DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL "CONTINUIDAD OPERACIONAL DE FAENA MINERA ATACAMA KOZAN"

Anexo 19:
PAS 157



S.C.M. ATACAMA KOZAN

PROYECTO: CONTINUIDAD OPERACIONAL DE FAENA MINERA ATACAMA KOZAN

N° 5009-HD-INF-03_0

PAS 157

Preparado por

Ágora Soluciones SPA

Aprobado por

Jefe de Disciplina PVarela
Gerente de Proyecto AHolgado

Rev.	Por	Emitido para	Fecha	Fecha de Revisión	Aprobado
A	PVM	Revisión interna	13/12/17		
B	PVM	Revisión y comentarios.	14/12/17		
0	PVM	Revisión y comentarios	14/12/17		

Comentarios:

PROYECTO: CONTINUIDAD OPERACIONAL DE FAENA MINERA ATACAMA KOZAN

PAS 157

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 5

2 ANTECEDENTES Y REFERENCIAS 8

3 ANTECEDENTES PARA EL OTORGAMIENTO DEL PERMISO 9

3.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA, INCLUYENDO UN CROQUIS DE UBICACIÓN GENERAL DE ÉSTA. 9

3.1.1 Emplazamiento de las obras 9

3.1.2 Descripción de los cauces 11

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y DE SUS FASES 13

3.2.1 Descripción de las obras 13

3.2.2 Descripción de las fases 15

3.2.2.1 Escenario de operación 15

3.2.2.2 Escenario de cierre 17

3.3 ESTIMACIÓN DE LOS PLAZOS Y PERIODOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS 17

3.4 PLANO TOPOGRÁFICO DE PLANTA Y PERFILES, GEOREFERENCIADO, DE LA OBRA Y DEL ÁREA SUSCEPTIBLE DE SER AFECTADA. 18

3.5 MEMORIA DEL CÁLCULO DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO, DE ARRASTRE DE SEDIMENTOS Y DE SOCAVACIONES, PARA LA SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO, SEGÚN CORRESPONDA. 18

3.5.1 Memoria de cálculo de estudio hidrológico 18

3.5.2 Memoria de cálculo hidráulico 21

3.5.2.1 Canales 22

3.5.2.2 Vertedero de emergencia 25

3.5.2.3 Disipador de energía 25

3.5.3 Memoria de cálculo de estudio de arrastre de sedimentos y de socavaciones. 28

3.6 PLAN DE MONITOREO 28

3.7 MEDIDAS TENDIENTES A MINIMIZAR LOS EFECTOS SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS, AGUAS ABAJO DEL LUGAR DE CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS. 28

3.8 PLAN DE CONTINGENCIAS. 29

3.9 PLAN DE EMERGENCIA, SI APLICA. 30

3.10 INDICADOR DE CUMPLIMIENTO 32

4 APENDICE 32

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1: Coordenadas UTM WGS84 de las obras proyectadas. 11

Tabla 3-2: Area de ocupación de las obras de desvío. 11

Tabla 3-3: Definición de servicios para las obras de desvío 13

Tabla 3-4: Características de las obras de desvío 14

Tabla 3-5: Parámetros principales Estaciones DGA. 18

Tabla 3-6: Parámetros morfológicos de las cuencas del sitio. 19

Tabla 3-7: Precipitación para distintos periodos de retorno. 20

Tabla 3-8: Caudales para PMP de cuencas del proyecto. 21

Tabla 3-9: Parámetros para el dimensionamiento hidráulico. 24

Tabla 3-10: Condiciones de escurrimiento para los canales. 24

Tabla 3-11: Verificación de Tanque disipador de energía. 27

Tabla 3-12: Calculo de D_{50}. 28

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1: Sector de emplazamiento del Depósito de relaves filtrados (destacado en verde). 10

Figura 3-2: Disposición general de obras proyectadas. 10

Figura 3-3: Cauces en el área de influencia del proyecto. 12

Figura 3-4: Diagrama sinóptico del flujo de aguas naturales durante el escenario de operación. 16

Figura 3-5: Diagrama sinóptico del flujo de aguas naturales durante el escenario de cierre. 17

Figura 3-6: Carta Gantt de construcción de las obras. 18

Figura 3-7: Definición de cuencas para el estudio de hidrología. 20

Figura 3-8: Definición de cuencas para el estudio de hidrología. 23

Figura 3-9: Variables de sección trapecial. 24

Figura 3-10: Vertedero Creager. 25

Figura 3-11: Geometría básica de disipador de energía.....26

1 INTRODUCCIÓN

SCM Atacama Kozan corresponde a una faena minera actualmente en operación, localizada en las comunas de Tierra Amarilla y Copiapó. Este proyecto minero contempla explotación de minerales, beneficio y disposición de relaves en el Tranque de Relaves El Gato.

El Proyecto para su operación actual cuenta con sus respectivas autorizaciones ambientales que inician con el EIA El Bronce de Atacama, cuya calificación ambiental favorable se obtuvo por RCA Nº 006/1997, este proyecto original ha sido objeto de una serie de cambios y modificaciones que fueron autorizadas según los siguientes actos administrativos: DIA Modificación Relaveducto (RCA Nº 117/1998); DIA Modificación Planta de Tratamiento de Minerales (RCA 45-B/2001); DIA Sistema de Subtransmisión Eléctrica (RCA 141/2002); DIA Aumento de Capacidad Tranque de Relaves El Gato (RCA 76/2012); Resolución SEA Nº 156/2013 de Rectificación de la DIA 76/2012; Carta SEA Nº 423 de fecha 08 de mayo de 2013, Resolución SEA Nº 111 de fecha 22 de abril de 2014 y Resolución SEA Nº 131 de fecha 4 de diciembre de 2017.

Respecto de las autorizaciones de las instalaciones mineras, se cuenta con las respectivas autorizaciones de SERNAGEOMIN, a saber: Res. SERNAGEOMIN Nº710 de fecha 4 de agosto de 1997 que aprueba el proyecto de construcción y operación del Tranque de Relaves El Gato; Res. SERNAGEOMIN Nº535 de fecha 11 de febrero de 2002 que aprueba el “Estudio de Diseño de Geomecánico Caverna de Chancado Primario”; Res. SERNAGEOMIN Nº 693 de fecha 26 de febrero de 2002; Res. SERNAGEOMIN Nº2436 de fecha 16 de octubre de 2002 que aprueba el proyecto de Planta de Procesos de 5.500 TPD; Res. SERNAGEOMIN Nº1310 de fecha 8 de julio de 2009 que aprueba el Plan de Cierre de Faena SCM Atacama Kozan; Res. SERNAGEOMIN Nº 218 de fecha 17 de mayo de 2013 que aprueba el aumento de capacidad de tranque de relaves El Gato; Res. SERNAGEOMIN Nº364 de fecha de 6 mayo de 2014 que aprueba la actualización del “Proyecto de Procesamiento Atacama Kozan Planta de Procesos 5.500 TPD”; Res. SERNAGEOMIN Nº 555 de fecha 21 de julio de 2014 que rectifica la Res. SERNAGEOMIN Nº 218/2013; Res. SERNAGEOMIN Nº2347 de fecha 4 de noviembre de 2016 que aprueba la “Ampliación Vida útil Proyecto de Minera Atacama Kozan, Método de Explotación Sub Level Stoping de la Faena minera Atacama Kozan”

A fin de asegurar la continuidad operativa de la faena, SCM Atacama Kozan ingresa a evaluación ambiental el proyecto “Continuidad Operacional de Faena Minera Atacama Kozan”, el cual contempla la extensión de la vida útil del proyecto minero, a partir del aumento de la capacidad para disposición de relaves, incorporando un depósito de relaves filtrados apoyado sobre el muro del tranque actual como una prolongación, aumentando además la estabilidad del depósito en su integridad. La capacidad de depositación de relaves filtrados se proyecta de las reservas mineras disponibles que SCM Atacama Kozan va definiendo según exploraciones permanentes que permiten ir actualizando las existencias minables. De esta manera, por corresponder a una continuidad operacional, no se alterará la capacidad máxima ni el nivel de tratamiento de los procesos, el cual continuará de acuerdo a la operación actual.

Adicionalmente, se destaca que otro de los mayores beneficios que contempla esta metodología de relaves filtrados, corresponde a la maximización en la recuperación de agua, la cual será reutilizada en las operaciones mineras, contribuyendo con ello, a una disminución considerable de los consumos de agua autorizados.

De esta manera, el proyecto sometido a evaluación de impacto ambiental considerará 3 áreas asociadas a distintas instalaciones, las cuales corresponden:

- Área Mina-Planta
- Área Obras Lineales
- Área Depósito de Relaves

Según lo expuesto anteriormente, la continuidad de las actuales operaciones restringirá la fase de construcción exclusivamente a la reconstitución del acueducto para recuperación de agua industrial y la construcción del depósito de relaves filtrados con sus instalaciones anexas.

