ANEXO 5

LÍNEA DE BASE

Proyecto
“Continuidad Operacional de Minera El Tesoro: Explotación de Yacimientos de Óxidos del Distrito Sierra Gorda”

MAYO 2007

INDICE

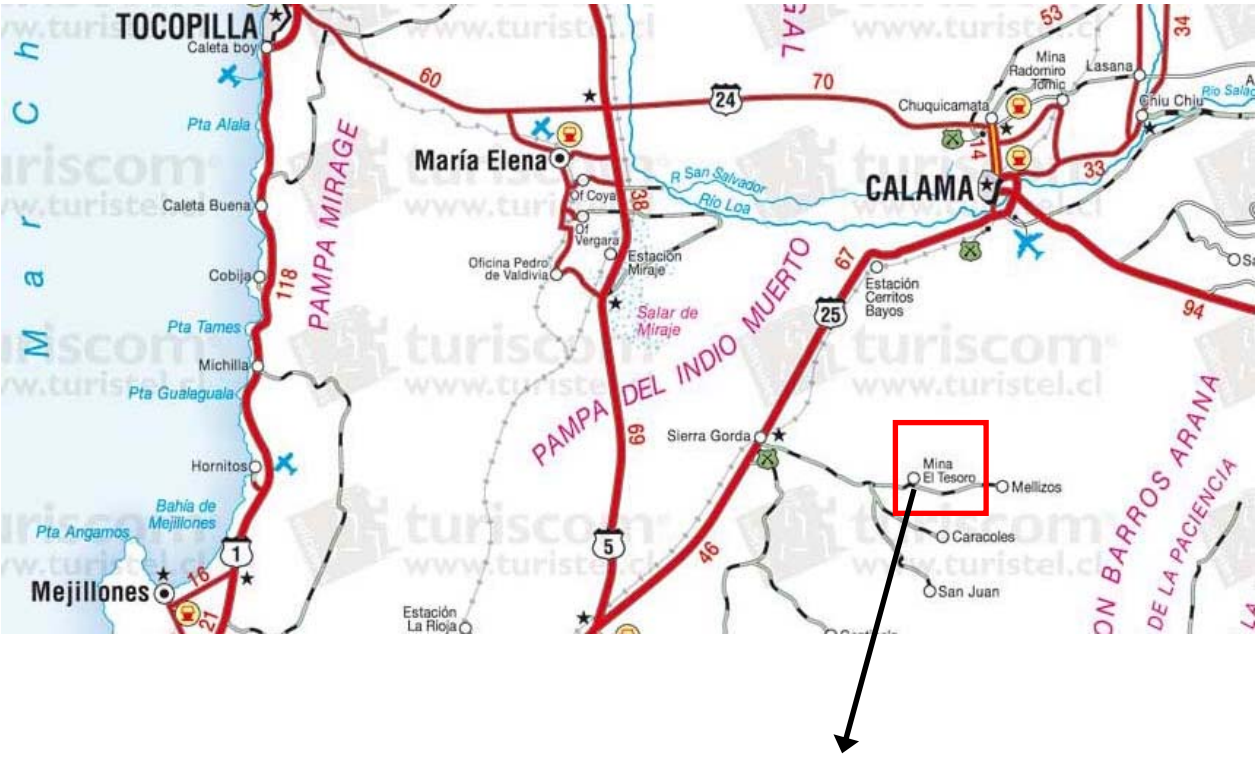
1. Introducción 1
2. Área de emplazamiento del Proyecto 2
1.1 Determinación de las Áreas de Influencia Directa (AID) e Indirecta (AII) del Proyecto. 3
1.2 Descripción del Medio físico 5
1.2.1 Clima y meteorología 5
1.2.2 Calidad del aire 11
1.2.3 Geomorfología 11
1.2.4 Geología 15
1.2.5 Hidrología 16
1.2.6 Edafología 25
1.2.7 Sismología 28
1.3 Descripción del Medio Biótico 29
1.3.1 Vegetación 29
1.3.2 Flora 34
1.3.3 Fauna 35
1.4 Descripción del Medio Humano 36
1.5 Ordenamiento Territorial 44
1.6 Arqueología, Antropología y Recursos Históricos 45
1.7 Paisaje 45
1.8 Riesgos Naturales 47

LÍNEA DE BASE AMBIENTAL

1. INTRODUCCIÓN

En el presente capitulo se caracterizan las componentes ambientales relevantes (línea de base ambiental) para el proyecto “Continuidad Operacional de Minera El Tesoro: Explotación de Yacimientos de Óxidos del Distrito Sierra Gorda” de Antofagasta Minerals S.A., localizado en la II Región de Antofagasta. Esta caracterización ambiental contribuye al analizar la ocurrencia de potenciales impactos sobre los distintos componentes analizados, en una situación con proyecto, y en caso de que ello ocurra, a evaluar dichos impactos. Los resultados indican que los lugares a ser intervenidos por el proyecto no presentan ninguna característica de importancia que amerite un plan de manejo especial. En la Figura 1-1 se puede ver la localización general del Proyecto.

Figura 1-1: Localización general del Proyecto



Fuente: Elaboración propia. Google Earth. www.turistel.cl

2. ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El área de emplazamiento del proyecto fue definida para efectos de este estudio por el área comprendida por un polígono que incluye las obras y partes del proyecto entre las que se consideran dos yacimientos de mineral (Tesoro Noreste y El Llano), dos depósitos de materiales estériles (Tesoro Noreste y El Llano), dos Stock para minerales, y los respectivos caminos. Las coordenadas de los vértices de este polígono se entregan en la Tabla 2-1 y su delimitación en conjunto con las partes mencionadas del proyecto se aprecian en la Figura 2-1.

Tabla 2-1: Coordenadas de los Polígonos del Proyecto.

Polígono 1	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
Vértice 1	7.462.658	493.237
Vértice 2	7.460.933	493.195
Vértice 3	7.460.982	494.108
Vértice 4	7.461.318	494.380
Vértice 5	7.461.358	494.558
Vértice 6	7.461.330	494.952
Vértice 7	7.461.126	495.468
Vértice 8	7.461.067	495.503
Vértice 9	7.461.053	497.054
Vértice 10	7.462.411	497.056
Vértice 11	7.462.415	495.884
Vértice 12	7.462.764	494.938
Vértice 13	7.463.462	494.947
Vértice 14	7.463.463	495.405
Vértice 15	7.463.396	495.468
Vértice 16	7.463.346	495.555
Vértice 17	7.463.437	495.603
Vértice 18	7.463.483	495.515
Vértice 19	7.463.496	495.414
Vértice 20	7.464.445	495.499

Vértice 21	7.464.824	495.541
Vértice 22	7.463.486	495.472
Vértice 23	7.463.258	492.306
Vértice 24	7.463.088	492.823
Vértice 25	7.462.856	492.885
Vértice 26	7.462.857	493.127

Coordenadas UTM PSAD 56

Figura 2-1: Delimitación del área del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia. Google Earth

1.1 Determinación de las Áreas de Influencia Directa (AID) e Indirecta (AII) del Proyecto

Área de Influencia Directa (AID)

El AID está definido por los sectores donde se llevarán a cabo las obras físicas y actividades del Proyecto, incluyendo todos los sectores en los que eventualmente pueden generarse impactos ambientales directos asociados al proyecto. Para este caso particular estos sectores corresponden a las áreas a ser intervenida por la habilitación de los rajos, botaderos, stocks y demás instalaciones necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Área de Influencia Indirecta (AII)

El AII está definido como el área que eventualmente recibirá los potenciales efectos producidos sobre el medio ambiente por la construcción y/o la operación del Proyecto.

En la Tabla 2-2 se destacan las áreas de influencia directa (AID) e indirecta (AII) del proyecto en estudio.

Tabla 2-2: Áreas de Influencia del Proyecto

Componente	Área de Influencia Directa (AID)	Área de Influencia Indirecta (AII)
Calidad del Aire	Área con un radio de 2 Km desde todos los vértices del polígono que contiene la totalidad del área del proyecto.	
Geomorfología	La totalidad del área del polígono definida anteriormente: yacimientos, depósitos de estériles y stocks, con sus respectivos caminos.	Las unidades geomorfológicas en las que se inserta el proyecto
Hidrología	Cuenca de la Quebrada de los Arrieros y las múltiples quebradas intermitentes que nacen y/o pasan por el área del proyecto y desembocan en ella.	
Edafología	La totalidad del área del polígono definida anteriormente: yacimientos, depósitos de estériles y stocks, con sus respectivos caminos.	
Ruido	Pueblo de Sierra Gorda	
Flora y Vegetación	La totalidad del área del polígono definida anteriormente: yacimientos, depósitos de estériles y stocks, con sus respectivos caminos.	Zonas adyacentes al proyecto o a las vías de acceso a las obras del proyecto.
Fauna	La totalidad del área del polígono definida anteriormente: yacimientos, depósitos de estériles y stocks, con sus respectivos caminos.	Zonas adyacentes al proyecto o a las vías de acceso a las obras del proyecto.
Medio Construido	Las vías de acceso a las obras del proyecto: Ruta 1, Ruta 5 y Ruta 25	Elementos construidos ubicados en las zonas adyacentes a los sectores del proyecto.
Medio Humano	Pueblo de Sierra Gorda.	La comuna en que se inserta el proyecto, Sierra Gorda, y las ciudades de Antofagasta y Calama.
Ordenamiento Territorial (Instrumentos de Planificación Territorial, IPT)	Plan Regulador de Desarrollo Urbano de la II Región (PRDU), Plan Regulador Comunal de Sierra Gorda, Estrategia de Desarrollo Regional de la Región de Antofagasta (ERD) 2000-2006,	
Arqueología, Antropología y Recursos Históricos	La totalidad del área del polígono definida anteriormente	Zonas adyacentes a los sectores del proyecto.
Paisaje	Cuencas Visuales vistas desde los sectores del proyecto.	La comuna en que se inserta el proyecto: Sierra Gorda

Componente	Área de Influencia Directa (AID)	Área de Influencia Indirecta (AII)
Riesgos Naturales	Las áreas de hallazgos con valor patrimonial que se encuentren en los sectores del proyecto.	Zonas adyacentes a los sectores del proyecto.

1.2 Descripción del Medio físico

1.2.1 Clima y meteorología

Metodología

El componente clima corresponde a observaciones de periodos largos de tiempo referentes a las condiciones atmosféricas que caracterizan una región. Para el presente proyecto, se llevó a cabo la revisión bibliográfica de las condiciones climáticas de la región según la clasificación de Koeppen[1]. Para respaldar esta descripción se realizó un análisis de la meteorología según datos entregados por diferentes estaciones meteorológicas cercanas al área del proyecto cuya ubicación se entrega en Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Estaciones meteorológicas en el área del proyecto

Estación	Latitud	Longitud	Altitud
Calama (Aeropuerto El Loa)	22°30'S	68°55'W	2.320 m.s.n.m.
Sierra Gorda	22°53'S	69°19'W	1.616 m.s.n.m.
Minera El Tesoro	22°55'S	69°6'W	-

Datum: WGS84

[1] Fuenzalida, H., 1965. Clima. En: Geografía Económica de Chile. Texto Refundido. Corporación de Fomento de la Producción. Stgo. pp:99-152.

Figura 2-2: Ubicación de las Estaciones Meteorológicas.

Clima

Según la clasificación de Koeppen, que utiliza los límites vegetacionales para determinar los climas, el área del proyecto se inserta dentro de la zona de **Clima de Desierto Normal** (BW) en que la evaporación excede las precipitaciones, en consecuencia existe un constante déficit hídrico que imposibilita el crecimiento de la vegetación.

Este clima en particular se caracteriza por temperaturas medias mensuales inferiores a los 18º C, se extiende en las pampas interiores, con altitudes que superan los 1.000 m.s.n.m y que atenúan las altas temperaturas por lo que no corresponde a un desierto cálido. La humedad relativa promedio de 39% anual. Se presenta con cielos despejados y fuertes oscilaciones de la temperatura. Existen algunas precipitaciones, de tipo torrencial, que ocurren cada 5 a 7 años.

Presenta una amplitud térmica anual de 8,3º C, siendo el mes más calido febrero con 16,7º C y el mes más frío junio con 12,9º C. Las amplitudes de oscilaciones diarias alcanzan los 25,9º C, pero alcanza los 30º C en los meses invernales como agosto, con un fuerte enfriamiento nocturno.

Meteorología

Los datos meteorológicos fueron tomados de los registros de tres estaciones existentes en la región, consideradas las más representativas para el área del proyecto.

