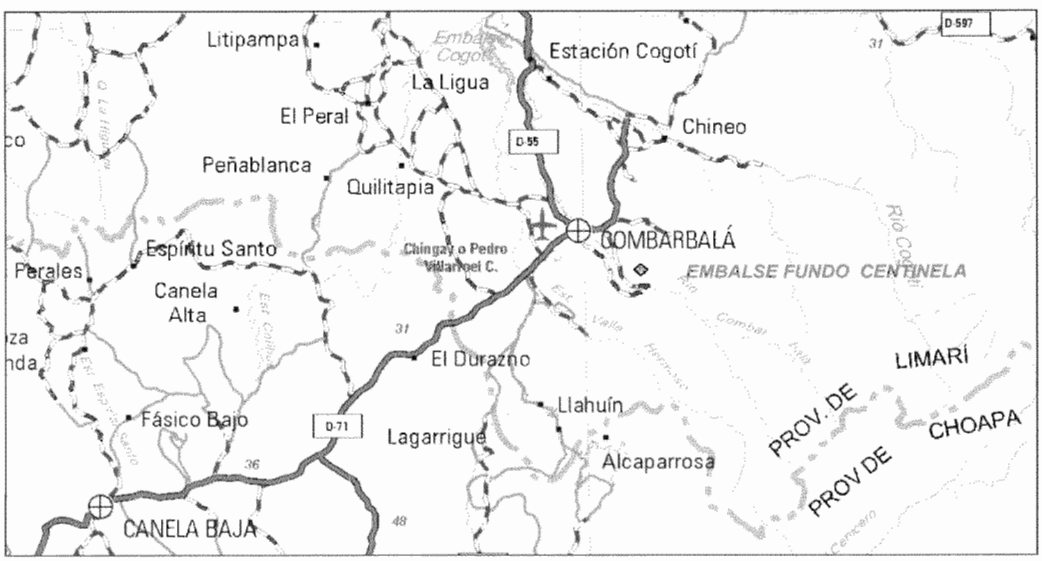
Altura Muro	T	Caudal	CAUDAL (m3/s)	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	[años]	[m3/s]	CRECIDAS		Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
18,2	500	sin cuenca	1,5		0,6	1,0	0,9	0,6	0,4	0,0	0,05	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.3.48 Embalse Fundo Centinela

Ubicado en la comuna de Combarbalá, provincia de Limari.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.547.297 E: 312027 Datum: WGS 84
Altitud: 974 m.s.n.m



Acceso: Camino Combarbalá a Chineo, km 2,2. Desde ese punto 3,1 km hacia el sur oriente, por la cuenca del Río Combarbalá es adyacente al camino.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

EMBALSE CENTINELA	
FUNDO CENTINELA S.A	
RÍO COGOTÍ	
CUENCA	
SUB - CUENCA	
FUENTE	
NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL	
FUNDO CENTINELA S.A	

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	LIMARÍ
COMUNA:	COMBARBALÁ

COORDENADAS UTM	N °	6.547.297
	E	312.027

DATUM	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	974

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,06
ALTURA DEL MURO (m)		13,30
ANCHO CORONAMIENTO (m)		6,50
LARGO CORONAMIENTO (m)		230,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	35	1,43	1
	EXTERNO	32	1,60	1

AÑO CONSTRUCCION	2004

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA — CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO	1		
CON SALIDA AL CANAL	2	150 L/S	
TUBERIA FORZADA	3		
SIFON	4		
OTRO SISTEMA	5		

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA: 37.5 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS — CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE	1	
VERT. POZO O BOCINA	2	
VERT. DE ALCANTARIL	3	
VERT. DE SIFON	4	
OTR:LATERAL	5	2,5

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

EVACUADOR DE FOND			
	S		1
	N	x	2
CAPACIDAD M3/SEG			
ESTADO			
AÑO REPARACION		NO	

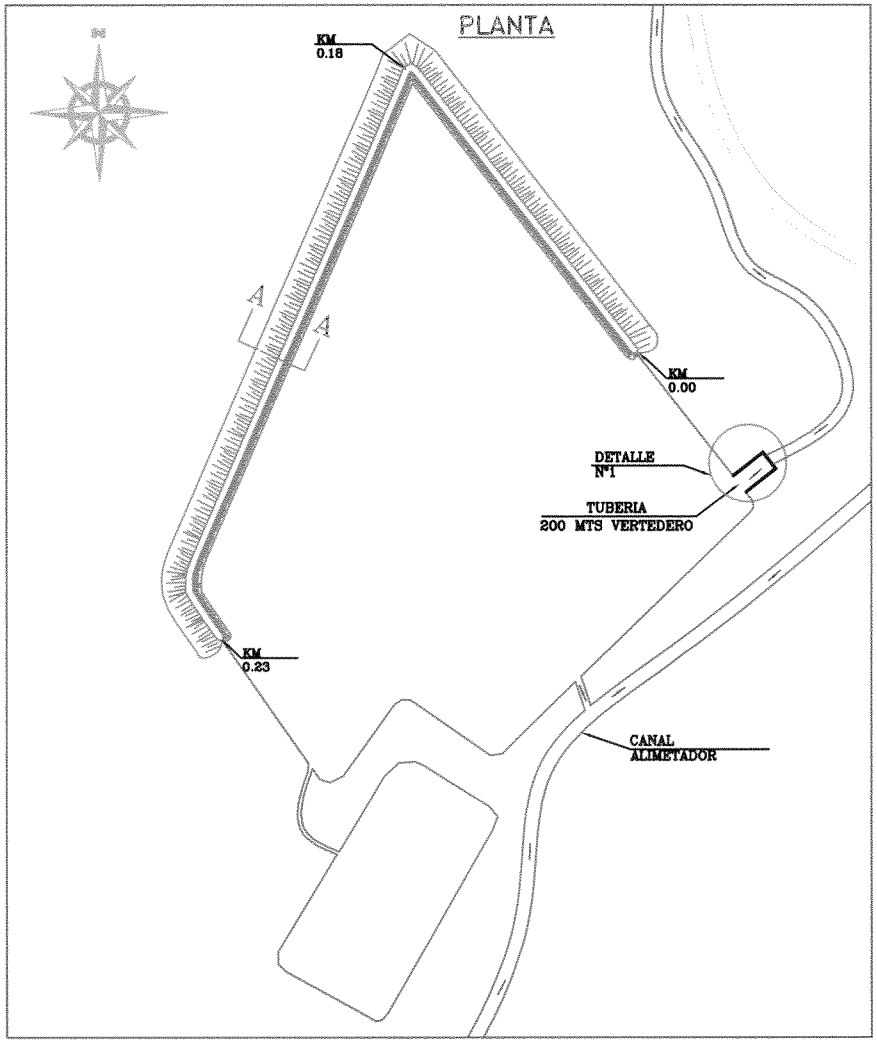
POTENCIA GENERADA

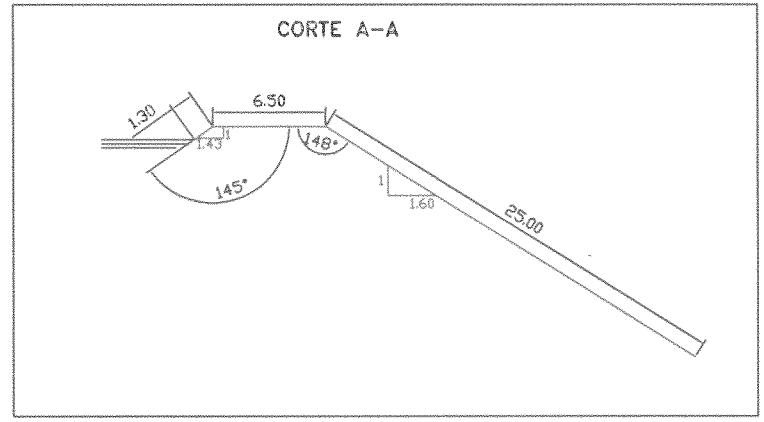
NO APLICA	KW *10^5		1
	HP		2

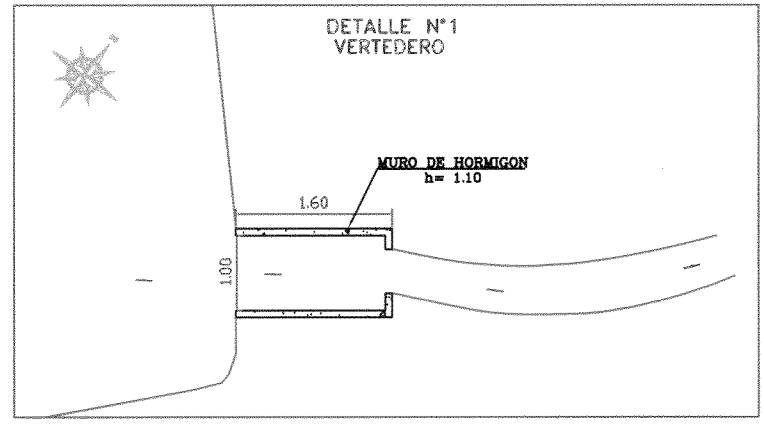
OBSERVACIONES: SISTEMA DE EMBALSES EN SERIE COMPUESTO DE UNO PEQUEÑO Y UNO MAYOR. EL EMBALSE GRANDE ESTÁ EN PROCESO DE REGULARIZACIÓN EN LA DGA, A LA FECHA DE LA VISITA HA PRESENTADO TODOS SUS ANTECEDENTES A ESA DIRECCIÓN.
EL MURO DEL EMBALSE ESTÁ FORMADO POR UN NUCLEO Y DIENTE DE ARCILLA, MATERIAL ARCILLOSO Y GRANULAR EN LOS BORDES.
SE OBSERVA QUE CONTINUAMENTE SE HA DEPOSITADO MATERIAL EN EL TALUD EXTERNO PERO NO REVISTE PROBLEMAS PARA EL EMBALSE.
EN CASO DE FALLA EL ÁREA AFECTADA SON LOS CULTIVOS DEL FUNDO, PARRONES Y FRUTALES. NO AFECTA POBLACIÓN.

ESTADO GENERAL: BUENO.

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: CAMINO COMBARBALÁ A CHINEO, KM 2.2. DESDE ESE PUNTO 3.1 KM HACIA EL SUR ORIENTE, POR LA CUENCA DEL RIO COMBARBALÁ. EMBALSE ES ADYACENTE AL CAMINO.