El proyecto considera una vida útil de 17 años, de los cuales el primer año corresponde a la etapa de construcción del depósito de relaves filtrados y la reconstitución del acueducto, sin embargo, dado que es una continuidad operacional, las operaciones en Mina-Planta y la depositación en el actual Tranque de Relaves (según capacidad autorizada por RCA 76/2012) se mantendrán paralelas a las actividades de construcción. Luego, durante los 14 años siguientes continuará la fase de operación, pero cambiando la depositación a relaves filtrados, finalizando con el cierre de la Faena Minera, el que se proyecta en 2 años.

En el presente documento se presentan los antecedentes técnicos y formales necesarios que permiten acreditar el cumplimiento del Permiso Ambiental Sectorial N° 157 (PAS 157), indicado en el Artículo 157° del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA), el que señala:

Artículo 157.- Permiso para efectuar obras de regularización o defensa de cauces naturales.

El permiso para efectuar obras de regularización o defensa de cauces naturales, será el establecido en los incisos 1º y 2º del artículo 171 del Decreto con Fuerza de Ley Nº 1.122, de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas.

El requisito para su otorgamiento consiste en no afectar la vida o salud de los habitantes, mediante la no alteración significativa del escurrimiento y de los procesos erosivos naturales del cauce y la no contaminación de las aguas.

En el contexto de la evaluación ambiental del Proyecto, al Art. 135°, en relación con el Permiso para la construcción y operación de depósito de relaves, señala:

Los contenidos técnicos y formales que deben presentarse para acreditar su cumplimiento son los siguientes:

a) *Descripción del lugar de emplazamiento de la obra, incluyendo un croquis de ubicación general de ésta.*
b) *Descripción de la obra y de sus fases.*
c) *Estimación de los plazos y periodos de construcción de las obras.*
d) *Plano topográfico de planta y perfiles, georreferenciado, de la obra y del área susceptible de ser afectada.*
e) *Memoria del cálculo del estudio hidrológico, hidráulico, de arrastre de sedimentos y de socavaciones, para la situación con y sin proyecto, según corresponda.*
f) *Plan de Monitoreo.*
g) *Medidas tendientes a minimizar los efectos sobre la calidad de las aguas, aguas abajo del lugar de construcción de las obras.*
h) *Plan de contingencias.*
i) *Plan de emergencia, si aplica.*

En atención a lo anterior, en el presente informe se presentan los contenidos técnicos y formales requeridos para dar cumplimiento a lo estipulado en el D.S N°40/12 y el artículo mencionado.

2 ANTECEDENTES Y REFERENCIAS

Antecedentes del proyecto:

Ref 1 RCA aprobatoria del Proyecto “Aumento de capacidad del tranque de relaves el gato de la S.C.M. Atacama Kozan". Resolución Exenta N°76, Copiapó 4 abril de 2012.

Antecedentes de S.C.M. ATACAMA KOZAN:

Ref 2 Estudio hidrológico: ANEXO D, “Crecida Máxima Probable”, Tranque de Relaves Quebrada El Gato, ARCADIS Geotecnia, Julio de 2004.

Ref 3 3070-GE-INF-003: “Informe Hidrológico del Sitio”, JO Ingeniería, Noviembre de 2016.

Referencias bibliográficas:

Ref 4 Manual de Carreteras Volumen III: “Instrucciones y criterios de Diseño”, Ministerio de Obras Publicas, 2017.

Ref 5 Bureau of Reclamation (2007). Diseño de Pequeñas Presas. Madrid: Grupo Bellisco.

Ref 6 Hidráulica Aplicada al Diseño de Obras. Horacio Mery. RII, Edición 2013.

Ref 7 Hidráulica de canales abiertos. Ven Te Chow. Mc Graw-Hill, Edición 2004.

3 ANTECEDENTES PARA EL OTORGAMIENTO DEL PERMISO

En los puntos siguientes se presenta el desarrollo de los contenidos técnicos y formales para acreditar el cumplimiento del PAS 157, el cual se refiere al permiso para efectuar obras de regularización o defensa de cauces naturales, establecido en los incisos 1º y 2º del artículo 171 del D.F.L. Nº 1.122 de 1981 del Ministerio de Justicia, Código de Aguas.

El requisito para su otorgamiento consiste en no afectar la vida o salud de los habitantes, mediante la no alteración significativa del escurrimiento y de los procesos erosivos naturales del cauce y la no contaminación de las aguas.

3.1 Descripción del lugar de emplazamiento de la obra, incluyendo un croquis de ubicación general de ésta.

3.1.1 Emplazamiento de las obras

El Deposito de relaves filtrados se encuentra ubicado en la Quebrada el Gato, aguas abajo del Tranque de relaves El Gato y colindante con la Quebrada Paipote. Se accede al sector del proyecto por medio de la ruta C-35 al sur y luego por 31-CH “Carretera del Inca” al norte desde la localidad de Paipote.

En la figura siguiente se muestra el emplazamiento general del depósito y su ubicación con respecto al Tranque El Gato de S.C.M. ATACAMA KOZAN.

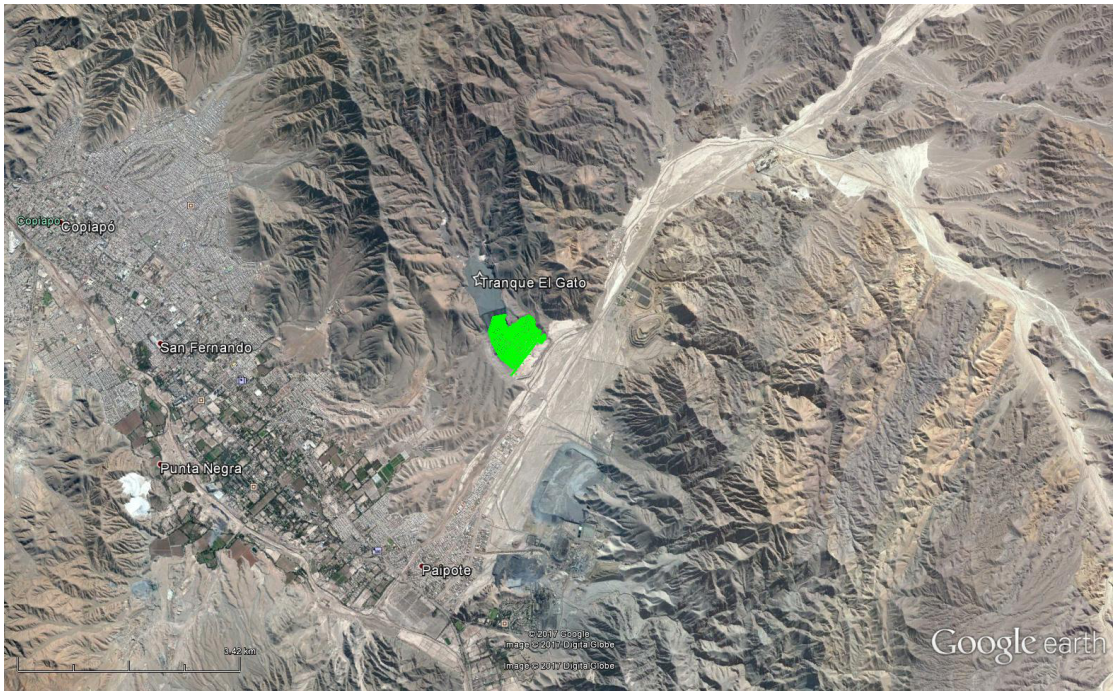

Figura 3-1: Sector de emplazamiento del Depósito de relaves filtrados (destacado en verde).