En el caso de la estación Calama la ubicación no coincide con la del proyecto, sin embargo dado la amplia extensión geográfica de las unidades climáticas, su ubicación es representativa por estar inserta en el mismo clima. La estación se encuentra al noreste del área del proyecto y sus variables meteorológicas se detallan en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4: Variables Meteorológicas Estación Calama (Aeropuerto El Loa)

Estación Calama (Aeropuerto El Loa) (22°30'S; 68°55'W, 2.320 m.s.n.m.)							
Mes	**Temperatura (º C)**			**Hum Relativa Media (%)**	**Vel. del Viento Media (km/h)**	**Pp media* (mm)**	**Evaporación media (mm/día)**
	Media	**Máxima Media**	**Mínima Media**				
Enero	15,4	21,6	3,9	36,5	15,8	0,49	10,66
Febrero	14,6	23,9	5,2	41,7	14,5	0,79	9,99
Marzo	13,5	23,6	4,0	41,4	14,5	0,21	8,74
Abril	12,8	22,9	1,8	35,1	14,3	0,29	8,05
Mayo	11,0	22,2	0,8	32,3	13,7	0,5	7,24
Junio	9,0	20,5	-0,9	31,5	14,4	0,86	6,55
Julio	8,8	21,0	-0,6	29,9	13,8	0,11	6,44
Agosto	9,3	21,0	-1,0	31,6	13,8	0,35	7,74
Septiembre	11,4	22,7	0,6	32,2	14,7	0,34	9,71
Octubre	12,6	23,3	1,3	31,4	14,9	0,26	10,91
Noviembre	13,5	24,1	2,6	26,8	14,1	0,0	11,49
Diciembre	13,9	24,2	3,0	31,3	14,8	0,0	11,74
Anual	12,2	22,6	1,7	33,5	-	4,39	-
Años Obs.	13	13	13	9	12	41	41

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile (DMC), MOP. *Los valores de precipitación mensual corresponden al promedio de los últimos 6 años. El valor de precipitación anual corresponde al promedio histórico.

Como muestra la Tabla 2-4, la temperatura media anual para la estación de Calama es de 12,2°C, con una máxima media en el mes más cálido (Diciembre) de 24,2°C, y una mínima media del mes más frío (Agosto) de -1 °C. La precipitación media anual (promedio histórico) es de 4 mm, registrando como el mes más lluvioso el mes de mayo con 9,43 mm.

La humedad relativa es estable a lo largo del año con un promedio anual de 33,5% y extremas promedio de 41,7% en febrero y 26,8 en noviembre. La velocidad del viento promedio es notoriamente constante oscilando entre 13,8 y 15,8 km/h.

A causa de la alta incidencia de la radiación solar propia de los ambientes desérticos y los valores relativamente bajos de humedad relativa se producen niveles elevados de evaporación que oscilan entre 323 y 444 mm mensuales. A si mismo se cuenta con datos de evaporación en la estación meteorológica en Calama cuyo valor medio mensual varía entre 144 y 407 mm, que corresponde a una tasa de evaporación diaria promedio de aproximadamente 9,1 mm. Normalmente, las tasas de evaporación más elevadas se registran durante los meses de verano de noviembre a febrero, mientras que las más bajas se registran durante los meses de invierno de junio y julio. En general, las tasas de evaporación son inversamente proporcionales a la cota,

registrándose los valores más altos en las cotas más bajas. También la tasa de evaporación está influenciada por los vientos fuertes del área.

Complementariamente, al sureste del área del proyecto, (aproximadamente a 30 km), se encuentra la estación Sierra Gorda, que sólo cuenta con registros de información de temperatura y precipitación para 6 años, que se presentan en la Tabla 2-5

Tabla 2-5: Variables Meteorológicas Estación Sierra Gorda

Estación Sierra Gorda (22°53'S; 69°19'W, 1.616 m.s.n.m.)		
Mes	**Temperatura Media (º C)**	**Pp Media (mm)**
Enero	20,35	0,00
Febrero	20,68	0,00
Marzo	20,16	0,33
Abril	17,75	0,00
Mayo	16,04	0,00
Junio	14,37	0,00
Julio	13,86	0,00
Agosto	16,16	0,00
Septiembre	16,63	0,25
Octubre	18,81	0,00
Noviembre	19,25	0,00
Diciembre	20,05	0,00
Anual	17,80	0,55
Años Obs	6	6

Fuente: Dirección General de Aguas, MOP.

Esta estación registra una temperatura media anual de 17,8°C, con medias extremas de 20,68°C en el mes más cálido (Febrero) y de 13,86°C en el mes más frío (Julio). La precipitación media anual es de 0,05 mm, con una distribución irregular a lo largo del año.

En forma referencial y más específica se muestra información provenientes de un año de registros de la estación de monitoreo ubicada en la mina El Tesoro (área del proyecto), que permite contrastar la información obtenida para períodos más largos de las otras dos estaciones existentes obteniendo conclusiones acertadas para la meteorología y clima del área del proyecto (Tabla 2-6).

Tabla 2-6: Variables Meteorológicas Estación Mina El Tesoro (2005)

Mes	Temperatura			Humedad Relativa	Presión Atmosférica	Radiación Solar Global	Precipitación
	Promedio	Mínima	Máxima	(%)	(hPa)	(kW/m2)	(mm)
Enero	16,51	4,68	27,76	39,39	791,29	918,50	0,00
Febrero	17,19	5,94	28,35	26,50	791,08	882,64	0,00
Marzo	15,75	5,28	27,63	32,90	792,34	933,94	0,00

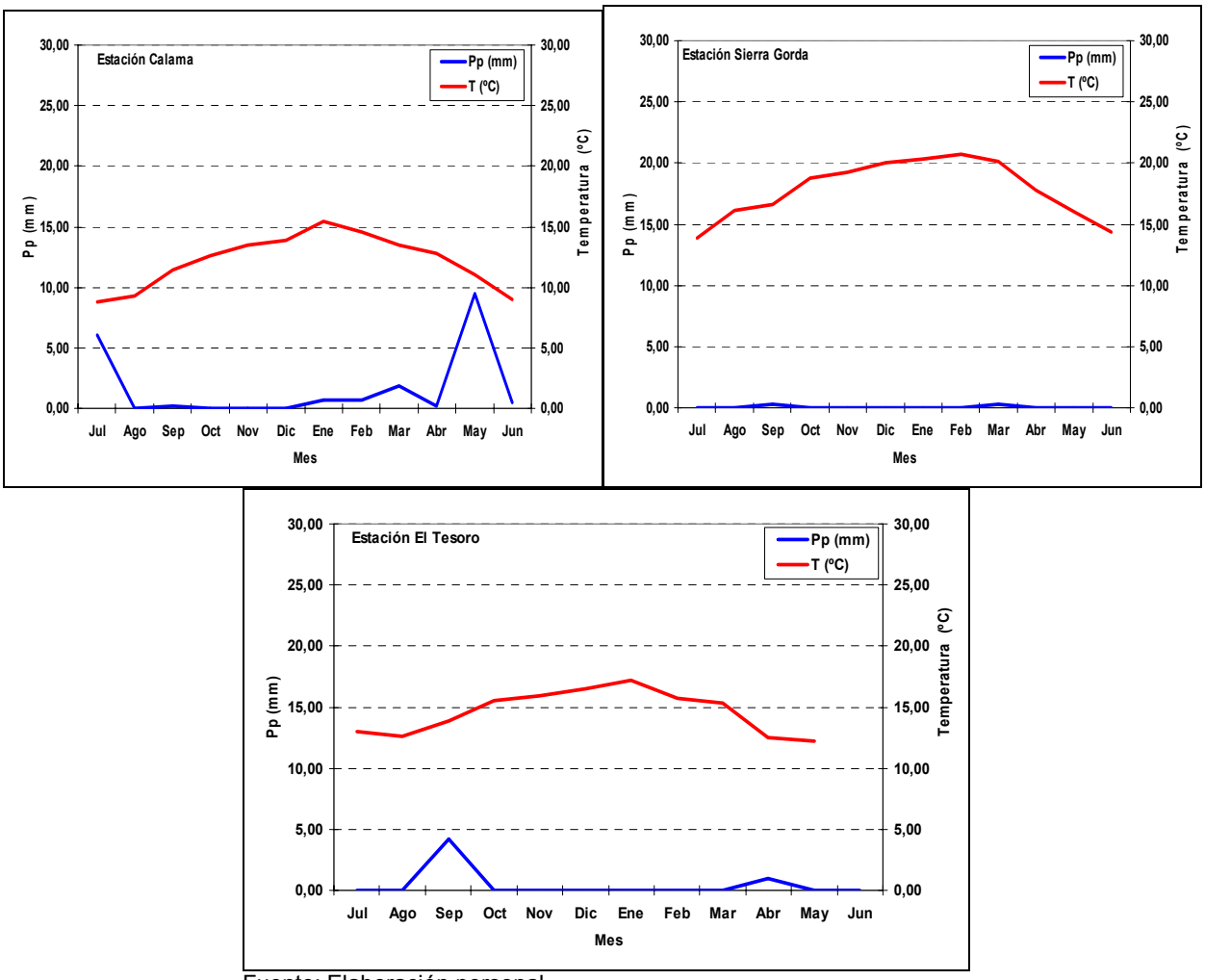
Abril	15,32	4,95	27,69	23,57	791,88	754,37	1,00
Mayo	12,74	-1,53	27,16	16,49	792,17	710,91	0,00
Junio	12,19	0,05	24,66	12,68	792,21	628,98	0,00
Julio	11,11	-3,11	26,17	12,41	792,26	693,47	0,00
Agosto	13,02	-2,85	25,97	13,02	792,09	852,22	0,00
Septiembre	12,58	0,05	25,51	19,83	791,82	927,52	4,20
Octubre	13,85	1,58	25,31	12,94	791,99	1.144,87	0,00
Noviembre	15,49	2,90	27,23	15,78	791,13	1.149,56	0,00
Diciembre	15,91	2,96	27,49	28,25	791,03	1.204,89	0,00
Anual	**14,31**	**1,74**	**26,74**	**21,15**	**791,77**	**900,16**	**0,43**

Fuente: Minera El Tesoro, 2005.

Las temperaturas en la estación El Tesoro son superiores a las registradas en la estación Calama pero similares a la estación Sierra Gorda, lo que se debe a la diferencia de altitud existentes con la estación Calama.

La estación El Tesoro registra una temperatura promedio anual de 14,31º C, presentando una temperatura máxima de 28,35º C registrada en el mes de febrero y una temperatura mínima de -3,11º C para el mes de julio. En comparación con la estación Calama, esta estación presenta diferencia en temperaturas promedios mensuales superiores entre 1º y 3º C. La humedad relativa oscila entre los 12,41 % y los 39,39% según la estación del año, siendo menores que las presentadas por la estación Calama. La precipitación alcanzó un total de 5,2 mm para el año 2005, con una media anual de tan sólo 0,43 mm, valores cercanos a los obtenidos por la estación Calama. (Figura 2-3).

Figura 2-3: Diagramas Ombrotérmicos de estaciones existente para el área del proyecto.



Fuente: Elaboración personal.

Conclusiones

A partir de la información de las estaciones, se construyeron los diagramas Ombrotérmicos correspondientes (Figura 2-3). En ellos se observa que la distribución anual de la temperatura y precipitaciones condicionan la existencia de un periodo desfavorable permanente para el crecimiento de vegetación y, naturalmente, para el desarrollo de cualquier cultivo pues las temperaturas medias son relativamente altas durante todo el año, mientras que la precipitación, extremadamente escasa, se concentra generalmente en tres meses del periodo de receso vegetativo.

- Las líneas de temperaturas se posicionan por encima de la línea de precipitación a lo largo de todo el año lo que demuestra el carácter de extrema sequedad del ambiente.
- Las precipitaciones son escasas y se registran entre los meses de agosto - octubre y marzo - junio.

- Las tres estaciones presentan una distribución de temperatura y precipitaciones similares, sin embargo la estación Calama refleja temperaturas menores y precipitaciones mayores que las estaciones de Sierra Gorda y El Tesoro.

1.2.2 Calidad del aire

Ver Anexo 5

1.2.3 Geomorfología

Para la variable geomorfológica el área de influencia directa (AID) se define por los polígonos que incluye los yacimientos a explotar, los depósitos de estériles, las áreas de stocks a construir y el botadero de ripios.

Metodología
Para la clasificación geomorfología en primera instancia se realiza una descripción bibliográfica a nivel regional del área en que se insertará el proyecto. Posteriormente mediante la información recopilada en la campaña de terreno y el análisis de las cartas IGM y fotografías aéreas del sector específico del proyecto, se realiza una descripción a nivel local del área de influencia de este.

Geomorfología Regional

Según la clasificación de Börgel[2], la región Antofagasta, y con ello el área del proyecto, se inserta en la Región Septentrional de las Pampas Desérticas y Cordillera Prealtiplánicas. Dentro de esta Región Geomorfológica, se reconocen cuatro unidades fácilmente diferenciables y que están representadas por las unidades geográficas mayores que son comunes a casi la totalidad del territorio nacional, es decir: Cordillera de los Andes, Depresión Intermedia, Cordillera de la Costa y Costa. El proyecto está inserto en la unidad correspondiente a la precordillera, que en la zona comprendida por el proyecto se conforma de la Precordillera de Domeyko y el sistema de pediplanos y glacis formados a raíz de la precordillera.

Precordillera de Domeyko
Esta subunidad geomorfológica se presenta como un biombo orográfico, que alcanzó sus alturas respectivas luego de las dislocaciones tectónicas del Plioceno.