"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE FUNDO CENTINELA
COMUNA DE COMBARBALÁ

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático:
  - Con Agua
  - Sin Agua
  - Vaciado Rápido
- Sísmico
  - Con agua
  - Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

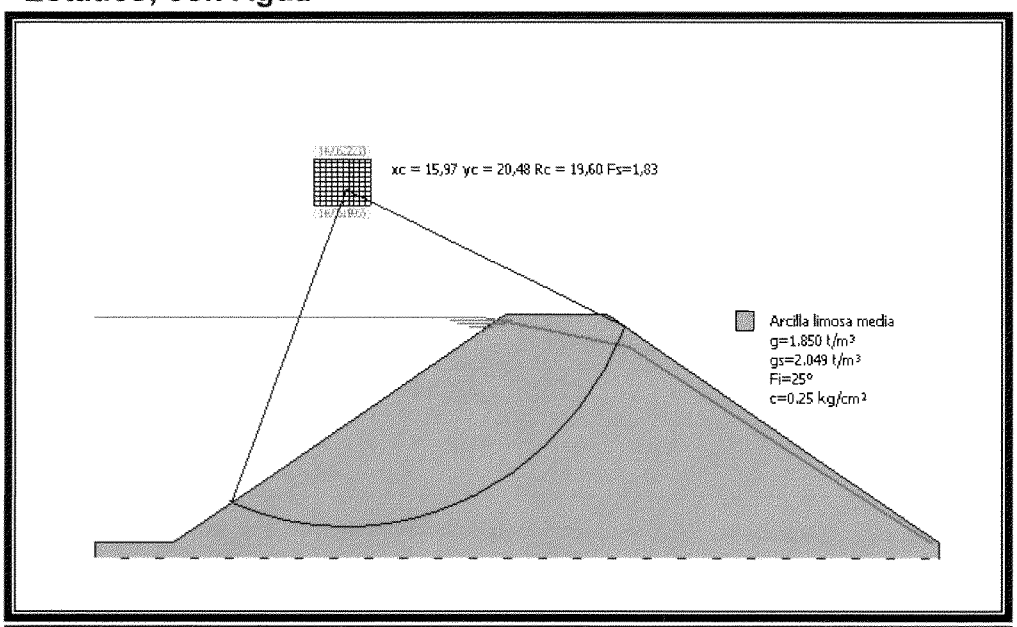
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

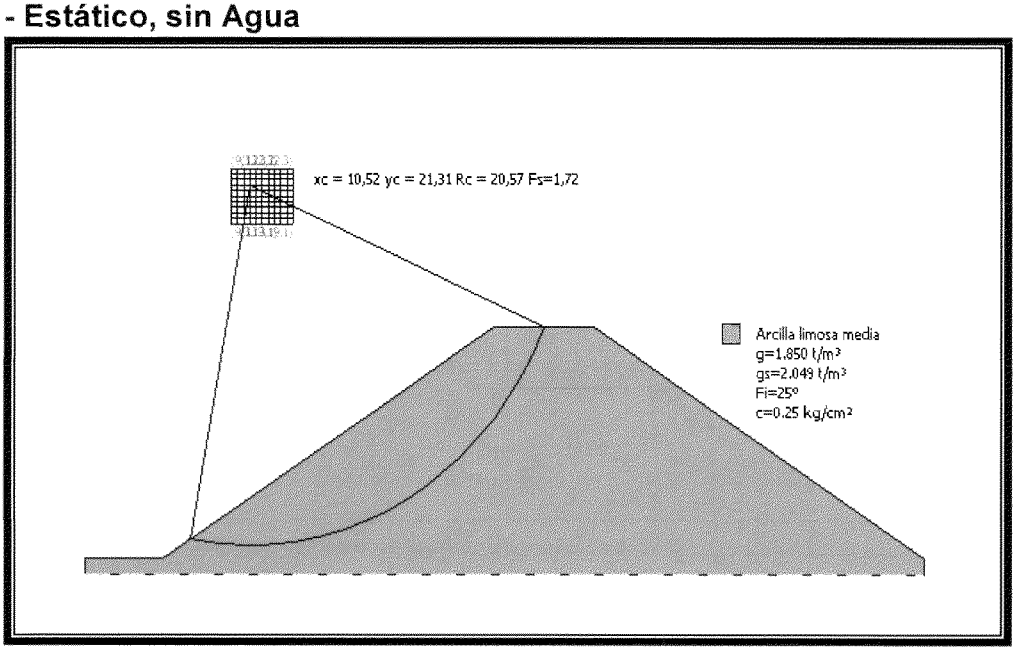
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

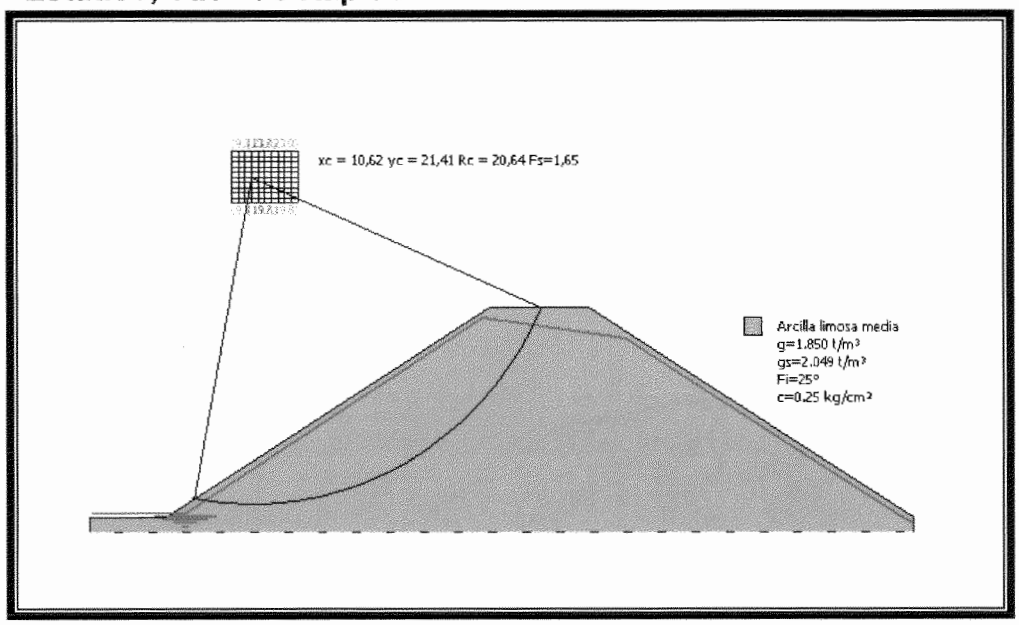
- Estático, con Agua



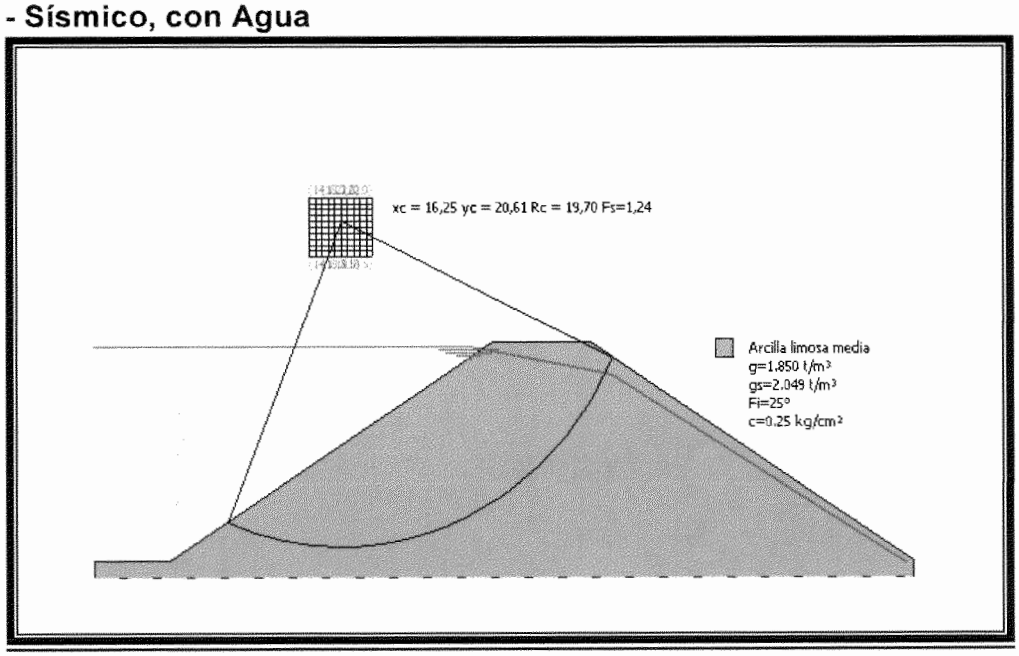
- Estático, sin Agua



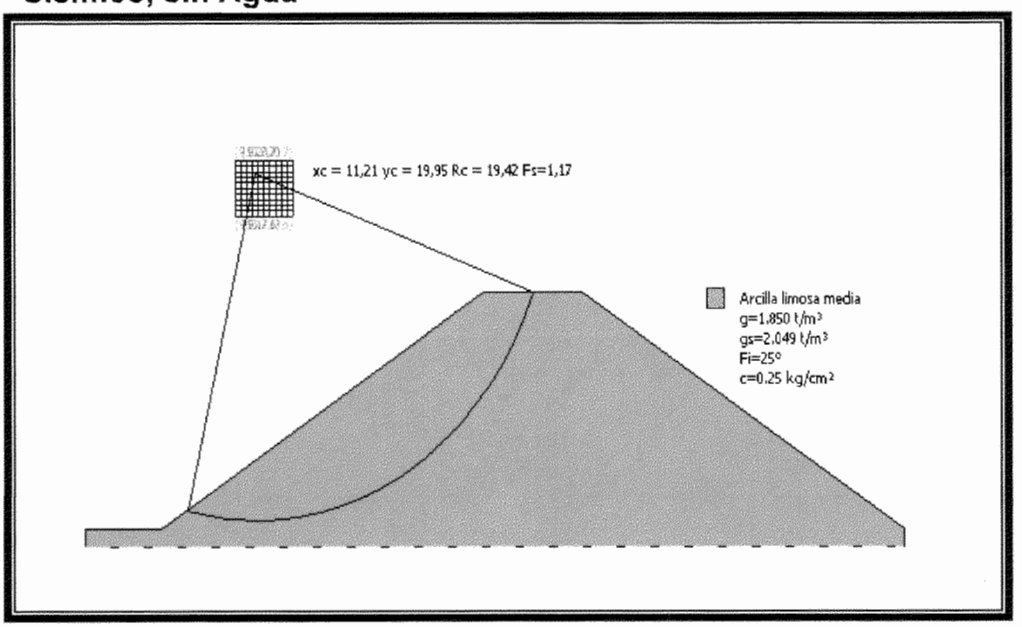
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