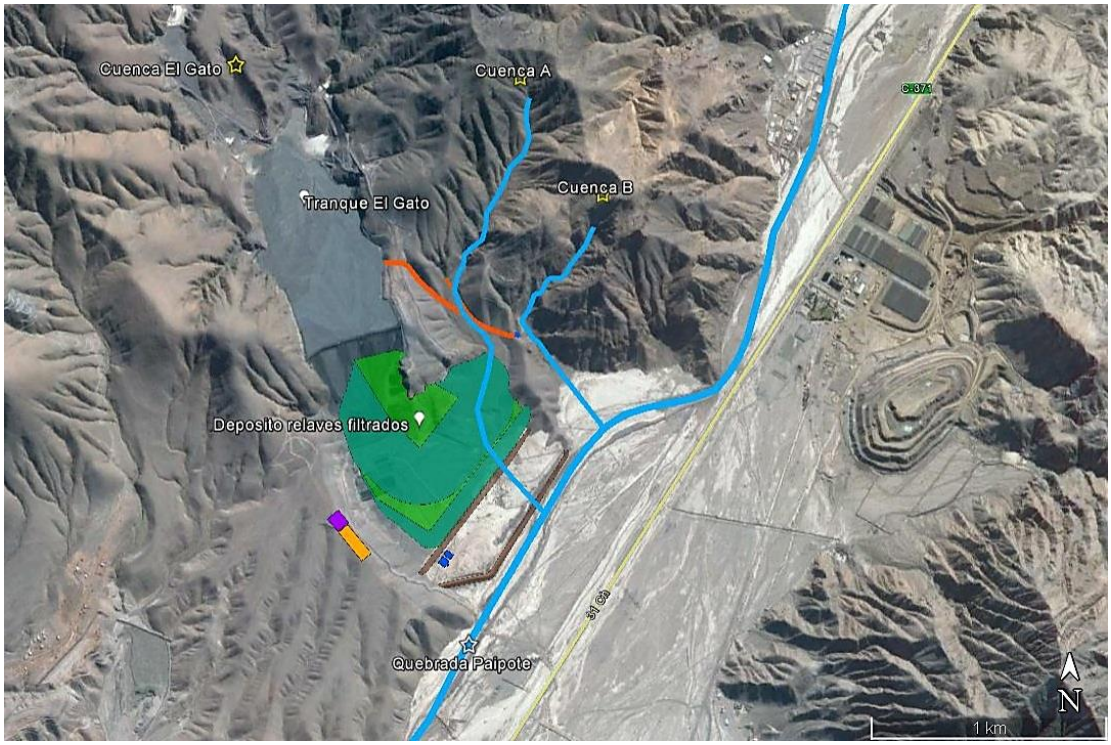

Figura 3-2: Disposición general de obras proyectadas.

Las coordenadas de referencia de las obras de desvio de aguas naturales se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 3-1: Coordenadas UTM WGS84 de las obras proyectadas.

Obra proyectada	Norte [m]	Este [m]
Canal de contorno	6,971,098	375,364
Canales secundarios	6,971,144	375,398
Rápida de descarga	6,971,029	375,603
Disipador de energía	6,971,016	375,623
Canales de restitución	6,971,500	374,695
Vertedero de emergencia	6,971,335	375,055
Canal de descarga vertedero	6,971,324	375,092

El area total ocupada por las obras de desvio de aguas naturales es 2,702 m^2, cuyo detalle se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 3-2: Area de ocupación de las obras de desvío.

Obra de desvío de aguas naturales	Largo [m]	Ancho [m]	Area [m^2]
Canal de contorno	390	4	1,560
Canales secundarios	200	2	400
Rápida de descarga	30	1	30
Disipador de energía	24	18	432
Vertedero de emergencia	10	4	40
Canal de descarga de vertedero	60	4	240

3.1.2 Descripción de los cauces

En el sitio del proyecto se diferencian claramente tres cuencas aguas arriba del Tranque El Gato y del depósito de relaves filtrados, las cuales son denominadas Cuenca El Gato, Cuenca A y Cuenca B. De ellas solo la cuenca El Gato y la cuenca A son intervenidas por los depósitos de relaves. En cambio la Cuenca B descarga libremente en la Quebrada Paipote, como se muestra en la figura siguiente.

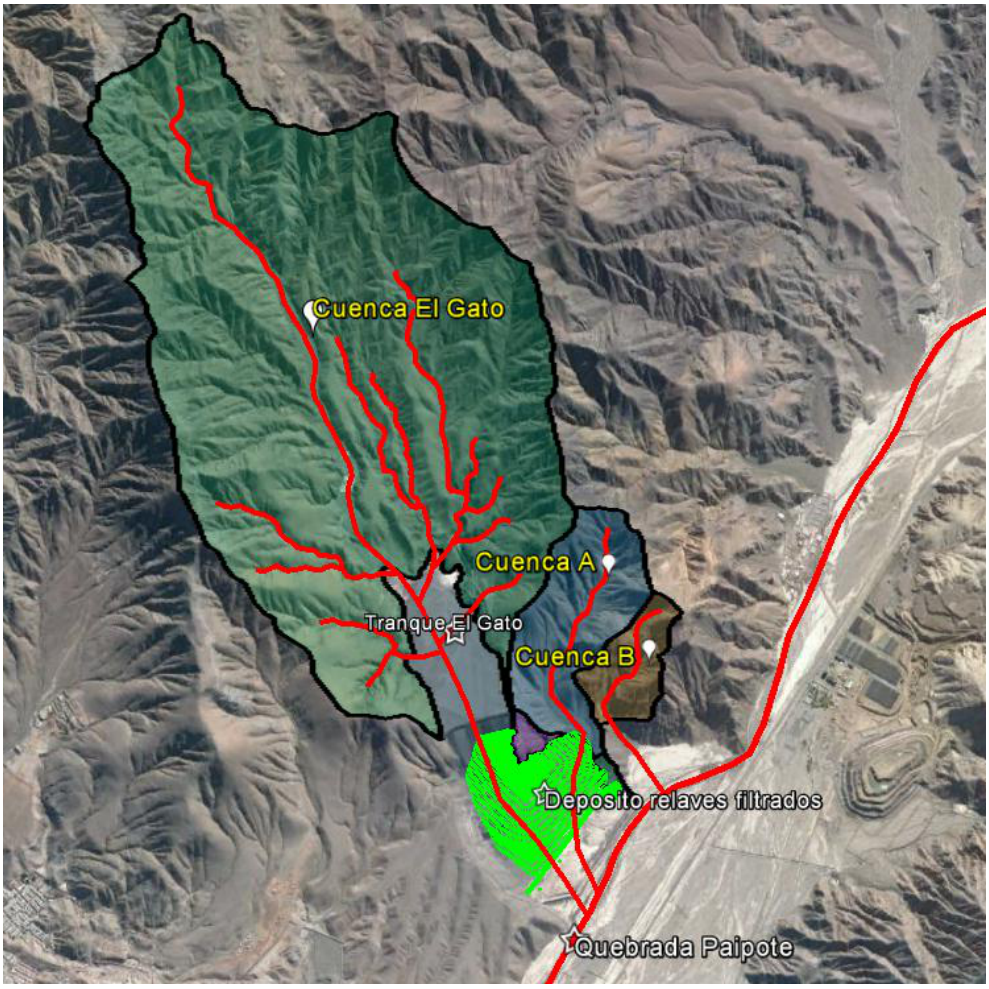

Figura 3-3: Cauces en el área de influencia del proyecto.

La cuenca El Gato presenta una serie de quebradas de segundo orden que confluyen en un cauce principal que actualmente es ocupado por el Tranque El Gato, donde la cubeta del Tranque pasa a ser receptora de las quebradas circundantes. Aguas abajo del Tranque se encuentra el emplazamiento del depósito de relaves filtrados proyectado, el cual queda protegido de la acción directa de las quebradas de la cuenca El Gato debido a la presencia del Tranque y solo es afectado directamente por la quebrada de la Cuenca A.

La cuenca B también dispone de un cauce principal, bien definido, el cual descarga hacia la quebrada Paipote en forma libre, formando un cono de deyección aluvial sin intervenciones de ningún tipo.

Las obras de desvió de aguas naturales proyectadas y descritas en los puntos siguientes buscan el adecuado manejo de los cauces mencionados, tomando en consideración lo ya definido para el Tranque El Gato existente, buscando una

sinergia en las instalaciones operativas de este Tranque con las obras necesarias para el Depósito de relaves filtrados.

3.2 Descripción de la obra y de sus fases

3.2.1 Descripción de las obras

Las obras de desvió de aguas naturales se proyectan de tal forma que desvíen las aguas provenientes de la Quebrada El Gato y la Quebrada de la Cuenca A, la cuales actuaran durante los distintos escenarios donde están definidas, considerando que el proyecto tiene una etapa de operación y cierre bien definidos. Del mismo modo, en busca de optimizar el servicio de las obras proyectadas existen obras que prestan servicios en ambas etapa, en primer lugar durante la operación y luego forman parte de las obras de cierre, para cual su dimensionamiento queda definido por el escenario más desfavorable, en este caso, el escenario de cierre.

Las obras de desvió definidas para el proyecto son:

1. Canal de contorno
2. Canales secundarios
3. Rápida de descarga
4. Disipador de energía
5. Canales de restitución
6. Vertedero de emergencia
7. Canal de descarga vertedero

Estas obras prestan servicio en distintos momentos del proyecto, y desvían aguas desde diferentes cuencas según lo presentado en la siguiente tabla:

Tabla 3-3: Definición de servicios para las obras de desvío

Obra de desvío de aguas naturales	Cuenca aportante	Etapa de servicio	Función de la obra
Canal de contorno	Cuenca A Cuenca El Gato + Cuenca A	Operación Cierre	Desviar las aguas desde las cuencas hacia el rápido de descarga.
Canales secundarios	Cuenca A Cuenca El Gato + Cuenca A	Operación Cierre	Desviar las aguas desde las quebradas de la cuenca A hacia el canal de contorno.
Rápida de descarga	Cuenca A Cuenca El Gato + Cuenca A	Operación Cierre	Desviar las aguas desde el canal de contorno hacia el disipador de energía.