Sus dos principales alturas son el cerro Moctezuma con 3.086 m.s.n.m y el cerro Limón Verde con 3.611 m.s.n.m. A continuación se presenta el cerro del Quimal con 4.278 m.s.n.m., punto en que la precordillera adopta una estructura plana, de altitud media de 3.000 m.s.n.m, y con una extensión de 115 Km., de norte a sur.

Otra característica orográfica importante la componen las quebradas intermitentes dentro de las cuales, destaca, en el área comprendida por el proyecto, la Quebrada de los Arrieros que incide

[2] Börgel, R. 1983. Geomorfología. Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile.178 p.

en el relieve al generar grandes lechos de fondo plano, por donde escurre el agua cargada de sedimentos.

Pediplanos y sistemas de glacis o pediments
En la precordillera, las estructuras de pediplano corresponden a planos inclinados característicos de las zonas áridas, que conectan la cordillera andina con las pampas de la depresión intermedia. Han sido formadas producto de las dislocaciones tectónicas que en el plioceno levantaron la precordillera de Domeyko.

Los planos inclinados presentan diferencias según la morfogénesis que han sufrido, así haciendo un corte transversal el sector superior comprendido entre los 2.500 y los 3.000 m.s.n.m. corresponde a un plano inclinado reposado directamente sobre la roca fundamental meteorizada, correspondiendo por tanto a un pediment o glacis rocoso.

El sector inferior, entre los 1.500 y los 2.500 m.s.n.m. está constituido por una cubierta de arenas gruesas y finas, en tránsito de escurrimiento hacia las playas de sedimentación situadas en las pampas, lo que se denomina glacis o pediment detrítico.

En términos generales el proyecto se inserta en una zona de lomajes suaves interrumpido por pequeños lechos aluvionales producto de la formación de quebradas de escaso desarrollo y dimensiones mínimas, nacidas de la Quebrada de los Arrieros. Estas quebradas se presentan generalmente con sus lechos secos, salvo en ocasiones aisladas en que son alcanzadas por los efectos del Invierno Boliviano, cuando este fenómeno se presenta con agresividad, en los meses de diciembre y febrero.

Geomorfología Local

La morfología del área del proyecto se caracteriza por ocupar el piso más bajo del piedmont de la precordillera de Domeyko, con elevaciones medias entre 2.300 y 2.500 m.s.n.m., y pendientes muy reducidas (5% media).

Existe una notoria abundancia de clastos de grano grueso, los que corresponden a bloques andesíticos desestructurados físicamente por procesos de meteorización (eg. termofractura).

Específicamente en el área de los rajos Noreste y El Llano (Figura 2-4), y en el depósito El Llano (Figura 2-5), se observan terrenos planos que presentan gravas y guijarros de diferentes tamaños.

Figura 2-4: Relieve existente en el área del rajo Noreste

Figura 2-5: Relieve existente en el área del botadero El Llano

El área en dónde se emplazará el botadero Noreste y el stock Norte consiste en una sucesión de lomajes suaves, de baja pendiente, de textura areno - limosa que también cuentan con gravas dispersas en su superficie. Específicamente en esta área, existe evidencia de suelos removidos producto de la acción minera (Figura 2-6).

Figura 2-6: Relieve existente en el área del botadero Noreste

Para el área del stock Sur (Figura 2-7), los lomajes existentes son de mayor altura y se encuentran disectados por cursos de agua (temporales) que confluyen hacia un llano estrecho que es interrumpido por las pilas de Minera El Tesoro.

Figura 2-7: Relieve existente en el área del stock Sur

Su sustrato también corresponde a arenoso limoso pero con piedras en su superficie de mediano y pequeño tamaño, manifestando el carácter aluvional del área.

En general toda el área se encuentra fuertemente alterada en su superficie, con señales claras de intervenciones antrópicas, de extracciones mineras históricas y actuales y por la realización de caminos y sondajes.

1.2.4 Geología

Para la variable geológica el área de influencia directa (AID) se define por los polígonos determinados anteriormente.

Metodología

Las formas de relieve existentes en el área son las que definen el marco geológico general de la zona. Por esta razón la caracterización geológica del área se encuentra estrechamente relacionada y se fundamenta en la identificación de las formas generales de relieve encontrada en la bibliografía.

Se realizo una descripción basada en la información obtenida del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)[3] y de las observaciones de terreno. Se entrega a continuación una descripción general del área para posteriormente referirse exclusivamente a aquellas formaciones geológicas presentes en le área del proyecto.

A nivel local, para el área del proyecto, la geología es descrita a partir de observaciones de terreno e interpretación de cartas geológicas del SERNAGEOMIN.

Geología Regional

El proyecto está inserto en la región de pórfido de cobre del norte de Chile. Esta región presenta una geología característica de la cordillera de Domeyko, que durante el terciario adopta formaciones de terraza de sedimentos y roca volcánica, incluyendo bloques de basamento paleozoico intervenido por fallas regionales y múltiples secuencias sedimentarias y volcano-sedimentarias de edad mesozoica a cenozoica.

Como se comprobó en la campaña de terreno y por estudios realizados por la empresa, la zona comprendida por el proyecto en su mayoría, está cubierta por gravas, de diferentes dimensiones según el relieve y la exposición a factores erosivos (viento y agua). Estas gravas se estiman pertenecientes a la formación Tambores del oligoceno–mioceno. De acuerdo con el SERNAGEOMIN esta zona fue sometida a una ingresión marina, en el periodo jurásico inferior, con depósitos de sedimentos calcáreos, lo que se prueba con la existencia de fósiles en la precordillera. Por otro lado en el período del kimmeridgiano inferior tuvieron lugar depósitos de yeso.

Otro factor común de observar es la existencia de yeso distribuido aleatoriamente en el relieve de la zona, los que se originan del período del kimmeridgiano inferior en que existen antecedentes de que tuvieron lugar depósitos de yeso.

Descripción geológica local

[3] SERNAGEOMIN, 1978. Carta Geológica de Chile. Escala 1:250.000. Hoja Tocopilla, Nº 35.

A nivel local para el área del proyecto, la interpretación de cartas geológicas del SERNAGEOMIN entrega la descripción y antecedentes de la existencia de tres formaciones especificas para el área:

Sedimentos de rellenos (Td, Hal)
Corresponde a rellenos que comprenden desde sedimentos semi-compactados hasta rellenos aluvionales indiferenciados recientes.

Específicamente en le área existen dos tipos de sedimentos diferenciados por su antigüedad. Los más antiguos (Td) son denominados *sedimentos de relleno de bolsones plegados y* corresponden acumulaciones de gravas y arenas compactadas que presentan deformaciones producto del tectonismo sufrido durante el Terciario Superior.

Los sedimentos modernos, como son clasificados, consisten básicamente a sedimentos del tipo aluvionales no consolidados constituidos por arenas, arcillas, limos, gravas y cenizas. Se depositan en cubiertas de espesores que fluctúan entre los 20 a 40 cm principalmente en quebradas, depresiones o pie de monte.

Estas rocas sedimentarias son de carácter reciente, estimándose su origen a la última época (por lo tanto la más reciente) del Cuaternario denominada Holoceno.

Rocas riolitas, ignimbritas y andesitas (kv)
Pertenecen a la denominada formación Augusta Victoria, conformada por coladas de lava andesítica y riolítica, con texturas ignimbríticas a brechosas, que sobreyacen a estratos marinos del Jurásico Superior no definidos, con un espesor de 2.000 m. Se estima que esta unidad tiene una edad entre el post-jurásico superior y el pre–terciario medio a superior.
Yeso principal
Corresponde a un tipo de roca sedimentaria perteneciente a la secuencia Cerritos Bayos del período Jurásico.

En el área del proyecto es común encontrar yeso en forma de concreciones.

1.2.5 Hidrología

Para las componentes hidrología en el presente estudio se define el área de influencia directa (AID) como la cuenca de la Quebrada de los Arrieros y las múltiples quebradas intermitentes que nacen y/o pasan por el área del proyecto y desembocan en ella.

El área de Influencia indirecta correspondería a la sección baja de la cuenca de la Quebrada de los Arrieros.

Metodología

La descripción hidrológica del proyecto se realizó basándose en los estudios elaborados por SRK Consulting[4] realizado para Antofagasta Minerals.

Las estaciones pluviométricas de interés para el estudio se presentan en la Tabla 2-7, indicando su ubicación (Lat, Long), su altura sobre el nivel del mar y la cantidad de años registrados por cada estación.

A partir de los antecedentes estadísticos recopilados de estaciones DGA, se realizó el análisis estadístico sobre las condiciones pluviométricas del área del proyecto. Adicionalmente se consideró la información de precipitaciones anuales máximas en 24 horas para cada una de las estaciones.

Tabla 2-7: Estaciones DGA utilizadas en el Estudio

Estación	Fecha de registro	Años registrados	Latitud	Longitud	Altitud m.sn.m.
Sierra Gorda	1994 -2006	12	22º 53'	69º 19'	1.616
Baquedano	1975 -2006	31	23º 20'	69º 50'	1.032
San Pedro de Atacama	1958 -1989	31	22º 54'	68º 12'	2.450
Huaytani	1982 - 2006	24	19º 33'	68º 37'	3.720
Chiu-chiu	1974 - 2006	32	22º 21'	68º 39'	2.524
Calama	1965 - 2005	41	22º 28'	68º 55'	2.260

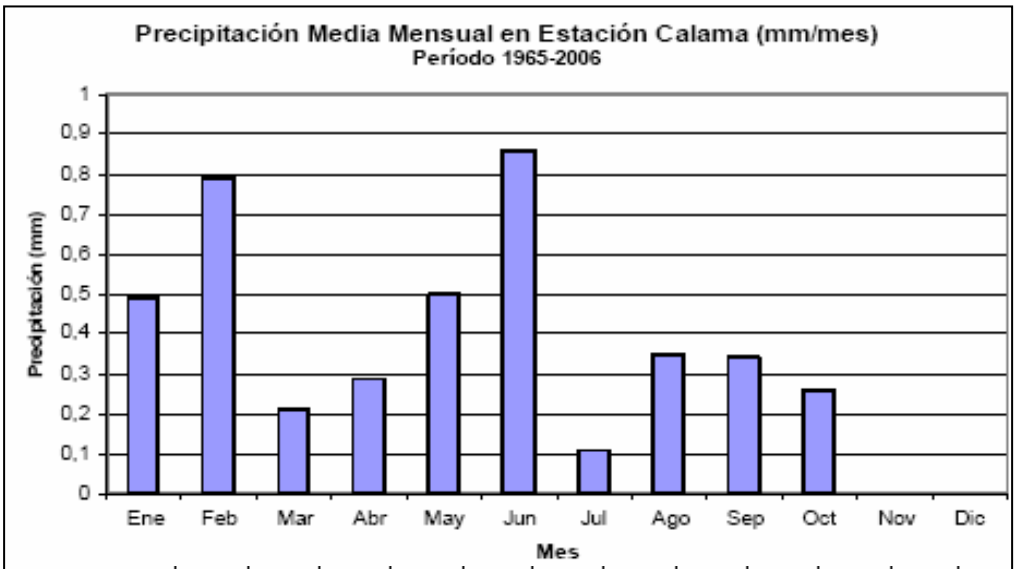
Sin embargo, para realizar las relaciones y análisis respectivos se considero la estación Calama como la estación más representativa del área del proyecto, aspecto que se justifica por los siguientes motivos:

- Es la estación en la zona que cuenta con un mayor número de años con registros.
- Su altura es similar a la altura media del área en estudio.
- Geomorfológicamente se encuentra al oeste de la cordillera de Domeyko, al igual que el Proyecto.

En términos generales la precipitación media anual en la estación Calama (para el período 1965 a 2006) es de 4,39 mm/año, concentrándose en parte, durante los meses de verano influenciada por el "invierno Boliviano" y otra porción durante el invierno propiamente tal, lo que se puede apreciar en el siguiente gráfico:

[4] SRK Consulting, 2006. "Estudio Hidrológico e Hidrogeológico Proyecto Esperanza"

Figura 2-8: Precipitación Media Mensual, Estación Calama



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación	0,49	0,79	0,21	0,29	0,5	0,86	0,11	0,35	0,34	0,26	0	0

Fuente: SRK Consulting, 2006.

Hidrografía del Área del Proyecto

Se sabe que el área del proyecto se encuentra ubicada en una zona que se caracteriza por las escasas a nulas precipitaciones con altas tasas de evaporación, como lo muestra los antecedentes entregado para la estación Calama.

Para poder rellenar datos de lluvia en las distintas estaciones se debe realizar un análisis de tormentas concurrentes, de manera de encontrar una correlación entre las lluvias para las distintas estaciones. Basándose en los registros de las precipitaciones máximas en 24 horas para las estaciones antes mencionadas y cuyo registro se entrega en el Anexo A-1 se estableció las relaciones correspondientes entre las diferentes estaciones, las que son presentadas en la Tabla 2-8.