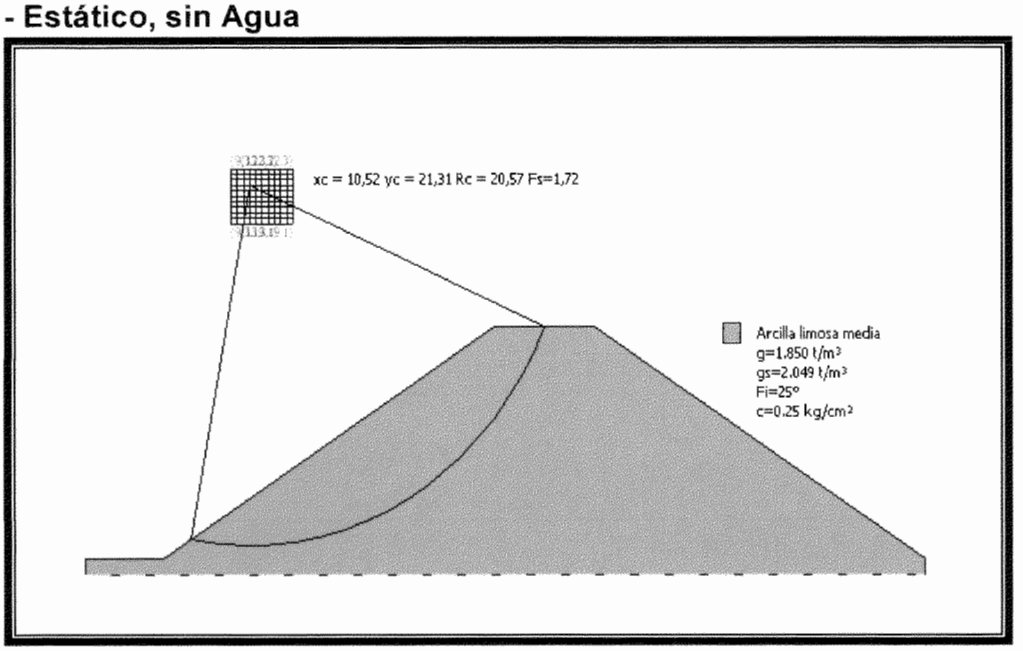


- Sísmico, sin Agua

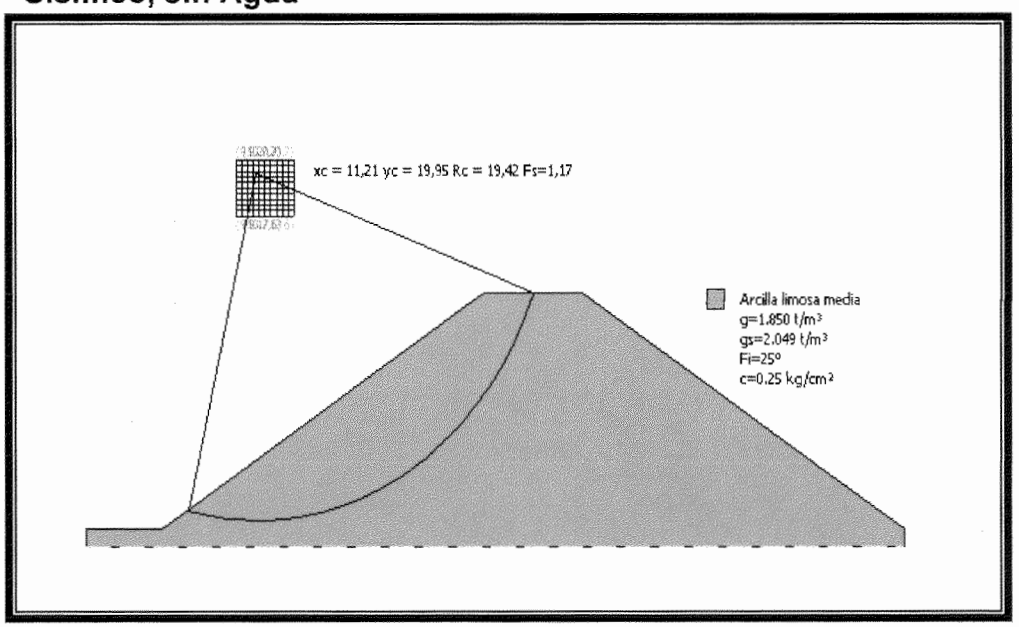


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua

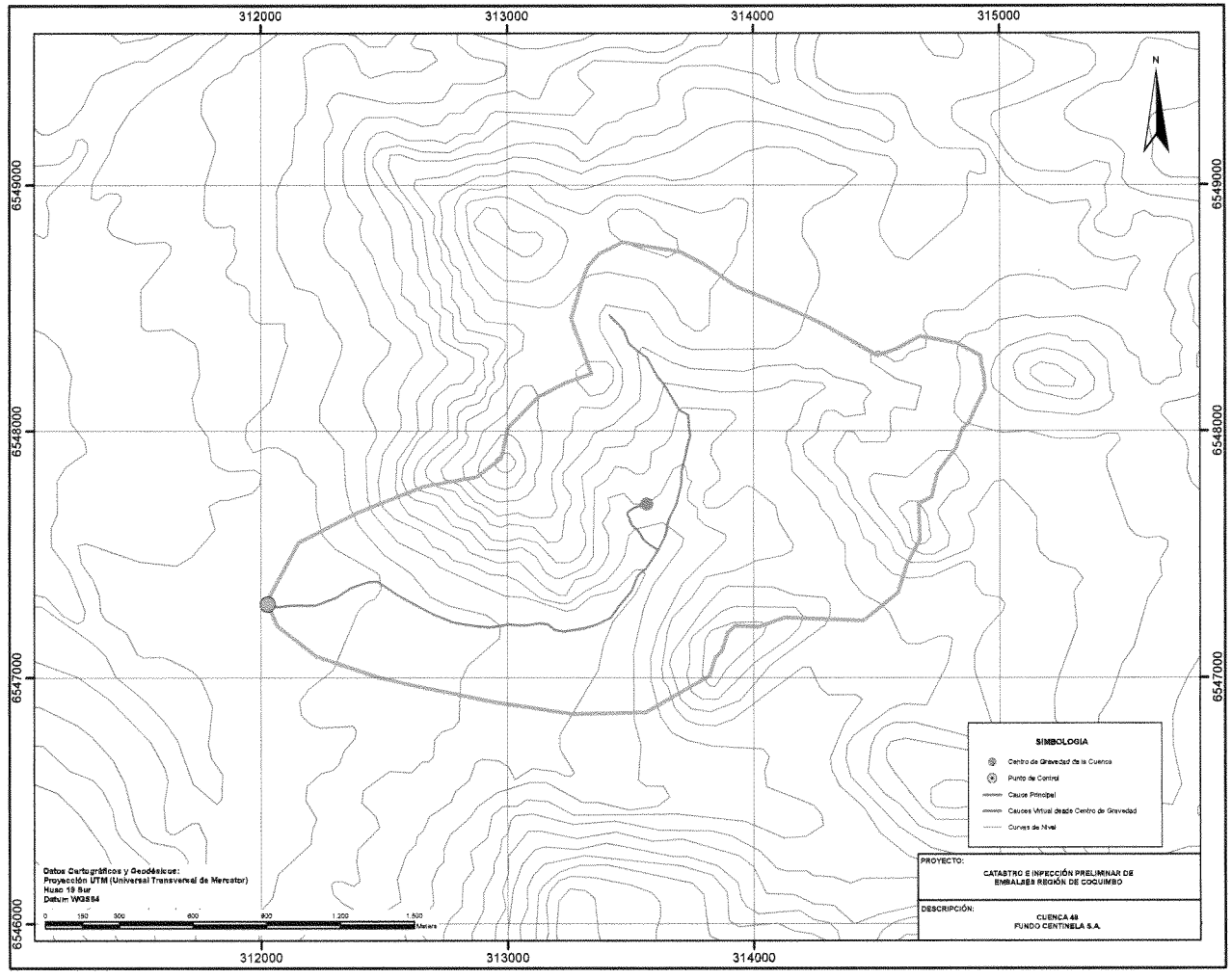


- **Resultados Estudio de Crecidas**

Los resultados del estudio hidrológico se presentan a continuación.

CUENCA 48.- FUNDO CENTINELA S.A.

- Área Aportante



- Parámetros Morfométricos

		UBICACIÓN				CENTRO DE GRAVEDAD				LARGO CAUCE	
ID	NOMBRE	ESTE (m)	NORTE (m)	DATUM	AREA (m2)	ESTE (m)	NORTE (m)	i (m/m)	ΔH (m)	L (m)	Lg (m)
48	Fundo Centinela S.A.	312.027	6.547.297	84 H19S	3.137.936	313.567	6.547.705	0,240597	275	2.923	2.112

- Estimación de Caudales Máximos Instantáneos

➢ Método DGA-AC

							Q(t)/Q(10)				Q(t)		
ID	NOMBRE	Zona	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	Q_{10} (m3/s)	Med.	Máx.	Mín.	α	Med. (m3/s)	Máx. (m3/s)	Mín. (m3/s)
48	Fundo Centinela S.A.	Jp	2	3,14	119	1,32	0,24	0,30	0,19	2,14	0,68	0,85	0,54
		Jp	5	3,14	119	1,32	0,61	0,66	0,56	2,14	1,73	1,87	1,59
		Jp	10	3,14	119	1,32	1,00	1,00	1,00	2,14	2,83	2,83	2,83
		Jp	20	3,14	119	1,32	1,51	1,61	1,40	2,14	4,28	4,56	3,97
		Jp	25	3,14	119	1,32	1,71	1,85	1,55	2,14	4,84	5,24	4,39
		Jp	50	3,14	119	1,32	2,41	2,76	2,06	2,14	6,83	7,82	5,83
		Jp	100	3,14	119	1,32	3,30	3,94	2,66	2,14	9,35	11,16	7,53

➢ Método Verni-King Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	Q(T)
48	Fundo Centinela S.A.	IV.4	IV Limarí	2	3,14	119	0,476	57	0,180	0,440	0,079	0,20
		IV.4	IV Limarí	5	3,14	119	0,774	92	0,180	0,750	0,135	0,62
		IV.4	IV Limarí	10	3,14	119	1,000	119	0,180	1,000	0,180	1,14
		IV.4	IV Limarí	20	3,14	119	1,236	147	0,180	1,260	0,227	1,86
		IV.4	IV Limarí	25	3,14	119	1,273	151	0,180	1,360	0,245	2,09
		IV.4	IV Limarí	50	3,14	119	1,568	186	0,180	1,620	0,292	3,22
		IV.4	IV Limarí	100	3,14	119	1,838	218	0,180	1,910	0,344	4,62

➢ Método Racional Modificado

ID	NOMBRE	Zona	Sector	T (años)	Área (km2)	$P_{24}^{T=10}$ (mm)	CF(T)	P_{24}^{T} (mm)	C(10)	C(T)/C(10)	C(T)	tc (hr)	CD tc	I tc (mm/hr)	Q (m3/s)
48	Fundo Centinela S.A.	IV.4	IV Limarí	2	3,14	119	0,476	57	0,078	0,440	0,034	0,51	0,12	13,51	0,40
		IV.4	IV Limarí	5	3,14	119	0,774	92	0,078	0,750	0,059	0,51	0,12	21,97	1,12
		IV.4	IV Limarí	10	3,14	119	1,000	119	0,078	1,000	0,078	0,51	0,12	28,39	1,93
		IV.4	IV Limarí	20	3,14	119	1,236	147	0,078	1,260	0,098	0,51	0,12	35,09	3,01
		IV.4	IV Limarí	25	3,14	119	1,273	151	0,078	1,360	0,106	0,51	0,12	36,13	3,34
		IV.4	IV Limarí	50	3,14	119	1,568	186	0,078	1,620	0,126	0,51	0,12	44,51	4,90
		IV.4	IV Limarí	100	3,14	119	1,838	218	0,078	1,910	0,149	0,51	0,12	52,17	6,78

CAUDALES MÁXIMOS

N°	EMBALSE	T (años)	DGA-AC (med)	V-K MOD	RAC MOD	PROMEDIO	MAX
48	FUNDO CENTINELA S.A.	2	0,68	0,20	0,40	0,43	0,68
		5	1,73	0,62	1,12	1,16	1,73
		10	2,83	1,14	1,93	1,97	2,83
		20	4,28	1,86	3,01	3,05	4,28
		25	4,84	2,09	3,34	3,42	4,84
		50	6,83	3,22	4,90	4,98	6,83
		100	9,35	4,62	6,78	6,91	9,35

Nota: se adopta Q "Máx"

Este embalse es Categoría B (altura muro= 13,3 m), por lo que se necesita determinar el caudal máximo para T= 500 años; dicho caudal se determinó por extrapolación, y es de:

Q (T= 500 años)= 31,8 m3/s

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse Fundo Centinela no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
Fundo Centinela	17,30	22,50

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse Fundo Centinela.