Obra de desvío de aguas naturales	Cuenca aportante	Etapa de servicio	Función de la obra
Disipador de energía	Cuenca A Cuenca El Gato + Cuenca A	Operación Cierre	Entregar las aguas de desvió hacia la Quebrada de la cuenca B.
Canales de restitución	Cuenca El Gato	Cierre	Captar y conducir las aguas desde las quebradas de la Cuenca El Gato hacia el vertedero de emergencia.
Vertedero de emergencia	Cuenca El Gato	Cierre	Desviar las aguas de los canales de restitución hacia el canal de descarga del vertedero.
Canal de descarga de vertedero	Cuenca El Gato	Cierre	Desviar las aguas captadas por el vertedero de emergencia hacia el canal de contorno.

En general todas las obras de desvió de aguas naturales fueron dimensionadas para conducir los caudales producto de la precipitación máxima probable (PMP), debido a que son las que rigen el escenario de cierre, como se expone en el capítulo de Hidrología. Es por ello que obras como el canal de contorno quedarán sobredimensionadas en el escenario de operación dejando un amplio margen de seguridad en este caso.

Las características de las obras de desvió y su materialidad se definieron según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3-4: Características de las obras de desvío

Obra de desvío de aguas naturales	Tipo de obra hidráulica	Geometría	Materialidad
Canal de contorno	Canal de sección trapecial revestido	Trapecial B:2m H:2m Z:0.5	Canal excavado en terreno con revestimiento de mampostería de piedra con mortero de hormigón.
Canales secundarios	Canal de sección trapecial revestido	Trapecial B:1m H:1m Z:0.5	Canal excavado en terreno con revestimiento de mampostería de piedra con mortero de hormigón.
Rápida de descarga	Canal de sección rectangular revestido	Rectangular B:1m H:1m	Canal excavado en pendiente fuerte revestido con hormigón armado.
Disipador de energía	Tanque disipador de energía Tipo cuenco	Cuenco rectangular Li:8m Ai:6m	Cuenco excavado en terreno, revestido con empedrado, bolones y hormigón.

Obra de desvío de aguas naturales	Tipo de obra hidráulica	Geometría	Materialidad
		Le:24m Ae:18m h:2m H/V: 3/1	
Canales de restitución	Canal de sección trapecial revestido, con bocatomas de ancho variable.	Trapecial B:6m H:2.5m Z:1	Canal excavado en cubeta consolidada con revestimiento compuesto de: • Geotextil. • Lamina de HDPE. • Mampostería de piedra con mortero de hormigón. Bocatomas dispuestas en terreno natural revestidas con empedrado y hormigón.
Vertedero de emergencia	Vertedero rectangular de perfil tipo Creager.	Vertedero tipo Creager P:1m L:6m	Vertedero dispuesto sobre terreno natural y materializado con hormigón armado.
Canal de descarga de vertedero	Canal de sección trapecial revestido	Trapecial B:2m H:2m Z:0.5	Canal excavado en terreno con revestimiento de mampostería de piedra con mortero de hormigón.

3.2.2 Descripción de las fases

Las fases de servicio de las obras de desvió de aguas naturales ocurren durante el escenario de operación en primer lugar y luego una vez alcanzado la vida útil del depósito de relaves filtrados se desarrolla el escenario de cierre, de acuerdo a lo descrito en los siguientes puntos.

3.2.2.1 Escenario de operación

En el escenario de operación se considera que la Empresa se encuentra en el sitio operando los depósitos de relaves, por lo cual mantiene bajo control los sistemas de recuperación de agua de contacto desde la cubeta del Tranque el Gato, las cuales son retornadas a la Planta de Beneficios por medio del sistema de Torres de captación y tuberías existentes para estos efectos.

Para proteger al Depósito de relaves filtrados proyectado se considera un canal de contorno y canales secundarios que tributan a él con el objeto de desviar las aguas naturales desde la Quebrada de la Cuenca A hacia la Cuenca B, por medio del canal de contorno, un rápido de descarga y un disipador de energía, tal como se muestra en el diagrama de la Figura 3-4.

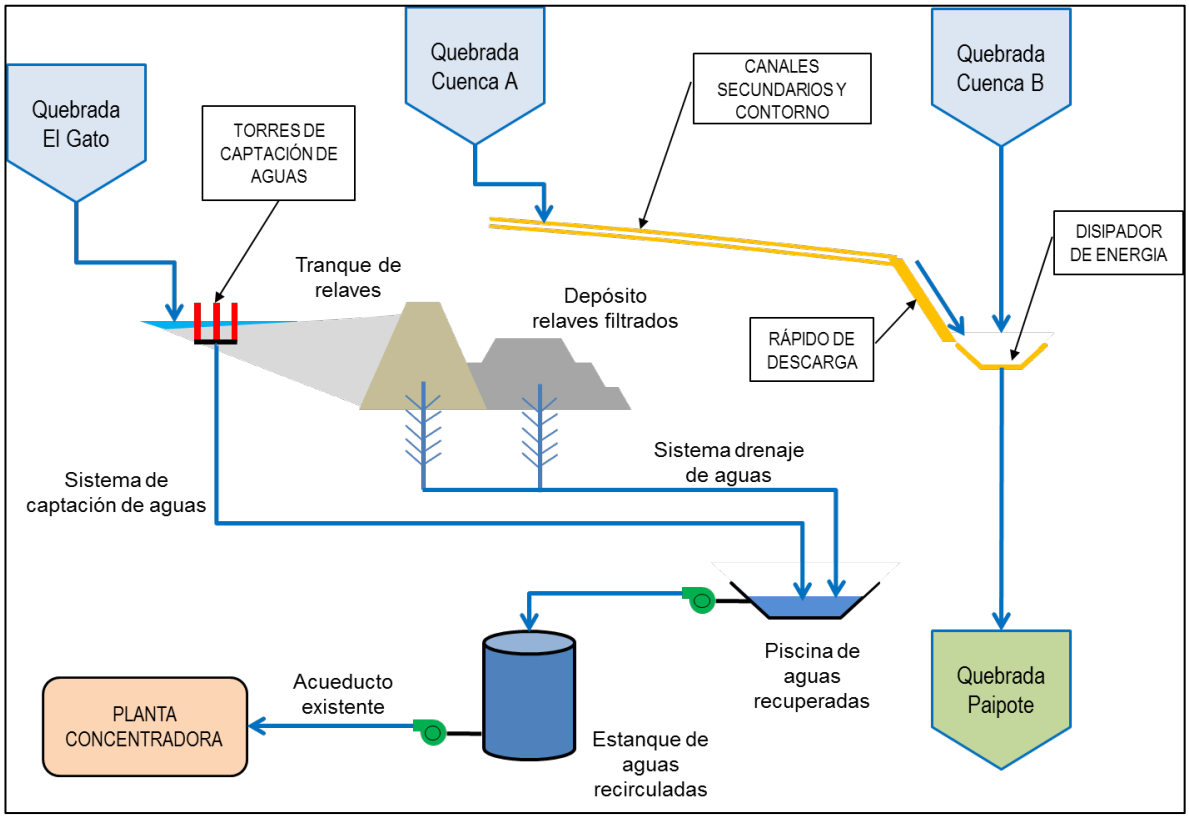

Figura 3-4: Diagrama sinóptico del flujo de aguas naturales durante el escenario de operación.

La disposición general de estas obras puede ser consultada en el plano 5009-HD-SK-001_C, adjunto a este documento.

De esta forma las aguas provenientes de las cuencas que tributan al proyecto son controladas por las instalaciones existentes y las obras del proyecto ante un evento de precipitaciones que produzca escorrentías superficiales.

3.2.2.2 Escenario de cierre

El escenario de cierre considera que la Empresa no se encuentra operando la depositación de relaves en el sitio, por lo cual se deben considerar que las obras de desvío manejen adecuadamente los flujos de aguas naturales que acceden a los depósitos existentes en ese momento: Tranque El Gato y Depósito de relaves filtrados. Para ello, se ha considerado que las obras ya construidas en el escenario de operación, sigan en servicio mediante la continuidad de ellas con las obras necesarias para el cierre del Tranque El Gato. En consecuencia, quedan todas las obras dimensionadas para soportar la PMP y evacuar las aguas de manera controlada y segura hacia la cuenca B, tal como se muestra en el diagrama siguiente.