Tabla 2-8: Análisis de concurrencia de lluvias entre estaciones

Huytani v/s Chiu Chiu			**Chiu Chiu v/s Calama**		
Fecha	PP Huaytani	PP Chiu-Chiu	Fecha	PP Chiu-Chiu	Calama
No Hay Tormentas concurrentes			11/06/1983	8	13,5
Huytani v/s San Pedro de Atacama			07/06/1984	4,5	5,2
Fecha	PP Huaytani	PP Sn. Pedro	07/03/1986	2	3,1
No Hay Tormentas concurrentes			17/02/1989	0,5	2
Huytani v/s Sierra Gorda			28/05/1992	0,5	7,5
Fecha	PP Huaytani	PP Sierra G.	15/05/2003	6,5	7,5
No Hay Tormentas concurrentes			05/02/2004	3,5	0,5
Huytani v/s Baquedano			**San Pedro de Atacama vs Baquedano**		
Fecha	PP Huaytani	PP Baqued.	Fecha	PP San Pedro	PP Sierra G.
No Hay Tormentas concurrentes			11/06/1983	7	1
Huytani v/s Calama			**San Pedro de Atacama vs Calama**		
Fecha	PP Huaytani	PP Calama	Fecha	PP San Pedro	PP Calama
05/02/2004	11	0,5	10/02/1972	19	9,5
Chiu Chiu v/s San Pedro de Atacama			11/06/1983	7	13,5
Fecha	PP Chiu-Chiu	PP Sn Pedro	07/06/1984	5,5	5,2
11/06/1983	8	7	**Sierra Gorda vs Baquedano**		
07/06/1984	4,5	5,5	Fecha	PP Sierra G.	PP Baquedano
28/01/1986	11	22,5	No Hay Tormentas concurrentes		
Chiu Chiu v/s Sierra Gorda			**Sierra Gorda vs Calama**		
Fecha	PP Chiu-Chiu	PP Sierra G.	Fecha	PP Sierra G.	PP Calama
No Hay Tormentas concurrentes			No Hay Tormentas concurrentes		
Chiu Chiu v/s Baquedano			**Calama vs Baquedano**		
Fecha	PP Chiu-Chiu	PP Baquedano	Fecha	PP Calama	PP Baquedano
11/06/1983	8	1	11/06/1983	13,5	1
Sn. Pedro de Atacama vs Sierra Gorda			25/04/2005	3,5	7,5
Fecha	PP San Pedro	PP Sierra G.			
No Hay Tormentas concurrentes					

Fuente: SRK Consulting, 2006.

El análisis de correlación no muestra resultados satisfactorios, ya que entre las distintas estaciones no se encuentran lluvias concurrentes suficientes como para hacer un análisis.

Evaluación efecto orográfico

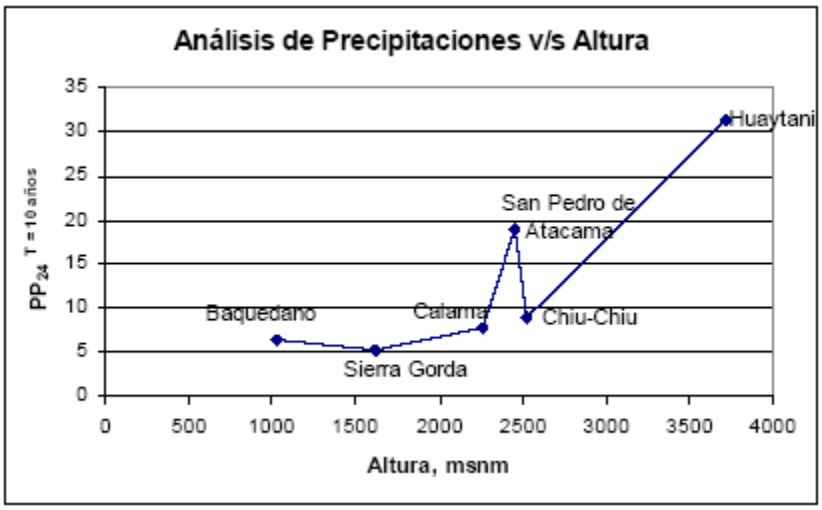
Realizado el análisis, es interesante examinar como afecta la altura a las precipitaciones Máx, en la zona de estudio. A continuación se considera el caso de la pp Máx en 24 horas, de período de retorno 10 años (10% de probabilidad de excedencia).

Tabla 2-9: Análisis Orográfico de precipitaciones para distintas estaciones

Estación	Altitud	Pp máxT10 (mm)
Huaytani	3.720	31,40
Chiu- chiu	2.524	8,80
San Pedro de Atacama	2.450	19,00
Sierra Gorda	1.616	5,20
Baquedano	1.032	6,40
Calama	2.260	7,74

Al graficar los datos se obtienen lo siguiente:

Figura 2-9: Evaluación efecto orográfico



Fuente: SRK Consulting, 2006.

Para esta zona se muestra una tendencia al aumento de la precipitación máxima con la altura.

Excluyendo del análisis la Estación San Pedro de Atacama, que escapa de la tendencia general, se puede establecer un gradiente de precipitaciones entre la estación Calama y Chiu-Chiu, que son las que comprenden las alturas medias de diferentes puntos de muestreo del área en donde se emplazará el proyecto. El gradiente estaría dado según la siguiente ecuación:

$$\Delta = \frac{P_{24\ Chiu-Chiu}^{T=10} - P_{24\ Calama}^{T=10}}{Altura_{Chiu-Chiu} - Altura_{Calama}} = \frac{8{,}80 - 7{,}74}{2524 - 2260} = 0{,}004 \cdot \frac{mm}{msnm}$$

Se seleccionaron 4 puntos insertos en la cuenca del área del proyecto, al aplicar el gradiente, antes determinado, y aplicarlo a la precipitación de período de retorno 10 y duración 24 horas, usando como base la estación Calama, se obtiene lo siguiente:

Tabla 2-10: Análisis de comportamiento de la precipitación, en función de Altura

Cuenca	Altitud (m.s.n.m)	Pp (mm)	Dif% Est. Calama
1	2.400	8,30	7,2%
2	2.410	8,34	7,8%
3	2.260	7,74	0,0%
4	2.250	7,70	-0,5%
Est. Calama	2.260	7,74	0,0%

Para este estudio se empleó como estación base la estación pluviométrica de la DGA de Calama, corregido según el gradiente de precipitaciones determinado.

Si bien la Estación Sierra Gorda, es la más cercana al área en estudio, esta se encuentra en elevación muy por debajo de las instalaciones del proyecto, y cuenta con un registro exiguo de datos que limita el análisis estadístico.

Análisis Estadístico y PMP

Con el fin de poder caracterizar, de mejor forma las precipitaciones en el área de estudio, se realizará un análisis de frecuencia de las series de precipitaciones máximas diarias de la estación Calama, tomada como referencia en el estudio. Las distribuciones que se emplearan en el análisis corresponderán a Normal, Log Normal, Gumbel, Pearson III y Log Pearson III, que son las que comúnmente se utilizan en hidrología para el análisis de series de tiempo. Para la elección de la distribución de mejor ajuste para cada una de las distintas series, se considerará el ajuste gráfico y el Test Chi Cuadrado.

El siguiente cuadro muestra la media, desviación estándar y número de datos para la estación Calama. Estos datos son importantes ya que son necesarios para estimar los parámetros de cada distribución de probabilidad:

Tabla 2-11: Datos Estadísticos Claves en la Estación Calama

Promedio mm/año	1,56
Desviación Estándar mm/año	3,72
Número de datos	38

El resultado del análisis efectuado se muestra a continuación en la Tabla 2-12. Se presenta los parámetros de ajuste de las distribuciones seleccionadas y el resultado del Test Chi Cuadrado.

Tabla 2-12: Ajustes de Distribuciones a Estación Calama

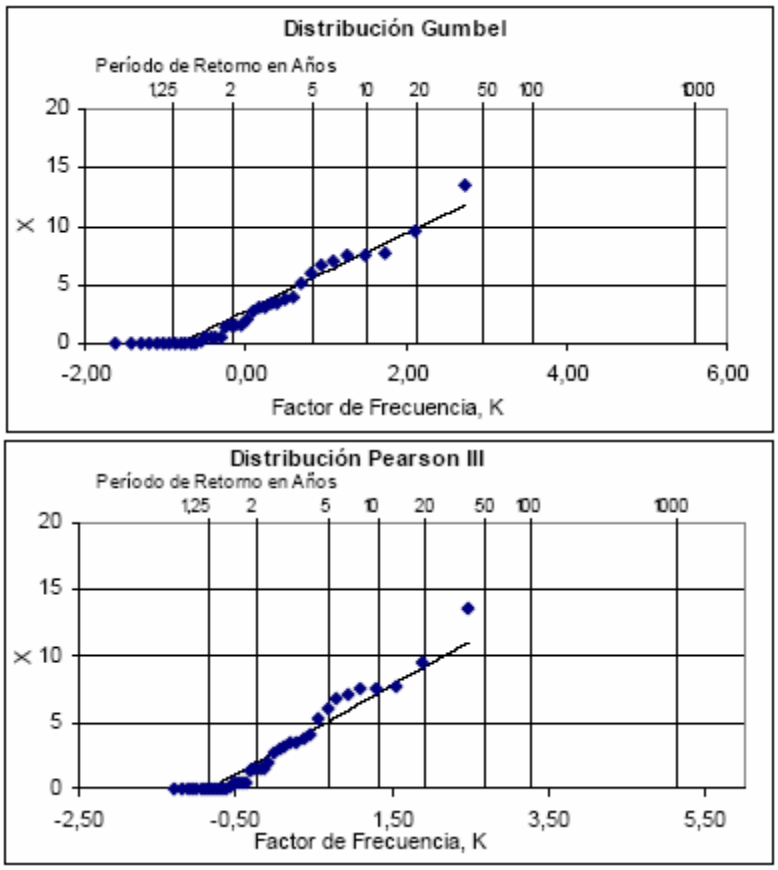
Distribución Seleccionada: Normal N° de Datos: 38 Media X = 2,74 Desv. Est. X = 3,32 R^2 = 0,9598 Test Chi Cuadrado: Chi2 2gl 0.05 = 6,0 Chi2 C = 8,8 Hipótesis Rechazada	Distribución Seleccionada: Pearson III N° de Datos: 38 Media X = 2,74 Desv. Est. X = 3,32 Coef. Asimetria X = 1,37 R^2 = 0,9878 Test Chi Cuadrado: Chi 2 1gl 0.05 = 3,84 Chi2 C = 3,39 Hipótesis NO Rechazada
Dist. Selec.: Log Normal (Y=Ln(X)) N° de Datos: 38 Media X = 2,74 Desv. Est. X = 3,32 Media Y = -2,28 Desv. Est. Y = 5,35 R^2 = 0,6223 Test Chi Cuadrado: Chi 2 2gl 0.05 = 5,99 Chi2 C = 37,67 Hipótesis Rechazada	Dist. Selec.: Log Pearson III (Y=Ln(X)) N° de Datos: 38 Media X = 2,74 Desv. Est. X = 3,32 Media Y = -2,28 Desv. Est. Y = 5,35 Coef. Asimetría Y = -1,224 R^2 = 0,8259 Test Chi Cuadrado: Chi 2 1gl 0.05 = 3,84 Chi2 C = 20,82 Hipótesis Rechazada
Distribución Seleccionada: Gumbel N° de Datos: 38 Media X = 2,74 Desv. Est. X = 3,32 R^2 = 0,9873 Test Chi Cuadrado: Chi 2 2gl 0.05 = 5,99 Chi2 C = 3,14 Hipótesis NO Rechazada	

Fuente: SRK Consulting, 2006.

Solamente la distribución de Gumbel y la Pearson III no son rechazadas por el Test Chi Cuadrado.

A continuación se presenta el ajuste gráfico de estas dos distribuciones, con el fin de seleccionar la de mejor ajuste, para la serie de precipitaciones máximas de la estación Calama.

Figura 2-10: Distribución de ajuste de las precipitaciones



Fuente: SRK Consulting, 2006.

Al ver ambos gráficos, se aprecia un mejor ajuste a los datos reales a la distribución Gumbel, en especial para los períodos de retorno mayores a 5 años, que son los de interés para el diseño de obras civiles. Finalmente se presenta la Tabla 2-13, en la que se indica el período de retorno y la precipitación de duración 24 horas estimada para la estación Calama.

Tabla 2-13: PP de Duración 24 horas, Est. Calama v/s Período de Retorno

T (Período de retorno)	Pp 24 hr, Est. Calama (mm)
1,25	0,0
2	2,2
5	5,6
10	7,7
20	9,9
50	12,6
100	14,6
1.000 (y PMP)*	21,4

*: A continuación se justifica porque se adopta el valor de la Pp_{24} de T= 1000, también como PMP.

Para el cálculo de la crecida máxima probable (CMP) es necesario contar con el antecedente de la Precipitación Máxima Probable, PMP, que conceptualmente corresponde a la mayor cantidad teórica de lluvia que puede caer en una duración dada.

Considerando que en el área bajo estudio no existe ninguna red meteorológica con datos pluviográficos concurrentes, se prefirió utilizar un método estadístico, que utiliza sólo información de precipitaciones diarias, las cuales sí se encuentran disponibles.