TALUDES EMBALSE FUNDO CENTINELA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
Fundo Centinela	Dx	21,20	Dx	21,20
	Dy	13,25	Dy	13,25

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
Fundo Centinela	1,83	1,72	1,65	1,24	1,17

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
Fundo Centinela	1,72	1,17

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse Fundo Centinela no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse Fundo Centinela, se tiene lo siguiente:

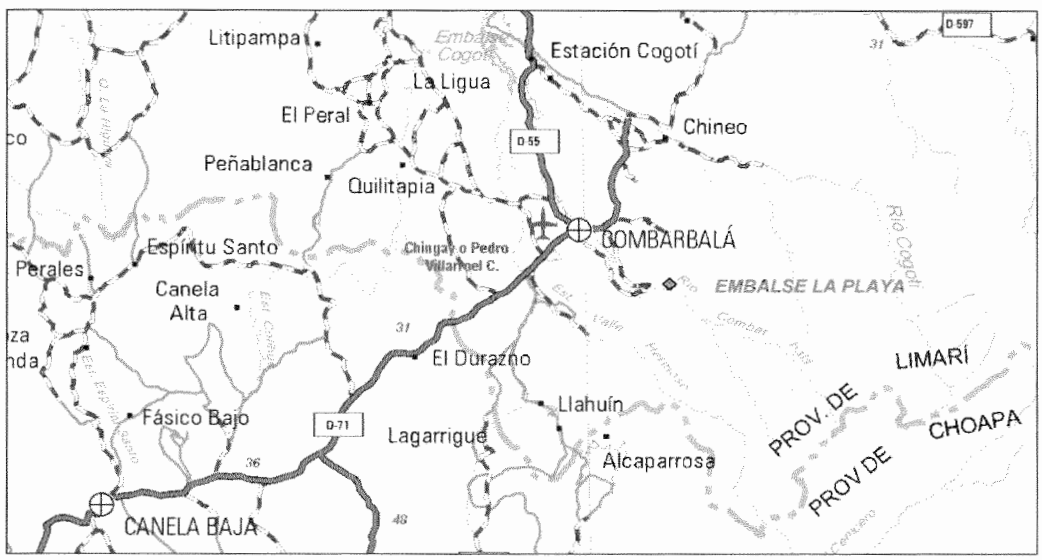
					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
13,3	500	31,80	2,50	0,95	0,8	0,8	0,9	0,6	0,4	0,3	0,05	1,6%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 1,6 %

5.3.49 Embalse La Playa

Ubicado en la comuna de Combarbalá, provincia de Limari.
Datos técnicos:
Coordenadas N: 6.545.086 E: 315.448 Datum: WGS 84
Altitud: 1.257 m.s.n.m



Acceso: Camino Combarbalá a Chineo, km 2,2. Desde ese punto 9,0 km hacia el sur oriente, por la cuenca del Río Combarbalá. Embalse se encuentra en cota superior, límite oriente del predio la playa.

REGISTRO DE EMBALSES

1. ANTECEDENTES GENERALES

	LA PLAYA
	ANDACOLLO INVERSIONES
	CUENCA
	LIMARÍ
	SUB - CUENCA
	RÍO COMBARBALÁ
	FUENTE
	CANALES CRUCITAS Y ALFALFITA
	NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL PROPIETARIO O RESPONSABLE LEGAL
	ANDACOLLO INVERSIONES

Nº EXPEDIENTE

Nº REGISTRO

CODIGO

FECHA INFORMACION		
	Sep-08	
DIA	MES	AÑO

COORDENADAS UTM		
	N °	6.545.086
	E	315.448

2. UBICACIÓN DE EMBALSE

REGION:	DE COQUIMBO
PROVINCIA:	LIMARÍ
COMUNA:	COMBARBALÁ

DATUM						
	w	G	S	8	4	

ALTITUD m.s.n.m.	1.257

3. ANTECEDENTES TECNICOS

CAPACIDAD MAXIMA (MILLONES M3)		0,05
ALTURA DEL MURO (m)		10,10
ANCHO CORONAMIENTO (m)		3,00
LARGO CORONAMIENTO (m)		360,00
BORDE LIBRE (m)		0,90

USO O DESTINO DEL EMBALSE

BEBIDA USO DOMESTICO SANEAM POBLACION		1
RIEGO	X	2
ENERGIA HIDROELECTRICA		3
INDUSTRIAL		4
MINERIA		5
RELAVES		6
OTROS USOS		7
		8

			x	y
TALUD MURO (°)	INTERNO	32	1,60	1
	EXTERNO	34	1,48	1

AÑO CONSTRUCCION	1996

TIPO DE PRESA

DE TIERRA	X	1
DE ROCA		2
DE RELAVES		3
HORMIGON TIPO CONTRA FUERTE		4
HORMIGON TIPO GRAVEDAD		5
HORMIGON TIPO ARCO		6
OTROS USOS		7
		8

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

OBRAS DE ENTREGA / CAPACIDAD

CON SALIDA AL RIO		1	
CON SALIDA AL CANAL		2	
TUBERIA FORZADA		3	150 L/S
SIFON		4	
OTRO SISTEMA		5	

ESTADO	B
AÑO REPARACION	NO

AREA REGADA: 45 Ha

ESTADO

BUENO	B
REGULAR	R
MALO	M

EVALUACION DE CRECIDAS / CAPACIDAD M3/SEG

VERT. CAIDA LIBRE		1
VERT. POZO O BOCINA		2
VERT. DE ALCANTARIL		3
VERT. DE SIFON		4
OTR: FRONTAL		5

EVACUADOR DE FOND	S		1	
	N	x	2	
CAPACIDAD M3/SEG				
ESTADO				
AÑO REPARACION		NO		

POTENCIA GENERADA

NO APLICA	KW *10^6		1
	HP		2

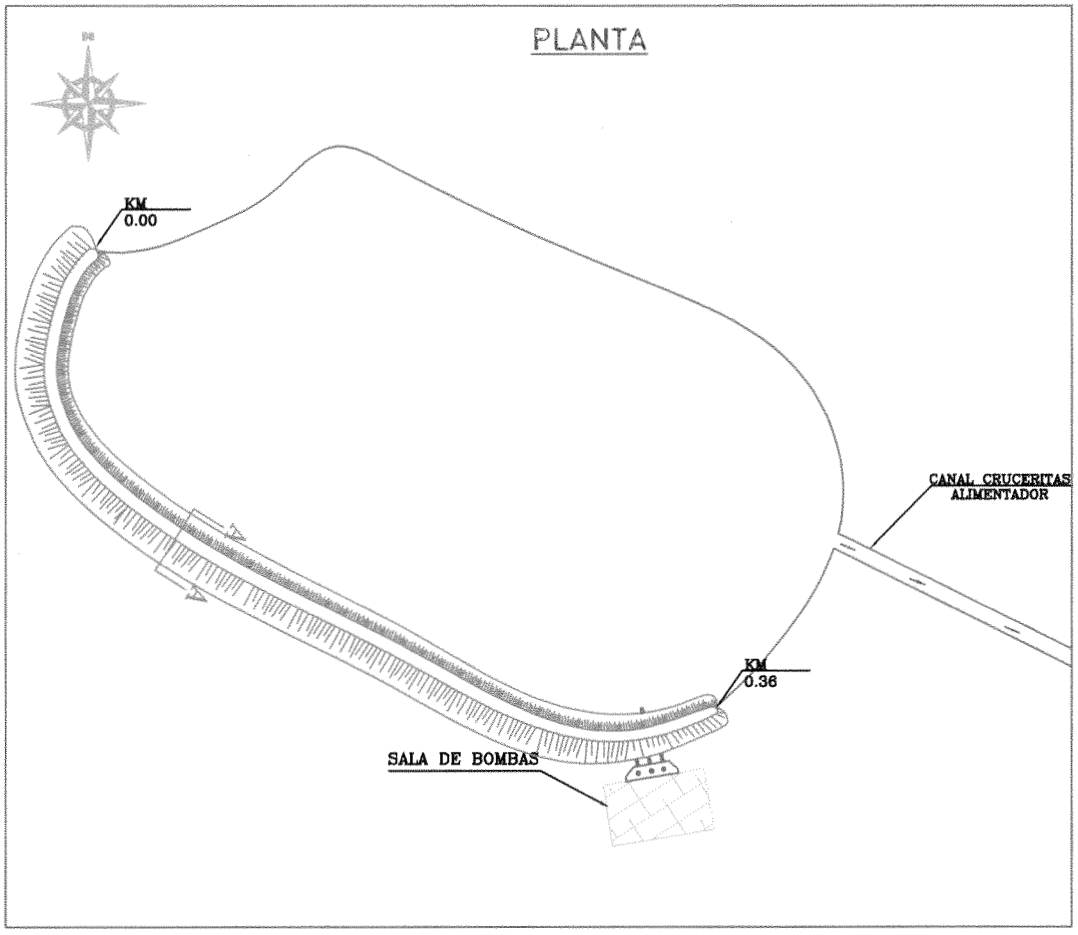
ESTADO	M
AÑO REPARACION	NO

OBSERVACIONES: EMBALSE QUE ABSTECE SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO. SE ABASTECE DE CANAL CRUCITAS DEL QUE POSEE 170 ACC. DE RIEGO. ESTADO GENERAL BUENO, SALVO VÉRTICE SUR ORIENTE, SOBRE CASA DE MAQUINAS DONDE SE OBSERVA UN DESPRENDIMIENTO DEL TALU DEL MURO ESTO DA CUENTA DE UN PUNTO DE DEBILIDAD. SECTOR AFECTADO POR POSIBLE FALLA, PARRONALES Y LUEGO LAS AGUAS SE DERIVAN A QUEBRADA EN DIRECCIÓN A RIO COMBARBALÁ. EXISTE AGUAS ABAJO UN EMBALSE MENOR EN QUE SE EVIDENCIA TOTAL SATURACIÓN DEL MURO, CONSTRUIDO CON ARCILLAS APARENTEMENTE EXPANSIVAS. AGRIETAMIENTO SUPERFICIAL EN ABUNDANCIA. SE REQUIERE CONTROLAR, SE RECOMENDO NO SUPERAR ACTUAL COTA DE AGUA. MURO DE ESTE EMBALSE SECUNDARIO TIENE ADEMAS VEGETACIÓN EN EXCESO.