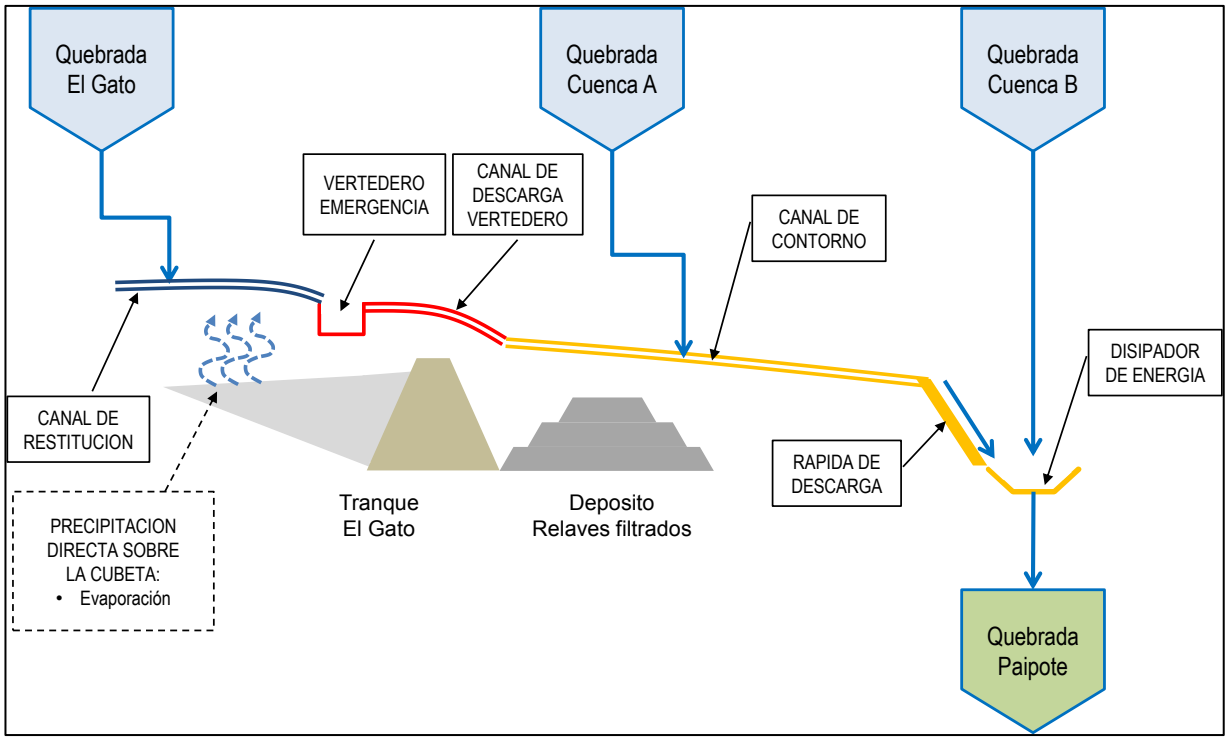

Figura 3-5: Diagrama sinóptico del flujo de aguas naturales durante el escenario de cierre.

La precipitación directa sobre la cubeta del Tranque El Gato se considera menor, siendo ésta evaporada y en el caso extremo evacuada por el canal de restitución con el fin de mantener la integridad de las obras ante todo evento pluviométrico.

3.3 Estimación de los plazos y periodos de construcción de las obras

En la figura siguiente se presenta la carta Gantt con los plazos y periodos de construcción de las obras proyectadas.

Partida	SEMANAS	%	AÑO 1 MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	AÑO 16 MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
CANALES DE CONTORNO	12	12%														
	0	0%														
CANALES SECUNDARIOS	8	8%														
	0	0%														
RAPIDO DE DESCARGA	12	12%														
	0	0%														
DISIPADOS DE ENERGIA	12	12%														
	0	0%														
VERTEDERO DE EMERGENCIA	20	19%														
	0	0%														
CANAL DE DESCARGA DE VERTEDERO	16	15%														
	0	0%														
CANALES DE RESTITUCION	24	23%														
	0	0%														

Figura 3-6: Carta Gantt de construcción de las obras.

3.4 Plano topográfico de planta y perfiles, georeferenciado, de la obra y del área susceptible de ser afectada.

La disposición de estas obras y su topografía se presentan en el plano 5009-HD-SK-001_C adjunto a este documento.

3.5 Memoria del cálculo del estudio hidrológico, hidráulico, de arrastre de sedimentos y de socavaciones, para la situación con y sin proyecto, según corresponda.

3.5.1 Memoria de cálculo de estudio hidrológico

Los estudios de Hidrología: “Crecida Máxima Probable, Tranque de Relaves Quebrada El Gato” (Ref 2) y 3070-GE-INF-003: “Informe Hidrológico del Sitio” (Ref 3), fueron tomados en cuenta para el dimensionamiento de las obras de desvió de aguas naturales del proyecto. Estos estudios fueron realizados en base la información de precipitaciones máximas diarias de las estaciones Copiapó y Embalse Lautaro de DGA.

Tabla 3-5: Parámetros principales Estaciones DGA.

Parámetro	Unidad	Estación DGA	
		Copiapó	Embalse Lautaro
Código BNA		03450004-5	03430006-2
Cuenca		Rio Copiapó	Rio Copiapó
Cota	m.s.n.m.	385	1110
Año inicio registro		1962	1962
Año final registro		2017	2017
N° de datos		56	56

Parámetro	Unidad	Estación DGA	
		Copiapó	Embalse Lautaro
Promedio	mm	9.57	16.42
Desviación estándar	mm	12.31	17.18
Error estándar	mm	1.64	2.30
Coeficiente Asimetría		2.42	1.74
Coeficiente de Curtosis		8.37	3.89

Como el sitio de emplazamiento del proyecto tiene una elevación intermedia entre ambas estaciones, con una cota de referencia de 770 m.s.n.m., característica de la cuenca de la Quebrada El Gato, los cálculos de las precipitaciones para los períodos de retorno del proyecto se han interpolado de los cálculos de las estaciones DGA consideradas para el estudio.

Las cuencas involucradas en el estudio son: Las Cuenca de la Quebrada El Gato, la cuenca A como cuenca aportante y la cuenca B como cuenca evacuadora de los caudales desviados por las obras. En la tabla siguiente se presentan las principales características de éstas, obtenidas desde el análisis de la información morfológica disponible de Google Earth.

Tabla 3-6: Parámetros morfológicos de las cuencas del sitio.

Parámetro		Cuenca		
		Cuenca Quebrada El Gato	Cuenca A	Cuenca B
Área [Km^2]		6.47	0.66	0.24
Longitud cauce principal [Km]	L	3.5	1.4	0.8
Cota máxima [m.s.n.m]	Z_{max}	993	745	762
Cota mínima [m.s.n.m]	Z_{min}	608	530	532
Cota media [m.s.n.m]	Z_{med}	800	637	647
Cota máxima – Cota mínima [m]	H	385	215	230
Pendiente promedio [%]	S	11	15	29

En la imagen siguiente se presentan las cuencas y las obras del proyecto.

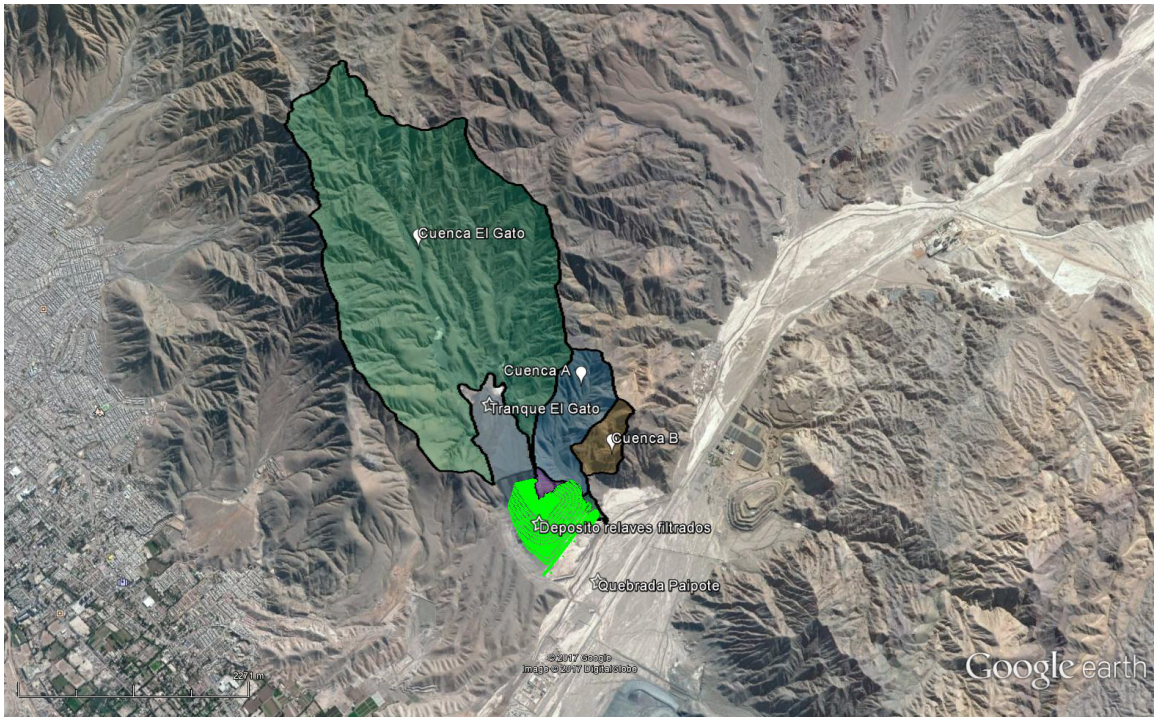

Figura 3-7: Definición de cuencas para el estudio de hidrología.

De los estudios hidrológicos realizados (Ref 2 y Ref 3), se han obtenido los valores para las precipitaciones con un periodo de retorno de 50, 100, 1000 y 10,000 años, junto con el cálculo de la PMP. En la siguiente tabla se presentan estos valores:

Tabla 3-7: Precipitación para distintos periodos de retorno.

Periodo de retorno [años]	Precipitación [mm]
50	50.6
100	61.7
1,000	99.5
10,000	138.3
Tr = 12,000 PMP (Estación Copiapó, Ref 3)	146.5
Tr = 12,000 PMP (Cuenca Quebrada El Gato, Ref 2)	200

Por lo tanto, y considerando el DS50, para el caso de las obras de desvió de aguas naturales del proyecto, en la etapa de cierre se debe considerar en su dimensionamiento los caudales producto de la PMP al tener un periodo de retorno mayor a 10,000 años.

Los caudales para la precipitación máxima probable (PMP), calculados en Ref 2, son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3-8: Caudales para PMP de cuencas del proyecto.

Cuenca	Caudal [m^3/s]
Cuenca El Gato	22
Cuenca A	2.5
Cuencas B	0.9

Con los caudales de la tabla 5-4 y los antecedentes topográficos se han dimensionado las obras de desvío de aguas naturales del proyecto.

3.5.2 Memoria de cálculo hidráulico

El dimensionamiento de las obras se realiza según las recomendaciones del Manual de Carreteras y de la bibliografía especializada (ver referencias bibliográficas Ref 7 y 8), aplicando la teoría de la hidráulica de canales en régimen uniforme y gradualmente variado en superficie libre.

La mayoría de las obras de desvío corresponden a canales revestidos en sección trapecial o rectangular (en el caso de la rápida) y se consideran estructuras especiales como el vertedero de emergencia y el disipador de energía, que también son materializados con hormigón armado o enrocados y mampostería de piedra.

Se han considerado los siguientes criterios de diseño:

- Canales en régimen uniforme:
  - Caudal de diseño correspondiente a la PMP.
  - Sección trapecial
  - Talud H:V=1:2 o Z=0.5 (Suelo competente de densidad alta o Roca).
  - Sección revestida con mampostería de piedra.
  - Coeficiente de Manning n=0.025 (Empedrado cementado).
  - Revancha igual al 20% de la altura normal de escurrimiento con un mínimo de 20cm.
  - Pendientes según terreno natural, considerando la sección 100% excavada y transiciones suaves entre los distintos tramos.

- Rápida de descarga:
  - Caudal de diseño correspondiente a la PMP.
  - Sección rectangular
  - Sección revestida con hormigón armado.
  - Coeficiente de Manning n=0.015 (Hormigón).
  - Revancha según recomendaciones para canales en pendiente fuerte.
  - Pendiente uniforme según terreno natural.

- Vertedero de emergencia:
  - Tipo de vertedero: Rectangular con perfil Creager.
  - Materialidad: Hormigón armado.

En los siguientes puntos se resume el dimensionamiento de las obras.

3.5.2.1 Canales

Los canales se diseñaron para un caudal producto de la PMP según las áreas aportantes a ellos, considerando régimen uniforme y escurrimiento normal según los criterios de diseño utilizados.

El trazado de los canales se muestra en la figura siguiente y se corresponde con las pendientes naturales del terreno considerando que la sección del canal se excava en un 100%.

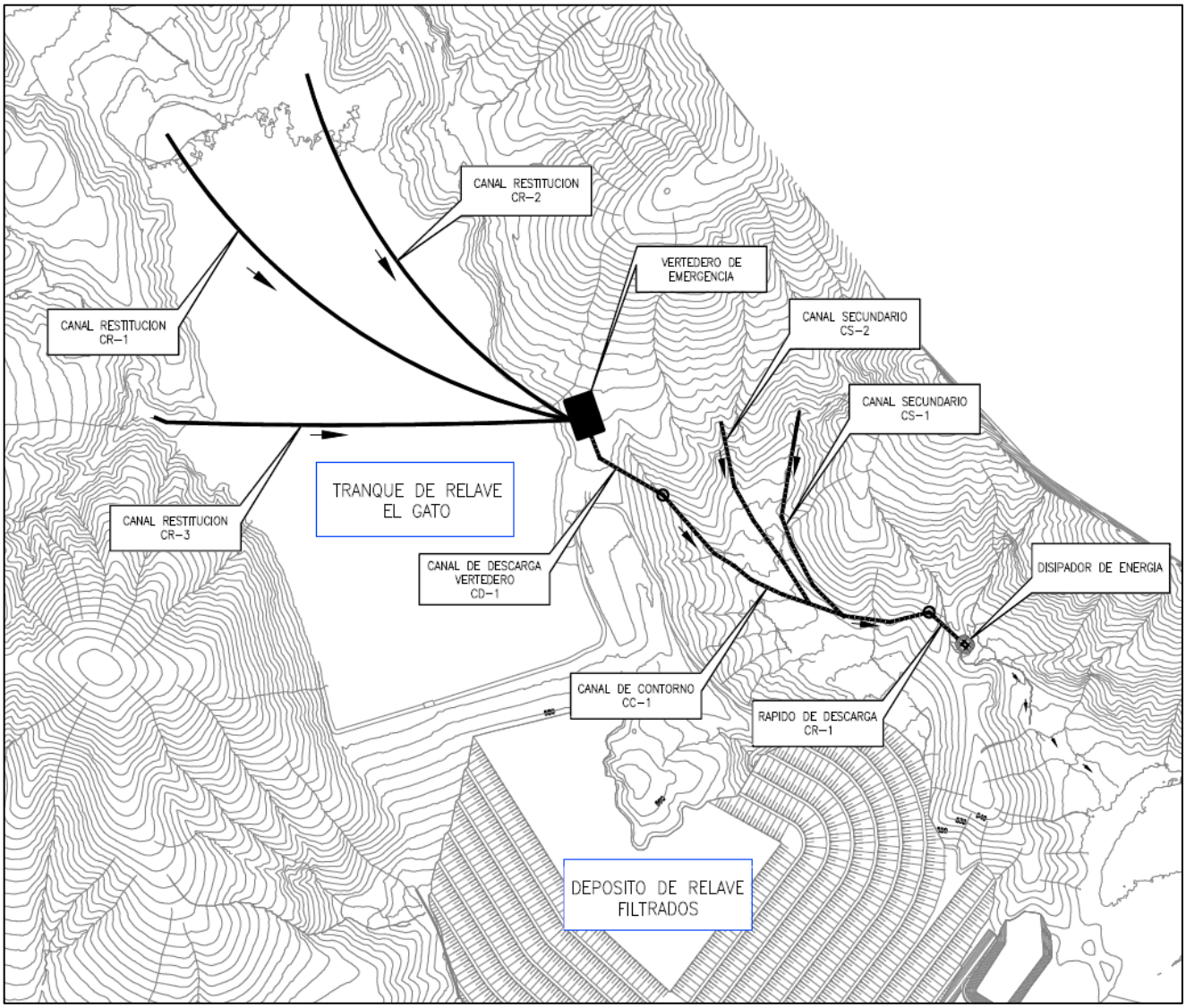

Figura 3-8: Definición de cuencas para el estudio de hidrología.

Para todas las secciones se ha calculado la altura de la sección a un valor constructivo que cubra las revanchas mínimas a partir de las pendientes más desfavorables del tramo considerado.

En las tablas siguientes se presenta el resumen del dimensionamiento hidráulico realizado, donde se presenta el canal, su cuenca aportante, el caudal, la sección adoptada y las condiciones de escurrimiento.

Tabla 3-9: Parámetros para el dimensionamiento hidráulico.

Tipo de Canal	Nombre	Cuenca Aportante	Caudal [m3/s]	Sección	B [m]	H [m]	Z [m]	i
Canal de restitución	CR-1	El Gato	22.0	Trapecial	6	1.5	1	1.0%
Canal de restitución	CR-2	50% de El Gato	11.0	Trapecial	3	1.5	1	1.0%
Canal de restitución	CR-3	25% de El Gato	5.5	Trapecial	2	1.5	1	1.0%
Canal de descarga vertedero	CD-1	El Gato	22.0	Trapecial	2	2	0.5	5.0%
Canal de contorno	CC-1	El Gato + Cuenca A	24.3	Trapecial	2	2	0.5	5.0%
Canal secundario	CS-1	Cuenca A	2.3	Trapecial	1	1	0.5	10.0%
Canal secundario	CS-2	15% de Cuenca A	0.3	Trapecial	1	1	0.5	10.0%
Rapida de descarga	CR-1	El Gato + Cuenca A	24.3	Rectangular	1.5	1.5	0	50.0%

Tabla 3-10: Condiciones de escurrimiento para los canales.

Nombre	n	h [m]	revancha [m]	revancha [%]	hc [m]	V [m/s]	Fr	Flujo
CR-1	0.025	0.950	0.55	36.7	1.045	3.33	1.16	Supercrítico
CR-2	0.025	0.932	0.57	37.9	0.989	3.00	1.10	Supercrítico
CR-3	0.025	0.774	0.73	48.4	0.7971	2.56	1.05	Supercrítico
CD-1	0.025	1.224	0.78	38.8	1.949	6.88	2.21	Supercrítico
CC-1	0.025	1.299	0.70	35.1	2.0629	7.06	2.21	Supercrítico
CS-1	0.025	0.387	0.61	61.3	0.7174	4.99	2.76	Supercrítico
CS-2	0.025	0.110	0.89	89.0	0.2022	2.59	2.57	Supercrítico
CR-1	0.015	0.683	0.82	54.5	2.99	23.73	9.17	Supercrítico

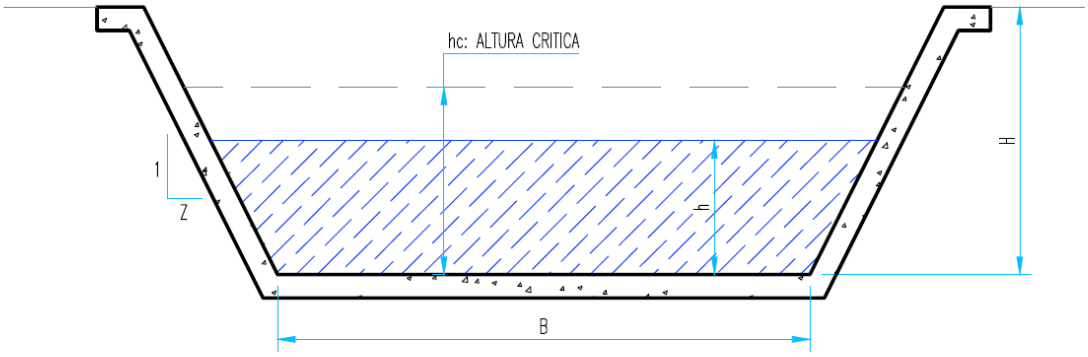

Figura 3-9: Variables de sección trapecial.

En las tablas anteriores las variables se definen como:

- B: Ancho basal de la sección.
- H: Altura de la sección.
- Z: Talud.
- i: Pendiente de diseño en %.
- n: Coeficiente de Manning.

- h: Altura de escurrimiento normal.
- hc: Altura crítica.
- V: Velocidad de escurrimiento normal.
- Fr: Numero de Froude.

3.5.2.2 Vertedero de emergencia

El vertedero de emergencia se ha dimensionado como un vertedero rectangular considerando la ecuación de vertedero:

$$Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$$

Con perfil Creager, por lo que Cd es igual a 2 y sin contracciones se obtiene que para portear un caudal de 22 m^3/s es necesario una longitud de vertedero L igual a 6m con una carga sobre el vertedero de h igual a 1.5m y se ha estimado una altura de la pared de 1m.

En la siguiente figura se presenta un perfil típico de este tipo de vertederos:

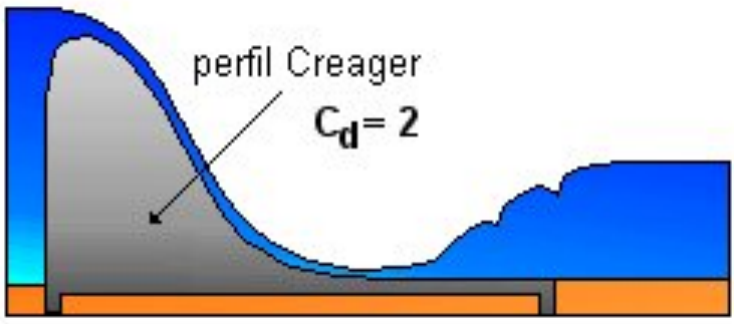

Figura 3-10: Vertedero Creager.

3.5.2.3 Disipador de energía

Para el diseño del disipador de energía se optó por una geometría simple, ver figura siguiente, que favorece su construcción y limpieza, junto con ello su funcionamiento no obstaculiza los flujos provenientes de la quebrada de la cuenca B, por lo que su implementación favorece la inclusión de los caudales captados y derivados desde las obras de desvió hacia la cuenca B en forma controlada y segura.

Las dimensiones del disipador de energía corresponden a las de un rectángulo interior de 3 m de ancho, 4 m de largo y 1 m de profundidad. Considerando el talud

recomendado para las paredes del cuenco (H/V=3/1), las dimensiones exteriores son 9 m de ancho y 10 m de largo, se considera además la incorporación de empedrados de protección en torno a la descarga de la rápida y en la zona de descarga del disipador la quebrada de la cuenca B.

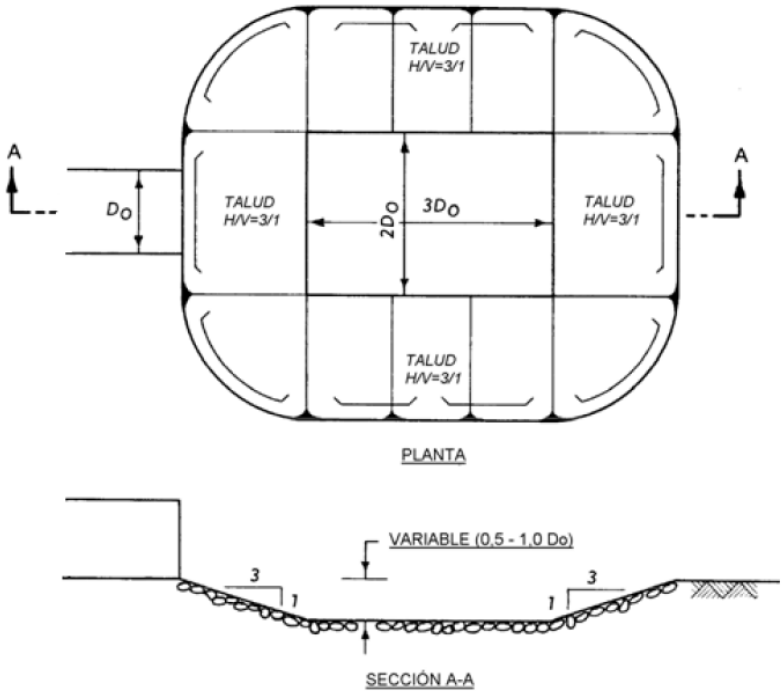

Figura 3-11: Geometría básica de disipador de energía.

El funcionamiento de esta obra se verifico considerando un resalto horizontal contenido en el cuenco de sección trapecial, para lo cual se calcularon las alturas conjugadas para alturas de torrente que alimentan el disipador para cada periodo de retorno considerado, lo cual exige resolver la siguiente ecuación para un régimen supercrítico conocido:

$$\left(\frac{y_2}{y_1}\right)^4 + \left(\frac{5}{2}t_1 + 1\right)\left(\frac{y_2}{y_1}\right)^3 + \left(\frac{3}{2}t_1^2 + \frac{5}{2}t_1 + 1\right)\left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2$$

$$+ \left(\frac{3}{2}t_1^2 + t_1 - \frac{3\,\mathbf{F}_{M1}^2}{t_1 + 1}\right)\left(\frac{y_2}{y_1}\right) - 3\,\mathbf{F}_{M1}^2 = 0$$

$$\mathbf{F}_{M1} = \frac{Q}{\sqrt{g}\;k\;y_1^{5/2}} \qquad t_1 = \frac{b}{k\,y_1}$$

Una vez resuelta la ecuación se obtiene la longitud de resalto Lr mediante la ecuación de Sieñchin:

$$\frac{L_j}{y_1} = A\left[\frac{y_2}{y_1} - 1\right]$$

La cual se compara con la dimensión del cuenco disipador, ya que este cálculo no considera el aporte del talud del cuenco disipador contrario a la dirección del flujo se estima que los valores serán sobreestimados y por lo tanto conservadores para las condiciones reales del disipador, en la tabla siguiente se presenta el resumen de estos cálculos:

Tabla 3-11: Verificación de Tanque disipador de energía.

Tr	Q	Y1	F1	k	b	T1	FM1	Y2/Y1	Y2	Lr
años	m3/s	m	m	talud	m				m	m
100	0.50	0.053	8.81	3	3	18.87	82.3	5.15	0.3	1.5
1000	5.00	0.227	9.85	3	3	4.41	21.7	4.58	1.0	5.6
12000	24.30	0.683	9.17	3	3	1.46	6.7	3.03	2.1	9.6

El diseño del enrocado de protección debe cuidar que las rocas no sean removidas por la fuerza del flujo, siendo recomendable rocas con un diámetro promedio (D50) de acuerdo a la siguiente relación:

$$D_{50} = D\left(\frac{v}{\sqrt{g \cdot D}}\right)^3$$

Donde,
D50: tamaño mínimo promedio de las roca, en m.
D: profundidad del flujo o altura del flujo a la salida del canal, en m.
v: velocidad promedio en la salida del canal, en m/s.
g: aceleración gravitacional, 9,81 m/s^2.

Considerando que para el caso más desfavorable, se obtiene el siguiente valor para D_{50}:

Tabla 3-12: Calculo de D_{50}.

Caso:	Tr=12,000 (PMP)	
Variable	**Magnitud**	**Unidad**
V	15.00	m/s
D	0.30	m
D50	0.62	m

Por condiciones de seguridad se adoptó como tamaño medio para el enrocado un diámetro de 0.7m y máximo 1 m.

3.5.3 Memoria de cálculo de estudio de arrastre de sedimentos y de socavaciones.

Para las obras de desvió de aguas naturales proyectadas no aplica el estudio de arrastre de sedimentos y de socavaciones, ya que todas las obras fueron definidas con su sección revestida por hormigón armado o mampostería de piedra lo cual le confiere a la sección hidráulica la estabilidad del lecho y sus paredes frente al transporte del agua y tiene la suficiente resistencia para prevenir el fenómeno de socavaciones en su estructura.

3.6 Plan de monitoreo

Se considera que debido a la naturaleza de las obras propuestas, correspondiente a obras para encausar las aguas y evitar daños al tranque, no se generará ningún tipo de contaminación o afectación de la calidad de las aguas. Además, dado que se trata de quebradas sin escurrimiento permanente, donde se activan flujos solamente ante eventos de precipitaciones extraordinarios, no es aplicable un plan de monitoreo de calidad de aguas en las obras propuestas.

3.7 Medidas tendientes a minimizar los efectos sobre la calidad de las aguas, aguas abajo del lugar de construcción de las obras.

Se considera que debido al tipo de obras proyectadas, las cuales son en su mayoría obras de mampostería de piedra y hormigón armado, materiales inertes y resistentes a la intemperie, no tendrán efectos sobre la calidad de las aguas porteadas, por lo que no habrá afectación en la calidad de las aguas abajo del emplazamiento de las obras.

Sin embargo, para una mayor seguridad del proyecto, se proponen las siguientes medidas para minimizar cualquier riesgo de afectar la calidad de las aguas de la quebrada Paipote en las fases de construcción y operación del proyecto:

Medidas y acciones fase de construcción:

- No habrá disposición de ningún tipo de residuo, de carácter industrial o doméstico, sobre cursos de agua eventuales. Estos residuos serán dispuestos en los sitios que sean aprobados sectorialmente, los que estarán debidamente habilitados para tales efectos, impidiendo de esta forma escurrimientos líquidos que pudieran afectar, entre otros, a las aguas canalizadas.
- Se capacitará al personal a cargo de las obras, con el fin de evitar la perturbación del eventual flujo de las aguas por materiales o elementos ajenos a los canales y quebradas, para lo cual se mantendrá en la obra un registro de realización de dicha actividad.
- Se prohibirá cualquier tipo de reparación y/o mantención de vehículos, maquinarias o cualquier componente del proyecto en sitios aledaños a las quebradas.
- Ante eventos extremos de precipitación que generen escurrimiento en la quebrada Paipote, se detendrán las labores de construcción y se retirarán tanto el personal como los equipos a un lugar seguro.

Medidas y acciones fase de operación:

- Para la correcta mantención de las obras, se realizarán inspecciones visuales y en caso que aplique se realizará limpieza respectiva, con tal de evitar la generación de obstrucciones que impidan el correcto funcionamiento de las obras proyectadas.
- Dicha inspección se realizará también luego de eventos importantes de precipitación, donde pueden verse arrastrados materiales hacia la sección de las obras que puedan generar daños, los que serán reparados a la brevedad.

3.8 Plan de contingencias.

La operación de las obras proyectadas considera disponer en el sitio de emplazamiento, materiales y maquinaria necesaria para reparar eventuales daños que alteren el escurrimiento de las aguas según el caudal máximo de diseño.

En el caso de daños en los recubrimientos de hormigón o en las mamposterías de piedra, éstos se deberán reparar de inmediato, considerando que las condiciones de cauce seco son normales en estos cauces que sólo presentan escurrimiento ante lluvias importantes. Las reparaciones deben procurar mantener las condiciones originales de las obras proyectadas.

3.9 Plan de emergencia, si aplica.

Al tratarse de obras de desvío de quebradas intermitentes, la condición de emergencia podría eventualmente ocurrir ante lluvias extremas que coincidan con una rotura parcial o daños de las obras, para lo cual deberán tomarse todas las medidas de emergencia pertinentes como: limpieza de escombros, movimientos de tierra, desvíos, etc., necesarias para evitar daños aguas debajo de las obras proyectadas.

El Plan de Emergencia está compuesto por una serie de medidas que se activarán en caso que fallen las acciones preventivas asumidas para el riesgo identificado:

- Rotura o daño de cualquiera de las obras de desvió de aguas proyectas.

A su vez este plan entrega las directrices para hacer frente a emergencias, además de instruir a los trabajadores y todo el personal de las acciones necesarias para minimizar los efectos generados por la emergencia, en todas las fases del proyecto de las obras de desvío de aguas naturales.

Objetivos

En lo particular el plan tiene los siguientes objetivos:

1. Salvaguardar la integridad física de los trabajadores y de los habitantes;
2. Proteger el medio ambiente, propiedad, instalaciones y materiales;
3. Restablecer la normalidad del área en el menor tiempo posible;
4. Instruir al personal respecto de sus responsabilidades, funciones y atribuciones, en caso de una emergencia.
5. Establecer un método de investigación de hechos que puedan generar o generen situaciones de emergencia, con el fin de establecer sus causas, controlarlas y eliminarlas.

Alcance del Plan

El presente Plan de Emergencias se aplica a todas las actividades que se llevarán a cabo en las obras del Proyecto de las obras de desvío de aguas naturales, para reaccionar frente a una emergencia generada por el daño mayor de éstas, que pueda afectar al medio ambiente, los trabajadores, como también a terceros cercanos e instalaciones del Área, con todos los medios disponibles.

Cobertura del Plan

Este Plan está concebido para ser aplicado en la operación de las obras de desvió de aguas naturales del Depósito de relaves filtrados de SCM Atacama Kozan.

Responsable del Plan de Emergencias

El responsable del presente Plan de Emergencias, corresponde al encargado de la Brigada de emergencia y tendrá las siguientes responsabilidades:

- Difundir el presente plan, una vez aprobado, a todo el personal que labora en el área de Tranque y Depósito de relaves.
- Efectuar las gestiones necesarias para la asignación de recursos que permitan la adquisición, mantención y operación del material de respuesta.
- Efectuar las coordinaciones necesarias para lograr la cooperación de otras organizaciones con capacidad de respuesta en caso de algún siniestro.
- Gestionar, organizar y efectuar ejercicios de respuesta ante algún tipo de emergencia.
- Definir los estándares de capacitación y entrenamientos del personal asignado para la respuesta, disponiendo que se lleven a efecto los cursos necesarios para lograr una capacidad eficiente y acorde a las políticas de la Empresa.
- Establecer la logística y los medios de la organización, con el fin de satisfacer las necesidades del operador del Plan de emergencias.
- Poner en ejecución el Plan de Emergencias.
- Mantener informado al Gerente General, Gerente de Operaciones y las áreas de Prevención de riesgos, Medio Ambiente y Comunicaciones de la Empresa.

El Plan de Emergencias considera las siguientes acciones:
El Plan de Contingencias y Emergencias de SCM Atacama Kozan se describe detalladamente en el Anexo 7, correspondiente a Planes y Procedimientos.

3.10 Indicador de cumplimiento

El indicador de cumplimiento de este PAS es la aprobación sectorial por parte de la Dirección General de Aguas.

4 APENDICE

Plano 5009-HD-SK-001 Ingeniería Conceptual Avanzada Depósito de Relaves Filtrado