Este método se denomina Método Estadístico y lo desarrolló inicialmente Herschfield, para duraciones de tormentas de 5 minutos a 24 horas. De acuerdo a este procedimiento, la Precipitación Máxima Probable para una lluvia de duración dada se puede estimar por:

$$PMP = P\,(prom) + K*S$$

donde:

PMP = Precipitación Máxima Probable
P (prom) = Promedio de la serie de precipitaciones máximas anuales en la estación corregido (según coeficientes del método)
S = Desviación estándar de la serie de precipitaciones máximas anuales corregido (segúncoeficientes del método)
K= Coeficiente de frecuencia maximizado

El coeficiente de frecuencia se presenta como función del promedio de las precipitaciones máximas.

Asimismo para el promedio y la desviación estándar de la serie registrada se proponen correcciones por evento máximo y por longitud de registro.

En el estudio "Precipitaciones Máximas Diarias en Chile" (Stowhas, 1983), se propone una modificación al método propuesto por Herschfield, a partir del análisis de estadísticas de precipitaciones de estaciones pluviométricas chilenas, ya que el método de Herschfield tendería a sobreestimar la PMP en Chile. El método de Stowhas, que es el propuesto para realizar el presente estudio, utiliza los mismos estadígrafos (P(prom) y S) del método de Herschfield, y permite determinar de dos formas el monto de la PMP, para una duración establecida

Aplicando el método de Herschfield a las lluvias de la estación Calama se obtiene que P(prom) tiene el valor de 2,5 mm, en tanto que S de 3,1. El coeficiente maximizado (K) tiene el valor de 20.

Luego:

$$PMP_{Herschfield} = 2{,}5 + 20 * 3{,}1 = 64{,}95 \text{ mm}$$

Al utilizar en el método de Stowhas, en base a la relación establecida por el autor entre P(prom) y PMP (al que en el presente trabajo se denominará Stowhas I), se obtiene un adimensional de 6,8, esto en el método significa que:

$$\frac{PMP_{StowhasI} - P(prom)}{P(prom)} = 6{,}8$$

Al despejar se obtiene que $PMP_{Stowhas\ I}$ es de 14,6 mm.
Además Stowhas establece una relación entre el coeficiente de variación Cv, definido como el cuociente entre S y Prom (al que en el presente trabajo se denominará Stowhas II), en este caso Cv es 1,24. Siguiendo la relación establecida por el Ing. Ludwig Stowhas, se obtiene un coeficiente de frecuencia maximizado, K de 4,2, por lo que se obtiene que:

$$PMP_{Stowhas\ II} = 15{,}6 \text{ mm}$$

Se adopto como valor final del método de Stowhas, el mayor valor de las 2 formas que el ingeniero propone para determinar la PMP, luego:

$$PMP_{Stowhas} = Max\left[PMP_{Stowhas\ I}, PMP_{Stowhas\ II}\right] = 6{,}15 \text{ mm}$$

Al ser menor la PMP determinada por el método de stowhas (considerando relaciones en base a envolventes de estaciones pluviométricas chilenas), que la PP24 determinada para el período de retorno 1000 años, según el análisis de frecuencia, se adopta este último valor como el de PMP, vale decir:

$$PMP_{Adoptada} = PP^{T=1000}_{24Calama} = 21,4$$

Conclusión

De acuerdo a los resultados del estudio hidrológico es claro que las precipitaciones son de muy baja magnitud y frecuencia y eventualmente escurrirían o se evaporarían casi en su totalidad. Sin embargo, para los escasos eventos de tormenta es posible que exista escurrimiento superficial debido a que el material constituyente es relativamente impermeable, posiblemente generado por material salino característico de estos ambientes de extrema aridez.

Por otro lado, se tienen antecedentes que, con ocasión a las lluvias ocurridas el 13 de septiembre de 2005 y el 14 de febrero de 2006 en el área (que fueron registradas en la estación meteorológica de El Tesoro) en donde precipitaron 3,1 mm y 5,2 mm respectivamente en 24 horas, se pudieron observar escurrimientos superficiales instantáneos relevantes.

1.2.6 Edafología

Para el componente edafológico se define el área de influencia directa (AID) e Indirecta (AII) aquella comprendida por los polígonos que abarcan las áreas respectivas de los yacimientos, depósitos, stocks y demás instalaciones del proyecto definido en el punto 1.1.1 de este estudio.

Metodología
Para la caracterización de los suelos se contó con información bibliográfica y con algunas muestras obtenidas en terreno.

Durante la campaña de terreno se caracterizaron, principalmente, las propiedades de los suelos existentes, mediante perforaciones simples con barreno.

Características Generales de los suelos

Los suelos de la segunda región, por lo tanto los pertenecientes al área del proyecto, corresponden a suelos de escaso desarrollo, sin presencia de horizontes orgánicos y con alto contenido de sales. Estos son suelos minerales con una fracción de minerales primarios (cuarzo, feldespatos, etc) que componen las arenas finas y/o limos, y una de minerales secundarios (arcillas silicatadas). Las proporciones de una fracción u otra, al igual que la proporciones de arena fina, limo o arcilla varían según la zona, dependiendo principalmente de las condiciones de relieve y exposición a fenómenos erosivos a través del tiempo.

Estos suelos corresponden a los denominados Entisoles, característicos por su escaso desarrollo debido a su composición de materiales resistentes a la meteorización en conjunto a la falta de condiciones climáticas para su ocurrencia. Otra constante es la alta presencia de gravas de diferentes tamaños en el horizonte superficial, lo que deja de manifiesto el carácter aluvional de estos suelos. Asimismo, es frecuente la presencia de sulfatos de calcio y de carbonatos de calcio, que en algunos sectores se presentan como yeso y en otras formando "durezas".

Características Locales del suelo

En la zona del proyecto, en que se presenta el relieve como terrenos bajos con planos ligeramente ondulados, se observan suelos sin estructura, con micro partículas muy finas de arena, sin horizonte orgánico y con un horizonte superficial aluvial, que varía en el tamaño de gravas de un sector a otro (Figura 2-11).

La textura corresponde a areno - limoso y su color es rosado claro en seco y rojizo en mojado, coincidiendo con la descripción de suelos Entisoles. Frecuentemente se presentan sulfatos hasta aproximadamente los 80 cm de profundidad, encontrándolo en ocasiones como concreciones, que imposibilitan el paso del barreno, y en otras como polvo (Figura 2-12).

Conclusión

Todo el terreno comprendido por el proyecto presenta suelos de escaso desarrollo, sin presencia de horizonte orgánico y con alto contenido sales del tipo Entisoles. Son suelos minerales y de carácter aluvional.

Figura 2-11: Características superficiales de los suelos del área del proyecto

Figura 2-12: Corte de suelo que permite apreciar la falta de horizontes diferenciados y el color.

1.2.7 Sismología

Metodología

La sismología de la zona se ha analizado mediante el estudio de los registros del Servicio de Sismológico de la Universidad de Chile[5]. Se consideraron los últimos 5 años, del 2001 al 2006, prestando atención a aquellos movimientos registrados en el sector del proyecto propiamente tal, y aquellos lejanos pero que por su magnitud, los efectos en el área específica del proyecto, fueron de una intensidad igual o superior a IV en la escala de Mercalli. Se seleccionó esta intensidad ya que se define como aquella en que se registran objetos colgante que oscilan y es perceptible para las persona.

Registros sísmicos

En laTabla 2-14, se entregan los datos de la fecha, hipocentro, profundidad, magnitud según Richter y la intensidad de Mercalli tanto para el epicentro como para el sector en donde se localizará el proyecto.

[5] www.sismologia.cl

Tabla 2-14: Registros de sismos perceptibles en la zona del proyecto

Fecha	Hipocentro		Profundidad (km)	Magnitud Ritcher	Intensidad Mercalli	
	Longitud	Latitud			Epicentro	El Tesoro
15/04/02	68º 54' 43"	23º 29' 5"	91,0	5,5	IV- V	III - IV
13/12/02	68º 42' 03"	22º 31' 29"	110,0	5,3	III - IV	III - IV
23/01/04	71º 00' 36"	23º 13' 01"	69,8	5,6	IV- V	III - IV
23/01/04	69º 50' 16"	23º 14' 31"	69,8	5,6	IV- V	IV- V
04/11/04	69º 10' 12"	22º 30' 25"	78,1	4,9	III - IV	III - IV
06/12/04	69º 59' 27'	21º 23' 52''	85,2	5,2	IV- V	III - IV
06/01/05	68º 50' 38"	21º 57' 53"	129,5	5,3	III - IV	III - IV
20/01/05	68º 48' 18"	22º 29' 16"	103,9	5,4	III - IV	III - IV
21/06/05	70º 02' 38"	22º 38' 24"	47,0	4,6	III - IV	III - IV
23/10/05	68º 48' 57"	22º 00' 3"	122,1	5,4	III - IV	III - IV
17/11/05	67º 51' 21"	23º 04' 29"	155,2	6,8	V - VI	IV- V
03/01/06	69º 54' 14"	22º 50' 31"	41,7	4,3	III - IV	III - IV
07/10/06	69º 06' 35"	24º 09' 43"	104,4	5,7	IV- V	III - IV
14/10/06	68º 21' 18"	23º 30' 54"	110,0	5,1	IV- V	III - IV
07/11/06	68º 27' 57"	22º 11' 52"	124,8	5,4	III - IV	III - IV
14/11/06	68º 32' 13"	23º 33' 17"	100,0	5,6	IV- V	III - IV

Al analizar los datos, se observa una frecuencia distante de sismos de magnitud perceptible, existiendo años en que no hay registro de sismos. Sin embargo los movimientos telúricos son un fenómeno natural y por lo mismo son impredecibles. Como consecuencia de ello, esto lleva a que no se puede establecer con seguridad ni rangos de magnitud, ni tiempos de ocurrencias, lo que queda demostrado en los registros al observar meses en que no hay movimientos telúricos fuertes y otros en que los movimientos se registran con intensidades medias (V- VI).

Los dos sismos de mayor intensidad registrados en la zona de estudio entre enero de 2001 y noviembre de 2006 presentaron una magnitud de hasta V, para el sector del proyecto, en la escala de Mercalli. Estos sismos ocurrieron con fecha 7 de Octubre de 2006 y 17 de noviembre de 2005, siendo este ultimo, el más fuerte, registrado en el periodo de análisis y que presentó una magnitud en su epicentro de 6,8 y una intensidad de V-VI.

Conclusión

La información entregada en la tabla deja en evidencia que la zona de estudio no presenta una alta frecuencia sísmica, y que los movimientos telúricos registrados durante el último periodo de 5 años, no son de magnitud especialmente alta. Adicionalmente los datos reflejan un aumento en la frecuencia de movimientos en los meses recientes.

1.3 Descripción del Medio Biótico

1.3.1 Vegetación

Para el componente de vegetación y flora el área de influencia directa (AID) comprende la totalidad del área del polígono definida anteriormente: yacimientos, depósitos de estériles y stocks, con sus respectivos caminos. El área de influencia indirecta (AII) esta compuesta por las zonas adyacentes al proyecto o a las vías de acceso a las obras del proyecto.

Metodología
Basado en la clasificación de Gajardo[6] se realizó una caracterización bibliográfica de la vegetación existente en el área del proyecto la que luego fue contrastada con lo observado en la campaña en terreno.

Descripción de la Vegetación

Según la clasificación de Gajardo, el área del proyecto se inserta dentro de la Región del Desierto, y corresponde a una región que se extiende desde el extremo norte del país hasta el río Elqui en la IV Región.

Si bien esta Región del Desierto tiene como límite oeste el Océano Pacífico, es en su mayoría un desierto interior, con una altitud media de 1.500 m.s.n.m., abarcando los abruptos acantilados costeros, las serranías de la Cordillera de la Costa, las grandes depresiones interiores y las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes.

No obstante, las características del relieve, generan variaciones locales del ambiente, produciendo hábitats más o menos diferenciables que permiten segregar la Región del Desierto en cuatro subregiones vegetales. De ellas, el proyecto se sobrepone en sólo una: Desierto Absoluto.

Sub-Región del Desierto Absoluto
Corresponde a la zona del desierto donde las precipitaciones son insignificantes y el aporte hídrico es localizado y proviene de la presencia de napas freáticas o de aluviones ocasionales que descienden de la Codillera. Salvo en condiciones muy locales, la vida vegetal está ausente en toda su extensión, lo que le vale su definición de desierto absoluto.

Con todo, para esta subregión se reconocen seis formaciones vegetales, cuatro de ellas presentes en la II región y sólo una en el área del proyecto, representada en prácticamente la totalidad de la zona del proyecto: la formación del Desierto Interior.

Esta formación, de amplia distribución, se extiende por las regiones I y II, carece casi completamente de vida vegetal, salvo en condiciones muy locales y en presencia de agua subterránea, donde se manifiesta una asociación de Brea - Grama salada (*Tessaria absinthioides–Distichlis spicata*), particularmente en sitios con la influencia de aguas de alta salinidad.

Sub-Región del Desierto Andino:

[6] Gajardo, R. 1993. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria. 165 p.

Corresponde al piso vegetacional superior del desierto y se ubica en las laderas occidentales de la Cordillera de Los Andes, entre latitudes, aproximadas, de 1.800 a 3.500 m.s.n.m. A causa de la influencia marginal de las precipitaciones que ocurren en la alta cordillera, presenta posibilidades de mayor desarrollo vegetal, presentando una fuerte penetración de elementos florísticos de las estepas altoandinas.