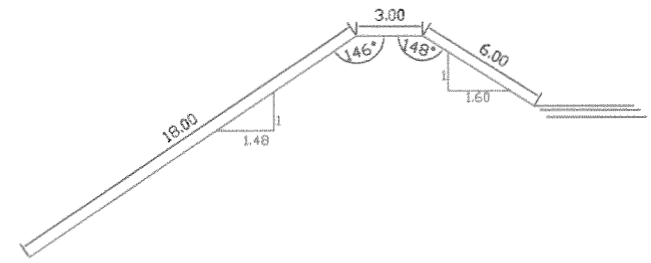
ESTADO GENERAL: EMBALSE PRIMARIO BUENO. EMBALSE SECUNDARIO, MALO. EN GENERAL, ESTADO REGULAR

DESCRIPCION DE UBICACIÓN: CAMINO COMBARBALÁ A CHINEO, KM 2.2. DESDE ESE PUNTO 9.0 KM HACIA EL SUR ORIENTE, POR LA CUENCA DEL RIO COMBARBALÁ. EMBALSE SE ENCUENTRA EN COTA SUPERIOR, LÍMITE ORIENTE DEL PREDIO LA PLAYA.

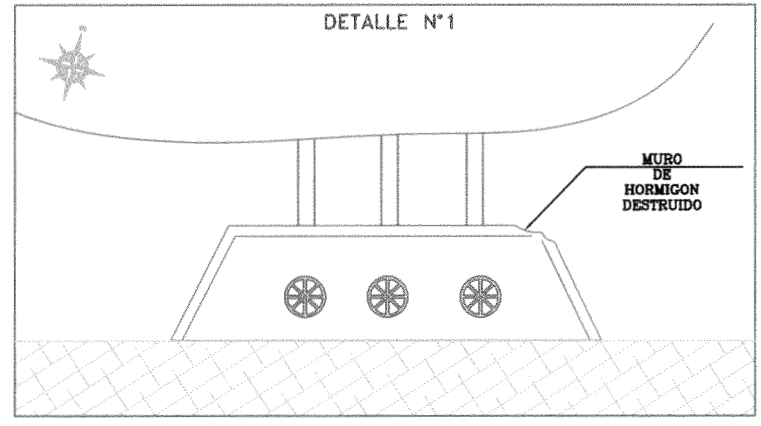
PLANTA



CORTE A-A



DETALLE N°1



"CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR
EMBALSES IV REGIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

EMBALSE FUNDO LA PLAYA – ANDACOLLO INVERSIONES
COMUNA DE COMBARBALÁ

REGIÓN DE COQUIMBO

CONTENIDO: CROQUIS DE PLANTA, CORTES Y FOTOS

- **Resultados Estabilidad de Taludes**

Para hacer el análisis de la estabilidad de los taludes se utilizó el programa computacional Slope, desarrollado por la empresa GeoStru Software, Italia, y habitualmente utilizado en este tipo de análisis. Este programa utiliza una modelación seudo estática del problema permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo (Jambú, Bishop, entre otros). Se analizó tanto el talud aguas arriba como el talud aguas abajo.

- Talud Aguas Arriba

Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad considera los siguientes estados de carga:

- Estático: Con Agua
  Sin Agua
  Vaciado Rápido
- Sísmico Con agua
  Sin Agua

- Talud Aguas Abajo

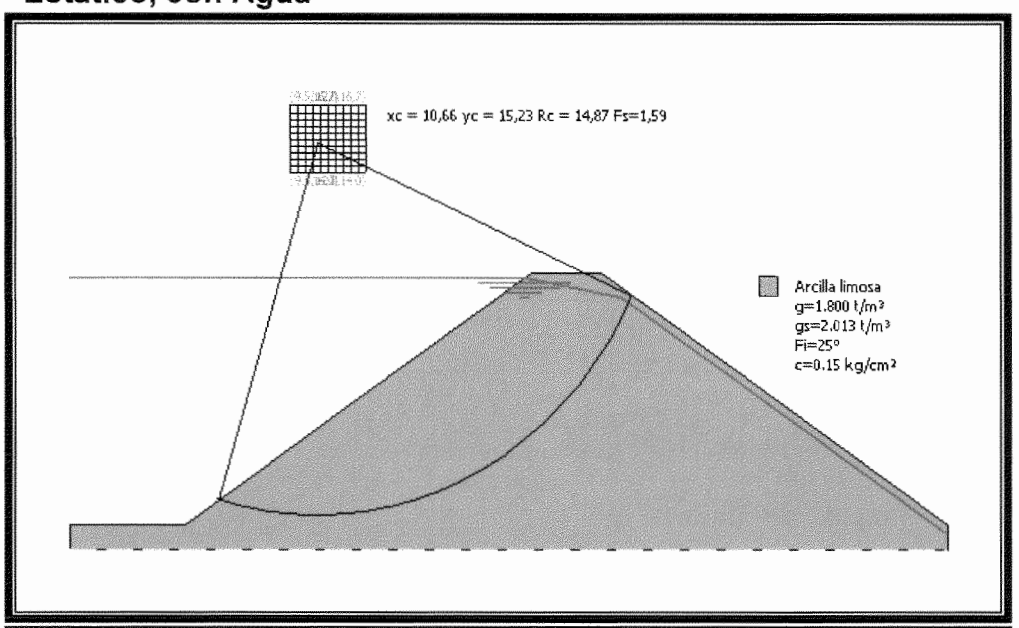
Para el análisis, se consideró las propiedades estratigráficas detectadas en terreno. El estudio de estabilidad consideró los siguientes casos:

- Estático Sin Agua
- Sísmico Sin agua

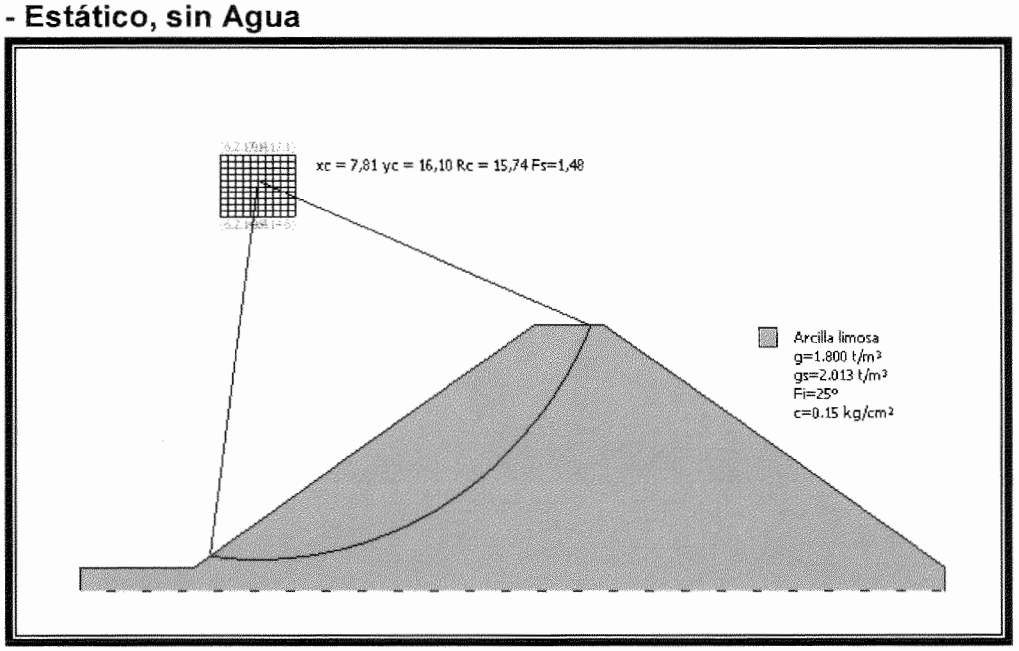
A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos con el programa computacional Slope.

- Talud Aguas Arriba

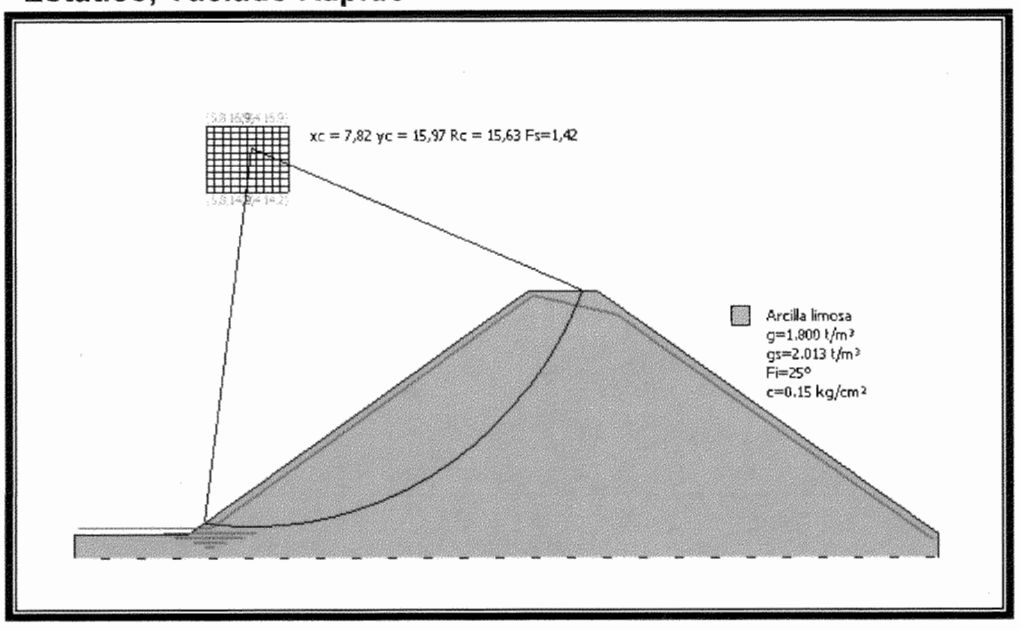
- Estático, con Agua



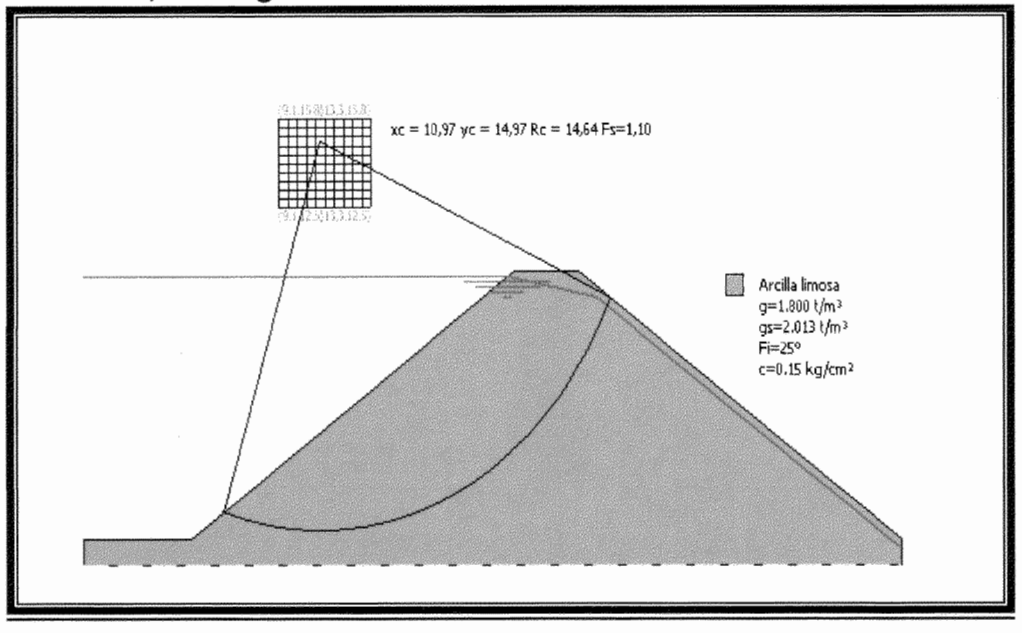
- Estático, sin Agua



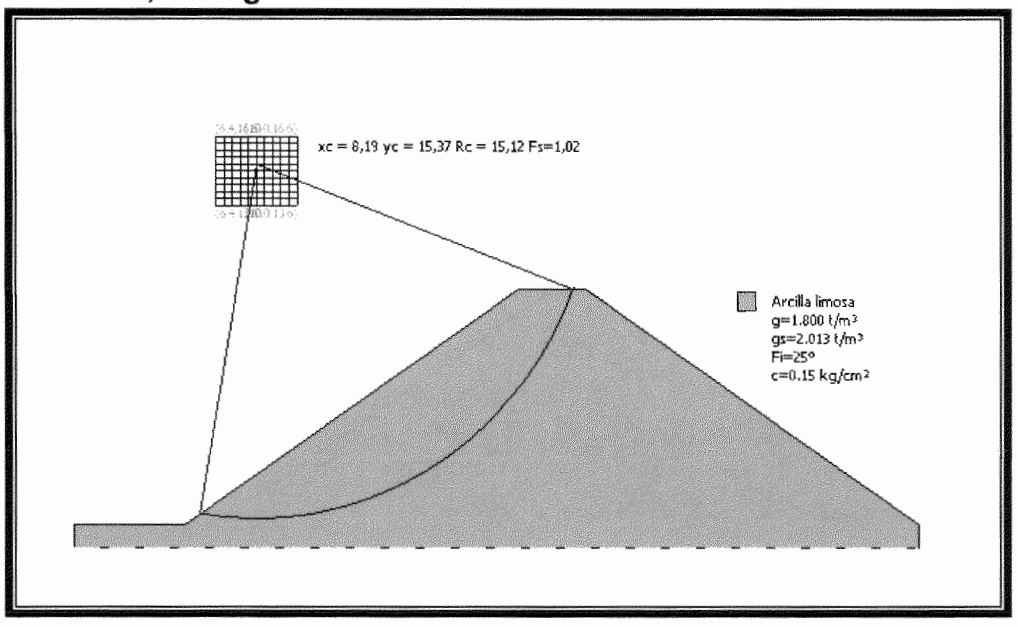
- Estático, Vaciado Rápido



- Sísmico, con Agua

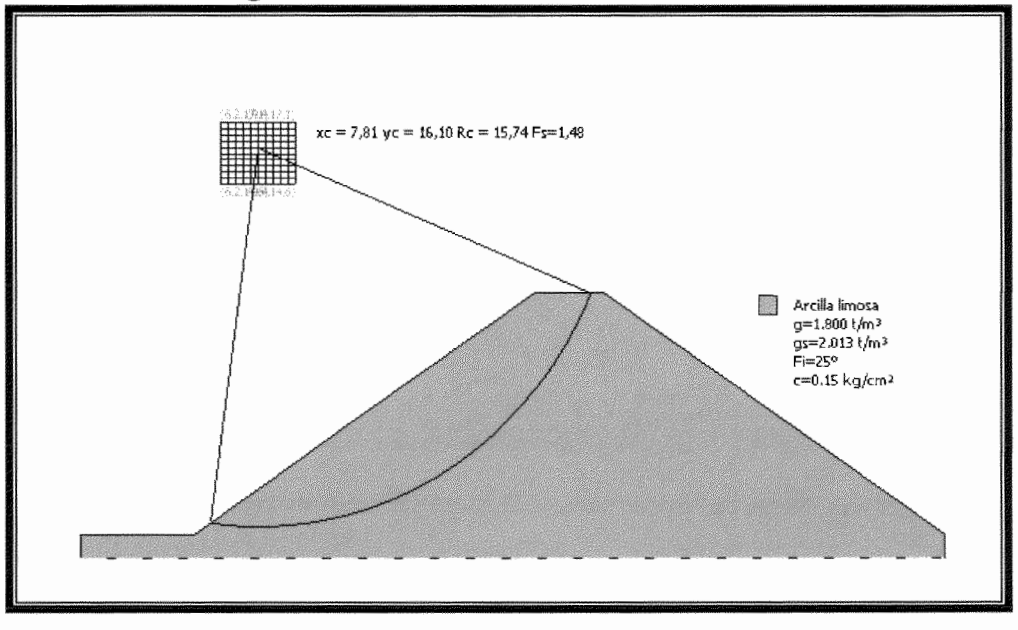


- Sísmico, sin Agua

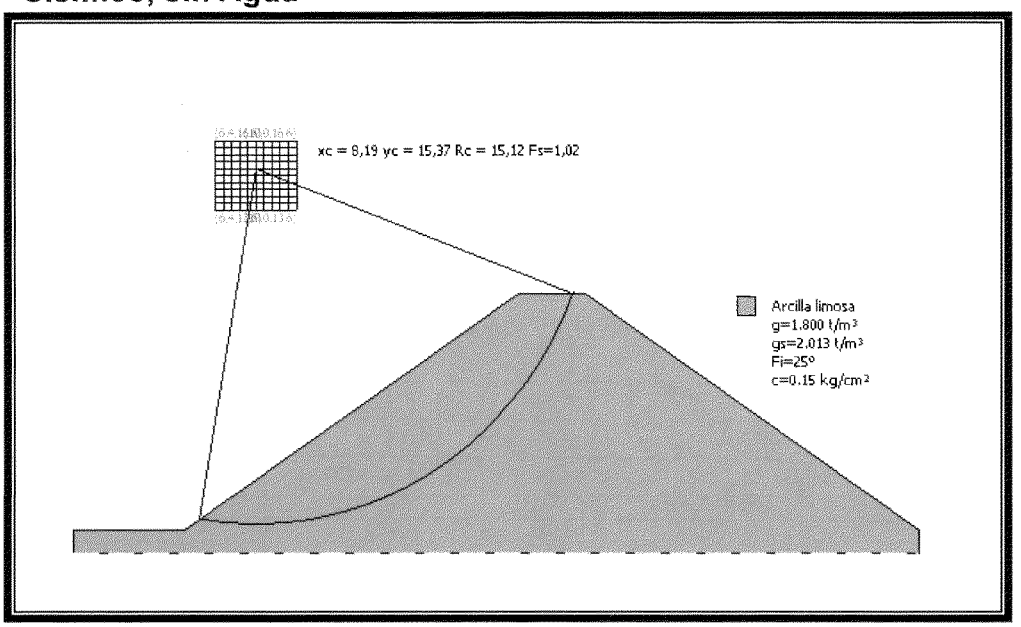


- Talud Aguas Abajo

- Estático, sin Agua



- Sísmico, sin Agua



- **Resultados Estudio de Crecidas**

Este embalse no tiene cuenca aportante

- **Determinación de Filtraciones**

De acuerdo con el criterio de Lane, en el embalse La Playa no existe riesgo de filtración, debido a que L´> C´* h, a saber:

Embalse o Tranque	L' = (Lh/3)+Lv	C' * h
La Playa	11,95	8,14

- **Estabilidad de Taludes**

Para el análisis de estabilidad de taludes se ha considerado la geometría actual de cada embalse, la que fue obtenida en visitas a terreno efectuadas durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2008. En el siguiente cuadro se entregan las medidas geométricas, tanto para el talud aguas arriba como aguas abajo, del embalse La Playa.

TALUDES EMBALSE LA PLAYA

Embalse o Tranque	Talud Aguas Arriba		Talud Aguas Abajo	
La Playa	Dx	14,92	Dx	14,92
	Dy	10,07	Dy	10,07

Los factores de seguridad obtenidos fueron:

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ARRIBA)

Embalse o Tranque	F.S	F.S	F.S	F.S	F.S
	Estático			Sísmico	
	Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua
La Playa	1,59	1,48	1,42	1,10	1,02

FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS PARA LOS CASOS ANALIZADOS (TALUD AGUAS ABAJO)

Embalse o Tranque	F.S	F.S
	Estático Sin Agua	Sísmico Sin Agua
La Playa	1,48	1,02

Del análisis efectuado, se obtuvo F.S. > 1,0 en todos los casos.

- **Aplicación de Hazop**

Básicamente el método se basa en un análisis probabilístico de relación causa – efecto. La fórmula está dada por la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times E$$

Donde:

R= riesgo total de colapso frente al evento dado y una causa determinada
P= probabilidad que se produzca el evento identificado como desencadenante de la falla del colapso del muro.
V= vulnerabilidad de la obra ante la ocurrencia del evento desencadenante.
E= potencialidad que ante la falla se produzca el efecto que se desea analizar (y evitar).

- **Evento Desencadenante: Sismos de Placa**

El embalse La Playa no presenta inestabilidad de taludes para el caso sísmico.

- **Evento Desencadenante: Crecidas Pluviales y/o Nivales**

Overtoping: cuando falla la obra de evacuación, los valores de "P" se encuentran tabulados, que considera los valores del caudal afluente calculado con relación al borde libre.

Se aplican los coeficientes de confiabilidad, de acuerdo con tipo de muro, estado de conservación del vertedero, calidad del canal de descarga; todos los valores se encuentran tabulados.

Para el caso del embalse La Playa, se tiene lo siguiente:

					Calidad de Construcción	Estado de Conservación	Calidad Canal Descarga	Coef. por Calidad y Construcción	Coef. falla Calidad y Construcción	Prob. Final por Vulnerabilidad	Piping	Riesgo Total
Altura Muro	**T**	**Caudal**	**CAUDAL (m3/s)**	P	C						P	
			EVACUADOR DE									
[m]	**[años]**	**[m3/s]**	**CRECIDAS**									
10,1	250	sin cuenca	SIN		0,6	0,8	0,7	0,5	0,5	0,0	0,40	0,0%

De acuerdo con lo anterior, el riesgo asociado es:

R= 0 %

5.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del diagnóstico en terreno efectuado y a partir de los análisis hechos en gabinete, a continuación se presenta un cuadro resumen del estado actual de cada uno de los embalses/tranques analizados.

Es importante destacar las labores que le corresponde a la DGA respecto a qué hacer en caso de que algún embalse se encuentre en mal estado. En efecto, el artículo 307 del Código de Aguas dice textual:

Art. 307: la Dirección General de Aguas inspeccionará las obras mayores, cuyo deterioro o eventual destrucción pueda afectar a terceros. Comprobado el deterioro, la Dirección General de Aguas ordenará su reparación y podrá establecer, mediante resoluciones fundadas, normas transitorias de operación de las obras, las que se mantendrán vigentes mientras no se efectúe su reparación. Si ello no se efectuare en los plazos que determine, dictará una resolución fundada, ratificando como permanente la norma de operación transitoria y además podrá aplicar a las organizaciones que administren las obras una multa que no sea inferior a 50 ni superior a 500 unidades tributarias mensuales.