Dentro de esta sub-región, Gajardo reconoce seis formaciones vegetales típicas. De ellas, cuatro se presentan en la II Región, y sólo una estaría representada en el área del proyecto, particularmente y en forma casi marginal: la formación del Desierto de los Aluviones.

Esta, corresponde a una formación que muestra una típica fisonomía de arbustos bajos extremadamente xerófitos, con coberturas muy ralas, encontrándose amplios sectores desprovistos de vida vegetal. Esta formación se localiza principalmente en sectores que tienen influencia de aluviones y precipitaciones marginales provocadas por el invierno altiplánico.

Para esta formación Gajardo describe siete asociaciones características, de las que, en el área del proyecto sólo se encuentra representada la asociación de Allaval–Quiaca (*Adesmia atacamensis-Calandrinia salsoloides*) que es una comunidad vegetal que se ubica en grandes conos aluviales, y corresponde a lo que Luebert y Pliscoff [7], denominan Matorral Bajo Desértico Tropical Interior de *Adesmia atacamensis y Cistanthe salsoloides*, que se distribuye ampliamente por las partes bajas de la precordillera andina, desde la Primera Región a la Tercera Región, entre los 1.800 y los 3.700 m.s.n.m.

Estructuralmente corresponde a un matorral muy abierto, extremadamente xeromórfico, en el que dominan *Adesmia atacamensis y Cistanthe salsoloides*, eventualmente acompañadas por un elenco variable de especies como *Huidobria fruticosa, Dinemandra ericoides y Ephedra breana* entre otras, y está usualmente asociada a situaciones microtopográficas favorables donde se acumula escasa humedad.

Vegetación del Área del Proyecto

El elemento característico dominante de la zona es la escasa presencia, a menudo absoluta carencia, de elementos de flora y, por ende, de formaciones vegetales propiamente tales, lo que otorga al paisaje una fisonomía desértica propia de los ambientes donde se inserta.

Así, y dado que el área del proyecto se inserta en el piedmont de los cordones andinos, constituyendo una condición de transición entre el desierto andino y el desierto absoluto de los llanos, la vegetación del área es particularmente escasa con variaciones entre el desierto absoluto y algunas manifestaciones muy precarias –en sectores donde la microtopografía condiciona acumulaciones de humedad– de matorral muy ralo.

Esta condición está dada por un Matorral Muy Ralo de Quiaca que se caracteriza por una fisonomía desértica con algunos arbustos bajos extremadamente dispersos, con coberturas

[7] Luebert, F. y P. Pliscoff, 2006. Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Serie Biodiversidad. Editorial Universitaria. Stgo, Chile. 316 p.

menores al 5% y, prácticamente, monoespecífica de *Cistanthe salsoloides* (Quiaca), que descansa sobre sustratos arenosos.

Con todo, las variaciones de la vegetación se manifiestan de un sector a otro del área del proyecto, por lo que a continuación se describe la situación en cada uno de los sectores identificables del proyecto:

Yacimiento Noreste
En las condiciones de llano, se presenta un sustrato arenoso con gravas y carente de vegetación donde la ocurrencia de Quiaca sólo se reduce a la presencia esporádica de la misma, con coberturas que no superan el 1%.

Eventualmente por ser una zona fuertemente intervenido en superficie, por caminos y sondajes la vegetación se presenta como un matorral muy ralo de Quiaca, que se concentra, principalmente, en las depresiones y cursos temporales de agua.

Yacimiento El Llano
Corresponde, como su nombre lo indica, a un llano muy amplio y de reducida pendiente. El estrato es de textura arenoso, cubierto por un pavimento de pequeños guijarros y piedras dispersas, y se encuentra fuertemente intervenido en superficie por caminos y sondajes.

La vegetación corresponde a un matorral muy ralo (por momentos inexistente) de Quiaca (Figura 2-13).

Figura 2-13: Fisonomía del yacimiento El Llano

Depósito Tesoro Noreste
Localizado en un sector de lomajes suaves, de baja pendiente, con un estrato areno-limoso, cubierto por un pavimento de piedras y guijarros, presenta una formación de matorral muy ralo de Quiaca (Figura 2-14).

Figura 2-14: Fisonomía del Depósito Noreste

Depósito El Llano
De manera análoga al rajo del mismo nombre (de hecho colindan uno con el otro), este sector se ubica en el mismo llano amplio y de reducida pendiente. El estrato está cubierto por un pavimento de pequeños guijarros y piedras dispersas, y se encuentra fuertemente intervenido en superficie por caminos y sondajes.

Carece de vegetación, y solo se detecta la presencia esporádica de Quiaca.

Stock Norte
Se localiza en un área de lomajes suaves, de escasa pendiente y con un sustrato areno-limosos, cubierto de pavimentos de piedras. Carece de vegetación y se advierte la presencia de Quiaca en forma muy esporádica.

Stock Sur
Se ubica en un área de lomajes suaves, pero de mayor altura relativa, disectadas por cursos de agua (temporales) que confluyen hacia un valle estrecho que es interrumpido por la pilas de la mina el tesoro.

De sustrato areno-limoso, cubierto por un pavimento de pequeños guijarros y pedregosidad superficial media, carece de vegetación y sólo se detecta la presencia esporádica de Quiaca, particularmente en las quebradas.

Conclusión

En el área del proyecto no se observan formaciones vegetales singulares o desconocidas. De la información obtenida durante la campaña de terreno se detectó sólo una asociación vegetal, representada por individuos aislados y solitarios de Quiaca (*Cistanthe salsoloides*).

1.3.2 Flora

Metodología

En una primera etapa se realizó una revisión bibliográfica destinada a reconocer las especies de flora que potencialmente se podrían encontrar en el área. Entre la múltiple información dispersa en diferentes estudios de diversas datas, se definió como fuente principal el catálogo propuesto por Marticorena et al[8]., por tratarse de la lista más sintética y actual que existe para la flora vascular de la región. A partir de este catálogo (el catálogo da cuenta de la presencia de especies para cuadrantes de 50 mil hectáreas) se creo una lista de flora que entrega un número elevado de especies potenciales para la zona del proyecto y circundante.

Para determinar las especies de flora presentes en la zona del proyecto, durante la campaña de terreno y en forma paralela al levantamiento de vegetación, se recorrió el área reconociendo, registrando y colectando en herbario muestras de las diferentes especies presentes. Posteriormente, en gabinete se trabajó en la identificación de las muestras y registros en base a claves taxonómicas apropiadas y para el caso de especies difíciles de identificar, con consulta a la Sección Botánica del Museo Nacional de Historia Natural[9] .

Finalmente, a partir de toda la información recolectada se elaboró un catálogo florístico del área del estudio, indicando nombre científico y su clasificación taxonómica. Para ello se siguió la nomenclatura utilizada en Marticorena et al. , su forma de crecimiento y su estado de conservación. Para la definición del estado de conservación se utilizó a Benoit[10] , con excepción de Cactáceas y Flora No Vascular donde utilizaron las clasificaciones de Belmonte et al[11]. y Quilhot et al[12]. , respectivamente.

Conclusión

El resultado de los estudios de terreno indica que en el área se encuentra sólo una especie de flora vascular, y corresponde a Quiaca (*Cistanthe salsoloides* (Barn) Carolin ex Hernshk), especie herbácea anual, nativa, de la familia Portulacaceae (Figura 2-15). De acuerdo a los

[8] Marticorena, C.; R. Rodriguez; M. Kalin Arroyo; M. Muñoz F. Squeo y G. Arancio. 1998. Catálogo de la Flora vascular de la Segunda Región (Región de Antogafasta), Chile. Gayana Bot.
[9] Se agradece especialmente a la Sra. Profesora Inés Meza, del MNHN.
[10] Benoit, I. 1989. Red list of Chilean terrestrial flora. Corporación Nacional Forestal, Chile.
[11] Belmonte, E.; L. Faúndez; J. Flores, A. Hoffmann, M. Muñoz y S. Teillier. 1998. Estado de Conservación de Cactáceas Nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47: 69-89.
[12] Quilhot, W.; I. Pereira; G. Guzmán, R. Rodríguez e I. Serey. 1998. Categorías de Conservación de Líquenes Nativos de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47: 9-22.

listados de flora con problemas de conservación existentes para la segunda región[13], *Cistanthe salsoloides* se encuentra clasificada como Fuera de Peligro.

Figura 2-15: Quiaca (Cistanthe salsoloides)

Esta pobreza específica está dada claramente por la situación marginal entre una formación vegetal de desierto andino y la clara influencia ambiental del desierto absoluto.

1.3.3 Fauna

Para el componente de fauna el área de influencia directa (AID) comprende la totalidad del área del polígono definida anteriormente: yacimientos, depósitos de estériles y stocks, con sus respectivos caminos. El área de influencia indirecta (AII) esta compuesta por las zonas adyacentes al proyecto o a las vías de acceso a las obras del proyecto.

Metodología
Para caracterizar la fauna del área de influencia del Proyecto, se realizó una campaña de terreno en la que se realizó la identificación de especies a través de observaciones sistemáticas: avistamientos por medio de binoculares, uso de trampas olfativas, uso de trampas tipo Sherman, búsqueda de fecas, huellas, localización de madrigueras, presencia en egagrópilas y restos óseos.

Adicionalmente se contrastó la lista con las potenciales especies que habitan el área, entregada por la bibliografía, con los hallazgos de la campaña de terreno.

Resultados y conclusión

[13] Benoit, I. (1989.) Red list of Chilean terrestrial flora. Corporación Nacional Forestal, Chile.

Dada la marcada escasez de recursos vegetacionales y, con ello, alimentarios y de hábitat, el área del proyecto se caracteriza por la carencia absoluta de vertebrados terrestres.

Sólo en áreas circundantes y vinculado a sectores donde la vegetación presenta mayor cobertura relativa, fue avistado un ejemplar del género *Muscisaxicola* (Aves: Tyrannidae), a la que no se le pudo identificar la especie, debido a que el avistamiento se realizó a una distancia considerable.

Por otro lado, en este tipo de ambientes ocurre la partición esporádica, y de paso, de individuos de *Coragyps atratus* "Jote" (Aves: Cathartidae).

1.4 Descripción del Medio Humano

El área de influencia directa esta compuesta por la zona en la cual tienen lugar los impactos directos de la obra sobre el medio humano, contemplando aspectos sociales, económicos y culturales. Para el caso del presente Proyecto incluye Sierra Gorda y Baquedano.

Metodología
La metodología usada es cualitativa y es aplicada directamente en terreno, considerando principalmente la técnica de entrevistas no dirigidas (semi-estructuradas) con la población local, realizadas en cada una de las aldeas individualizadas. La información recogida en el trabajo de campo fue obtenida en las comunas de Sierra Gorda y en particular en el pueblo Sierra Gorda.

Además se utilizó información cuantitativa que se expresa a través del manejo de datos estadísticos, demográficos, censales, índices de pobreza, administrativos comunales u otros, los cuales ponen de relieve la caracterización general del Área de Influencia del Proyecto. Para la elaboración de la línea base del medio humano, se han considerando las dimensiones recomendadas en la Guía de Criterios de la CONAMA[14] .

Caracterización del Área del Proyecto

Lo que se presenta a continuación es la caracterización del AID orientada a los aspectos socioeconómicos, sociodemográficos y socioculturales, presentes en el AID, se hace el análisis de la localidad de Sierra Gorda ubicada en la comuna de Sierra Gorda, a 28 km del área del proyecto.

Dimensión Geográfica
La comunidad que sería eventualmente afectado por el desarrollo del proyecto en forma directa, es el pueblo Sierra Gorda, de la comuna del mismo nombre.

La comuna de Sierra Gorda se encuentra integrada al resto del país por la Ruta 5 (Carretera Panamericana) y la Ruta 25 (antes mencionada) cuyos ejes principales son Antofagasta por el

[14] CONAMA. Guía de criterios para evaluar la alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, en proyectos o actividades que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Gobierno de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2006.

poniente y el límite de la comuna por el Norte (Dirección a María Elena), y el Nudo Vial de Oasis con Calama por el Oriente, respectivamente.

Por otro lado, la conectividad interna de la comuna cuenta con un sin números de caminos secundarios, de los cuales algunos son públicos y otros son rutas de acceso a centros mineros, tales como Lomas Bayas, San Cristóbal, El Tesoro y Cerro Dominador.

La calidad de la infraestructura vial tanto de la Carretera Panamericana como de las rutas principales es óptima en cuanto al trazado, señalizaciones y seguridad.

Dimensión Demográfica

Es importante mencionar, que en lo atingente a lo socio demográfico, en el área donde se realizará la explotación minera no se detectaron asentamientos humanos de ninguna índole, con excepción de los generados por los campamentos de la mina El Tesoro y la mina Esperanza.

La población de los pueblos de Sierra Gorda y Baquedano se presenta en la Tabla 2-15.

Tabla 2-15: Población en Sierra Gorda y Baquedano

Localidad	Población	Hombres	Mujeres
Sierra Gorda	569	364	205
Baquedano	825	510	315
Total	1.394	874	520

Fuente: Censo 2002

De la tabla anterior se desprende que el 62,6% de los habitantes es hombre y el 37,3% mujeres. Un factor de esta disparidad radica en que la actividad económica se encuentra fuertemente ligada a la minería.

Sierra Gorda se sustenta principalmente del comercio por ser un pueblo de paso en la Ruta 25 que une las ciudades de Calama con Carmen Alto. Sus habitantes, también están vinculados a las actividades o proyectos mineros de la zona, mediante la prestación de servicios tipo contratistas.

Dimensión Antropológica

La localidad de Sierra Gorda cuenta con organizaciones comunitarias para diferentes grupos según intereses y según edad.

Los Clubes Deportivos existentes en esta localidad, contando algunos con personalidad jurídica, son los siguientes:

- Club Deportivo O'Higgins
- Club Deportivo Halcones de la Sierra
- Club Deportivo Viejos Cracks

Dentro de los grupos juveniles cuentan con el Grupo Juvenil Sierra Gorda con 23 integrantes.

En el grupo etáreo adultos existen:

- Junta de Vecinos Nº 2 y 3 de Sierra Gorda con 45 y 40 socios respectivamente.

- Centro de Madres de Sierra Gorda con 25 Socias.

En el grupo adulto mayor cuentan con 1 grupo organizado correspondiente al Club Adulto Mayor "Pampa Ilusión "de Sierra Gorda que posee 40 Socios.

Existe otra organización comunitaria que agrupa a más de dos grupos etéreos denominados: Baile Religioso "Los Gitanos del Norte" (Sierra Gorda) con la participación de 18 personas.

Las diferentes organizaciones comunitarias desarrollan sus actividades comunitarias, culturales y deportivas en los siguientes lugares:

- Estadio Techado de Sierra Gorda
- Complejo Deportivo
- Multicancha Escuela de Sierra Gorda

Los tres espacios pertenecen al Municipio de Sierra Gorda y se encuentran en buenas condiciones.

Patrimonio Cultural

En la comuna de Sierra Gorda, destacan principalmente las ex oficinas salitreras y estaciones de ferrocarriles vinculadas a éstas. Las que caen en esta categoría son cinco, ubicadas en el AII del proyecto (Ruinas de Pampa Unión, Estación de ferrocarril de Baquedano y su Locomotora y la Oficina Salitrera Francisco Puelma).

Existe una diversidad de otras ex oficinas y estaciones en la comuna, las cuales se detallarán posteriormente, pero solo las anteriormente mencionadas están protegidas por el Consejo de Monumentos Nacionales. A continuación se detallan dos de los patrimonios culturales más relevantes, caracterizados en la visita a terreno.

Pampa Unión: creada en 1915 como centro de servicios de los campamentos aledaños. Su mayor auge fue entre 1916 y 1930, llegando a tener cerca de 5.000 habitantes. Sus edificios fueron construidos con trozos de costra de caliche pegados con barro (Figura 2-16 a).

Estación de Ferrocarril de Baquedano: En 1889, los Ferrocarriles del Estado iniciaron el estudio de la línea férrea de Cabildo a Iquique, cuya construcción se hizo por secciones. El tendido norte-sur de esta línea produjo, a 72 Km de Antofagasta, un punto de encuentro con el trazado oeste-este del ferrocarril de Antofagasta a Bolivia, lugar de confluencia que recibió en 1910, el nombre de Estación Baquedano (Figura 2-16 b).

El edificio de la Estación posee oficinas y boleterías hacia los dos costados: por el norte atiende el ferrocarril FCAB (particular), y por el sur el ferrocarril Ferronor. En sus patios destacan los carros ferroviarios (tolvas, cajones, planos, bodegas) que se emplean hoy en día, para el transporte de carga de Iquique hacia Argentina y viceversa (bodegas), y de Chuquicamata llevando concentrado de cobre a la fundición de Potrerillos.

Existe también un Museo Ferroviario, instalado en la ex maestranza del FCAB de fines del siglo pasado, y la Casa de Máquinas del Ferrocarril del Estado (Ferronor), para 16 locomotoras.

Figura 2-16: **Ruinas de Pampa Unión (a) y Estación de Ferrocarril de Baquedano**

a)

b)

Dimensión socioeconómica

Las localidades de Sierra Gorda y al igual que la de Baquedano al encontrarse en el eje de la ruta 5 Norte, orientan su actividad económica al comercio.

Específicamente para el caso de Sierra Gorda, por ser un pueblo de paso en la Ruta 25 que une las ciudades de Calama con Carmen Alto, el comercio es la actividad principal. Sus habitantes, también están vinculados a las actividades o proyectos mineros de la zona, mediante la prestación de servicios tipo contratistas. Los que incluyen el arriendo de casas, alimentación, etc.

Dimensión de Bienestar Social Básico y Medio Construido.

En lo que respecta a bienestar social básico, la población que habita en los sectores rurales, poseen un limitado acceso a la infraestructura básica. Esto se debe principalmente por la condición de pequeña entidad poblada o aldea, lo que obliga generalmente a sus habitantes a desplazarse hacia las grandes ciudades para satisfacer necesidades como salud o educación.

Telecomunicaciones

En lo que respecta a las telecomunicaciones, en la comuna de Sierra Gorda existe cobertura de telefonía pero la planta se encuentra saturada con la actual población residente, sin embargo cuentan con 6 teléfonos públicos.

Respecto a los sistemas informáticos de Internet, cuentan con red, la cual es utilizada por el Municipio, la escuela y Biblioteca Municipal de la localidad de Sierra Gorda.

Luz Eléctrica

Con relación al abastecimiento de energía eléctrica, el último Censo Nacional 2002, indicó que la comuna de Sierra Gorda cuenta con 479 viviendas, de las cuales un 100 % cuenta con energía eléctrica.

Se suscribió un convenio con la Empresa Eléctrica de Antofagasta S.A., el año 2002, en conjunto con el Gobierno Regional y la Empresa Minera El Tesoro, quienes financiaron la interconexión de la localidad al sistema de suministro eléctrico y/o subestación que alimenta a la Minera El Tesoro, lo que permite una alimentación continua de 24 horas con energía domiciliaria e industrial.

Las compañías mineras de la comuna tienen sus propias redes de suministro eléctrico.

Agua Potable

Para el abastecimiento de agua potable, cabe destacar que la comuna de Sierra Gorda no posee agua potable en los términos que exige la Superintendencia de Servicios Sanitarios. Sin embargo, existe un suministro de agua que es proveído por la municipalidad, la que hace el papel de empresa distribuidora, la que a su vez compra el agua de carácter industrial, a la empresa FCAB.

Hay que indicar que el suministro se encuentra subsidiado por el municipio en forma considerable, lo que de alguna manera viene a compensar la imposibilidad de acceder al subsidio de agua potable disponible para el resto de la región.

Según datos del Departamento Social de la Municipalidad, de estar vigente o en posibilidad de acogerse al subsidio de agua potable, aproximadamente el 50 a 55%, de los hogares de la comuna lo podrían hacer.

A este respecto hay que indicar, que actualmente la empresa Essan, el gobierno regional y la propia municipalidad, se encuentran en la etapa de ejecución de un proyecto que sanearía el agua potable, situación que permitiría tomar o delegar la administración futura de este servicio en la indicada empresa sanitaria.

La variable de alcantarillado, presenta para Sierra Gorda de 96,6% de cobertura, lo que comparado con Antofagasta esta arroja un índice de 98,6% y Calama con un 89,20%.

Es importante destacar, que durante el año 1998, se inauguraron tanto en las localidades de Baquedano y Sierra Gorda, ubicadas a 2 Km sur de la comuna, dos Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas mediante el sistema de lodos activados, lo que ha permitido tratar las aguas de desechos domiciliarios en forma aceptable. Sin embargo, aún persiste el problema que estas plantas no cuentan con la certificación del Servicio de Salud.

Educación

En términos educacionales Sierra Gorda cuenta con una Escuela (Escuela Básica Caracol –Dir. Enrique Venegas) en donde, como se mencionaba anteriormente, sólo se imparte la enseñanza de educación básica. Para la educación media recurren a Antofagasta o Calama. La Municipalidad también implementó una Biblioteca Pública que se encuentra en el poblado.

Las perspectivas de educación superior, no pueden ser efectivas, ya que los principales problemas para su implementación son los índices poblacionales, los cuales exigen tener una población total comunal de sobre 6.500 habitantes.

Acceso a Infraestructura en Salud

En el ámbito de salud, Sierra Gorda cuenta con los servicios básicos de una Posta rural (Av. Salvador Allende 211) habilitada con una ambulancia. Para cualquier urgencia de mayor consideración se derivan a los pacientes a Antofagasta al Hospital Regional. Hay médicos, que vienen con una frecuencia de tres veces al mes desde Antofagasta para realizar controles más exhaustivos.

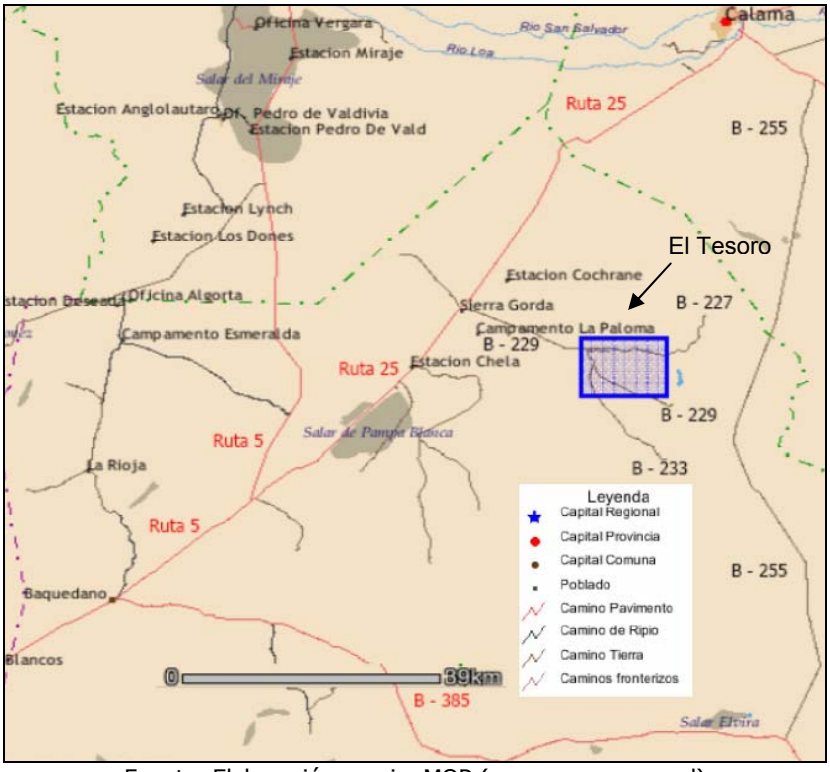
Red Vial

Actualmente se accede al sector mina desde la Ruta 5 a través de la Ruta 25, luego por el camino B-229 que une Sierra Gorda con las instalaciones de Minera El Tesoro (22 Km de longitud), y finalmente por un camino de ripio al sector mina Esperanza. Este acceso se encuentra aprobado a través de la Resolución de Calificación Ambiental Nº 0199/2004 COREMA II Región que califica ambientalmente la Declaración de Impacto Ambiental "Prospección Minera Sector Esperanza". Este acceso seguirá vigente como camino de acceso una vez que comience el desarrolle del proyecto presentado en este EIA.
La Tabla 2-16 muestra los caminos existentes en el sector mina. Estos caminos se muestran en la Figura 2-17:.

Tabla 2-16: Caminos Existentes en Sector Mina

Camino	Nombre	Carpeta
Ruta 5	Longitudinal Norte Sector Portezuelo Las Bombas - Quillagua	Pavimento
Ruta 25	Cruce Longitudinal Carmen Alto – Calama	Pavimento
B-385	Baquedano – Salar de Atacama – Lomas Bayas	Pavimento
Ruta 23 CH	Calama – San Pedro de Atacama – Paso Sico	Pavimento
B-229	Sierra Gorda - Caracoles	Tierra
B-227	Leonor - Mellizos	Tierra
B-233	Acceso a San Juan	Tierra
B-255	Bif. Ruta 23 - Cerro Moctezuma – Salar Elvira	Tierra

Figura 2-17: Caminos Existentes en el área del Proyecto



Fuente: Elaboración propia. MOP (www.mapas.mop.cl)

Ruta 5

El volumen de tránsito del año 2004 indica que en la Ruta 5 (Bifurcación Carmen Alto) el transito medio diario anual fue de 700 vehículos. Del valor total el 41,87% corresponde a autos y camionetas, el 10% a camiones y el 7.45% a buses y taxibuses (Tabla 2-17)

La mayor frecuencia de uso de la carretera en verano esta dada por autos, buses, taxibuses y camiones de más dos ejes, en primavera aumenta la frecuencia de camionetas y camiones de 2 ejes. En la ruta 5 la mayor frecuencia de uso de la carretera es en invierno, y la más baja en verano.

Tabla 2-17: Transito diario medio anual en la Ruta 5 (700 vehículos)

Epoca*	Auto	Camioneta	Camión simple de 2 ejes	Camión simple de más de 2 ejes	Semi-remolques	Remolques	Buses y taxibuses
Verano	126	160	35	34	221	44	66
Invierno	115	188	37	30	270	42	40
Primavera	88	203	49	31	213	57	52
%	15,65	26,22	5,75	4,52	33,5	6,8	7,52

Fuente: Depto de Estadísticas y Censos de Tránsito del Ministerio de Obras Públicas
*La época de invierno incluye los flujos de otoño

Ruta 25

Según el censo de volumen de tránsito realizado el año 2004, el transito medio diario anual en la ruta 25 (Bifurcación Carmen Alto) es de 1.594 vehículos. De ellos, un 49,23% corresponde a autos y camionetas, un 9,85% a camiones y un 9,05% a buses y taxibuses.
El mayor flujo vehicular ocurre en verano, en que se presenta una alta frecuencia de autos, buses y taxibuses comparado con primavera e invierno. La menor frecuencia vehicular ocurre en primavera, en que se presenta un aumento en la frecuencia de transito de camones simples de mas de dos ejes.

Tabla 2-18: Transito diario medio anual en la Ruta 25 (1.594 vehículos).

Epoca*	Auto	Camioneta	Camión simple de 2 ejes	Camión simple de más de 2 ejes	Semi-remolques	Remolques	Buses y taxibuses
Verano	503	415	107	45	431	68	236
Invierno	316	416	109	52	561	59	158
Primavera	299	405	124	34	367	37	193
%	23,38	25,85	7,11	2,74	28,42	3,43	9,05

Fuente: Depto de Estadísticas y Censos de Tránsito del Ministerio de Obras Públicas
*La época de invierno incluye los flujos de otoño

Rellenos Sanitarios y Vertederos

Dentro del área de influencia indirecta del proyecto se reconocen 1 vertederos municipales en Sierra Gorda y 2 rellenos sanitarios privados (Lomas Bayas y Minera El Tesoro). Todos cuentan con resolución sanitaria. Un detalle de sobre las características generales de estos sitios se presenta en la Tabla 1- 19. Asimismo, existe 1 relleno sanitario en proyecto ubicados a 45 Km al este de Baquedano, en la comuna de Sierra Gorda.

Tabla 1- 19: Rellenos Sanitarios y Vertederos en el Área del Proyecto

Nombre	Categoría	Tratamiento / Actividad	Tipo de residuo	Ubicación	Autorización
Vertedero Municipal de Sierra Gorda	Vertedero	Método de zanja y posterior de celda cuando no se permita otra zanja por capacidad	Domiciliario: urbanos y asimilables. Industriales: asimilables. Neumáticos	1 Km al sur de Sierra Gorda, comuna de Sierra Gorda	Res. Sanitaria Nº3226/2004
Relleno Sanitario Minera El Tesoro	Relleno sanitario		Domiciliario: urbanos y asimilables	28 Km al este de Sierra Gorda, comuna de Sierra Gorda	RCA Nº31/1997Res. Sanitaria Nº4258/2001
Relleno Minera Lomas Bayas	Relleno sanitario		Domiciliario: urbanos y asimilables	Compañía Minera Lomas Bayas, comuna de Sierra Gorda	RCA Nº40/1996 Res. Sanitaria Nº2946/1997

Nombre	Categoría	Tratamiento / Actividad	Tipo de residuo	Ubicación	Autorización
Centro de Manejo de Residuos del Norte (CMR)		Método de celdas disposición final en relleno de seguridad o depósito de no peligrosos; Almacenamiento temporal; Sistema de valorización; Minimización de peligrosidad Centro de Manjo de Residuos Industriales Sólidos (Rises)	Industriales peligrosos (RP) y No peligrosos (RNP)	45 Km al este de poblado de Baquedano, comuna de Sierra Gordo	En calificación / Pendiente

Infraestructuras varias
En Sierra Gorda, existe una estación de trenes la cual no opera para pasajeros, solo se realizan faenas de carga y descarga.

También cuenta con un Reten de Carabineros que pertenece a la 2ª Comisaría de Antofagasta.

Conclusiones

- El AID del proyecto contiene las aldeas de Sierra Gorda de la comuna de Sierra Gorda.
- La población que habita en el AID del proyecto es de 569 personas, de ellas el 64% son hombres y el 36% mujeres.
- En el AID del proyecto funcionan 8 organizaciones sociales, entre clubes deportivos, Juntas de Vecinos, Centros de Madres, Grupos Juveniles y de Adultos mayores y folclóricos.
- Existe patrimonio cultural tangible si se considera la comuna de Sierra Gorda, en la que se encuentra la localidad de Sierra Gorda (AID) del proyecto, tratándose éste de oficinas salitreras y la estación de ferrocarril de Baquedano.
- Las Localidades de Sierra Gorda tienen como actividad económica principal el comercio.
- Respecto al medio Construido Sierra Gorda cuenta con una escuela y una posta y en el ámbito de la seguridad poblacional existe un retén de carabinero.
- La cobertura telefónica consiste en teléfonos públicos y sistemas informáticos de Internet para el municipio, escuela y biblioteca municipal.

1.5 Ordenamiento Territorial

Uso del Suelo

Capacidad de Uso de Suelo
El proyecto se localiza en zonas de suelos áridos, que tanto por sus características físicas, como por las características climáticas de la zona, presentan serias limitaciones al uso productivo tradicional (agricultura y silvicultura), razón por la cual sólo pueden ser clasificados en la Clase de Capacidad de Suelo VIII. Esta clasificación corresponde a aquellos suelos sin ningún valor agrícola, ganadero ni forestal. Su uso está limitado al sostenimiento de la vida silvestre, la recreación o protección de hoyas hidrográficas.

Instrumentos de Planificación Territorial (IPT)
Los instrumentos de planificación territorial son aquellas herramientas de gestión que regulan el uso de una zona determinada por parte de un proyecto o actividad y las restricciones a las que podría estar sujeta dicha zona, por la existencia de algún tipo de protección oficial.

El área del proyecto está regulada por el Plan Regulador de Desarrollo Urbano de la II Región (PRDU) y el Plan Regulador Comunal de Sierra Gorda.

El área del proyecto estaría inserta, según lo establecido por el PRUD, en la Unidad de Gestión Territorial Zona Desértica Intermedia Baquedano–Ferrocarril, UGTB-2B. El PRDU establece que "esta zona se caracteriza básicamente orientada a anticipar las demandas que generará la dinámica actividad minera de la Región…".

Por otro lado, de acuerdo al Plan Regulador Comunal de Sierra Gorda, el área de la Mina se encuentra localizada en una zona AEC-1, esto es Área de Riesgo Natural, por lo que queda restringida el establecimiento de asentamientos humanos.

1.6 Arqueología, Antropología y Recursos Históricos

Ver informe en Anexo 6

1.7 Paisaje

El área de influencia directa de este componente ambiental corresponde a las Cuencas Visuales vistas desde los sectores del proyecto. Mientras que el área de influencia indirecta corresponde a la comuna en que se inserta el proyecto: Sierra Gorda.

Metodología
Para la evaluación del paisaje se siguió la metodología tradicional basada en Factores de Visualización, Inventario de Recursos Visuales y Riqueza del Paisaje.

Caracterización del Paisaje

Descripción de las Cuencas Visuales
Los trabajos de terreno y el apoyo de material cartográfico y fotogramétrico, permitió definir a partir de la extensión de rayos visuales las cuencas visuales, la agrupación de cada una de ellas permitió determinar cada una de las unidades de paisaje que se describen más adelante.

Catastro de Recursos Visuales

- Puntos de Interés escénico: Se identificaron proyecciones visuales como puntos de interés escénico, los cuales son de tipo negativo: la infraestructura del sector de la Mina, Botaderos de estériles, caminos interiores de acceso y camino existente (carpeta tipo ripio), además de otras instalaciones mineras. Existen algunas zonas altas tipo miradores que permiten visualizar en forma amplia el paisaje, que en esta zona esta modificado fuertemente por la acción antrópica.

– Marcas Visuales: Las marcas visuales que más destacan en el sector corresponden a la infraestructura existente de minera El Tesoro: rajo, botaderos de estériles, caminos interiores de acceso e instalaciones varias.

– Alteraciones mayores: Se pueden consideraran como alteraciones que modifican el entorno natural, todo el sector del área de la mina y su infraestructura existente.

– Cursos de Agua: El principal curso de agua de significancia visual corresponde a pequeñas quebradas intermitentes sin presencia de agua permanente que se emplazan por el lado por el sector norte (Quebrada Los Arrieros).

– Cubiertas vegetales dominantes: La Vegetación es nula y solo se distinguen algunos salares que modelan el paisaje visual. Sin embargo se pueden distinguir formaciones de matorral muy ralo de Quica en el sector adyacente a la mina.

– Áreas singulares: Se pueden consideraran como áreas singulares que modifican el entorno natural, todo el sector del área de la mina El Tesoro y su infraestructura existente.

Evaluación de la Calidad Visual por Unidad de Paisaje

Tabla 2-20: Calidad Visual

Factores de Evaluación	Alto	Medio	Bajo
Morfología		X	
Vegetación			X
Presencia de Agua			X
Variabilidad Cromática		X	
Acción Antropica			X
Altura del punto de Observación		X	
Incidencia Visual Fondo escénico		X	
Singularidad			X

Evaluación de la Fragilidad Visual por Unidad de Paisaje

Tabla 2-21: Fragilidad Visual Sector Alto

Elementos	Factores de Evaluación	Alta	Medio	Bajo
Biofísico	Pendiente			X
	Vegetación (Densidad)	X		
	Vegetación (Contraste)	X		
	Vegetación (Altura)	X		
Accesibilidad	Visual		X	
Visualización	Tamaño de la Cuenca		X	
	Forma de la Cuenca		X	
	Compacidad		X	
Singularidad	Unicidad del paisaje			X

Resultados

La calidad visual de la zona se considera media-baja, correspondiendo a una fragilidad visual media-alta. Esto indica que las actividades que modifiquen el paisaje tendrán un impacto notorio en el espacio visual. Esta situación es debida a que el proyecto se emplaza en una zona desértica que no tiene muchas posibilidades de camuflar los efectos visuales producidos. Sin embargo el área ya se encuentra fuertemente alterada por intervenciones antrópicas relacionadas con la minería. Las propias formas del paisaje destacan en el entorno presentando grandes unidades de paisaje que se ven claramente modificadas por las distintas alteraciones que este sufre al ser intervenido. La falta de cursos de agua permanentes y de vegetación abundante son claves en esta situación de fragilidad visual. Sin embargo el área se encuentra lejana de sectores poblados y/o carreteras de amplio tránsito desde dónde se puedan apreciar estas alteraciones.

Adicionalmente el área ya se encuentra fuertemente alterada pro faenas mineras existentes con anterioridad. Para el caso específico del proyecto Óxidos de Sierra Gorda, las alteraciones que ocasiones en el paisaje se verán camufladas por las ya existentes pertenecientes a minera Tesoro cuya faenas de operación ya se encuentran aprobadas.

1.8 Riesgos Naturales

Este componente busca determinar la existencia de áreas específicas que presentan físicamente algún riesgo para los núcleos urbanos y en este caso para las instalaciones del proyecto.

Las áreas de riesgo están asociadas generalmente a riesgos naturales, específicamente para el área del proyecto, a procesos geomorfológicos de erosión hídrica, asociados a fuertes precipitaciones esporádicas ligadas en ocasiones al fenómeno meteorológico de Invierno Boliviano. Se trata principalmente de aluviones que corresponden a procesos de remoción en masa, de flujos de tipo detrítico.

Riesgos naturales en la zona del proyecto

Para la zona específica del proyecto no se cuentan con estudios asociados a los riesgos de aluviones, por no existir asentamientos humanos en el área. No obstante existen testimonios de los pobladores y autoridades de Sierra Gorda que describen fenómenos aluviales asociados a la Quebrada de los Arrieros, cercana a la zona del proyecto.

La Quebrada de los Arrieros, se desarrolla de las faldas de la cordillera de Domeyko, posee un fondo ancho y plano en el que es posible observar el paso de agua por el, así mismo se observan depósitos del tipo eólico y material detrítico que confirman el paso de agua como fenómeno de erosión.

Si bien existe evidencia en el lecho de la quebrada de flujos de tipo aluvional, ellos no muestran ser recientes, tratándose eventualmente de paleoaluviones.

Conclusión

- El ancho que presenta la quebrada y la escasa pendiente que presenta el área en general, ante la eventualidad de intensas precipitaciones, sólo formarían flujos aluvionales o de barro de poco volumen.

- Las instalaciones del proyecto se encuentran al sur - este de la Quebrada de los Arrieros, quedando fuera del alcance de posibles aluviones, considerando que estos siguen el curso de la quebrada, por lo que toman dirección este - oeste.

- El camino que une el pueblo de Sierra Gorda con el área de la mina El Tesoro, en algunos tramos sigue el lecho de la quebrada y en otros lo atraviesa, por lo que ante un eventual aluvión existe el riesgo de que el camino se vea afectado dificultando el paso a las instalaciones del proyecto.