Esta facultad supone una visita técnica a terreno, en donde el fiscalizador deberá comprobar que efectivamente existe un deterioro de la obra o bien que derechamente existe riesgo de que ésta se destruya, por causa de su propio deterioro, respecto de todo lo cual deberá levantar la correspondiente acta.

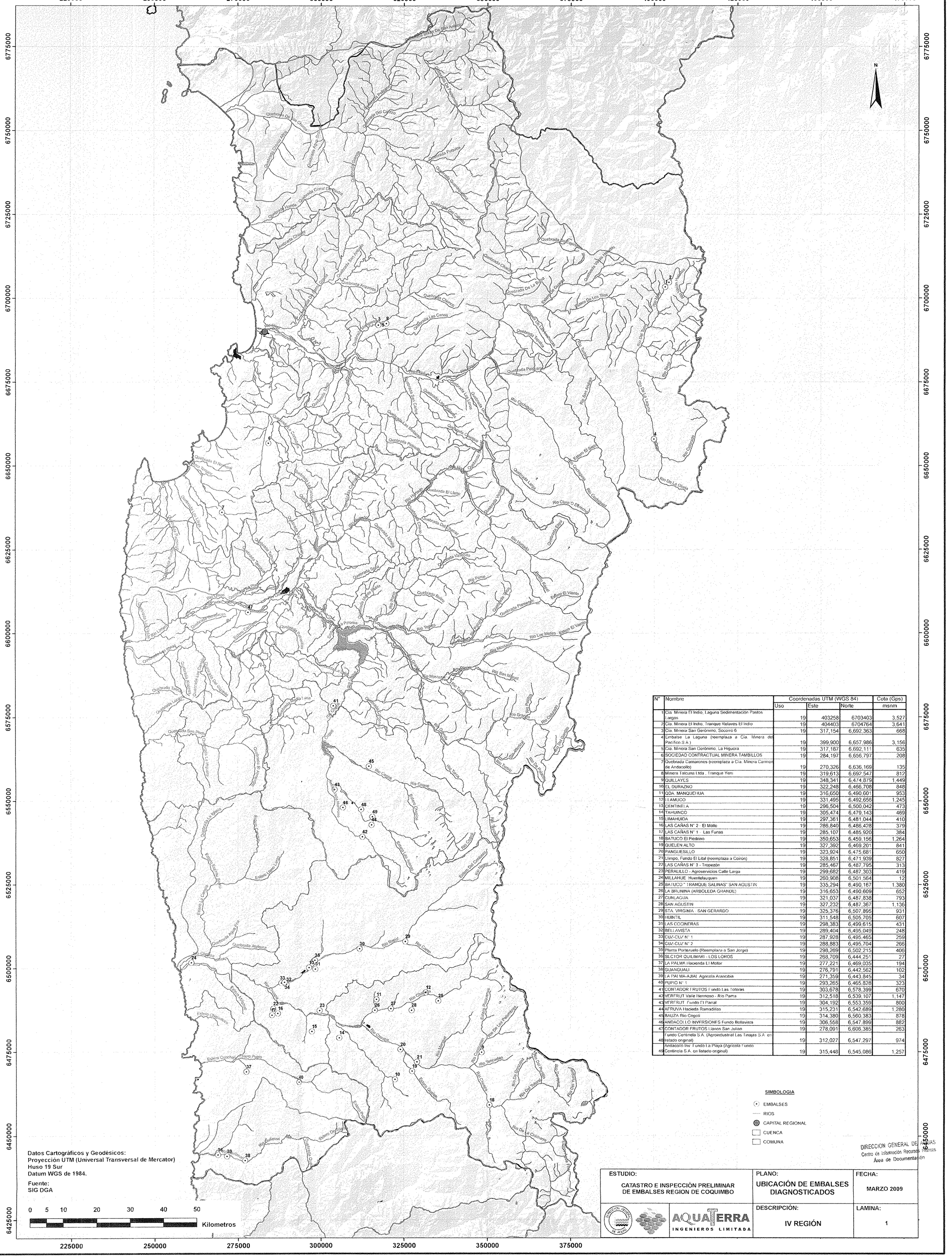
En el Cuadro 5.4-1 se incluye un resumen del estado actual de los 49 embalses diagnosticados.

CUADRO 5.4-1
RESUMEN ESTADO ACTUAL DE LOS EMBALASES

Tipo de Embalses	Total	Estado					
		Bueno		Regular		Malo	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%
Riego	37	18	49	12	32	7	19
Relaves	12	8	67	2	16,5	2	16,5

Nº	NOMBRE EMBALSE	EN USO		TIPO		ESTADO ACTUAL	PROBLEMAS EN CASO DE FALLA	ESTABILIDAD DE TALUDES (Factores de Seguridad)							Posibilidad de	Hazop	Hazop	T (años)	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL (m3/s)	RECOMENDACIÓN GENERAL
							DE FALLA	TALUD AGUAS ARRIBA					TALUD AGUAS ABAJO		Filtraciones	Sismo de Placa	Crecidas			EVACUADOR DE	
								Estático			Sísmico		Estático	Sísmico	(criterio de Lane)	%				CRECIDAS	
		SI	NO	RIEGO	RELAVES			Con Agua	Sin Agua	Vaciado Rápido	Con Agua	Sin Agua	Sin Agua	Sin Agua							
1	Cía. Minera El Indio, Laguna Sedimentación Pastos Largos	X			X	Buen estado	Sin riesgo	1.36	1.40	1.36	0.92	0.91	1.40	0.91	SI	0.98	0.0%	500	11.66	1	Monitoreo de su operación cada 2 meses (Sernageomín)
2	Cía. Minera El Indio, Tranque Relaves El Indio		X		X	Buen estado; en abandono	Contaminación río Malo, afluente río Elqui	1.37	1.62	0.98	0.89	1.07	1.21	0.80	SI	1.13	0.0%	1000	11.44	SIN	Monitoreo de su operación cada 2 meses (Sernageomín)
3	Cía. Minera San Gerónimo, Socorro 6	X			X	Buen estado	Contaminación quebradas menores	1.62	1.68	1.01	0.99	1.01	1.68	1.01	SI	4.80	2.9%	1000	8.61	SIN	Monitoreo de su operación cada 2 meses (Sernageomín)
4	Embalse La Laguna (reemplaza a Cía. Minera del Pacífico S.A.)	X		X		Estado regular; con filtraciones	Complejo aduanero	1.74	2.04	1.25	1.07	1.26	2.04	1.26	SI	-	0.0%	500	166.98	70	Reparar los problemas de filtraciones que presenta actualmente
5	Cía. Minera San Gerónimo, La Higuera		X		X	Buen estado. En plan de forestación	Contaminación quebradas menores	1.48	1.44	0.82	0.97	0.94	1.44	0.94	SI	5.20	2.9%	500	5.91	SIN	Intensificar la forestación
6	Soc. Contractual Minera Tambillos	X			X	Buen estado; cierre a fines de 2008	Contaminación quebrada Tambillos	1.72	1.84	1.16	1.07	1.16	1.84	1.16	SI	-	0.0%	500	sin cuenca	SIN	Verificar plan de cierre (Sernageomín)
7	Quebrada Camarones (reemplaza a Cía. Minera Carmen de Andacollo)		X	X		Regular	Sin riesgo									-	28.9%	250	122.00	SIN	Monitoreo anual de su operación
8	Minera Talcuna Ltda., Tranque Yeni	X			X	Buen estado	Contaminación quebrada Talcuna, afluente río Elqui	1.35	1.44	0.82	0.88	0.89	1.44	0.89	SI	5.60	2.9%	1000	1.82	SIN	Monitoreo semestral (Sernageomín)
9	Quillayes	X			X	Buen estado; cierre a fines de 2008	Contaminación río Choapa	1.50	1.82	1.00	0.85	1.03	1.82	1.03	SI	1.13	0.0%	1000		SIN	Verificar plan de cierre (Sernageomín)
10	El Durazno		X		X	Mal estado, abandonado	Peligro de contaminar hacia aguas abajo (embalse Corrales)	2.12	2.19	1.43	1.29	1.34	2.19	1.34	NO	-	2.9%	250	31.07	SIN	Construir un sedimentador para el canal poniente
11	Quebrada Manquehua	X		X		Buen estado	Sin riesgo									-	1.6%	250	19.03	SIN	Monitoreo anual de su operación
12	Llamuco	X			X	Mal estado	Contaminación río Chalinga, afluente río Choapa									-	2.9%	1000	302.07	SIN	Dar aviso a Sernageomín para visita inspectiva urgente y monitoreo permanente
13	Centinela	X			X	Regular	Contaminaría el estero Auco, afluente al Illapel	1.10	1.20	0.67	0.77	0.86	1.20	0.86	SI	6.40	0.0%	250	sin cuenca	SIN	Oficiar a Sernageomín para visita inspectiva y monitoreo permanente
14	Tahuinco	X		X		Buen estado	Inundación de cultivos	3.30	3.82	3.41	2.20	2.32	3.82	2.32	NO	-	2.3%	250	13.71	0.20	Mantención de los muros
15	Limáhuida	X		X		Buen estado	Inundación de cultivos	1.31	1.35	1.37	1.04	1.07	1.35	1.07	NO	-	2.3%	250	7.52	1.00	Mantención anual
16	Las Cañas N° 2 - El Molle	X		X		Buen estado	60 casas (300 habitantes de Las Cañas, a 700 m del embalse)	1.95	1.78	1.67	1.30	1.17	1.78	1.17	NO	-	2.3%	250	4.09	2.00	Reparar socavación en vertedero, mantención
17	Las Cañas N° 1 - Las Funas		X	X		Mal estado, embancado	Inundación de frutales	3.92	4.00	3.68	2.56	2.53	5.39	3.24	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	1.00	Dragado de fondo
18	Batuco El Piedrino		X	X		Mal estado	Sin riesgo	3.54	4.08	3.82	2.31	2.52	3.01	1.90	NO	-	2.9%	250	11.90	SIN	Se recomienda mantención (dragado del fondo y muros)
19	Quelén Alto		X		X	Buen estado (tranque nuevo)	Contaminación río Choapa	2.54	2.51	2.34	1.56	1.55	2.51	1.55	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	SIN	Monitoreo anual en caso de que vuelva a operar
20	Panguesillo	X		X		Regular	Inundación de parronales	2.92	3.25	2.96	1.96	2.02	3.25	2.02	NO	-	2.9%	250	3.92	0.20	Reparar obra de entrega y limpieza de vegetación
21	Llimpo, Fundo El Lital (reemplaza a Coirón)	X		X		Bueno	Inundación de cítricos y paltos	1.78	1.67	1.60	1.22	1.13	1.67	1.13	NO	-	2.3%	250	2.59	0.02	Mantención anual
22	Las Cañas N° 3 - Tropezón	X		X		Regular	Inundación de praderas	3.36	3.58	3.34	2.23	2.27	3.58	2.27	NO	-	18.8%	250	14.39	1.00	Dragado y mantención de muros
23	Peralillo - Agroservicios Calle Larga	X		X		Bueno	Inundación de cítricos	1.60	1.53	1.47	1.11	1.06	1.53	1.06	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	0.6	Mantención anual
24	Millahue Huentelauquén	X		X		Regular	Inundación de praderas	4.54	5.33	4.69	3.03	3.26	5.33	3.26	NO	-	23.5%	250	0.88	0.50	Reparar obra de entrega y limpieza de vegetación
25	Batuco " Tranque Salinas" San Agustin		X	X		Regular	Inundación camino rural de poco tránsito	2.35	2.36	2.24	1.57	1.54	2.36	1.54	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	1	Se recomienda mantención (evitar filtraciones)
26	La Brunina (Arboleda Grande)	X		X		Buen estado	Inundación de praderas	1.71	1.78	1.15	1.09	1.17	1.78	1.17	SI	-	0.0%	250	sin cuenca	0.2	Mantención anual
27	Cunlagua	X		X		Regular	Estación de bombeo APR Cunlagua	1.98	1.88	1.80	1.34	1.25	1.88	1.25	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	0.2	Limpieza de vegetación que hay en los muros
28	San Agustín	X		X		Regular	Inundación de 10 casas y praderas	1.79	1.80	1.71	1.24	1.23	1.92	1.28	NO	-	23.1%	250	5.43	1.00	Reparar obra de entrega y vertedero
29	Sta. Virginia - San Gerardo		X	X		Regular	Sin riesgo	3.18	3.16	2.98	2.06	2.05	3.16	2.05	NO	-	11.6%	250	3.02	0.15	Mantención anual y que vuelva a operar
30	Huintil	X		X		Malo	Inundación de praderas y paltos	2.81	2.95	2.74	1.87	1.88	2.95	1.88	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	0.25	Mantención anual, limpieza de muros y del fondo, reparar obra de entrega
31	Las Cocineras	X		X		Regular	Inundación de praderas y cultivos de temporada	3.60	3.97	3.66	2.27	2.35	3.97	2.35	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	0.25	Reparar su obra de entrega
32	Bellavista		X	X		Mal estado	Sin riesgo	1.81	1.74	1.68	1.17	1.12	1.74	1.12	NO	-	2.9%	250	20.57	0.50	Mantención anual y que vuelva a operar
33	Cuz-Cuz N° 1	X		X		Buen estado	Inundación de parronales	2.85	3.22	2.92	1.90	2.04	3.22	2.04	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	0.1	Mantención anual
34	Cuz-Cuz N° 2	X		X		Buen estado	Inundación de parronales	7.89	10.28	8.01	4.98	5.64	10.28	5.64	NO	-	1.8%	250	3.52	0.10	Mantención anual
35	Planta Portezuelo (Reemplaza a San Jorge)	X			X	Regular	Contaminaría el estero Auco, afluente al Illapel	1.47	1.39	0.82	1.00	0.96	1.39	0.96	SI	4.80	0.0%	500	sin cuenca	SIN	Monitoreo permanente (Sernageomín)
36	Sector Quilimarí - Los Loros		X	X		Malo	Sin riesgo	3.44	4.06	3.57	2.25	2.49	4.06	2.49	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	SIN	Limpieza de vegetación que hay en los muros
37	La Palma Hacienda El Mollar	X		X		Buen estado	Sin riesgo	1.76	1.65	1.56	1.16	1.08	1.65	1.08	NO	-	18.1%	500	115.00	10	Limpieza de vegetación que hay en los muros
38	Guanguali	X		X		Malo	Afectaría a 1 familia	1.66	1.58	1.47	1.13	1.06	1.58	1.06	SI	-	46.2%	250	0.49	0.01	Reparación y revestimiento con membrana plástica
39	La Palma-Ajial Agrícola Arancibia	X		X		Buen estado	Sin riesgo	2.58	2.55	2.41	1.80	1.71	3.86	2.50	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	SIN	Monitoreo Anual
40	Pupio N° 1	X		X		Buen estado	Inundación de nogales									-	0.9%	250	1.98	SIN	Monitoreo Anual
41	Contador Frutos Fundo Las Totoras	X		X		Buen estado	Inundación de parronales	1.73	1.66	1.76	1.15	1.09	1.66	1.09	NO	-	0.0%	500	10.58	5.00	Monitoreo Anual
42	Varafrut Valle Hermoso - Río Pama	X		X		Buen estado	Inundación de parronales	1.41	1.39	1.34	1.00	0.98	1.39	0.98	SI	0.90	7.2%	500	23.21	0.50	Despejar área de válvulas
43	Verafrut Fundo El Parral (El Manzano)	X		X		Buen estado	Sin riesgo	1.54	1.44	1.39	1.04	0.97	1.44	0.97	SI	0.90	28.2%	500	26.06	1.50	Mejoramiento vertedero, monitorear las filtraciones
44	Afruva Hacieda Ramadillas		X	X		Buen estado	Sin riesgo	2.53	2.41	2.28	1.69	1.62	2.41	1.62	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	2	Solicitar información a Afruva del destino del embalse
45	Bauzá Río Cogotí	X		X		Regular	Inundación de parronales	1.73	1.69	1.63	1.18	1.17	1.69	1.17	SI	-	18.8%	250	2.01	0.50	Mantención anual, limpieza de vegetación de los muros
46	Andacollo Inversiones Fundo Bellavista	X		X		Malo	Inundación de bodega	1.86	1.63	1.57	1.27	1.12	1.63	1.12	SI	-	28.2%	500	16.67	0.50	Controlar Filtraciones y vertido de estéril de la mina en muro del embalse
47	Contador Frutos Llanos San Julian	X		X		Buen estado	Afectaría camino adyacente al embalse	1.46	1.37	1.32	1.02	0.95	1.37	0.95	NO	0.98	0.0%	500	sin cuenca	1.5	Monitoreo Anual
48	Fundo Centinela S.A. (Agroindustrial Las Tinajas S.A. en listado original)	X		X		Buen estado	Inundación de parronales y frutales	1.83	1.72	1.65	1.24	1.17	1.72	1.17	SI	-	1.6%	500	31.80	2.50	Monitoreo Anual
49	Andacollo Inv. Fundo La Playa (Agrícola Fundo Centinela S.A. en listado original)	X		X		Regular	Inundación de parronales	1.59	1.48	1.42	1.10	1.02	1.48	1.02	NO	-	0.0%	250	sin cuenca	SIN	Reparación de cara exterior del muro

Factores de seguridad < 1, en el cálculo de estabilidad de taludes, habría que hacer ensayos de mecánica de suelos más específicos para validar los resultados de inestabilidad



N°	Nombre	Coordenadas UTM (WGS 84)			Cota (Gps)
		Uso	Este	Norte	msnm
1	Cia. Minera El Indio, Laguna Sedimentación Pastos Largos	19	403258	6703403	3,527
2	Cia. Minera El Indio, Tranque Relaves El Indio	19	404403	6704764	3,641
3	Cia. Minera San Gerónimo, Socorro 6	19	317,154	6,692,363	668
4	Embalse La Laguna (reemplaza a Cia. Minera del Pacifico S.A.)	19	399,900	6,657,986	3,156
5	Cia. Minera San Gerónimo, La Higuera	19	317,187	6,692,111	635
6	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA TAMBILLOS	19	284,197	6,656,797	208
7	Quebrada Camarones (reemplaza a Cia. Minera Carmen de Andacollo)	19	270,326	6,636,169	135
8	Minera Talcuna Ltda., Tranque Yeni	19	319,613	6,692,547	812
9	QUILLAYES	19	348,341	6,474,879	1,449
10	EL DURAZNO	19	322,248	6,466,708	848
11	QDA. MANQUEHUA	19	316,650	6,490,601	953
12	LLAMUCO	19	331,495	6,492,656	1,245
13	CENTINELA	19	296,504	6,500,042	473
14	TAHUINCO	19	305,474	6,479,143	469
15	LIMAHUIDA	19	297,361	6,481,044	410
16	LAS CAÑAS N° 2 - El Molle	19	286,840	6,486,428	379
17	LAS CAÑAS N° 1 - Las Funas	19	285,107	6,485,920	384
18	BATUCO El Piedrino	19	350,653	6,459,156	1,264
19	QUELEN ALTO	19	327,392	6,469,201	841
20	PANGUESILLO	19	323,924	6,475,681	650
21	Llimpo, Fundo El Lital (reemplaza a Coiron)	19	328,851	6,471,939	827
22	LAS CAÑAS N° 3 - Tropezón	19	285,467	6,487,795	313
23	PERALILLO - Agroservicios Calle Larga	19	299,682	6,487,303	419
24	MILLAHUE Huentelauquen	19	260,908	6,501,564	12
25	BATUCO " TRANQUE SALINAS" SAN AGUSTIN	19	335,294	6,490,167	1,380
26	LA BRUNINA (ARBOLEDA GRANDE)	19	316,653	6,490,609	652
27	CUNLAGUA	19	321,037	6,487,838	793
28	SAN AGUSTIN	19	327,232	6,487,367	1,136
29	STA. VIRGINIA - SAN GERARDO	19	325,376	6,507,895	931
30	HUINTIL	19	311,548	6,505,705	607
31	LAS COCINERAS	19	298,383	6,499,615	431
32	BELLAVISTA	19	289,404	6,495,049	248
33	CUZ-CUZ N° 1	19	287,928	6,495,465	259
34	CUZ-CUZ N° 2	19	288,883	6,495,704	266
35	Planta Portezuelo (Reemplaza a San Jorge)	19	298,269	6,502,215	406
36	SECTOR QUILIMARI - LOS LOROS	19	268,709	6,444,251	27
37	LA PALMA Hacienda El Mollar	19	277,221	6,469,035	194
38	GUANGUALI	19	276,791	6,442,562	102
39	LA PALMA-AJIAL Agricola Arancibia	19	271,359	6,443,845	34
40	PUPIO N° 1	19	293,265	6,465,828	323
41	CONTADOR FRUTOS Fundo Las Totoras	19	303,678	6,578,399	670
42	VERFRUT Valle Hermoso - Rio Pama	19	312,518	6,539,107	1,147
43	VERFRUT Fundo El Parral	19	304,192	6,553,359	800
44	AFRUVA Hacieda Ramadillas	19	315,231	6,542,689	1,280
45	BAUZA Rio Cogoti	19	314,380	6,560,383	878
46	ANDACOLLO INVERSIONES Fundo Bellavista	19	306,558	6,547,899	882
47	CONTADOR FRUTOS Llanos San Julian	19	278,091	6,606,385	263
48	Fundo Centinela S.A. (Agroindustrial Las Tinajas S.A. en listado original)	19	312,027	6,547,297	974
49	Andacollo Inv. Fundo La Playa (Agricola Fundo Centinela S.A. en listado original)	19	315,448	6,545,086	1,257

SIMBOLOGIA

- EMBALSES
- RIOS
- CAPITAL REGIONAL
- CUENCA
- COMUNA

Datos Cartográficos y Geodésicos:
Proyección UTM (Universal Transversal de Mercator)
Huso 19 Sur
Datum WGS de 1984.

Fuente:
SIG DGA

0 5 10 20 30 40 50
Kilometros

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Area de Documentación

ESTUDIO:	PLANO:	FECHA:
CATASTRO E INSPECCIÓN PRELIMINAR DE EMBALSES REGION DE COQUIMBO	UBICACIÓN DE EMBALSES DIAGNOSTICADOS	MARZO 2009
	DESCRIPCIÓN: IV REGIÓN	LAMINA: 1

AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA