BARRICK

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

MODIFICACIONES PROYECTO PASCUA - LAMA

REV. 0

DICIEMBRE 2004

Preparado por:

ARCADIS GEOTECNICA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL MODIFICACIONES PROYECTO PASCUA – LAMA

INDICE

CAPÍTULO 1: PRESENTACION 1-1

1.1 Introducción 1-1
1.2 Descripción del proyecto original aprobado mediante resolución de calificación ambiental N° 039/2001 1-3

1.2.1 Descripción General 1-3
1.2.2 Fase de Construcción 1-4
1.2.3 Fase de Operación 1-5

1.2.3.1 Explotación de la Mina 1-5
1.2.3.2 Procesamiento de Minerales 1-5
1.2.3.3 Producción 1-6
1.2.3.4 Drenaje de Depósitos de Estéril 1-7
1.2.3.5 Transporte 1-7
1.2.3.6 Abastecimiento de Agua 1-7
1.2.3.7 Energía Eléctrica 1-8
1.2.3.8 Insumos 1-8
1.2.3.9 Manejo de Residuos y Emisiones 1-9

1.2.4 Fase de Cierre 1-10

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIONES DEL PROYECTO 2-1

2.1 Antecedentes Generales 2-1

2.1.1 Presentación del Proyecto 2-1
2.1.2 Identificación del Titular 2-1
2.1.3 Objetivo de las Modificaciones del Proyecto 2-2
2.1.4 Localización Geográfica y Político Administrativa 2-2
2.1.5 Accesos 2-3
2.1.6 Superficie 2-4
2.1.7 Monto Estimado de la Inversiòn 2-4
2.1.8 Vida Útil y Cronograma de Fases 2-4
2.1.9 Justificación de la Localización 2-5

2.2 Descripción de las Modificaciones del Proyecto Pascua - Lama 2-6

2.2.1 Modificaciones del Plan Minero 2-6
2.2.2 Modificaciones de Proceso e Insumos 2-11
2.2.3 Modificaciones en Fuerza de Trabajo, Campamentos e Instalaciones Anexas 2-15
2.2.4 Modificaciones en Suministro de Agua Fresca 2-17
2.2.5 Modificación del Sistema de Manejo de Drenaje del Depósito de Estéril Nevada Norte 2-19

2.3 Actualización de Emisiones, Efluentes y Residuos 2-21

2.3.1 Modificación de Cantidad y Lugar de Disposición de Residuos Domésticos 2-21
2.3.2 Cantidad y Lugar de Tratamiento de Aguas Servidas 2-21
2.3.3 Incorporación de Residuos de Taller de Buses 2-22
2.3.4 Aumento de Emisión de Anhídrido Sulfuroso 2-22
2.3.5 Aumento de Emisiones de Material Particulado 2-23
2.3.6 Aumento de Emisiones de Ruido y Vibraciones 2-23
2.3.7 Calidad del Efluente del Sistema de Manejo de Drenajes del Depósito de Estéril 2-24

CAPÍTULO 3: PLAN DE CUMPLIMIENTO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE 3-1

3.1 Introducción 3-1
3.2 Normativa Ambiental sin Modificación en el Proyecto 3-2

3.2.1 Normativa General 3.2
3.2.2 Aire 3-2
3.2.3 Ruido 3-3
3.2.4 Contaminación Lumínica 3-3
3.2.5 Agua 3-3
3.2.6 Medio Biótico 3-3
3.2.7 Patrimonio Cultural 3-3
3.2.8 Vialidad y Transporte 3-3
3.2.9 Electricidad y Combustibles 3-4
3.2.10 Sustancias Especiales 3-4

3.3 Actualización de Cumplimiento de Normativa 3-4

3.3.1 Normativa General 3-4
3.3.2 Aire 3-5
3.3.3 Agua 3-5
3.3.4 Medio Biótico 3-6
3.3.5 Electricidad y Combustibles 3-7
3.3.6 Vialidad y Transporte 3-7

3.4 Normativa Adicional Aplicable al Proyecto 3-8

3.4.1 Aire 3-8
3.4.2 Agua 3-10
3.4.3 Residuos Sólidos 3-12
3.4.4 Patrimonio Cultural 3-12
3.4.5 Electricidad y Combustibles 3-13
3.4.6 Sustancias Especiales 3-13
3.4.7 Seguridad Minera 3-14

3.5 Normativa Derogada 3-14
3.6 Permisos Ambientales Sectoriales 3-14

3.6.1 Art. 90 del Reglamento SEIA 3-19
3.5.2 Art. 91 del Reglamento SEIA 3-21
3.5.3 Art. 93 del Reglamento SEIA 3-23
3.5.4 Art. 106 del Reglamento SEIA 3-28

CAPÍTULO 4: PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA Y NECESIDAD DE ELABORAR UN EIA 4-1

4.1 Pertinencia de Ingreso del Proyecto al SEIA 4-1
4.2 Necesidad de Elaborar un EIA 4-2

4.2.1 Riesgo para la Salud de la Población, debido a la Cantidad y Calidad de Efluentes, Emisiones o Residuos 4-3
4.2.2 Efectos Adversos Significativos sobre la Cantidad y Calidad de los Recursos Naturales Renovables, Incluidos el Suelo, Agua y Aire 4-6

4.2.3 Reasentamiento de Comunidades Humanas o Alteración Significativa de los Sistemas de Vida y Costumbres de Grupos Humanos 4-11

4.2.3.1 Reasentamiento de Comunidades Humanas 4-11
4.2.3.2 Alteración Significativa de los Sistemas de Vida y Costumbres de Grupos Humanos 4-12

4.2.4 Localización Próxima a la Población, Recursos y Areas Protegidas Susceptibles de ser Afectadas, así como el Valor Ambiental del Territorio en que se Pretende Emplazar 4-13
4.2.5 Alteración Significativa, en Términos de Magnitud o Duración, del Valor Paisajístico o Turístico de una Zona 4-13
4.2.6 Alteración de Monumentos, Sitios con Valor Antropológico, Arqueológico, Histórico y, en general, los Pertenecientes al Patrimonio Cultural 4-14

4.3 Síntesis 4-15

CAPÍTULO 5: LÍNEA BASE 5-1

5.1 Introducción 5-1
5.2 Caracterización del Medio Físico 5-2

5.2.1 Clima y Meteorología 5-2

5.2.1.1 Clima 5-2
5.2.1.2 Meteorología 5-3

5.2.2 Calidad del Aire 5-11

5.2.2.1 Área Campamento 5-12
5.2.2.2 Area de Influencia del Transporte 5-13

5.2.3 Ruido y Vibraciones 5-14

5.2.3.1 Mediciones Efectuadas 5-15

5.2.4 Geología 5-16

5.2.4.1 Geología Regional 5-16
5.2.4.2 Unidades Geológicas Presentes en el Área de Estudio 5-17
5.2.4.3 Geología del Yacimiento Pascua-Lama 5-20

5.2.5 Geomorfología 5-21

5.2.5.1 Estudio Arcadis Geotécnica: Identificación de Unidades Geomorfológicas y Procesos 5-22
5.2.5.2 Estudio Golder: Identificación de Unidades con Contenido de Hielo 5-24
5.2.5.3 Estudios sobre Glaciares 5-27

5.2.6 Hidrología 5-28

5.2.6.1 Descripción de Cuencas y Subcuencas 5-28
5.2.6.2 Registros Fluviométricos 5-31
5.2.6.3 Régimen Hídrico y Estimación de Caudales 5-33

5.2.7 Hidrogeología 5-37

5.2.7.1 Límites de Hoyas Hidrogeológicas 5-39
5.2.7.2 Unidades Hidrogeológicas 5-39
5.2.7.3 Acuíferos: Características Físicas, Hidráulicas y Geométricas 5-43
5.2.7.4 Descripción del Escurrimiento Subterráneo 5-46

5.2.8 Calidad del Agua 5-47

5.2.8.1 Agua Superficial 5-48
5.2.8.2 Agua Subterránea 5-52
5.2.8.3 Síntesis 5-53

5.2.9 Usos del Agua 5-54

5.2.9.1 Agua de Riego 5-54
5.2.9.2 Agua para Consumo Humano 5-55
5.2.9.3 Vida Acuática 5-55

5.2.10 Edafología 5-55

5.2.10.1 Unidades de Suelos 5-56
5.2.10.2 Uso del Suelo Actual y Potencial 5-58
5.2.10.3 Capacidades de Uso de los Suelos 5-58

5.2.11 Riesgos Naturales 5-59

5.2.11.1 Sismología 5-59
5.2.11.2 Fallas y Tectonismo 5-59
5.2.11.2 Estabilidad de Taludes 5-60
5.2.11.3 Volcanismo 5-60

5.3 Caracterización del Medio Biótico 5-60

5.3.1 Flora y Vegetación 5-61

5.3.1.1 Pisos Altitudinales de Vegetacionales 5-62
5.3.1.2 Diversidad, Endemismos y Especies con Problemas de Conservación 5-68
5.3.1.3 Cobertura y Productividad de las Vegas 5-70

5.3.2 Fauna Terrestre 5-72

5.3.2.1 Fauna Avistada 5-72
5.3.2.2 Especies en Categoría de Conservación 5-77

5.3.3 Limnología 5-78

5.3.3.1 Cuenca Ríos El Toro - de Las Tres Quebradas 5-79
5.3.3.2 Cuenca Ríos Potrerillos - del Carmen 5-82
5.3.3.3 Cuenca Ríos del Estrecho - del Tránsito 5-86

5.4 Caracterización Medio Socioeconómico 5-91

5.4.1 Socioeconomía Regional 5-91

5.4.1.1 Demografía 5-92
5.4.1.2 Actividades Económicas 5-93
5.4.1.3 Empleo 5-94
5.4.1.4 Vivienda 5-95

5.1.4.5 Servicios 5-96
5.4.1.6 Salud 5-97
5.4.1.7 Educación 5-97
5.4.1.8 Turismo y Hotelería 5-98

5.4.2 Socioeconomía de la Comuna de Alto del Carmen 5-99

5.4.2.1 Demografía 5-99
5.4.2.2 Actividades Económicas 5-100
5.4.2.3 Población Económicamente Activa 5-100
5.4.2.4 Vivienda 5-101
5.4.2.5 Salud 5-101
5.4.2.6 Educación 5-101
5.4.2.7 Turismo y Hotelería 5-102
5.4.2.8 Problemas Comunales 5-102

5.4.3 Socioeconomía Local: Localidades Rurales Ubicadas dentro del Area de Influencia del Proyecto 5-102

5.4.3.1 Valle del Río del Carmen 5-103
5.4.3.2 Valle del Río del Tránsito 5-108

5.5 Descripción Recursos Arqueológicos, Antropológicos e Históricos 5-111

5.5.1 Sitio Río del Estrecho 5-111
5.5.2 Cerro de los Amarillos 5-112
5.5.3 Confluencia 5-112

5.6 Descripción Características Medio Construido 5-113

5.6.1 Infraestructura y Vialidad 5-113

5.6.1.1 Oferta Vial Actual 5-113
5.6.1.2 Demanda Vial Actual y Nivel de Servicio de las Vías 5-114

5.6.2 Usos del Suelo 5-114

CAPÍTULO 6: EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES 6-1

6.1 Calidad del Aire 6-1

6.1.1 Material Particulado Respirable 6-2
6.1.2 Anhídrido Sulfuroso 6-3

6.2 Niveles de Ruido y Vibración 6-3

6.2.1 Niveles de Ruido 6-4
6.2.2 Niveles de Vibración 6-4

6.3 Caudal de Aguas Superficiales 6-6
6.4 Calidad del Agua Superficial 6-10

6.4.1 Límites de Descarga Establecidos en el DS N°90/2000 MINSEGPRES 6-11
6.4.2 Cumplimientos de la Norma de Riego NCh 1.333/78 en el Punto de Monitoreo NE-4 6-13
6.4.3 Calidad de Descarga Actualizada 6-14

6.5 Geomorfología, Red de Drenaje y Suelo 6-16
6.6 Vegetación, Flora y Fauna 6-17
6.7 Paisaje 6-18
6.8 Patrimonio Cultural 6-19
6.9 Infraestructura Vial 6-19
6.10 Socioeconomía 6-20
6.11 Situaciones de Riesgo Natural 6-20

6.11.1 Desestabilización de Taludes y Deslizamientos 6-20
6.11.2 Hundimientos, Colapsos y Subsidencia Fuera y Dentro del Área de Trabajo 6-20
6.11.3 Incremento o Modificación de los Procesos Erosivos 6-20
6.11.4 Incremento o Modificación de Riesgos de Inundación 6-21

CAPÍTULO 7: PLAN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN 7-1

7.1 Introducción 7-1
7.2 Medidas Mitigación Actualizadas 7-2

7.2.1 Modalidad de Captación de Agua 7-2
7.2.2 Límite de Captación de Agua en el Período de Estiaje de Año muy seco 7-3
7.2.3 Transplante de Especie de Flora 7-4

CAPÍTULO 8: PLAN DE SEGUIMIENTO DE VARIABLES AMBIENTALES 8-1

CAPÍTULO 9: FICHAS AMBIENTALES 9-1

9.1 Parte y Acciones del Proyecto, según Fases 9-1
9.2 Normativa de Carácter Ambiental Aplicable 9-5

9.2.1 Normativa general Aplicable 9-5
9.2.2 Aire 9-7
9.2.3 Ruido 9-12
9.2.4 Contaminación Lumínica 9-13
9.2.5 Agua 9-14
9.2.6 Residuos Sólidos 9-22
9.2.7 Medio Biótico 9-23
9.2.8 Patrimonio Cultural 9-26
9.2.9 Vialidad y Transporte 9-27
9.2.10 Sustancias Especiales 9-29
9.2.11 Electricidad y Combustibles 9-31
9.2.12 Seguridad Minera 9-33

9.3 Permisos Ambientales Sectoriales 9-34

9.3.1 Art. 90 del Reglamento SEIA 9-34
9.3.2 Art. 91 del Reglamento SEIA 9-36
9.3.3 Art. 93 del Reglamento SEIA 9-38
9.3.4 Art. 101 del Reglamento SEIA 9-43
9.3.5 Art. 106 del Reglamento SEIA 9-44

CAPÍTULO 10: PARTICIPACIÓN CIUDADANA 10-1

10.1 Introducción 10-1
10.2 Marco Legal 10-1
10.3 Plan de Participación Ciudadana 10-2

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A Representatividad Legal Titular del Proyecto

Anexo B Estimación Emisiones y Modelación Calidad del Aire

Anexo C Registro Monitoreo Acústico

Anexo D Estudios de Glaciares

Anexo E Calidad del Agua

Anexo F Lista de Participantes

LISTADO DE TABLAS

Tabla 5.1 Estaciones Meteorológicas Locales

Tabla 5.2 Estaciones Pluviométricas Regionales consideradas en Análisis Precipitación

Tabla 5.3 Estaciones Pluviométricas CMN consideradas en Análisis Precipitación

Tabla 5.4 Estadísticas Meteorológicas Mensuales Estación Frontera

Tabla 5.5 Estadísticas Meteorológicas Mensuales Estación El Toro

Tabla 5.6 Estadísticas Meteorológicas Mensuales Estación Mesa

Tabla 5.7 Estadísticas Meteorológicas Mensuales Estación La Olla

Tabla 5.8 Datos de Precipitación Estaciones Pluviométricas Regionales

Tabla 5.9 Datos de Precipitación Estaciones Pluviométricas CMN en Entorno Área del Proyecto

Tabla 5.10 Estimaciones de Precipitación Mensual Regional

Tabla 5.11 Estimaciones de Precipitación Anual Regional

Tabla 5.12 Estimaciones Mensuales de Precipitación en Estación Pascua Camp (Altura 3700 m.s.n.m.)

Tabla 5.13 Estimaciones de Precipitación Anual en Estación Pascua Camp (Altura 3700 m.s.n.m.)

Tabla 5.14 Concentraciones PM10 y PTS Monitoreadas en Estación Pascua Camp

Tabla 5.15 Concentraciones de Metales en Filtros PM10 y PTS Monitoreadas en Estación Pascua Camp

Tabla 5.16 Concentraciónes de MP10 en La Majada

Tabla 5.17 Niveles de Presión Sonora en dB(A) Lento (Horario Diurno)

Tabla 5.18 Niveles de Presión Sonora en dB(A) Lento (Horario Nocturno)

Tabla 5.19 Estaciones Fluviométricas CMN en el Área del Proyecto

Tabla 5.20 Caudales Registrados en Estaciones Fluviométricas Cuenca del Rio Tránsito

Tabla 5.21 Caudales Registrados en Estaciones Fluviométricas Cuenca del Rio Del Carmen

Tabla 5.22 Estimación de Caudales Medios Anuales en Estaciones CMN

Tabla 5.23 Estimación de Caudales Mensuales Estación NE – 2

Tabla 5.24 Estimación de Caudales Mensuales Estación NE – 3

Tabla 5.25 Estimación de Caudales Mensuales Estación NE – 4

Tabla 5.26 Estimación de Caudales Mensuales Estación NE – 8

Tabla 5.27 Estimación de Caudales Mensuales Estación TO – 6a

Tabla 5.28 Estimación de Caudales Mensuales Estación VIT – 3

Tabla 5.29 Estimación de Caudales Mensuales Estación VIT – 2

Tabla 5.30 Caracterización Pozos Sector Río del Estrecho, Aguas Arriba Quebrada Barriales

Tabla 5.31 Pruebas de Bombeo en Pozos Sector Confluencia Río del Estrecho con Quebrada Barriales

Tabla 5.32 Calidad del Agua Superficial Estación de Monitoreo NE-2

Tabla 5.33 Calidad del Agua Superficial Estación de Monitoreo NE-3

Tabla 5.34 Calidad del Agua Superficial Estación de Monitoreo NE-4

Tabla 5.35 Calidad del Agua Superficial Estación de Monitoreo NE-8

Tabla 5.36 Calidad del Agua Superficial Estación de Monitoreo NE-9

Tabla 5.37 Calidad del Agua Superficial Estación de Monitoreo TO-3

Tabla 5.38 Calidad del Agua Superficial Estación de Monitoreo TO-6

Tabla 5.39 Calidad del Agua Superficial Estación de Monitoreo VIT-3

Tabla 5.40 Calidad del Agua Superficial Estación de Monitoreo VIT-2

Tabla 5.41 Parámetros con Niveles Mayores de la Norma de Referencia (NCh 1333)

Tabla 5.42 Calidad del Agua Subterránea Estación de Monitoreo RE-6P

Tabla 5.43 Calidad del Agua Subterránea Estación de Monitoreo BT-1

Tabla 5.44 Calidad del Agua Subterránea Estación de Monitoreo BT-3b

Tabla 5.45 Calidad del Agua Subterránea Estación de Monitoreo NEV – 1

Tabla 5.46 Calidad del Agua Subterránea Estación de Monitoreo NEV-3

Tabla 5.47 Calidad del Agua Subterránea Estación de Monitoreo PM-3

Tabla 5.48 Calidad del Agua Subterránea Estación de Monitoreo PM-1

Tabla 5.49 Pisos Altitudinales de Vegetación

Tabla 5.50 Catálogo de la Flora Vascular Área Proyecto Minero Pascua-Lama.

Tabla 5.51 Flora en Categoría de Conservación

Tabla 5.52 Rendimiento de Materia Seca Promedio (en gr/m²) de la Vega Quebrada Barriales

Tabla 5.53 Rendimiento de Materia Seca Promedio (en gr/m²) de la Vega Río Tres Quebradas

Tabla 5.54 Registro de Reptiles Avistados en Sector I

Tabla 5.55 Registro de Aves Avistadas en Sector I

Tabla 5.56 Registro de Mamíferos en Sector I

Tabla 5.57 Registro de Reptiles en Sector II

Tabla 5.58 Registro de Aves en Sector II

Tabla 5.59 Registro de Mamíferos en Sector II

Tabla 5.60 Especies en Categoría de Conservación

Tabla 5.61 Puntos de Muestreo del Estudio de Limnología

Tabla 5.62 Parámetros físico-químicos de Importancia Limnológica Períodos de Primavera y Otoño

Tabla 5.63 Densidad y Riqueza de Macroinvertebrados Bentónicos Campañas de Otoño y Primavera

Tabla 5.64 Abundancia Relativa de Taxa Bioindicadores de Contaminación por Materia Orgánica Períodos de Otoño y Primavera

Tabla 5.65 Población Regional Estimada Año 2002 por Grupos Etáreos y Población Urbana-Rural

Tabla 5.66 Actividades Económicas Regionales

Tabla 5.67 Población de 15 años y más según Condición de Ocupación

Tabla 5.68 Viviendas Ocupadas con Personas Presentes según Tenencia de la Vivienda, Región de Atacama 2002

Tabla 5.69 Servicios al Interior de la Vivienda en la Comuna Alto del Carmen 2002

Tabla 5.70 Población de 5 años y más según Nivel de Educación

Tabla 5.71 Población Estimada Comuna de Alto del Carmen Año 2002

Tabla 5.72 Distribución de la PEA Comuna Alto del Carmen 2002

Tabla 5.73 Población Localidad Alto del Carmen

Tabla 5.74 Población Localidad Majada

Tabla 5.75 Población Localidad San Félix

Tabla 5.76 Población Localidad Las Breas

Tabla 5.77 Población Localidad El Corral

Tabla 5.78 Población Localidad El Tránsito

Tabla 5.79 Población Localidad Conay

Tabla 5.80 Población Localidad Chollay

Tabla 6-1 Caudales de Línea Base en Puntos de Evaluación (l/s)

Tabla 6-2 Caudales Resultantes en Puntos de Evaluación (l/s)

Tabla 6-3 Porcentajes de Reducción de Caudal en Puntos de Evaluación (%)

Tabla 6-4 Caudales Ecológicos en Punto de Evaluación NE-3

Tabla 6-5 Caudales Resultantes en Punto NE-3 y Comparación con Caudal Ecológico (C.E.)

Tabla 6.6 Calidad del Efluente del Sistema de Tratamiento de Drenajes del Depósito Nevada Norte

Tabla 7.1 Modalidad de Captación de Aguas según Estatutos de la Junta de Vigilancia.

Tabla 8.1 Resumen Programa Monitoreo Proyecto Pascua – Lama

Tabla 8.2 Monitoreo Calidad del Agua – Lista Parcial de Parámetros

Tabla 8.3 Monitoreo Calidad del Agua – Lista Completa de Parámetros

Tabla 8.4 Lista de Parámetros a Monitorear de Acuerdo a D.S. N°90/2001

Tabla 9.1 Matriz de Impactos Ambientales

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Localización General del Proyecto

Figura 1.2 Ubicación del Proyecto – Escala Regional

Figura 1.3 Layout Proyecto Original en su Etapa de Operación Final

Figura 1.4 Esquema General del Procesamiento de Minerales Proyecto Original

Figura 2.1 Localización General del Proyecto Pascua - Lama

Figura 2.2 Caminos de Acceso Proyecto Pascua - Lama

Figura 2.3 Disposición General de Obras – Proyecto Actualizado

Figura 2.4 Estudio de Impacto Ambiental – Proyecto Modificado Pascua – Lama

Figura 2.5 Caminos Internos – Proyecto Actualizado

Figura 2.6 Planta de Proceso – Proyecto Actualizado

Figura 2.7 Ubicaciones Aproximadas – Puntos de Captación de Agua

Figura 2.8 Sistema de Manejo de Drenaje – Depósito de Estéril Nevada Norte – Proyecto Actualizado

Figura 3.1 Croquis de Ubicación General de Obras de Desvío de Escorrentía

Figura 3.2 Sistema de Manejo de Aguas para las Operaciones Finales del Botadero Nevada Norte

Figura 3.3 Perfil Longitudinal del Tramo del Cauce a Modificar

Figura 3.4 Perfil Transversal de la Sección Tipica de los Canales

Figura 5.1 Zonas Climáticas de la III Región

Figura 5.2 Estaciones Meteorológicas Ubicada en el Entorno del Area del Proyecto

Figura 5.3 Estaciones Pluviométricas Utilizadas en el Análisis de Precipitación

Figura 5.4 Puntos de Monitoreo de Ruido y Calidad del Aire

Figura 5.5 Geología

Figura 5.6 Geomorfología – Materiales de Fundación

Figura 5.7 Geomorfología – Unidades de Hielo

Figura 5.8 Cuencas Hidrográficas y Ubicación Estaciones Fluviométricas

Figura 5.9 Hidrogeología

Figura 5.10 Estaciones de Muestreo Calidad del Agua

Figura 5.11 Usos del Agua – Riego, Consumo Humano y Vida Acuática Ríos El Tránsito y del Carmen

Figura 5.12 Unidades de Suelo

Figura 5.13 Cartas de Pisos de Vegetación

Figura 5.14 Carta de Ocupación de Tierras

Figura 5.15 Fauna

Figura 5.16 Puntos de Muestreo de Limnología

Figura 5.17 Localidades Pobladas Cercanas al Área del Proyecto

Figura 5.18 Sitios Arquelógicos

Figura 6.1 MP-10 en 24 Horas Etapa Operación

Figura 6.2 MP-10 Anual en Etapa de Operación

Figura 6.3 SO_2 en 24 Horas Etapa Operación

Figura 6.4 SO_2 en 24 Anual Etapa Operación

Figura 6.5 Puntos de Evaluación de Impacto en Caudal

Figura 6.6 Superficies de Glaciares Afectadas

Figura 8.1 Sitios de Monitoreo de Variables Ambientales

Figura 8.2 Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire y Meteorología

Figura 8.3 Areas de Monitoreo de Fauna

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL MODIFICACIONES PROYECTO PASCUA-LAMA

RESUMEN EJECUTIVO

I INTRODUCCIÓN

El Proyecto Pascua-Lama se ubica en la Comuna de Alto del Carmen, Provincia del Huasco, Tercera Región de Atacama, en la cabecera de los Ríos del Estrecho y El Toro, en la zona fronteriza con Argentina, unos 150 km en línea recta al sureste de la ciudad de Vallenar. En territorio argentino el Proyecto se ubica 300 km al noroeste de la ciudad de San Juan, en el Departamento de Iglesia, Provincia de San Juan.

El Proyecto, que pertenece a Compañía Minera Nevada Ltda. (CMN), filial indirecta de Barrick Gold Corporation, cuya casa matriz se ubica en la ciudad de Toronto, Canadá, considera la explotación de yacimientos de minerales de oro, plata y cobre, y su beneficio para producir metal doré (oro-plata). El yacimiento principal se emplaza en territorio chileno y argentino, razón por la cual considera obras y operaciones tanto en Chile como en Argentina. El Proyecto Pascua–Lama fue sometido al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental establecido en la Ley Nº19.300 en agosto del año 2000, y fue calificado favorablemente mediante Resolución Exenta Nº039 de la COREMA III Región con fecha 25 de abril de 2001, la cual fue modificada por Resolución Exenta Nº059 con fecha 3 de julio de 2001 (en adelante RCA Nº039/2001).

Desde el año 2001 CMN ha continuado estudiando la geología y mineralización del área, permitiendo ello la identificación de mayores reservas y la refinación del plan minero. A raíz de lo anterior se han incorporado modificaciones al diseño del Proyecto, orientadas básicamente a aumentar la capacidad de explotación y beneficio de los yacimientos. La producción de oro alcanzará un rango de 675.000 a 700.000 onzas/año (750.000 a 775.000 onzas/año durante los primeros diez años), en tanto la producción de plata alcanzará un rango de 24 a 25 millones de onzas/año (30 millones de onzas/año durante los primeros diez años).

El conjunto de modificaciones que han surgido en el lado chileno como resultado del refinamiento del plan minero se someten a evaluación ambiental por parte de los organismos del Estado a través del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA). El Proyecto se denomina "Modificaciones Proyecto Pascua–Lama" (en adelante el Proyecto) pertenece a Compañía Minera Nevada Ltda. (CMN), filial indirecta de Barrick Gold Corporation, cuya casa matriz se ubica en la ciudad de Toronto, Canadá

II DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES

MONTO DE INVERSIÓN

El monto actualizado de inversión del Proyecto Pascua-Lama se estima entre 1.400 y 1.500 millones de dólares.

ACCESOS

En Chile se mantiene el acceso desde la ciudad de Vallenar a través de las rutas C–485 y C–489, y el nuevo camino construido por el valle del río del Carmen y los cajones de los ríos Potrerillo, de las Tres Quebradas y El Toro, hasta acceder a la parte alta de la cuenca del río del Estrecho, donde se ubica el Proyecto. En territorio argentino el acceso al Proyecto se reemplazará por el camino existente conocido como camino de Conconta, el cual ha sido utilizado para acceder al área del Proyecto durante la etapa de exploración y que ha sido mejorado para uso del Proyecto Veladero, ubicado unos 8 km al sur del Proyecto Pascua-Lama.

PLAN MINERO

Las actividades de exploración realizadas desde el año 2001 han permitido verificar la existencia de mayores reservas en el yacimiento Pascua-Lama y la existencia de reservas explotables en un nuevo yacimiento denominado Penélope, ubicado unos 2.5 km al sureste del yacimiento principal, en territorio argentino. Las reservas mineras a explotar aumentan de 225 a 304 millones de toneladas (Mt) respecto del Proyecto original (99% corresponden al yacimiento Pascua–Lama), conteniendo 16,9 millones de onzas de oro, 635 millones de onzas de plata, y 250.000 toneladas de cobre.

El plan minero actualizado mantiene la vida útil total de 20 años para el Proyecto, pero considera reducir el período de explotación del rajo Pascua-Lama de 18 a 17 años. Además incorpora dos rajos menores en territorio argentino, denominados Penélope Este y Penélope Oeste, cuya explotación se extenderá por 4 años a partir del año 13 del Proyecto. La planta de procesos operará por un período de 20 años.

El plan minero actualizado considera remover alrededor de 1.808 millones de toneladas (Mt) de material, correspondiente en un 17% a mineral y en un 83% a estéril. Esta cantidad incluye 79 Mt de sobrecarga a remover durante la fase de construcción. El ritmo promedio de extracción de mineral aumenta de 37.000 a 48.800 toneladas por día (tpd), contemplándose

la realización de una o dos tronaduras diarias. Aproximadamente 45 millones de toneladas de mineral de menor ley quedarán almacenadas en el área de la mina y podrán alimentar la planta de procesamiento por un periodo de tres años luego que cese la extracción del mineral. Si no se procesara el mineral de menor ley, el material permanecería acopiado sobre el depósito de estéril Nevada Norte en la fase de cierre del Proyecto.

En el plan minero actualizado la relación estéril:mineral del rajo Pascua-Lama se ha reducido de 6,4:1 a 5,0:1. El nuevo plan considera remover un total estimado de 1.504 Mt de roca estéril. Este material será enviado a los dos depósitos de estéril del Proyecto original, los cuales han sido modificados (optimizados) en capacidad y geometría. El depósito Nevada Norte, ubicado en la cabecera del río del Estrecho, tendrá una capacidad de 1.274 Mt.

PROCESOS E INSUMOS

El plan minero actualizado considera dos fases de operación; la primera se desarrollará durante los primeros tres años, manteniendo el ritmo de procesamiento original de 33.000 tpd. A partir del cuarto año, una vez que comience el procesamiento de mineral refractario, se incrementará el ritmo de procesamiento a 44.000 tpd, para lo cual se incorporará una nueva línea de proceso en la planta ubicada en Argentina. El chancador primario ubicado en Chile aumentará su capacidad a 3.330 toneladas/hora.

El aumento en el ritmo de explotación de la mina y de proceso a partir del cuarto año de operación implica un aumento en el consumo de combustibles. La modificación del Proyecto incorpora tres estanques de almacenamiento de petróleo diesel con una capacidad total de 2,34 millones de litros en total.

El consumo total de insumos de proceso aumentará respecto del Proyecto original, siendo la principal diferencia el consumo estimado de cal (186 mil toneladas/año adicionales). Las fuentes más probables de abastecimiento de cal se ubican en Argentina, motivo por el cual se estima que el transporte de este insumo se realizará principalmente por el camino de Conconta, en Argentina. A consecuencia de ello se estima que en el lado chileno no habrá aumento en el flujo de camiones con insumos respecto de lo establecido y aprobado para el Proyecto original.

La potencia eléctrica requerida para la operación normal del Proyecto se mantiene en 80 MW durante los primeros tres años (para un ritmo de procesamiento de 33.000 tpd) y aumentará a 110 MW a partir del cuarto año (cuando aumente el ritmo de procesamiento a 44.000 tpd).

FUERZA DE TRABAJO, CAMPAMENTOS E INSTALACIONES ANEXAS

La fase de construcción y retiro de la sobrecarga de la mina mantiene el requerimiento de empleo directo original estimado en un promedio de 3.000 trabajadores, incluyendo personal contratista y personal de la compañía. En el período de punta (aproximadamente 6 meses) la mano de obra alcanzará un máximo estimado de 6.000 trabajadores. Para la fase de operación el requerimiento de personal aumentará de 1.370 a 1.660 personas, incluyendo personal propio y de contratistas.

El Proyecto no habilitará el campamento originalmente previsto en el sector del valle de Los Amarillos, Argentina. En su reemplazo, el Proyecto considera ampliar la infraestructura de campamento del Proyecto Veladero, ubicado unos 8 km al sur de Pascua-Lama, en Argentina. En este campamento se alojará la mayoría del personal de construcción y proporcionará una capacidad de alojamiento de aproximadamente 600 personas durante la fase de operación. Además se considera ampliar la capacidad del campamento existente en territorio chileno (sector de confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales), proporcionando así instalaciones de campamento a ambos lados de la frontera. Este campamento será readecuado y ampliado para alojar aproximadamente 750 personas durante la fase de construcción y 500 a 600 personas durante la fase de operación.

Consecuentemente, se requiere ampliar la capacidad de las plantas de potabilización de agua y tratamiento de aguas servidas en Chile. La planta de potabilización de agua tendrá una capacidad estimada de 2 L/s, suficiente para proporcionar un promedio de 150 litros/persona-día. La captación de agua se ubicará en la quebrada Barriales, cerca del campamento. Se instalará una planta de tratamiento de aguas servidas de tipo contacto biológico rotatorio (CBR) u otra tecnología probada, la cual permitirá alcanzar una capacidad total para tratar 90 a 140 m^3/día (un promedio de 120 litros/persona-día).

Adicionalmente se incorporará un relleno sanitario en un sector cercano al campamento, con capacidad para las fases de construcción y operación (aproximadamente 5.000 m^3 en total, en etapas de crecimiento sucesivas). El relleno se diseñará y operará conforme a los estándares aplicables en Chile. Además se habilitará un taller de mantención de buses, principalmente destinado a recambio de lubricantes y lavado. Esta área contará con sistemas de almacenamiento de lubricantes usados y sistemas de depuración y recirculación de aguas. La energía eléctrica requerida en el campamento y en las instalaciones auxiliares (incluyendo plantas de tratamiento y taller de buses) se suministrará mediante una planta de generadores diesel ubicada cerca del campamento, con una potencia instalada de 1 MW.

SUMINISTRO DE AGUA FRESCA

El Proyecto mantiene el requerimiento original de agua estimado en 370 l/s. Esta demanda será abastecida principalmente desde el río de Las Taguas, en Argentina. En Chile se mantiene la extracción de hasta 42 l/s desde el río del Estrecho para uso en las operaciones de la mina y talleres, y la extracción de una cantidad mínima de agua desde el río El Toro para abatimiento de polvo en caminos.

Sin embargo, se modifica el punto y la modalidad de captación de agua en el río del Estrecho. El punto de captación se ubicará aguas abajo de la confluencia con la quebrada Barriales, en un sector denominado NE-3. Este punto estará destinado a la captación de agua para uso en procesos y actividades de apoyo, con un caudal de hasta 40 l/s. Además se considera captar agua para consumo potable (2 l/s) desde la quebrada Barriales, junto al campamento.

Con posterioridad a la fecha de aprobación ambiental original del Proyecto Pascua-Lama, la Junta de Vigilancia del Río Huasco elaboró estatutos para regular las captaciones de agua a través de un procedimiento de distribución operacional. Esta modificación introducida a la forma de distribución de las aguas en el río Huasco y sus afluentes, incluido el río del Estrecho, implica la necesidad de adecuar la modalidad de captación de agua del Proyecto para dar cumplimiento a lo establecido en los estatutos. Por tanto, se modifica la modalidad de captación de agua del Proyecto, incorporando en todas sus partes lo establecido en los estatutos de la Junta de Vigilancia del Río Huasco (y sus actualizaciones, si las hubiere).

SISTEMA DE MANEJO DE DRENAJE DEL DEPÓSITO DE ESTÉRIL NEVADA NORTE

El caudal estimado de drenaje del depósito de estéril se mantiene en un promedio de 8 l/s. El Proyecto considera aumentar la capacidad de acumulación del drenaje (100.000 m^3 originales), habilitando un conjunto de piscinas con una capacidad total de 160.000 m^3. Además se considera habilitar un sistema de evaporación forzada del drenaje en las piscinas (mediante rociadores). Estas modificaciones tienen por objetivo otorgar mayor flexibilidad y holgura al sistema de manejo del drenaje, especialmente en períodos de alto caudal.

Asimismo, se modifica la ubicación de las piscinas de acumulación del drenaje del depósito Nevada Norte, trasladando su emplazamiento hacia una cota inferior, aproximadamente 2,4 km aguas abajo de la sentina de regulación ubicada al pie del depósito. El objetivo es asegurar un flujo gravitacional hacia las piscinas, evitando la dependencia de un sistema de bombeo para la conducción de esta agua. El lugar de emplazamiento de las piscinas

queda fuera del cauce principal del río y fuera de la zona de alto riesgo de avalancha y de derrumbe o deslizamiento de tierra. Las piscinas contarán con carpeta impermeable (HDPE o similar) en toda su base y paredes.

El Proyecto considera ubicar la planta de tratamiento en el nuevo sector de emplazamiento de las piscinas (más próximo al campamento), principalmente con el objetivo de facilitar su operación y mantención. El punto de descarga se ubicará en el sector del sitio de monitoreo NE-2, donde se cuenta con una extensa línea base de calidad del agua.

III NORMATIVA AMBIENTAL MODIFICADA Y ADICIONAL

A continuación se señalan las normas ambientales cuyas condiciones y/o formas de cumplimiento se alteran como resultado de las modificaciones del Proyecto. Además se señalan las normas ambientales adicionales y de reciente dictación que son aplicables.

NORMATIVA GENERAL

- D.S. Nº30/97, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, modificado por D.S. Nº95/01, Secretaría General de la Presidencia.

MEDIO FÍSICO

- D.S. Nº59/98, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable. Modificado por D.S. Nº45/01, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- D.S Nº112/02, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Establece Norma Primaria de Calidad del Aire para Ozono.
- D.S. Nº113/02, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, establece Norma Primaria de Calidad del Aire para Dióxido de Azufre.
- D.S Nº114/02, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Establece Norma Primaria para Dióxido de Nitrógeno.
- D.S. Nº115/02, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, establece Norma Primaria de calidad del aire para Monóxido de Carbono.
- D.S. Nº75/87, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, que establece condiciones de carga de indica.
-

- D.S. Nº185/91, Ministerio de Minería, Reglamenta el Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuros, Material Particulado y Arsénico, Modificado por D.S. Nº59/2001, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- D.S. Nº4/94, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Normas de Emisión de Contaminantes Aplicables a Vehículos Motorizados.
- Decreto con Fuerza de Ley Nº725, Ministerio de Salud, Código Sanitario.
- D.S Nº735/69, Ministerio de Salud. Reglamento de Servicios de Aguas Destinadas al Consumo Humano.
- Norma Chilena NCh 409. Norma de Calidad de Agua para Uso Potable, oficializada mediante D.S. Nº11/84 de Ministerio de Salud.
- D.S. Nº90/00, Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.
- D.S. Nº594/99, Ministerio de Salud. Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.

MEDIO BIÓTICO

- D.S. Nº5/98, Ministerio de Agricultura. Reglamento de la Ley de Caza. Modificado por D.S. Nº53/03 del Ministerio de Agricultura.
- Decreto Ley Nº3.557/81. Disposiciones sobre Protección Agrícola.

PATRIMONIO CULTURAL

- D.S. Nº484/91, Ministerio de Educación. Reglamento de la Ley de Monumentos Nacionales.

TRANSPORTE

- D.S Nº158/80, Ministerio de Obras Públicas. Establece Límites de Peso por Eje y Límite de Peso Bruto Total para Vehículos que Pueden Circular por Caminos Públicos. Modificado por D.S Nº1.919/02, Ministerio de Obras Públicas.

RESIDUOS

- D.S. Nº594/99, Ministerio de Salud. Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.
- D.S. Nº148/03, Ministerio de Salud. Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos.

ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES

- D.S. Nº379/85, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Reglamento sobre Requisitos Mínimos de Seguridad para el Almacenamiento de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo Destinado al Consumo Propio.
- D.S. Nº327/97. Reglamento General de la Ley de Servicios Eléctricos.

SUSTANCIAS ESPECIALES

- D.S. Nº77/82, Ministerio de Defensa Nacional. Reglamento Complementario de la Ley Nº17.798.

SEGURIDAD MINERA

- D.SNº72/85, modificado por D.SNº132/02. Reglamento de Seguridad Minera.

Por otra parte, las siguientes normas ambientales contempladas en el Proyecto original fueron derogadas después de aprobado el Proyecto, y por tanto dejan de ser aplicables:

- Resolución Nº1.215. Normas Sanitarias Mínimas Destinadas a Prevenir y Controlar la Contaminación Atmosférica.
- Ley Nº3.133. Neutralización de los Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales.
- D.S. Nº351/92, Ministerio de Obras Públicas. Reglamento para la Neutralización y Depuración de los Residuos Líquidos Industriales a que se refiere la Ley Nº3.133.
- D.S. Nº745/92, Ministerio de Salud. Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama generan o implican cambios en los siguientes permisos ambientales sectoriales del Reglamento del SEIA (modificado por D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) respecto de lo aprobado originalmente:

- Art. 90 del Reglamento del SEIA: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros (artículo 71 letra b del DFL 725/67, Código Sanitario). Este permiso aplica a la descarga del efluente del sistema de manejo y tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte, cuya calidad se ha actualizado según las disposiciones del D.S. Nº90/00 MINSEGPRES.

- Art. 91,del Reglamento del SEIA: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza (artículo 71 letra b del Código Sanitario). Este permiso aplica a la ampliación de la capacidad del tratamiento de aguas servidas requerida en el sector del campamento Barriales, para aumentar su capacidad de alojamiento (750 personas durante la fase de construcción y 500 a 600 personas durante la fase de operación).

- Art. 93 del Reglamento del SEIA: Permiso para la construcción, modificación, y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase (artículos 79 y 80 del DFL 725/67, Código Sanitario). Este permiso aplica a la habilitación de un relleno sanitario en el lado chileno.

- Art. 101 del Reglamento del SEIA: Permiso para las obras de regularización y defensa de cauces naturales (segundo inciso del artículo 171 del D.F.L. Nº1.122 de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas). Este permiso aplica a las obras de desvío de escorrentías superficiales y obras de conducción de aguas naturales en el entorno del depósito de estéril Nevada Norte, para evitar su ingreso a estas obras.

IV PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA Y NECESIDAD DE ELABORAR UN EIA

La pertinencia de ingreso de las Modificaciones del Proyecto Pascua–Lama al SEIA se ha determinado a la luz de lo establecido en los artículos 8 y 10 letra i) de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y en los artículos 2 letra d) y 3 letra i) del D.S. Nº95/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Las modificaciones del Proyecto Pascua–Lama se someten al SEIA mediante un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) debido a que se generan o presentan los siguientes efectos, características o circunstancias establecidos en la Ley Nº19.300 y su Reglamento:

Artículo 11 letra a) de la Ley; y Artículo 5 letra a) del Reglamento del SEIA:

- Verificación de cumplimiento de la norma primaria de calidad del aire (MP-10 y SO2) debido al aumento de emisiones de material particulado y anhídrido sulfuroso del Proyecto.

- Actualización de la normativa aplicable a la descarga del efluente del sistema de manejo y tratamiento de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte (D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES),

- Verificación de cumplimiento de la norma de riego en el río del Estrecho debido a cambios en el punto de captación de agua del Proyecto, que incide en la capacidad de dilución del cuerpo receptor.

Artículo 11 letra a) de la Ley; y Artículo 5 letra b) del Reglamento del SEIA:

- Cantidad y concentración de emisiones atmosféricas (MP-10 y SO2) debido al aumento de emisiones de material particulado y anhídrido sulfuroso del Proyecto.

Artículo 11 letra a) de la Ley; y Artículo 5 letra g) del Reglamento del SEIA:

- Las vibraciones generadas por el Proyecto debido a la mayor cantidad y/o frecuencia de tronaduras.

Artículo 11 letra b) de la Ley; y Artículo 6 letra b) del Reglamento del SEIA:

- Cantidad y concentración de emisiones atmosféricas debido al aumento de emisiones de material particulado y anhídrido sulfuroso del Proyecto.

Artículo 11 letra b) de la Ley; y Artículo 6 letra g) del Reglamento del SEIA:

- Las vibraciones generadas por el Proyecto debido a la mayor cantidad y/o frecuencia de tronaduras.

Artículo 11 letra b) de la Ley; y Artículo 6 letra j) del Reglamento del SEIA:

- Efecto del efluente de sistema de manejo/tratamiento de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte en el río del Estrecho, debido a la modificación del punto de captación de agua del Proyecto, que incide en la capacidad de dilución de este cuerpo receptor.

Artículo 11 letra b) de la Ley; y Artículo 6 letra k) del Reglamento del SEIA:

- Se actualiza la evaluación del impacto sobre la vegetación en el sector de confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales, donde se construirán instalaciones auxiliares.

Artículo 11 letra c) de la Ley; y Artículo 8 letra d) del Reglamento del SEIA:

- Se actualiza la evaluación del efecto de las captaciones de agua del Proyecto debido a que se modifica la medida originalmente contemplada para asegurar un caudal mínimo en años muy secos para los usuarios ubicados aguas abajo, por el cumplimiento de los estatutos de la Junta de Vigilancia que regulan la extracción de agua desde los diversos ríos de la cuenca del Huasco.

V LINEA BASE

El Proyecto Pascua–Lama se localiza en las coordenadas 29º19' de Latitud Sur y 70º02' Longitud Oeste, entre los 4.400 y 5.300 m s.n.m. En territorio chileno las instalaciones y obras se ubicarán sobre las nacientes de los Ríos del Estrecho y El Toro, tributarios de los Ríos del Tránsito y del Carmen, respectivamente. Estos ríos, junto a otros numerosos cursos superficiales, conforman la extensa red de drenaje del Río Huasco, uno de los principales ríos de la III Región.

CLIMA Y METEOROLOGÍA

El clima del área es del tipo desértico de altura, caracterizado por presentar escasas precipitaciones y bajas temperaturas. De acuerdo a Köeppen, las variedades climáticas del área son Desierto Frío de Montaña (BWk'G) y Clima de Tundra de Alta Montaña (EB). La temperatura media es inferior a los cero grados centígrados, alcanzando –12,6ºC sobre los 5.000 metros de altura. Las precipitaciones ocurren preferentemente en período de invierno (mayo a septiembre), con más del 90% en forma de nieve, estimándose una media anual de 216 mm. Los vientos pueden alcanzar velocidades superiores a los 200 km/hora en la frontera.

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Fisiográficamente, el área presenta un relieve abrupto, con altos montes, paredes escarpadas y profundos y angostos valles. En la zona hay ausencia de volcanismo reciente.

Debido a su posición en altura, el área está marcada por las acciones glaciales ocurridas en los últimos milenios, y por la acción erosiva de los ríos de alta montaña. Estos eventos se manifiestan en la presencia de formas y depósitos característicos, como valles tipo "U" propios de la acción glaciar, y valles en donde las formas glaciales originales han sido EIA borradas o modificadas por fenómenos posteriores a la última glaciación, generando quebradas con formas de "V", derivadas de erosión fluvial. La roca basal, que se encuentra expuesta en la mayoría de las cumbres y laderas de las montañas, es ígnea, predominando las rocas intrusivas.

HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

En los sectores más altos del área del Proyecto, es decir, en las laderas de los cerros que rodean los valles glaciares, el agua proveniente de la precipitación, el derretimiento de nieves y hielos glaciares se infiltra en los sedimentos no consolidados (materiales coluviales y faldas de detritos), escurriendo bajo la superficie del terreno. En aquellos sectores donde la cobertura de sedimentos desaparece por la presencia de afloramientos de roca, se observan vertientes menores y pequeños flujos superficiales de agua.

El Río del Estrecho nace inmediatamente aguas abajo del Proyecto, por la confluencia de pequeños flujos de glaciares que bajan desde las montañas y por afloramientos de agua subterránea desde el relleno fluvial del valle; el caudal medio anual es del orden de 130 L/s.

El Río El Toro, por su parte, nace algunos kilómetros aguas abajo del Proyecto, por afloramientos de aguas subterráneas desde los rellenos fluviales del valle, presentando un caudal medio anual del orden de 60 L/s.

El área acuífera de importancia más cercana se sitúa en el valle del Río Huasco, es decir, fuera del área de influencia del Proyecto. Los valles fluviales de los ríos del Tránsito y del Carmen también albergan acuíferos, aunque de menor productividad, restringidos a depósitos fluviales recientes.

SUELO

Las fuertes pendientes y las condiciones climáticas extremas condicionan una baja pedogénesis y consecuentemente la casi inexistencia de suelos con aptitudes agrícolas en el área del Proyecto. Los "suelos" se restringen a rellenos aluviales en el piso de pequeños valles intermontanos, en depósitos morrénicos pequeños y en depósitos aluvio-coluviales de pendientes moderadas, donde ha logrado formarse material fino y asentarse alguna vegetación menor. De acuerdo a las características físicas de los suelos, el uso productivo es marginal. La única actividad reconocida es la ganadería, localizada en algunos sectores de la cuenca del Río El Toro y a lo largo de la cuenca del Río del Estrecho.

CALIDAD DEL AIRE

En el área de influencia del proyecto no existen fuentes relevantes de emisiones atmosféricas, lo que sumado a los fuertes vientos que proporcionan buena ventilación de la atmósfera, determinan una buena calidad del aire. Mediciones de material particulado respirable efectuadas en el área del futuro campamento reportaron concentraciones inferiores a 32 µg/Nm^3.

CALIDAD DEL AGUA

Desde 1993 Barrick ha llevado a cabo un extenso monitoreo de las aguas de la zona cordillerana donde se inserta el Proyecto, tanto superficiales como subterráneas, a fin de observar su calidad físico química a través del tiempo. En sus nacientes, el Río del Estrecho presenta condiciones naturales de acidez en sus aguas, debido a la mineralogía de la roca del sector del yacimiento, que genera acidificación de las aguas que se infiltran en ella (nieve derretida). Esto se traduce en concentraciones relativamente altas de sulfatos y algunos metales (aluminio, cobre, manganeso y zinc), así como un bajo pH. Aguas abajo los niveles de metales y sulfatos disminuyen paulatinamente, en la medida que se incorporan otros cursos superficiales de buena calidad natural. No obstante, en el sector donde existen las primeras captaciones para riego (Canal Huracán, unos 20 km aguas abajo del Proyecto), los niveles de aluminio y manganeso exceden la norma de riego. Los niveles relativamente altos de manganeso se mantienen incluso en el Río Chollay, afluente del Río del Tránsito.

Las aguas del Río El Toro, en cambio, presentan una buena calidad en sus nacientes. Sin embargo, al recibir aportes de otros cursos como el Río de las Tres Quebradas y el Río Potrerillos, aumentan los contenidos de algunos metales. En el sector donde existen las primeras captaciones para riego (Canal Tranca Quemada, unos 30 km aguas abajo del Proyecto, en el Río Potrerillos), se excede levemente el límite de manganeso de la norma de riego.

En la cuenca del Río del Carmen la primera captación de agua para consumo humano se ubica en la localidad de El Corral, en donde este suministro es captado desde pozos y canales de riego. En la cuenca del Río del Estrecho la primera captación de agua para consumo humano se ubica en la localidad de Chollay.

El Río del Carmen y sus afluentes (entre ellos el Río El Toro) no presentan fauna íctica (peces); sólo aguas abajo de la localidad de San Félix se detectó la presencia de ejemplares de pejerrey chileno (*B. microlepidotus*). En el Río del Estrecho tampoco se evidenció la presencia peces; sólo cerca de la confluencia del Río Chollay con el Río del Tránsito se detectaron ejemplares de pejerrey chileno.

NIVELES DE RUIDO

Se realizaron mediciones de ruido a lo largo del camino de acceso, entre Alto del Carmen y la localidad de El Corral, en sectores donde existe población. Los niveles de ruido medidos (presión sonora continua equivalente) fluctuaron entre los 42 y 49 dB(A) en horario diurno, y entre 41 y 42 dB(A) en horario nocturno. Los niveles máximos puntuales alcanzaron valores de hasta 75 dB(A) durante el paso de vehículos.

VEGETACIÓN Y FLORA

La zona cordillerana de la III Región de Chile, cercana al área de emplazamiento del Proyecto Pascua–Lama, fue prospectada en los años 1994 y 1995. Posteriormente, en 1997 y1999 se realizaron prospecciones de vegetación y flora específicas en el área de emplazamiento del Proyecto. Debido a la altitud el área del Proyecto (sobre los 4.400 m s.n.m. en el lado chileno), la vegetación es prácticamente inexistente; su desarrollo se encuentra limitado por condiciones climáticas muy severas, lo que determina que el límite altitudinal superior de distribución de la vegetación se ubique alrededor de los 4.200 m s.n.m.

Por sobre esta elevación sólo en condiciones especiales es posible encontrar alguna vegetación, como por ejemplo en los fondos de quebrada (hasta aproximadamente los 4.350 m).

En el piso vegetacional correspondiente a los sectores más próximos al Proyecto (entre los 4.200 y 4.350 metros de altitud) la vegetación es de tipo de ladera (o zonal). La cobertura vegetal es baja, alcanzando al 2% de cubrimiento del terreno. La escasa vegetación existente está compuesta fundamentalmente por hierbas perennes y en áreas térmicamente favorables algunas especies con forma de crecimiento en cojín. Las especies

características son las hierbas *Menonvillea cuneata*, *Chaetanthera* sp., *Stipa chrysophylla*, *Azorella cryptantha*, *Senecio segethii*, *Chaetanthera pulvinata,* y *Junellia uniflora*. En este piso vegetacional se identificó un total de 12 especies. En los fondos de quebrada, aguas abajo del Proyecto, existe vegetación de vegas.

De acuerdo a los resultados del monitoreo de flora efectuados posterior a la obtención de la RCA Nº 039/2001, se ha detectado sólo una especie con problemas de conservación presente en el área de estudio, correspondiente a la *Opuntia leoncito*, la cual posee categoría Rara. Esta especie se ha identificado en el valle del río Tres Quebradas, en los alrededores del camino de acceso al proyecto, por lo que no se espera impacto sobre esta especie producto de las modificaciones planteadas en este EIA. No se han identificado en el área del Proyecto especies de *Azorella* que presenten problemas de conservación.

FAUNA TERRESTRE

Producto del desarrollo de nuevas campañas de monitoreo, en sectores aledaños al Proyecto, donde existen hábitats para el desarrollo de fauna, se registró la presencia de seis especies de mamíferos silvestres, de los cuales uno es introducido y los otros cincos son nativos. El primero corresponde a la liebre, *Lepus capensis* y los otros a la vizcacha, *Lagidium viscasia,* al guanaco*, Lama guanicoe*, al ratón orejudo, *Phyllotis vaccarum* y la laucha andina, *Abrothix andinas*. La liebre, que es un lagomorfo introducido al país desde Europa y que en Chile está ampliamente distribuida, fue avistada frecuentemente. Una colonia de vizcachas se registró en un sitio ubicado en una ladera del Río El Toro, fuera del área del Proyecto, a una altitud de 3.850 m s.n.m. El guanaco habita todos los ambientes, hasta una altitud de 4.000 a 4.500 m s.n.m., lo que se evidencia por la presencia de huellas, fecas y defecaderos; sin embargo, en el área de influencia directa del Proyecto no se registraron evidencias de la presencia de guanacos, ya que se trata de un hábitat inadecuado. En esta área en particular tampoco se registraron signos de que el sector sea usado como área de tránsito.

En el área se registraron 31 especies de aves. El Orden mejor representado fue el de los Passeriformes, siendo las más numerosas la de los Tyranidos y la de los Fringilidos. Las especies registradas constituyen el ensamble característico del bioma altoandino, en el cual las especies que en promedio fueron más abundantes son: *Sicalis auriventris*, *Pygochelidon cyanoleuca* y *Muscisaxicola frontalis*. Otra especie registrada en el área fue perdicita cordillerana, *Attagis gayi*, la que se encuentra en la categoría de conservación Rara.

La fauna de reptiles del área está representada sólo por las especie *Liolaemus vallecurensis y Liolaemus lorenzmulleri*, las cuales fueron observada en roqueríos sobre los 3.000 m de altitud.

Dentro del área se registró la presencia de seis especies en categoría de conservación, tres aves (*Chloephaga melanoptera,* Vulnerable, *Attagis gay,* Rara, y Vultus gryphus, Vulnerable), tres mamífero (*Lama guanicoe,* En Peligro, *Lagidium viscacia* vulnerable y *Pseudalopex culpaeus*, Insuficientemente conocida).

SOCIOECONOMÍA

La Región de Atacama tiene una superficie de 75.573 km2 y limita con la Región de Antofagasta por el Norte, la Región de Coquimbo por el Sur, las provincias de Catamarca y la Rioja de Argentina por el Este, y el Océano Pacífico por el Oeste. Las principales ciudades de la región están cercanas a la costa o adosadas a los valles transversales. Estos valles son los que determinan la división política administrativa, constituida por tres provincias: Chañaral, Copiapó y Huasco, reuniendo a un total de nueve comunas: Chañaral, Diego de Almagro, Copiapó, Caldera, Tierra Amarilla, Freirina, Huasco, Vallenar y Alto del Carmen, donde se ubica el Proyecto.

Según datos del último Censo Nacional (2002), la III Región de Atacama presentaba una población algo superior a los 254.000 habitantes, con una densidad de alrededor de 3,1 habitantes por km2. La economía regional ha mostrado un importante dinamismo a partir de la década de los ochenta, donde el Producto Interno Bruto Regional representaba menos del 2% del Producto Interno Bruto Nacional. El producto regional ha crecido durante los últimos 15 años a una tasa de 4,5% anual, superando al promedio nacional de 3%. Los sectores que experimentaron un mayor crecimiento corresponden a la minería (12,4%), servicios financieros (16,6%), comercio (10,9%), construcción (6,0%) y transporte (14,5%).

La comuna de Alto del Carmen tiene una población estimada de 4.840 habitantes, lo que representa el 1,9% de la población regional. La capital comunal es la localidad de Alto del Carmen, ubicada a 47 km de la ciudad de Vallenar. En los valles ubicados bajo el área del Proyecto existen nueve localidades rurales (aparte de Alto del Carmen), todas ellas pertenecientes a la Comuna de Alto del Carmen. En un sentido ascendente, en el Valle del Río del Carmen se ubican las localidades de La Majada, San Félix, Las Tinajas, El Verraco, Las Breas y La Puntilla. En el Valle del Río del Tránsito se ubican las localidades de El Tránsito, Conay y Chollay. En general todas estas localidades tienen marcadas características rurales, siendo su actividad económica principal la pequeña agricultura y la ganadería, principalmente caprina. Algunos Jefes de Familia trabajan sus pequeños terrenos agrícolas y otros lo hacen en forma dependiente.

La comuna presenta algunas dificultades y problemas relacionados fundamentalmente con educación y salud. Existe déficit en la cobertura educativa de la comuna. Ello se manifiesta

en que los jóvenes, después de octavo básico, abandonan el valle al no haber establecimientos que impartan la educación media. Algo similar ocurre con el aspecto laboral, por cuanto existe emigración de jóvenes de la zona que buscan oportunidades de trabajo en otros lugares. También existe déficit en cobertura de atenciones básicas para las personas que viven en las localidades más alejadas.

ARQUEOLOGÍA

Dentro del área de influencia directa del Proyecto no se registraron sitios o elementos arqueológicos o históricos. Aguas abajo, en un ladera de exposición noroeste del Río del Estrecho, existe un sitio consistente en una agrupación de estructuras arquitectónicas simples, construidas con pircados de piedra. En su interior se encontraron elementos EIA diagnósticos como fragmentación cerámica, restos óseos de camélidos y basura de ocupaciones prehistóricas de filiación cultural Diaguita-Inca. En otro lugar cercano, sobre los 4.100 m de altitud y siempre fuera del área del Proyecto, existen dos grupos de recintos pircados; en ellos se observó fragmentación cerámica Diaguita-Inca. El tercer sitio identificado se ubica en la confluencia de los Ríos Tres Quebradas y Potrerillos, a un costado del camino de acceso al Proyecto.

VI EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Se evaluaron los impactos ambientales de las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama, particularmente aquellos relacionadas con los efectos, características y circunstancias que de acuerdo a lo establecido en el artículo 11 de la Ley Nº19.300 y en los artículos 5 al 11 del Reglamento del SEIA, determinan la necesidad de presentar un EIA. A continuación se resumen los resultados correspondientes a los componentes ambientales de mayor relevancia.

CALIDAD DEL AIRE

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama implican aumentar la actividad en la mina y en la planta de procesos, y por tanto tienen asociado un incremento en las emisiones atmosféricas de material particulado respirable (MP-10) y anhídrido sulfuroso (SO_2). La tasa de emisión de MP-10 correspondiente al nuevo ritmo de actividad ha sido estimada en 15,8 toneladas/día. Por su parte, la tasa de emisión de SO_2 correspondiente al nuevo ritmo de actividad en la planta de procesos ha sido estimada en 4,4 y 8,3 toneladas/día como promedio y máximo diario respectivamente.

Con el propósito de determinar el efecto de las emisiones de MP-10 y SO_2 en el entorno del Proyecto, se aplicó el modelo de dispersión atmosférica ISC-3 de la EPA. Los resultados indican que las mayores concentraciones de MP-10 se generarán en el área de operaciones y disminuirán de modo significativo con la distancia, sin alcanzar niveles significativos en los sectores más próximos donde existe vida silvestre. El efecto en la calidad del aire es similar al determinado para el Proyecto original. Dentro de los radios en que se proyectan concentraciones de 150 y 50 µg/m³ como niveles máximos en 24 horas y promedio anual respectivamente, no existe población humana establecida, por lo que se dará cumplimiento a la norma de calidad del aire (D.S. Nº59/1998 modificado por D.S. Nº45/2001 MINSEGPRES).

De igual modo, las mayores concentraciones de anhídrido sulfuroso se generarán en el entorno de la planta ubicada en Argentina y disminuirán de modo significativo con la distancia. Hacia el lado chileno se proyectan niveles reducidos de SO_2 (<15 µg/m³), inferiores a los límites establecidos en la normativa vigente (D.S. Nº113/2002 MINSEGPRES).

NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIÓN

Originalmente se determinó que el Proyecto generaría niveles de ruido de hasta 70 dB(A) en los lugares de operación, disminuyendo notoriamente con la distancia a las fuentes. Fuera del área de operaciones los niveles de ruido se mantendrían por debajo de los 40 dB(A); es decir, habría un incremento reducido respecto de los niveles de línea base en el valle de los ríos del Estrecho y El Toro, que alcanzan valores entre 31 y 39 dB(A). El aumento en el ritmo de extracción de mineral y de procesamiento en la planta implicará un aumento reducido en los niveles de ruido en el área del Proyecto y su entorno cercano, estimado en aproximadamente 1,2 decibeles. Este aumento, no significativo, no altera sensiblemente las proyecciones de ruido del Proyecto original. Dada la distancia considerable que existe entre el área del Proyecto y los lugares más próximos con población humana establecida, se dará cumplimiento a la norma de emisión de ruido por fuentes fijas (D.S. Nº146/1997 MINSEGPRES).

Las principales fuentes de vibración del Proyecto serán las tronaduras en la mina. Como resultado del mayor ritmo de extracción del Proyecto se generarán niveles de vibración que podrían ocasionar daño estructural en un radio de aproximadamente 900 metros de la mina (100 metros más que en el Proyecto original), y molestias en las personas en un radio de aproximadamente 2.200 metros de la mina (unos 300 metros más que en el Proyecto original). No existen viviendas o estructuras expuestas cerca del Proyecto, de modo que las tronaduras no ocasionarán daños ni molestias a la población.

CAUDAL DE AGUAS SUPERFICIALES

En rigor, al mantenerse el caudal de captación de 42 l/s, no se modifica el efecto de reducción de caudal en el río del Estrecho aguas abajo del punto de captación, respecto de lo evaluado y aprobado para el Proyecto original. Sin embargo, se desarrolló un nuevo cálculo que incorpora la información hidrológica actualizada de la cuenca. Este cálculo se realizó para los puntos NE-4 del río del Estrecho (correspondiente al sector más próximo al Proyecto donde existen captaciones para riego) y NE-8 del río Chollay. La captación de 42 l/s en la cuenca alta del Estrecho equivale a un 12% del caudal medio anual en NE-4, y a menos de un 5% del caudal en el sector NE-8 del río Chollay. En el mes de estiaje de un año muy seco (95% de probabilidad de excedencia), la captación de 42 l/s equivale a un 60% del caudal de los ríos del Estrecho (punto NE-4) y Chollay (punto NE-8).

La captación de agua del Proyecto se ajustará a las condiciones establecidas en los estatutos de la Junta de Vigilancia del Río Huasco que regulen las captaciones de agua en este río y sus afluentes. Esto implica que el Proyecto efectuará las tributaciones necesarias conforme a sus derechos de aprovechamiento. En consecuencia, se puede establecer que el aprovechamiento de los derechos de agua de la Compañía no afectará adversamente a los demás usuarios de la cuenca.

En relación con los caudales mínimos o ecológicos, para el sector de captación (punto NE–3)se ha efectuado un análisis comparativo entre los caudales resultantes producto de las captaciones del Proyecto, y los valores referenciales establecidos por la Dirección General de Aguas (DGA) como caudales ecológicos (Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, DGA, 1999). Los resultados muestran que existe la probabilidad de que durante la vida del Proyecto (20 años de operación) ocurra un año en que por un lapso de tres meses el caudal resultante sea inferior al caudal ecológico referencial. El resto del tiempo, es decir, prácticamente durante toda la vida del Proyecto, los caudales serían superiores a los criterios DGA. A la luz de estos resultados, el Proyecto adquiere el compromiso de limitar el caudal de captación a 31 l/s cuando la medición mensual de caudal en el punto NE-3 muestre un flujo cercano al caudal ecológico. Con este caudal de captación (11 l/s menos que el caudal de captación de 42 l/s) el flujo de agua resultante en NE-3 sería igual o superior al caudal ecológico.

CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no incorporan cambios que alteren la cantidad y calidad de los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte. El Proyecto considera mantener los criterios de cumplimiento de las normas de calidad del agua y de

descarga de efluentes líquidos que están contenidos en la Resolución Exenta Nº039/2001 de COREMA III Región que aprobó el Proyecto original. En su numeral 4.3.18 letra f), esta resolución establece que la planta de tratamiento de drenajes será construida y operada para lograr la calidad de descarga que cumpla con la Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales (o aquella normativa vigente al momento de poner en marcha la planta de tratamiento), y a la vez proteger la calidad de riego en el río del Estrecho en el punto de monitoreo NE-4.

Se realizó un cálculo actualizado del efecto de la descarga del efluente del sistema de manejo de los drenajes del depósito de estéril (8 l/s en promedio en el sector NE-2), el cual considera las siguientes situaciones que han variado respecto del EIA 2000:

- Línea base actualizada de calidad del agua en los cuerpos receptores;
- Información hidrológica actualizada de la cuenca;
- Reubicación del punto de captación de agua fresca del Proyecto, desde aguas arriba hacia aguas debajo de la quebrada Barriales, lo cual modifica levemente la condición de dilución del río del Estrecho;
- Puesta en vigencia del D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".

Los análisis han permitido actualizar los límites máximos de descarga del efluente de la planta de tratamiento de drenajes del depósito Nevada Norte, manteniendo los criterios y compromisos aprobados en el Proyecto original. Como resultado se han reducido los límites máximos de descarga de los parámetros cadmio y níquel. Esta reducción obedece a la aplicación del factor de dilución del D.S. Nº90 a los respectivos límites de la Tabla Nº1 de dicho decreto. Asimismo, se han actualizado los valores de línea base en el punto de descarga (NE-2) de los parámetros aluminio y manganeso. Por otra parte, aumentan los límites contemplados para los parámetros bario, berilio, cobalto, cromo, litio, plata y vanadio; estos parámetros no están regulados en el D.S. Nº90, pero los respectivos límites se han actualizado para cumplir el criterio de 80% de la norma de riego en NE-4, considerando la línea base actualizada de calidad del agua. Una situación similar de aumento ocurre con el molibdeno, que si bien está regulado en el D.S. Nº90, el límite queda fijado de manera más estricta para satisfacer el criterio del 80% de la norma de riego en NE-4. Finalmente, el límite para cobre se ha actualizado conforme a lo establecido en el D.S. Nº90.

El efluente de la planta de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte será monitoreado conforme a los procedimientos de medición y control establecidos en el numeral 6 del D.S. Nº90.

GEOMORFOLOGÍA, RED DE DRENAJE Y SUELO

Las obras de mayor envergadura del Proyecto en el lado chileno (rajo abierto y depósito de estéril) experimentan modificaciones menores en su área de intervención respecto del Proyecto original aprobado. En consecuencia, no se producen cambios de consideración en el impacto sobre la geomorfología, red de drenaje y suelo. Las instalaciones menores que se incorporan (ampliación del campamento en el sector Barriales, taller de buses, relleno sanitario, y planta de tratamiento de aguas servidas) no generan cambios geomorfológicos de consideración. Estas instalaciones se ubicarán fuera de los cauces de agua y contarán con obras de arte y canales de contorno para el adecuado manejo de las escorrentías naturales del terreno.

En relación con la presencia de glaciares en las partes altas de las cuencas del río del Estrecho y del río El Toro, la RCA Nº039/2001 establece que la construcción del rajo de la mina requiere extraer ciertos sectores de glaciares y trasladarlos a un sector cercano conforme a un plan de manejo especial. Los glaciares involucrados se ubican específicamente en la cuenca alta del río El Toro; el Proyecto no afecta glaciares en la cuenca del río del Estrecho. La superficie total de glaciares a remover se determinó originalmente en 10 hectáreas. El resto de las superficies de glaciares, que representan más del 97% de los glaciares existentes en las nacientes del río El Toro y otros afluentes del río del Carmen, no serán intervenidos bajo ninguna circunstancia. Las medidas de protección y manejo de los glaciares se encuentran desarrolladas en el punto 4.3.18. Plan de Manejo de Glaciares, de los considerandos de la RCA Nº039/2001.

A raíz de la modificación del plan minero y la variación de los contornos finales del rajo Pascua-Lama, se ha llevado a cabo un cálculo actualizado de la superficie de glaciares que será necesario remover y relocalizar. Al igual que en el Proyecto original, los glaciares involucrados son los denominados Esperanza, Toro 1 y Toro 2. El cálculo considera las superficies de glaciares obtenidas de la imagen Lansat 7 del año 2001, y la superposición del límite final actualizado del rajo, contemplando una franja de seguridad de 20, 15 y 30 metros respectivamente en los glaciares señalados. La superficie actualizada es de 10,2 hectáreas, es decir, muy similar a la estimada originalmente, por lo que la modificación del Proyecto no implica cambios de consideración. El Proyecto mantiene los compromisos de manejo y monitoreo de glaciares incluidos en el EIA 2000 y que están establecidos en la RCA Nª039/2001.

VEGETACIÓN, FLORA Y FAUNA

La intervención de terreno producida por las obras mayores del Proyecto sigue limitada a superficies sin vegetación (principalmente laderas rocosas y/o con escombros de falda) y a superficies con presencia de vegetación herbácea muy escasa en la parte inferior del depósito de estéril. Por tanto, no se producen cambios de consideración en el impacto sobre la vegetación y flora. Las obras nuevas se ubicarán en sectores en donde no existen vegas. Los lugares de emplazamiento de estas instalaciones de menor envergadura se ubican en una formación con vegetación leñosa baja muy clara y vegetación herbácea escasa a muy escasa. En esta formación no hay presencia de especies en categoría de conservación.

No se anticipan impactos significativos sobre la fauna, considerando las medidas de protección relativas a prohibición de caza, captura, intervención de terrenos aledaños, entre otros.

PATRIMONIO CULTURAL

Las modificaciones del Proyecto no afectan sitios arqueológicos o de valor patrimonial. Los dos sitios reconocidos en la parte alta de la cuenca del río del Estrecho (campamento pastoril y construcción de altura, ambos Diagüita-Inca) se ubican fuera de las áreas de intervención del Proyecto. Sin embargo, se considera instalar un cerco de protección alrededor del campamento pastoril (sitio Nº1), el cual se ubica cerca de la confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales. El objetivo es evitar que accidentalmente pueda ser afectado por actividades de construcción u operación.

INFRAESTRUCTURA VIAL

El Proyecto no experimenta modificaciones en relación con la infraestructura vial en el lado chileno, manteniéndose el acceso desde la ciudad de Vallenar, III Región. Tampoco se modifica el flujo vehicular estimado originalmente para el transporte de insumos y personal desde el lado chileno, que para la fase de operación alcanza a un promedio de 84 viajes/día incluyendo camiones, buses y vehículos livianos. A este respecto, el aumento de insumos contemplado en la modificación del Proyecto corresponde principalmente a cal, y las fuentes más probables para su abastecimiento se ubican en Argentina. Por tal motivo se estima que el transporte de este insumo se realizará principalmente por el camino de Conconta, en Argentina. En consecuencia, no se anticipan modificaciones significativas relacionadas con el impacto del Proyecto sobre la infraestructura vial, manteniéndose en todo caso, los compromisos, condiciones y exigencias establecidas en la RCA Nº039/2001 para el transporte de insumos y personal hacia el Proyecto por el lado chileno.

SOCIOECONOMÍA

Las modificaciones del Proyecto se relacionan principalmente con ubicación de instalaciones auxiliares, modificaciones menores del rajo y depósito de estéril, y un aumento en el ritmo de explotación de la mina y de procesamiento de mineral. Estas modificaciones del Proyecto no provocan cambios en los aspectos socioeconómicos respecto de la situación original, con la excepción del aumento en la dotación de personal requerido para la fase de operación. Este aumento en la demanda de empleo es del orden de 20% (de 1.370 a 1.660 personas). Si bien ello constituye un aspecto positivo, se estima que no representa una variación de consideración en los aspectos socioeconómicos respecto del Proyecto original.

VII PLAN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

El Proyecto Pascua-Lama incorporó originalmente un conjunto de medidas de mitigación y prevención destinadas a evitar o minimizar los impactos ambientales en su área de influencia. Estas medidas quedaron establecidas como compromisos y condiciones en la Resolución de Calificación Ambiental que aprobó el Proyecto original el año 2001 (RCA Nº039/2001 de COREMA III Región). A raíz de las modificaciones del Proyecto, y como resultado de la evaluación de los correspondientes impactos ambientales, se han revisado las medidas de mitigación a fin de incorporar las modificaciones necesarias para mantener impactos ambientales no significativos. Estas medidas están orientadas principalmente a no afectar a los demás usuarios de la cuenca y a contribuir a la mantención de un caudal ecológico en el río del Estrechodurante el período de estiaje de un año muy seco.

MODALIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUA

CMN considera pertinente incorporar las regulaciones de los estatutos de la Junta de Vigilancia como modalidad de captación de agua para el Proyecto, dejando sin efecto la medida contemplada originalmente (numeral 4.2.2 de la RCA Nº039/2001), que establecía la reducción de la captación de agua en el año con 95% de probabilidad de excedencia para mantener el caudal mínimo del río del Estrecho en el punto NE-2 ubicado en el área del Proyecto. Los estatutos básicamente establecen las modalidades de tributación que deben adoptar los usuarios según la Sección de la cuenca a la que pertenecen, y sobre la base del volumen de agua existente en el Embalse Santa Juana. Las formas de tributación comprenden básicamente la adopción de turnos (orientado al riego) y la reducción del caudal en un porcentaje preestablecido para los casos en que no se pueda interrumpir el suministro de agua. El Proyecto considera adoptar esta última modalidad de tributación.

LÍMITE DE CAPTACIÓN DE AGUA EN PERÍODO DE ESTIAJE DE AÑO MUY SECO

CMN estima pertinente asumir el compromiso de limitar la captación de agua en la cuenca alta del río del Estrecho para contribuir a mantener un caudal en el río del Estrecho (punto NE-3). Para ello, CMN propone la siguiente forma de mitigación:

- Mantener un programa de medición mensual del caudal del río del Estrecho en el Punto NE-3,
- Actualizar periódicamente el análisis de frecuencia de caudales del río, incorporando los nuevos antecedentes generados con el programa de monitoreo.
- En caso que la medición mensual en NE-3 muestre un flujo cercano al caudal ecológico, , entonces el Proyecto limitará el caudal de captación a 31 l/s.

Esta medida es independiente de las tributaciones que deberá efectuar el Proyecto conforme a los estatutos de la Junta de Vigilancia señalados previamente.

TRASPLANTE DE ESPECIES DE FLORA

En el Proyecto original se adquirió el compromiso de realizar trasplante a lugares aledaños de las especies de flora en categoría de conservación del genero *Azorella* y de la especie *Opuntia leoncito*, en el caso que alguna actividad asociada al Proyecto pudiera afectarlas. Esta medida de mitigación se hace extensiva a la construcción de las nuevas instalaciones, específicamente en el sector del campamento Barriales. Para ello, durante el replanteo de las nuevas instalaciones auxiliares en el terreno, antes de su construcción, se determinará si dentro de las áreas involucradas existen ejemplares en categoría de conservación de la especie *Azorella*. En caso afirmativo se procederá con las actividades de trasplante. En el sector del campamento no se ha registrado la presencia de la especie *Opuntia leoncito*.

VIII PLAN DE SEGUIMIENTO DE VARIABLES AMBIENTALES

En el marco de la evaluación del Proyecto Pascua-Lama original se estableció un plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes asociadas a su ejecución fue establecido. La revisión de los impactos ambientales asociados a las modificaciones del Proyecto permite establecer que los requerimientos de monitoreo para los aspectos modificados del Proyecto quedan cubiertos por el programa definido originalmente y no requieren parámetros y/o sitios adicionales de medición, con excepción de lo siguiente:

- Monitoreo de la descarga del efluente de la planta de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte: dará cumplimiento a lo establecido en el numeral 6 del D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".

- Monitoreo de material particulado respirable (MP-10): se incorpora una estación de medición en el sector del campamento de operación que se incorpora en el lado chileno, en el sector de la quebrada Barriales.

- Monitoreo de caudal de agua superficial en el punto NE–3, cercano al nuevo punto de captación de agua industrial considerado por el Proyecto.

IX PARTICIPACIÓN CIUDADANA

CMN llevará a cabo un proceso de Participación Ciudadana en el marco de las Modificaciones del Proyecto Pascua-Lama, cuyo objetivo principal es establecer vínculos entre las comunidades del Valle del Huasco y la Compañía, para así facilitar la comunicación e interacción mutua.

El proceso de participación ciudadana para este Proyecto se llevará a cabo a partir del mes de noviembre de 2004, abarcando las localidades de Alto del Carmen y los valles de El Tránsito y San Félix. Las actividades que se llevarán a cabo en terreno comprenden trabajo "puerta a puerta" y pequeñas reuniones "espontáneas", incluyendo líderes locales, y asambleas o reuniones ampliadas en diversas localidades. Se ha previsto la realización de cinco asambleas en los valles, y una en la ciudad de Vallenar al finalizar el proceso. Además se considera instalar un puesto o "stand" informativo en Alto del Carmen, y eventualmente en San Félix y El Tránsito, a fin de continuar la entrega de información sobre el Proyecto a las personas que lo requieran.

Por otra parte, CMN manifiesta su mayor interés en participar en las instancias que defina la CONAMA III Región para interactuar con la comunidad durante el período de evaluación del Proyecto en el SEIA.

CAPÍTULO 1
PRESENTACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Minero Pascua–Lama se ubica en la cordillera de Los Andes, en la zona limítrofe entre la Tercera Región de Chile y la Provincia de San Juan en Argentina, y considera la explotación de dos yacimientos de minerales de oro, plata y cobre, y su beneficio para producir metal doré (oro-plata) y concentrado de cobre. El yacimiento principal sobre el cual basa la operación de este Proyecto se emplaza en territorio chileno y argentino, razón por la cual considera obras y operaciones tanto en Chile como en Argentina.

El Proyecto Pascua-Lama se desarrollará bajo el amparo del Tratado Sobre Integración y Complementación Minera celebrado entre Chile y Argentina, en diciembre de 1997, y el Protocolo Adicional Específico al Tratado Sobre Integración y Complementación Minera, para el Proyecto Pascua-Lama, cuya firma por parte de ambos estados se efectuó el 13 de agosto del 2004. El mismo Protocolo define el área donde son aplicables sus disposiciones, conocida como "Área de Operaciones". En territorio chileno, el Área de Operaciones del Protocolo comprende principalmente las cuencas del Río El Toro y del Río del Estrecho, que es donde se desarrollará la actividad minera del Proyecto.

El Proyecto Pascua-Lama lo desarrollan tres empresas: Compañía Minera Nevada Ltda. (CMN), una empresa chilena, Barrick Exploraciones Argentina S.A. (BEASA), una empresa argentina, y Exploraciones Mineras Argentinas S.A. (EMA), una empresa de Panamá. CMN es dueña de las propiedades mineras que conforman el Proyecto Pascua-Lama en Chile. BEASA y EMA son dueñas de las propiedades mineras que conforman el Proyecto Pascua-Lama en Argentina. Las tres empresas son filiales indirectas de Barrick Gold Corporation (Barrick), cuya casa matriz se ubica en la ciudad de Toronto, Canadá.

El Proyecto Pascua–Lama fue sometido al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental establecido en la Ley Nº19.300 de Bases del Medio Ambiente en agosto del año 2000, y fue calificado favorablemente mediante Resolución Exenta Nº039/2001 de la COREMA III Región con fecha 25 de abril de 2001, la cual fue modificada por Resolución Exenta Nº059/2001 de la COREMA III Región con fecha 3 de julio de 2001 (en adelante RCA Nº039/2001).

Desde el año 2001 Barrick ha continuado estudiando la geología y mineralización del área, permitiendo ello la identificación de mayores reservas y la refinación del plan minero. A raíz de lo anterior se han incorporado modificaciones al diseño del Proyecto, orientadas básicamente a aumentar la capacidad de explotación y beneficio de los yacimientos.

Paralelamente Barrick ha continuado realizando campañas de monitoreo ambiental en el área del Proyecto, lo cual ha permitido mantener actualizada la información de línea base relacionada con su área de influencia.

Por otro lado, en el año 2003 Minera Argentina Gold S.A., otra filial de Barrick Gold Corporation, inició la construcción del Proyecto Minero Veladero, ubicado aproximadamente 8 kilómetros al sur del Proyecto Pascua–Lama, en territorio argentino. La materialización de este proyecto permitirá utilizar de manera sinérgica la infraestructura de campamento y acceso por el lado argentino, modificándose de esta manera las modalidades de alojamiento y acceso consideradas originalmente.

El conjunto de modificaciones del Proyecto Pascua-Lama que han surgido en el lado chileno como resultado del refinamiento del plan minero, se someten a evaluación ambiental por parte de los organismos del Estado a través del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA), conforme a lo establecido en el artículo 8 de la Ley Nº19.300.

Se hace presente que el Proyecto Pascua-Lama ha sido paralelamente sometido a evaluación ambiental por parte de las autoridades argentinas competentes, conforme a las disposiciones legales vigentes en Argentina.

En la sección 1.2 siguiente se presenta una descripción resumida del Proyecto Pascua-Lama según fuera aprobado el año 2001 mediante RCA Nº039/2001 de la COREMA III Región, en tanto en el Capítulo 2 se presenta la descripción pormenorizada de las modificaciones del Proyecto que se someten a evaluación ambiental.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ORIGINAL APROBADO MEDIANTE RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL Nº039/2001

A continuación se describen las principales características y actividades contempladas en las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto Pascua–Lama aprobado mediante RCA Nº039/2001 de la COREMA III Región. El objetivo de esta descripción es facilitar la comprensión de las modificaciones que se presentan en el Capítulo 2 de este EIA.

1.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El Proyecto Pascua–Lama original considera la explotación a rajo abierto de un cuerpo mineralizado de oro, plata y cobre desde un yacimiento ubicado sobre la frontera chileno–argentina. El área corresponde a la comuna de Alto del Carmen, Provincia de Huasco, III Región de Atacama, y se ubica aproximadamente 150 km al sureste de la ciudad de Vallenar, tal como se puede apreciar en las Figuras 1.1 y 1.2. En territorio argentino el Proyecto se ubica en el Departamento de Iglesia, Provincia de San Juan, unos 300 km al noroeste de la ciudad de San Juan.

La operación del Proyecto Pascua–Lama conforme con el plan propuesto en el año 2000 incluye las siguientes actividades operacionales:

a) Explotación de la mina (ubicada sobre el límite internacional entre Chile y Argentina);
b) Depositación de estériles (Chile y Argentina);
c) Recolección y manejo de drenaje desde los depósitos de estériles (Chile y Argentina);
d) Mantención de equipos de la mina (Chile);
e) Chancado primario de mineral (Chile);
f) Chancado secundario de mineral (Argentina);
g) Molienda seca de mineral (Argentina);
h) Lavado de mineral (Argentina);
i) Procesamiento de minerales refractarios (Argentina);
j) Procesamiento de minerales no refractarios (Argentina);
k) Refinamiento (Argentina);
l) Disposición de relaves (Argentina); y
m) Despacho y transporte de productos (Chile y Argentina).

Las principales instalaciones del Proyecto original se muestran en la Figura 1.3.

El abastecimiento de agua (industrial y potable) y la subestación eléctrica se ubicarán en Argentina. En el área del taller de mantención de la mina (Chile) habrá instalaciones auxiliares y talleres de mantención y reparación de equipos y vehículos. Estas instalaciones

incluyen sala de cambio del personal, comedor, sala de primeros auxilios, bodegas de almacenamiento de materiales, talleres de soldadura y reparación de vehículos. Además existirá un patio de estanques de almacenamiento de combustibles (gasolina y petróleo diesel) con piso y berma contenedora. En Chile habrá instalaciones de distribución interna del agua y de la energía eléctrica.

En Chile se construirán, además, las siguientes instalaciones auxiliares: polvorín, caseta de control de paso internacional, oficinas, sala de primeros auxilios, comedor, caminos internos, planta de tratamiento de aguas servidas y patio de disposición temporal de residuos sólidos.

La ejecución del Proyecto original requiere una dotación promedio de 3.000 personas durante la fase de construcción (6.000 personas en el período de punta) y 1.370 personas durante la fase de operación. De acuerdo al Proyecto original, el alojamiento del personal se proporcionaría en un campamento ubicado en Argentina; las instalaciones de campamento existentes en Chile se utilizarían durante la fase de construcción.

A continuación se describe las principales actividades a desarrollar durante las fases de construcción, operación y cierre del Proyecto Pascua-Lama, de acuerdo a lo establecido en la RCA Nº39/2001.

1.2.2 FASE DE CONSTRUCCIÓN

En el plan propuesto en el año 2000, la fase de construcción del Proyecto Pascua-Lama, en Chile, comprenderá las siguientes actividades principales:

- Remoción de la sobrecarga de la mina y desarrollo del depósito de estériles;
- Construcción del edificio del chancado primario;
- Construcción de los talleres de mantención de maquinaria de la mina;
- Construcción del túnel para la correa transportadora;
- Construcción de obras para interceptar y manejar drenajes desde el depósito de estériles Nevada Norte, en el Río del Estrecho;
- Construcción de instalaciones auxiliares (caminos de servicio, líneas eléctricas internas, polvorín, patio de almacenamiento temporal de residuos peligroso industriales, patio de disposición de residuos sólidos y planta de tratamiento de aguas servidas).

En Argentina la etapa de construcción comprenderá las siguientes actividades:

- Construcción del campamento de operación (incluyendo plantas de tratamiento de agua potable y aguas servidas);
- Construcción de los edificios de la planta de procesos;

- Construcción del complejo de mantención de equipos de proceso;
- Construcción del tranque de relaves; y
- Construcción de instalaciones auxiliares (caminos de servicio, líneas eléctricas internas, relleno sanitario, depósito de residuos industriales sólidos y patio de acopio temporal de residuos peligrosos, áreas de disposición de desechos sólidos).

Originalmente, se estimó que estas actividades se llevarían a cabo en un período de 24 meses.

1.2.3 FASE DE OPERACIÓN

1.2.3.1 Explotación de la Mina

El yacimiento Pascua–Lama abarca territorio chileno y argentino, y presenta un cuerpo mineralizado principal de oro, plata y cobre. Al año 2000, las reservas de mineral estimadas ascendían a 14,1 millones de onzas de oro, 461 millones de onzas de plata y 180.000 toneladas de cobre.

El Plan Minero del Proyecto Pascua–Lama, al año 2000, consideraba la explotación del yacimiento mediante un rajo abierto por un período de 18 años según las reservas estimadas en ese momento (dos años menos que la operación de la planta de procesos). En total se explotarían 225 millones de toneladas de mineral. La roca estéril sería dispuesta en dos depósitos ubicados cerca del yacimiento: depósito de estériles Nevada Norte, con capacidad para 1.188 millones de toneladas, y depósito de estériles El Morro, con capacidad para 249 millones de toneladas. El rajo ocuparía una superficie final de 320 hectáreas y tendría 700 m de profundidad.

1.2.3.2 Procesamiento de Minerales

El mineral extraído de la mina será enviado en camiones a un chancador primario ubicado en territorio chileno, aproximadamente a 1 km del rajo, para reducir su tamaño. Luego será transportado por medio de una correa transportadora hasta un acopio ubicado en territorio argentino, traspasando la frontera a través de un túnel de 2,7 km de longitud.

La Figura 1.4 muestra las principales operaciones unitarias que comprende el procesamiento de minerales en Pascua–Lama. En la planta de procesos ubicada en Argentina, el mineral se someterá primeramente a operaciones de chancado secundario y molienda para lograr una granulometría fina. Luego se formará una pulpa con la adición de agua en tanques.

Posteriormente el mineral se someterá a una etapa de lavado con agua para retirar el cobre y el hierro solubles, así como la acidez residual. El agua resultante del lavado será tratada con cal para precipitar el cobre y el hierro disueltos. El agua tratada se reutilizará en el circuito de lavado, mientras la pulpa residual se enviará al tranque de relaves que se construirá en el valle del Arroyo Turbio, en Argentina.

Existirán dos tipos de mineral: refractario y no refractario, los cuales se procesarán alternadamente. El mineral refractario se enviará a un circuito de flotación convencional para obtener concentrado de cobre. El concentrado será espesado y filtrado para luego ser enviado en camiones hacia fundiciones extranjeros. Los relaves de flotación serán enviados al circuito de procesamiento de minerales no refractarios para recuperar el oro y la plata contenidos en esta pulpa.

El mineral no refractario y los relaves de flotación (alternadamente) serán sometidos primero a una etapa de lixiviación con cianuro de sodio. La pulpa será enviada a un circuito de decantación para separar la solución rica de los sólidos. Los sólidos residuales se enviarán a un tratamiento con anhídrido sulfuroso (SO_2) para eliminar el cianuro residual, y luego al tranque de relaves ubicado en el valle del Arroyo Turbio. La solución rica será sometida a una etapa de precipitación de oro-plata mediante la adición de polvo de zinc (proceso Merrill Crowe). La pulpa de oro-plata-zinc resultante será enviada a una etapa de fusión de metal doré, mientras que el líquido resultante de la precipitación y la filtración será recirculado al proceso. Las barras de metal doré serán transportadas a puertos argentinos o chilenos para su embarque hacia el extranjero.

El Proyecto no generará residuos líquidos, puesto que todas las aguas y soluciones del proceso serán recirculadas, con excepción del agua que quedará retenida en los relaves.

1.2.3.3 Producción

De acuerdo al plan original del año 2000, el Proyecto producirá anualmente unas 5.000 toneladas de cobre contenido en concentrados, 615.000 onzas de oro y 18,2 millones de onzas de plata. Estos productos serán despachados hacia puertos chilenos o argentinos para su posterior comercialización.

La producción de mercurio alcanzará un ritmo de hasta 2.000 kg/año como promedio, durante los 20 años de vida útil del Proyecto. Este co–producto será transportado en camión simple de dos o más ejes, dentro de envases de 1.000 kg de peso bruto, metálicos de alta resistencia (acero) y cierre hermético. La escoria producida en los hornos de reverbero será granallada en la refinería y comercializada para la recuperación de metales preciosos residuales o recirculada al proceso.

1.2.3.4 Drenaje de Depósitos de Estéril

Los materiales existentes en el área del yacimiento tienen potencial de acidificar aguas, lo cual se evidencia actualmente en la condición ácida natural del río del Estrecho y del arroyo Turbio, los que nacen en el área del yacimiento. Por tanto, se espera que la roca estéril que se disponga en los depósitos junto a la mina generen drenaje ácido. Estos drenajes serán recolectados y manejados para evitar efectos adversos en la calidad de las aguas naturales, dando cumplimiento a la normativa vigente.

1.2.3.5 Transporte

El personal de la compañía y los contratistas se trasladarán en buses desde Vallenar en Chile y desde San Juan en Argentina. Además se requerirá transportar insumos, repuestos, materiales de construcción, combustibles, alimentos y productos. La RCA Nº39/2001 establece una serie de condiciones o exigencias ambientales en relación con el camino de acceso al Proyecto, que deben ser implementadas por el Titular antes del comienzo de la construcción del Proyecto.

Para el transporte de sustancias peligrosas, se ha previsto la implementación de un "Plan de Transporte de Sustancias Peligrosas" el que es descrito en detalle en el punto 4.3.15 de la RCA Nº39/2001.

1.2.3.6 Abastecimiento de Agua

El requerimiento de agua fresca y agua potable del Proyecto Pascua–Lama alcanza los 370 l/s. La demanda de agua fresca será abastecida, en gran parte, desde el Río de Las Taguas, en Argentina. El agua será usada en operaciones de procesamiento del mineral, control de polvo, requerimientos de mantención y control de fuego, entre otros. El agua potable se obtendrá mediante pozos desde el relleno aluvial del valle del Arroyo de los Amarillos, en Argentina, cerca del campamento. El agua potable será filtrada y clorada previo a su distribución.

En Chile se considera extraer agua desde el río del Estrecho para uso en las operaciones de la mina y talleres, y en menor medida del río El Toro, para uso en regadío de caminos como medida de control del polvo. En el río del Estrecho la cantidad de agua a extraer será de 42 l/s, en tanto en el río El Toro se extraerá sólo una cantidad mínima para el control de polvo en los caminos.

1.2.3.7 Energía Eléctrica

En el área del Proyecto, o próxima a ella, no existen líneas de transmisión eléctrica que puedan satisfacer los requerimientos de energía para la explotación del Proyecto Pascua-Lama. Por lo tanto, se considera desarrollar un proyecto de línea de transmisión para el suministro eléctrico, de manera independiente. La energía será enviada a una subestación principal de 130 MW que estará ubicada en Argentina, cerca de la planta de procesos, desde donde se distribuirá a las diversas instalaciones de Pascua–Lama.

Durante la etapa de construcción la energía eléctrica será abastecida con grupos generadores diesel. Los requerimientos energéticos de emergencia también serán suplidos mediante generadores diesel.

1.2.3.8 Insumos

En términos de materiales de construcción, el Proyecto demandará cemento, acero para estructuras, estanques, tuberías, y combustibles (diesel). El Proyecto demandará además una serie de insumos de proceso, tales como productos químicos (cal, cianuro, zinc, sulfuro, y floculantes), electricidad, repuestos y alimentación, entre otros.

1.2.3.9 Manejo de Residuos y Emisiones

Relaves de proceso: Los relaves del proceso, que incluyen pulpa del lavado del mineral y pulpa residual del circuito de lixiviación, serán dispuestas en un tranque de relaves ubicado en el valle del Arroyo Turbio, en Argentina.

Residuos domésticos: Los desechos generados en el sector de la mina, en cocinas, comedores, oficinas y áreas de trabajo, serán dispuestos en un relleno sanitario que se construirá en Argentina.

Residuos sólidos industriales inertes: Los residuos sólidos inertes como cartones, maderas, escombros, pallets, gomas y papeles, serán enviados al relleno sanitario del Proyecto, localizado en Argentina. Algunos residuos con valor comercial, como chatarra, podrán ser retirados del área del Proyecto para su comercialización o entregados a empresas de reciclaje de materiales.

Neumáticos usados: Los neumáticos usados serán dispuestos en el depósito de estéril Nevada Norte conforme al plan específico aprobado en la RCA Nº39/2001. Este plan considera básicamente la habilitación de rampas en el borde de la plataforma de operación del depósito; registro de las coordenadas de las mismas; registro de los números de serie de los neumáticos dispuestos y fecha de disposición en cada rampa; relleno y cobertura de las rampas con material estéril una vez copada su capacidad.

Residuos peligrosos: En el área del Proyecto no se dispondrán este tipo de residuos. Los residuos peligrosos serán clasificados en el origen y manejados separadamente. Se contempla la recolección y almacenamiento temporal en patios especialmente habilitados. Una vez retirado de este patio, serán transportados en contenedores adecuados hacia plantas de tratamiento o empresas que los reutilicen a través del camino de acceso al Proyecto, y siguiendo las mismas disposiciones que para el transporte de sustancias peligrosas, en cumplimiento de lo establecido en la RCA Nº39/2001.

Aguas servidas: El campamento, la planta de procesos y el complejo de mantención de equipos de la mina contarán con plantas de tratamiento tipo contacto biológico rotatorio (CBR). El efluente tratado del área de procesos se descargará en el tranque de relaves, mientras que el efluente tratado de las demás plantas se infiltrará en el terreno. Los residuos sólidos generados por el funcionamiento de estas plantas serán enviados al relleno sanitario ubicado en Argentina. El chancador primario tendrá servicios higiénicos cuyas aguas servidas serán tratadas en una fosa séptica.

Agua de lavado de camiones y maquinaria: En los talleres de mantención (uno en Chile y uno en Argentina) las aguas de lavado se enviarán a una sentina en donde sedimentarán los sólidos y se retirarán los aceites flotantes. El agua será recirculada hacia las instalaciones de lavado mientras que los sólidos se removerán periódicamente de las sentinas y se enviarán a una empresa especializada para su tratamiento. El aceite residual será almacenado fuera del sitio, junto con los aceites usados de mantención. En el área de talleres no se descargarán residuos líquidos al ambiente.

Aceites, lubricantes, grasas y anticongelantes usados: Estos residuos serán entregados a los proveedores para ser reciclados, con excepción de los anticongelantes usados, que serán enviados al relleno sanitario en Argentina para su disposición final. En las instalaciones de faena se mantendrá un registro del volumen almacenado de aceites, lubricantes y anticongelantes usados.

Emisiones atmosféricas: El secado de los minerales en la etapa de molienda requiere la inyección de aire a altas temperaturas. Este secado se realizará en la planta de procesos y generará emisiones de anhídrido sulfuroso (SO_2). Además, se generarán emisiones de

material particulado en el área de la mina, depósitos de estériles y planta de procesos. En los caminos de acceso al Proyecto se generará material particulado producto del tránsito por los caminos no pavimentados. La RCA Nº39/2001 estableció medidas de control con respecto a las emisiones atmosféricas.

Ruidos: Las principales fuentes de ruido serán las tronaduras en la mina, la circulación de camiones mineros y la operación del chancador primario y secundario. Otras fuentes de ruido asociadas a las operaciones y procesos serán molinos, compresores y bombas hidráulicas. También se generarán emisiones de ruido en el camino de acceso debido a la circulación de buses, camiones y vehículos livianos.

Vibraciones: Las principales fuentes de vibración serán las tronaduras en la mina, las cuales serán esporádicas (una vez al día) y de corta duración. Las vibraciones ocasionadas por el funcionamiento de los equipos no serán relevantes.

1.2.4 FASE DE CIERRE

El Proyecto considera presentar un Plan de Cierre y Abandono dos años antes de finalizada la vida útil del Proyecto. Tal como quedo establecido en el punto 4.3.7 de la RCA Nº39/2001, dicho plan deberá ser presentado ante la Dirección Regional de la CONAMA para su análisis y sanción por parte de los organismos competentes. En caso de existir normativa específica a este respecto en el momento en que se produzca el abandono de las faenas se estará a lo que especifique dicha normativa.

Además del compromiso establecido en el punto 4.3.7 de la RCA Nº39/2001, conforme lo dispone el D.S. Nº132/04, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del D.S. Nª72/85, Reglamento de Seguridad Minera, en su artículo 23, se establece que la Empresa Minera, conjuntamente con la presentación del método de explotación o al realizar cualquier modificación mayor al método aceptado, deberá presentar su proyecto de Plan de Cierre, para la aprobación del SERNAGEOMIN. A efectos de otorgar la aprobación del Plan de Cierre, SERNAGEOMIN, deberá tener en consideración lo establecido en la Resolución de la COREMA respectiva que aprueba el Proyecto Minero desde el punto de vista ambiental.

CAPITULO 2

DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIONES DEL PROYECTO

2.1 ANTECEDENTES GENERALES

2.1.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto que ingresa al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental a través del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se denomina **"Modificaciones Proyecto Pascua–Lama"** (en adelante el Proyecto), y pertenece a Compañía Minera Nevada Ltda. (CMN).

El presente Proyecto comprende el conjunto de modificaciones del Proyecto Pascua-Lama que han surgido como resultado del refinamiento del plan minero llevado a cabo desde el año 2001, después de obtenida la aprobación ambiental de la COREMA III Región para el Proyecto original (RCA Nº039/2001).

2.1.2 IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR

El Proyecto Pascua-Lama lo desarrollan tres empresas: Compañía Minera Nevada Ltda. (CMN), empresa chilena dueña de las propiedades mineras que conforman el Proyecto Pascua-Lama en Chile; Barrick Exploraciones Argentina S.A. (BEASA), empresa argentina dueña de unas de las propiedades mineras que conforman el Proyecto Pascua-Lama en Argentina; y Exploraciones Mineras Argentinas S.A. (EMA), empresa de Panamá dueña de las otras propiedades mineras ubicadas en Argentina. Las tres empresas son filiales indirectas de Barrick Gold Corporation (Barrick), cuya casa matriz se ubica en la ciudad de Toronto, Canadá. A continuación se presentan los principales antecedentes del titular del Proyecto en el lado chileno:

Empresa	:	Compañía Minera Nevada Ltda.
RUT	:	85.306.000-3
Domicilio Legal	:	Ricardo Lyon 222, Piso 11, Providencia, Santiago
Teléfono	:	2-340-2022
Fax	:	2-340-2056
Representante Legal	:	Alejandro Labbé S.
Cédula de Identidad	:	5.105.568-3
Domicilio	:	Ricardo Lyon 222, Piso 11, Providencia, Santiago

En Anexo A del presente EIA se acompaña la documentación que acredita al representante legal de Compañía Minera Nevada Ltda.

2.1.3 OBJETIVO DE LAS MODIFICACIONES DEL PROYECTO

El plan minero del Proyecto Pascua–Lama ha sido actualizado a partir de los antecedentes obtenidos de actividades de exploración y evaluación de recursos mineros realizados desde el año 2001. Como resultado de estos trabajos se han ampliado las reservas de mineral, cuya explotación y beneficio requiere efectuar modificaciones al Proyecto original.

De acuerdo a lo anterior, el principal objetivo de las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama es incorporar los cambios de diseño y medidas operacionales que permitan aumentar el ritmo de explotación y beneficio del mineral, de acuerdo con el plan minero actualizado que considera mayores reservas. Ello permitirá aumentar la producción de oro a un rango de 675.000 a 700.000 onzas/año, alcanzando un rango de 750.000 a 775.000 onzas/año durante los primeros diez años. Por su parte, la producción de plata aumenta a un rango de 24 a 25 millones de onzas/año, alcanzando 30 millones de onzas/año durante los primeros diez años. La producción de cobre será de 4.800 toneladas/año como promedio del Proyecto. La producción de mercurio (co-producto) será de hasta 29 toneladas/año.

2.1.4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICO-ADMINISTRATIVA

El Proyecto Pascua-Lama se ubica en la cordillera de Los Andes, en la zona limítrofe entre la Tercera Región de Chile y la Provincia de San Juan en Argentina, en las coordenadas geográficas 29º20' de latitud sur y 70º00' de longitud oeste.

En territorio chileno, el Proyecto se ubica inmediatamente al norte de los Cerros Nevados, entre los 4.400 y 5.500 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.), en la cabecera de dos subcuencas tributarias del río Huasco: la subcuenca del río del Estrecho por el norte (tributario del río Chollay), y la subcuenca del río El Toro por el sur (tributario del río del Carmen). El área pertenece a la Comuna de Alto del Carmen, Provincia de Huasco, III Región de Atacama, y se ubica aproximadamente 150 km en línea recta al sureste de la ciudad de Vallenar. Las Figuras 2.1 y 2.2 muestran la ubicación del Proyecto.

Las localidades más próximas al área del Proyecto son Chollay (162 habitantes[1]) y El Corral (distrito que comprende las localidades de El Verraco, La Puntilla, Las Breas y Pastalito, con 138 habitantes) ubicadas a 35 km y 55 km de distancia respectivamente.

En territorio argentino el Proyecto se ubica a unos 300 km en línea recta al noroeste de la ciudad de San Juan, en la cabecera de la subcuenca del arroyo Turbio, tributario del río de Las Taguas. Esta área pertenece al Departamento de Iglesia, Provincia de San Juan.

[1] Censo de Población 2002, Instituto Nacional de Estadísticas, INE.

El Proyecto Pascua-Lama se desarrollará bajo el amparo del Tratado sobre Integración y Complementación Minera celebrado entre Chile y Argentina en diciembre de 1997, y el Protocolo Adicional Específico al Tratado sobre Integración y Complementación Minera, para el Proyecto Pascua-Lama, cuya firma por parte de ambos estados se efectuó el 13 de agosto de 2004. El mismo Protocolo define el área donde son aplicables sus disposiciones, conocida como "Área de Operaciones". La Figura 2.2 muestra el Área de Operaciones del Protocolo.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama materia del presente EIA no implican cambios en la localización geográfica y político–administrativa respecto de lo señalado en la RCA Nº039/2001.

2.1.5 ACCESOS

En la Figura 2.2 se muestran los caminos de acceso al área del Proyecto Pascua-Lama. En Chile, el acceso al área del Proyecto se realizará desde la ciudad de Vallenar, III Región, a través del camino C–485 que une esta ciudad con la localidad de Alto del Carmen. A partir de esta localidad se accederá al Proyecto por medio de la ruta C–489 que se desarrolla a lo largo del valle del río del Carmen hasta la localidad de El Corral. Desde esta localidad se ha construido un nuevo camino hacia la zona del Proyecto, remontando el valle del río del Carmen y luego los cajones de los ríos Potrerillo, de las Tres Quebradas y El Toro, hasta acceder a la parte alta de la cuenca del río del Estrecho, donde se ubica el Proyecto.

La RCA Nº39/2001 establece medidas que deberá llevar a cabo el Proyecto en la Ruta C–489, consistentes en la implementación de diversas obras de mitigación del impacto del flujo vehicular generado por la construcción y operación del Proyecto sobre la población residente a lo largo del camino. En particular, se han considerado desvíos (by –pass) en las localidades de Vallenar, Alto del Carmen, San Félix, Las Breas, Las Tinajas, Berraco y La Puntilla; se ha contemplado la habilitación de rutas de tránsito alternativas y exclusivas para peatones y ciclistas en diversos sectores entre Alto del Carmen y El Corral, y la instalación de señalética de tránsito adecuada.

En territorio argentino originalmente se había planteado que el acceso al área del Proyecto se haría desde la localidad de Rodeo, a través de un camino emplazado a lo largo de los valles de los ríos Blanco, de La Palca, de Las Taguas y Turbio. Sin embargo, el acceso al Proyecto se reemplazará por el camino existente conocido como camino de Conconta, el cual ha sido utilizado para acceder al área del Proyecto durante la etapa de exploración y que ha sido mejorado para uso del Proyecto Veladero, ubicado unos 8 km al sur del Proyecto Pascua-Lama. Este camino comienza en Tudcum y se desarrolla hacia el noroeste, hasta acceder al valle del río de Las Taguas, en donde se ubica el Proyecto Veladero. Este camino continúa hacia el norte por el valle del río de Las Taguas, hasta accede al área del Proyecto Pascua-Lama por el valle del arroyo Turbio.

En la Figura 2.2 se muestran los caminos de acceso al área del Proyecto desde Chile y Argentina. Conforme al Protocolo del Proyecto Pascua-Lama, en cada país se habilitará un puesto de control para acceder al Área de Operaciones.

2.1.6 SUPERFICIE

El emplazamiento de las obras e instalaciones del Proyecto Pascua-Lama ocupará una superficie estimada en 1.650 hectáreas (16,5 km²)[2], tal como se observa en la Figura 2.3. Aproximadamente 750 hectáreas corresponden a las obras que se construirán en territorio chileno, que básicamente incluyen una porción del rajo Pascua-Lama, el depósito de estéril Nevada Norte, el taller de mantención mina, el chancador primario, el sistema de manejo de drenajes del depósito de estéril, el campamento Barriales y los caminos internos.

Aproximadamente 900 hectáreas corresponden a las obras e instalaciones que se construirán en territorio argentino, incluyendo básicamente la porción restante del rajo Pascua-Lama y la totalidad de los rajos Penélope Este y Penélope Oeste, el depósito de estéril El Morro, el sistema de manejo de drenajes del depósito de estéril, el área de la planta de procesos, el tranque de relaves, tuberías y los caminos internos.

Las modificaciones del Proyecto no implican cambios significativos en las superficies a ocupar en territorio chileno, debido a que el diseño de las obras mayores (rajo abierto y depósito de estéril Nevada Norte) sólo han experimentado variaciones menores, según se describe más adelante. En el sector de confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales se construirán instalaciones auxiliares, ocupando una superficie aproximada de 1,5 hectáreas.

2.1.7 MONTO ESTIMADO DE LA INVERSIÓN

El monto actualizado de inversión del Proyecto Pascua-Lama se estima entre 1.400 y 1.500 millones de dólares.

2.1.8 VIDA ÚTIL Y CRONOGRAMA DE FASES

El plan minero actualizado mantiene la vida útil total de 20 años para el Proyecto, pero considera reducir el período de explotación del rajo Pascua-Lama de 18 a 17 años. Además incorpora dos rajos menores en territorio argentino, denominados Penélope Este y Penélope Oeste, cuya explotación se extenderá por 4 años a partir del año 13 del Proyecto. La planta de procesos operará por un período de 20 años.

[2] En el EIA del año 2000 se menciona una superficie de 4.826 hectáreas, que corresponde al área de influencia directa del Proyecto. La superficie de obras e instalaciones es similar a la señalada en este documento.

El cronograma actualizado de ejecución del Proyecto Pascua-Lama se muestra en el siguiente cuadro:

Fase	Inicio	Término	Duración Estimada
Construcción	Año 1	Año 3	3 años
Remoción de estéril	Año 1	Año 3	3 años
Operación Mina	Año 4	Año 20	17 años
Operación Planta de Procesos	Año 4	Año 23	20 años
Cierre	Año 24	Año 26	3 años

2.1.9 JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN

La Figura 2.3 muestra la disposición general actualizada de las obras e instalaciones del Proyecto Pascua-Lama. Esta configuración representa la opción óptima desde el punto de vista técnico, económico y de mínimos riesgos naturales, y en líneas generales mantiene las ubicaciones respecto del Proyecto original aprobado, con excepción de las modificaciones que implican nuevas instalaciones auxiliares y/o reubicación de obras según se describe en la Sección 2.2 siguiente.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES DEL PROYECTO PASCUA – LAMA

En esta sección se describen las modificaciones del Proyecto Pascua–Lama que se someten a evaluación ambiental a través del presente EIA. Las modificaciones se agrupan del siguiente modo:

i. Modificaciones del plan minero
ii. Modificaciones de procesos e insumos
iii. Modificaciones en fuerza de trabajo, campamentos e instalaciones anexas
iv. Modificaciones en suministro de agua fresca
v. Modificaciones de sistema de manejo de drenaje depósito de estéril Nevada Norte.

En las secciones siguientes se describen estas modificaciones en lo que respecta a las partes, acciones y obras físicas del Proyecto. En cada sección se describe en primer lugar el modo como está planteada cada obra o acción en el Proyecto original aprobado mediante RCA Nº39/2001, para luego describir la respectiva modificación.

2.2.1 MODIFICACIONES DEL PLAN MINERO

a) Yacimientos y Reservas Mineras

Proyecto Original

El yacimiento Pascua–Lama abarca territorio chileno y argentino, y presenta un cuerpo mineralizado principal de oro, plata y cobre. De acuerdo al Proyecto original, la explotación minera se realizaría en un único rajo ubicado en la frontera de Chile y Argentina. Desde este rajo se extraerían dos tipos de mineral: refractario y no refractario. Las reservas de mineral se estimaban en 225 millones de toneladas (Mt), conteniendo 14,1 millones de onzas de oro, 461 millones de onzas de plata, y 180.000 toneladas de cobre. Las leyes de metal del plan minero del año 2000 eran las siguientes:

- *Oro: 1,95 gramos/tonelada*
- *Plata: 63,8 gramos/tonelada*
- *Cobre: 0,08%.*

Modificación

Las actividades de exploración realizadas desde el año 2001 han permitido verificar la existencia de mayores reservas en el yacimiento Pascua-Lama y la existencia de reservas explotables en un nuevo yacimiento denominado Penélope, ubicado unos 2.5 km al sureste del yacimiento principal, en territorio argentino (Figura 2.3).

Las reservas mineras actualizadas ascienden a 304 Mt (300 Mt en Pascua–Lama y 4 Mt en Penélope), conteniendo 16,9 millones de onzas de oro, 635 millones de onzas de plata, y 250.000 toneladas de cobre. Las leyes de metal del plan minero actualizado son las siguientes:

- Oro: 1,73 gramos/tonelada
- Plata: 64,8 gramos/tonelada
- Cobre: 0,08%.

b) Ritmo de Explotación

Proyecto Original

De acuerdo con el plan minero del año 2000, el Proyecto original consideraba la explotación del yacimiento Pascua-Lama durante un periodo de 18 años (dos menos que la vida útil del Proyecto) acopiando mineral en el área de la mina para alimentar la planta de procesos durante los dos últimos años (hasta el año 20). La explotación en la mina alcanzaría los 1.673 millones de toneladas de material, correspondiente en un 14% a mineral y en un 86% a estéril.

El ritmo promedio de extracción de mineral desde el rajo sería de 37.000 toneladas por día (tpd), contemplándose la realización de una tronadura diaria. Las tronaduras serán realizadas por un contratista especializado que será responsable del almacenamiento y manejo de los explosivos, estimándose un consumo anual de aproximadamente 24.000 toneladas de explosivos.

Alrededor de 23 millones de toneladas de mineral de menor ley se almacenarían en el área de la mina para alimentar la planta de procesos durante los últimos dos años. El almacenamiento del mineral de menor ley se haría sobre el depósito de estériles Nevada Norte.

Al término de la explotación la superficie final del rajo alcanzaría las 320 hectáreas, con una profundidad máxima de 700 metros.

Modificación

El plan minero actualizado considera remover alrededor de 1.808 millones de toneladas (Mt) de material, correspondiente en un 17% a mineral y en un 83% a estéril. Esta cantidad incluye 79 Mt de sobrecarga a remover durante la fase de construcción. El rajo Pascua-Lama se explotará por un período de 17 años. La explotación del yacimiento Penélope se realizará en dos rajos abiertos (Penélope Este y Penélope Oeste) por un período de 4 años, iniciando sus operaciones en el año 13 del Proyecto.

El ritmo promedio de extracción de mineral será de 48.800 tpd, contemplándose la realización de una o dos tronaduras diarias. El consumo anual estimado de explosivos ascenderá a 28.560 toneladas.

Aproximadamente 45 millones de toneladas de mineral de menor ley quedarán almacenadas en el área de la mina y podrán alimentar la planta de procesamiento por un periodo de tres años luego que cese la extracción del mineral. Si no se procesara el mineral de menor ley, el material permanecería acopiado sobre el depósito de estéril Nevada Norte en la fase de cierre del Proyecto.

Al término de la explotación la superficie final del rajo Pascua-Lama alcanzará las 343 hectáreas, con una profundidad máxima de 732 metros. Por su parte, la superficie final intervenida por los rajos Penélope Este y Penélope Oeste (territorio argentino) será de aproximadamente 19 hectáreas, con profundidades máximas de 216 y 136 metros respectivamente. En la Figura 2.4 se muestra la configuración final de los rajos.

c) Disposición de Roca Estéril

Proyecto Original

En el plan minero del año 2000 la relación estéril : mineral era de 6,4:1 (6,4 toneladas de estéril por cada tonelada de minera. La roca estéril sería enviada a dos depósitos:

- *Nevada Norte, ubicado en la cabecera del río del Estrecho en Chile, con capacidad para 1.188 Mt, cubriendo una superficie total de 401 hectáreas, con una altura máxima de 670 metros; y*

- *El Morro, ubicado en la cabecera el arroyo Turbio en Argentina, con capacidad para 249 Mt, cubriendo una superficie total de 302 hectáreas, con una altura máxima de 544 metros.*

El diseño geotécnico de los depósitos de estéril considera que en el largo plazo pueden ocurrir desprendimientos de material y fallas de taludes como resultado de sismos de gran intensidad, para lo cual se determinaron las áreas susceptibles de recibir material (distancia desde el pie de los depósitos). Para evitar situaciones de accidentes y daño a instalaciones, estas áreas serían delimitadas y no se construirían obras dentro de ellas.

Modificación

En el plan minero actualizado la relación estéril : mineral del rajo Pascua-Lama se ha reducido a 5,0:1, en tanto la relación estéril : mineral de los rajos Penélope será de 4,2:1. El nuevo plan considera remover un total estimado de 1.504 Mt de roca estéril. Este material será enviado a los dos depósitos de estéril del Proyecto original, los cuales han sido modificados (optimizados) en capacidad y geometría según se indica a continuación (ver Figura 2.4):

- Depósito Nevada Norte, ubicado en la cabecera del río del Estrecho en Chile: su capacidad será de 1.274 Mt, abarcando una superficie total de 327 hectáreas con una altura máxima de 692 metros.

- Depósito El Morro, ubicado en la cabecera el arroyo Turbio en Argentina: su capacidad será de 230 Mt, abarcando una superficie total de 170 hectáreas con una altura máxima de 362 metros.

d) Equipos Mineros

Proyecto Original

El plan minero del año 2000 consideraba operar la mina con 5 palas hidráulicas, 2 cargadores frontales y 30 camiones mineros de 240 toneladas de capacidad, además de equipos auxiliares (retroexcavadoras, bulldozers, motoniveladoras, entre otros).

El Proyecto considera la construcción de un complejo de mantención de equipos de la mina ubicado inmediatamente al norte del rajo, sobre los 4.750 m s.n.m., y un polvorín para el almacenamiento y preparación de explosivos de tronaduras. El complejo contará con instalaciones para la mantención y reparación de equipos de gran tamaño, incluyendo taller de soldadura, taller eléctrico, taller de instrumentos y sala de herramientas. Además contará con sala de cambio, sala de primeros auxilios, comedor, baños y oficinas. La bodega de explosivos se ubicará en territorio chileno, aproximadamente a 1,5 km al noreste del rajo.

Modificación

El plan minero actualizado considera operar la mina con 2 palas hidráulicas, 2 palas eléctricas, 4 cargadores frontales, 37 camiones mineros de 240 toneladas de capacidad y 5 camiones mineros de 100 toneladas de capacidad, además de los equipos auxiliares.

No se contemplan modificaciones en el complejo de mantención de los equipos de la mina como tampoco en el polvorín.

e) Caminos Internos

Proyecto Original

El Proyecto Pascua-Lama contempla la construcción de un camino de acceso desde Chile. En su tramo final, dentro del Área de Operaciones del Protocolo, este camino se emplaza en la cuenca alta del río El Toro, cruzando hacia la cuenca alta del río del Estrecho cerca del yacimiento.

El Proyecto además contempla la construcción de un camino interno para conectar el área del rajo Pascua-Lama con la planta de procesos ubicada en Argentina. Este camino interno se emplazaría en el costado norte del depósito de estériles El Morro (sector norte del valle del arroyo Turbio en Argentina).

Modificación

En territorio chileno se modifica el tramo final del camino de acceso, a partir del sector que sube por la ladera norte del valle alto del río El Toro, ingresando al valle alto del río del Estrecho (ver Figura 2.3). Este cambio responde básicamente a una revisión del trazado para lograr mejores condiciones de pendiente y curvas en alta cordillera.

Por otra parte, se ha eliminado el camino interno de conexión entre las instalaciones de la mina y la planta de procesos por el sector norte del valle del arroyo Turbio en Argentina. El nuevo acceso interno se realizará siguiendo el perímetro este del rajo Pascua-Lama y el borde oeste del depósito de estéril El Morro, bajando hacia la planta de procesos por el costado sur del valle del arroyo Turbio (ver Figura 2.5). Este cambio responde a la necesidad de tener acceso a los dos nuevos rajos abiertos (Penélope Este y Penélope Oeste), para lo cual se aprovechará el nuevo emplazamiento de este camino.

2.2.2 MODIFICACIONES DE PROCESOS E INSUMOS

a) Planta de Procesos

Proyecto Original

En el Proyecto original, el ritmo de procesamiento de mineral sería de 33.000 toneladas por día (tpd).El Proyecto considera transportar en camiones el mineral extraído de la mina hasta el chancador primario a ubicarse aproximadamente a 1 km del rajo, en territorio chileno, sobre los 4.750 m.s.n.m. Este chancador sería de tipo giratorio y tendría 2.370 toneladas/hora de capacidad. El mineral chancado tendría un tamaño P80 de 152 mm (80% con un tamaño menor que 152 mm).

El mineral chancado será enviado por medio de una correa transportadora hasta un acopio adyacente a las instalaciones de chancado secundario que se localizarán en Argentina. La correa tendrá una longitud aproximada de 4 km, cruzando la frontera chileno-argentina a través de un túnel de aproximadamente 2,7 km de longitud.

En Argentina, el mineral será sometido a una etapa de chancado secundario y molienda seca, para luego ser sometido a una etapa de lavado. Las etapas siguientes del proceso dependerán de la naturaleza del mineral, diferenciándose dos tipos: mineral refractario y mineral no refractario.

El mineral refractario será procesado en un circuito de flotación primaria, remolienda y flotación de limpieza para recuperar cobre en la forma de concentrado convencional. Los relaves del circuito de flotación serán enviados al proceso de lixiviación que se señala a continuación.

El mineral no refractario, así como los relaves del circuito de flotación, será sometido a un proceso de lixiviación por agitación con cianuro de sodio (NaCN). La pulpa resultante será ingresada a un circuito de decantación en contracorriente para separar la solución rica de los sólidos (residuo). La solución rica se someterá a un circuito de precipitación de metales (oro-plata) mediante la adición de polvo de zinc (proceso Merrill Crowe). El precipitado será filtrado y enviado a una etapa de fusión y refinación de metal doré.

El residuo sólido será sometido a una etapa de eliminación de cianuro residual mediante tratamiento con anhídrido sulfuroso. Luego será enviado al tranque de relaves ubicado en Argentina, junto al residuo de la etapa de lavado inicial.

Modificación

El plan minero actualizado del Proyecto Pascua-Lama considera dos fases de operación; la primera se desarrollará durante los primeros tres años, manteniendo el ritmo de procesamiento original de 33.000 tpd. A partir del cuarto año, una vez que comience el procesamiento de mineral refractario, se incrementará el ritmo de procesamiento a 44.000 tpd, para lo cual se incorporará una nueva línea de proceso en la planta ubicada en Argentina (ver Figura 2.6). La variación en los requerimientos de insumos se señala en la sección siguiente.

El chancador primario ubicado en Chile aumentará su capacidad a 3.330 toneladas/hora, entregando mineral con un tamaño P80 de 180 mm.

A consecuencia del mayor tonelaje se considera ampliar la capacidad del tranque de relaves ubicado en Argentina a 257 millones de toneladas.

Como se mencionó previamente, cerca 45 millones de toneladas de mineral de menor ley podrán alimentar la planta de procesamiento por un periodo de tres años luego que cese la extracción del mineral. En tal caso la capacidad de disposición de relaves se ampliará en una cantidad equivalente. Si no se procesara el mineral de menor ley, el material se mantendría acopiado sobre el depósito de estéril Nevada Norte en la fase de cierre del Proyecto.

b) Insumos y Transporte

Proyecto Original

En términos de combustible, en el EIA del año 2000 se indicaron los siguientes consumos promedio para las fases de construcción y operación del Proyecto:

- *Construcción: 200.000 litros/mes de diesel.*
- *Operación: hasta 1.350 millones de litros/año de diesel y 480.000 litros/año de gasolina.*

Se hace notar que el consumo de diesel informado para la fase de construcción corresponde sólo a actividades de construcción, sin incluir las actividades de remoción de sobrecarga, en tanto la cantidad informada para la fase de operación corresponde al consumo total de la vida del Proyecto (no al consumo anual como se indicó). En el punto siguiente se actualizan y rectifican los consumos de combustible del Proyecto.

En el área de mantención de equipos de la mina (ubicada en Chile) se contemplaban estanques superficiales para almacenar 20.000 litros de gasolina y 10.000 litros de petróleo diesel. En el área de la planta de procesos (ubicada en Argentina) se contemplaba un estanque de 45.000 litros de capacidad para gasolina y un estanque de 1,2 millones de litros de capacidad para petróleo diesel.

En términos de reactivos de proceso, el consumo anual estimado del Proyecto original se indica en el siguiente cuadro:

Consumo de Reactivos de Proceso – Proyecto Original

Reactivo	*Consumo Anual (Toneladas)*
Cal	*237.715*
Cianuro de sodio	*13.960*
Floculante	*1.741*
Antiescalante	*331*
Colector 3894	*325*
Espumante	*90*
Polvo de zinc	*603*
Nitrato de plomo	*121*
Fundente	*1.946*
Tierra diatomea	*145*
Sulfuro	*8.821*
Sulfato de cobre	*2.399*
Medios de molienda	*12.563*

El Proyecto original contemplaba el transporte de insumos, repuestos y combustible en camiones desde las ciudades de Vallenar en Chile y San Juan en Argentina, estimándose un flujo diario promedio de 25 camiones desde cada ciudad.

Modificación

El aumento en el ritmo de explotación de la mina y de proceso a partir del cuarto año de operación implica un aumento en el consumo de combustibles. Los valores actualizados de consumo de combustible durante las fases de construcción (incluyendo remoción de sobrecarga) y operación del Proyecto son las siguientes:

- Construcción: 2.550.000 litros/mes de diesel y 50.000 litros/mes de gasolina
- Operación: 6.600.000 litros/mes de diesel y 90.000 litros/mes de gasolina.

La modificación del Proyecto considera que en el sector de la mina el almacenamiento de petróleo diesel se efectuará en tres estanques con una capacidad total de 2,34 millones de litros en total; la capacidad de almacenamiento de gasolina se mantiene en 20.000 litros. En el área de la planta de procesos se instalará un estanque de gasolina de 45.000 litros y tres estanques de diesel con una capacidad total de 1,9 millones de litros.

Respecto de los insumos requeridos en la planta de procesos del Proyecto Pascua–Lama, el siguiente cuadro resume los consumos anuales actualizados:

Consumo Actualizado de Reactivos de Proceso

Reactivo	Consumo Anual (Toneladas)
Cal	423.698
Cal hidratada	1.533
Cianuro de sodio	16.755
Floculante	1.637
Antiescalante	192
Colector 3894	920
Espumante	192
Polvo de zinc	674
Nitrato de plomo	138
Fundente	1.119
Tierra diatomea	291
Sulfuro	11.221
Sulfato de cobre	966
Medios de molienda	12.563

Puede apreciarse que el consumo total de insumos de proceso aumentará respecto del Proyecto original, siendo la principal diferencia el consumo estimado de cal (186 mil toneladas/año adicionales). Las fuentes más probables de abastecimiento de cal se ubican en Argentina, motivo por el cual se estima que el transporte de este insumo se realizará principalmente por el camino de Conconta, en Argentina. A consecuencia de ello se estima que en el lado chileno no habrá aumento en el flujo de camiones con insumos respecto de lo establecido y aprobado para el Proyecto original.

c) Energía Eléctrica

Proyecto Original

Se considera desarrollar un Proyecto de línea de transmisión para el suministro eléctrico, de manera independiente al Proyecto minero. La energía será enviada a una subestación principal que estará ubicada en Argentina, cerca de la planta de procesos, donde el voltaje será transformado de 220 kV a 23 kV para su distribución a las diversas instalaciones del Proyecto. La potencia eléctrica requerida para la operación normal del Proyecto se estima en 80 MW. Los

requerimientos energéticos de emergencia serán suplidos mediante generadores diesel. En Chile se consideraba habilitar un generador de 500 kW en el área de mantención de equipos de la mina.

Modificación

La potencia eléctrica requerida para la operación normal del Proyecto se mantiene en 80 MW durante los primeros tres años (para un ritmo de procesamiento de 33.000 tpd) y aumentará a 110 MW a partir del cuarto año (cuando aumente el ritmo de procesamiento a 44.000 tpd). Los consumos máximos estimados para cada período son de 92 MW y 124 MW respectivamente.

Respecto del sistema de respaldo de energía, en el lado argentino se consideran las alternativas de generación en el área de la planta de procesos o alternativamente transportar energía de respaldo desde la planta de generación diesel existente en el Proyecto Veladero.

En el lado chileno se mantiene la instalación de generadores diesel de respaldo para proveer de energía al complejo de mantención de maquinaria y al chancador primario, totalizando una generación estimada en 1 MW.

2.2.3 MODIFICACIONES EN FUERZA DE TRABAJO, CAMPAMENTOS E INSTALACIONES ANEXAS

a) Fuerza de Trabajo

Proyecto Original

En el Proyecto original, la fase de construcción y retiro de la sobrecarga de la mina, cuya duración se estimaba en dos años, daría empleo directo a un promedio de 3.000 trabajadores, incluyendo personal contratista y personal de la compañía. En el período de punta (aproximadamente 6 meses) la mano de obra alcanzaría un máximo estimado de 6.000 trabajadores.

Durante la fase de operación el Proyecto daría empleo directo a 1.370 personas aproximadamente, incluyendo personal de Barrick y contratistas.

Modificación

Para la fase de construcción del Proyecto se mantiene la estimación de empleo.

Para la fase de operación se estima un requerimiento de personal de 1.660 personas aproximadamente, incluyendo personal de CMN, BEASA y contratistas.

b) Campamentos e Instalaciones Anexas

Proyecto Original

El campamento del Proyecto original estaría ubicado al oriente de la planta de procesos, en el sector del valle de Los Amarillos, Argentina. Durante la etapa de construcción, el campamento tendría capacidad para alojar 4.000 personas. Para la etapa de operación la capacidad de este campamento se reduciría a 1.000 personas, disponiendo de dormitorios, casino, oficinas, un gimnasio, salas de recreación y una sala de atención médica.

Durante la fase de construcción además se contemplaba utilizar las instalaciones del campamento existente en Chile, en la confluencia de la quebrada Barriales con el río del Estrecho, el cual tiene capacidad para 250 personas. Durante la fase de operación este campamento se emplearía como respaldo, principalmente ante situaciones climáticas adversas. Este campamento posee instalaciones de dormitorios, cocina, casino, almacenamiento y suministro de combustible, planta de potabilización de agua, planta de tratamiento de aguas servidas y sala de atención médica.

Modificaciones

El Proyecto no habilitará el campamento originalmente previsto en el sector del valle de Los Amarillos, Argentina. En su reemplazo, el Proyecto considera ampliar la infraestructura de campamento del Proyecto Veladero, ubicado unos 8 km al sur de Pascua-Lama, en Argentina. Además considera ampliar la capacidad del campamento existente en territorio chileno, proporcionando así instalaciones de campamento a ambos lados de la frontera.

El campamento del Proyecto Veladero será ampliado para alojar a la mayoría del personal de la fase de construcción del Proyecto, y luego será readecuado para proporcionar una capacidad de alojamiento de aproximadamente 600 personas durante la fase de operación.

Por su parte, el campamento existente en Chile será readecuado y ampliado para alojar aproximadamente 750 personas durante la fase de construcción del Proyecto y 500 a 600 personas durante la fase de operación. Consecuentemente, se requiere ampliar la capacidad de los siguientes servicios auxiliares en el área del campamento chileno:

- planta de potabilización de agua
- planta de tratamiento de aguas servidas
- planta de generadores diesel.

La planta de potabilización de agua tendrá una capacidad estimada de 2 L/s (170 m³/día), suficiente para proporcionar un promedio de 150 litros/persona-día (113 m³/día). La captación de agua (2 L/s) se ubicará en la quebrada Barriales, cerca del campamento.

Se instalará una planta de tratamiento de aguas servidas de tipo contacto biológico rotatorio (CBR) u otra tecnología probada, la cual permitirá alcanzar una capacidad total para tratar 90 a 140 m³/día (un promedio de 120 litros/persona-día).

La energía eléctrica requerida en el campamento y en las instalaciones auxiliares (incluyendo plantas de tratamiento y taller de buses) se suministrará mediante una planta de generadores diesel ubicada cerca del campamento, con una potencia instalada de 1 MW.

Adicionalmente, se incorporará un relleno sanitario y un taller de mantención de buses. El relleno sanitario se habilitará en un sector cercano al campamento, con capacidad para las fases de construcción y operación (aproximadamente 5.000 m³ en total, en etapas de crecimiento sucesivas). El relleno se diseñará y operará conforme a los estándares aplicables en Chile (ver sección 2.3.1).

Además se habilitará un taller de mantención de buses, principalmente destinado a recambio de lubricantes y lavado. Esta área contará con sistemas de almacenamiento de lubricantes usados y sistemas de depuración y recirculación de aguas.

2.2.4 MODIFICACIONES EN SUMINISTRO DE AGUA FRESCA

El requerimiento total de agua fresca del Proyecto Pascua–Lama es de 370 l/s. Esta demanda será abastecida principalmente desde el río de Las Taguas, en Argentina. El agua será usada en el procesamiento del mineral, actividades de mantención, abatimiento de polvo y control de fuego, entre otros. En Chile se considera extraer agua desde el río del Estrecho para uso en las operaciones de la mina y talleres, con un caudal de hasta 42 l/s. Además se considera extraer una cantidad mínima de agua desde el río El Toro para abatimiento de polvo en caminos.

El presente Proyecto mantiene los consumos de agua originales; sin embargo, modifica el punto y la modalidad de captación de agua en el río del Estrecho, según se describe a continuación.

a) Punto de captación

Proyecto Original

La captación de agua fresca desde el río del Estrecho (Chile) se realizaría en un punto ubicado aguas arriba de la confluencia con la quebrada Barriales, en un sector cercano al sitio de monitoreo NE-2.

Modificación

El punto de captación de agua fresca en el río del Estrecho se ubicará aguas abajo de la confluencia con la quebrada Barriales, en un sector denominado NE-3 para efectos de este EIA. La ubicación aproximada de este punto se muestra en la Figura 2.7. Este punto estará destinado a la captación de agua para uso en procesos y actividades de apoyo, con un caudal de hasta 40 l/s.

Además se considera captar agua para consumo potable (2 l/s) desde la quebrada Barriales, junto al campamento, totalizando de esta forma 42 l/s de captación en la cuenca alta del río del Estrecho.

b) Modalidad de captación de agua

Proyecto Original

En la época en que se presentó y tramitó el EIA del Proyecto Pascua-Lama original (años 2000 y 2001) no existía una regulación específica para las captaciones de agua en la cuenca del río del Estrecho y cursos inferiores. Por ello, y a objeto de evitar la afectación de otros usuarios del río ubicados aguas abajo, el Proyecto consideró la siguiente restricción en su modalidad de captación de agua en el río del Estrecho (numeral 4.2.2. de la RCA N°039/2001):

i) En un escenario de año seco o muy seco (95% de probabilidad de excedencia) las captaciones implicarán una reducción de hasta un 16% en el caudal del río del Estrecho, en los sectores donde existe captación para riego (a partir del punto NE-4).

ii) En estos años secos el Proyecto se compromete a dejar un caudal en los puntos de captación, equivalente al caudal mínimo mensual de un año con 95% de probabilidad de excedencia, de modo que no se interrumpirá el flujo aguas abajo.

Modificación

Con posterioridad a la fecha de aprobación ambiental original del Proyecto Pascua-Lama, la Junta de Vigilancia del Río Huasco elaboró estatutos para regular las captaciones de agua a través de un procedimiento de distribución operacional. Esta modificación introducida a la forma de distribución de las aguas en el río Huasco y sus afluentes, incluido el río del Estrecho, implica la necesidad de adecuar la modalidad de captación de agua del Proyecto para dar cumplimiento a lo establecido en los estatutos.

Por tanto, a través del presente EIA se modifica la modalidad de captación de agua del Proyecto, incorporando en todas sus partes lo establecido en los estatutos de la Junta de Vigilancia del Río Huasco (y sus actualizaciones, si las hubiere).

Teniendo presente que a través del cumplimiento de las regulaciones establecidas en los estatutos se cumplirá el objetivo de no afectar otros usuarios aguas abajo, particularmente en períodos de bajo caudal en el río, se solicita dejar sin efecto la modalidad contemplada en el Proyecto original (numeral 4.2.2. de la RCA Nº039/2001), y aplicar en su reemplazo los estatutos de la Junta de Vigilancia. La nueva modalidad de captación de agua se asume como parte de las medidas de mitigación que deberá cumplir el Proyecto en el marco de su aprobación ambiental, por lo cual en el Capítulo 7 (Plan de Medidas de Mitigación) se presentan los antecedentes principales de los estatutos referidos, así como su aplicación al Proyecto Pascua-Lama.

Sin perjuicio de lo anterior, se ha determinado la necesidad de limitar la captación de agua en el nuevo punto de captación (NE-3) del río del Estrecho a un máximo de 35 l/s durante el período de estiaje de un año con 95% de probabilidad de excedencia (muy seco), para así contribuir a mantener un caudal ecológico en dicho punto (ver Capítulo 6). Lo anterior se incorpora como medida de mitigación en el Capítulo 7 del presente EIA.

2.2.5 MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DE DRENAJE DEL DEPÓSITO DE ESTÉRIL NEVADA NORTE

Proyecto Original

El sistema de manejo de drenajes del depósito de estériles Nevada Norte se diseñó para manejar el caudal de drenaje correspondiente a un año hidrológico con 10% de probabilidad de excedencia (año húmedo). Estará constituido por canales de desviación de escorrentías superficiales; zanjas de captación de drenajes ubicadas aguas abajo del depósito de estéril (siguiendo aproximadamente la trayectoria de los cauces naturales); una piscina (o sentina) de regulación para bombeo ubicada cerca del cauce principal; piscinas de almacenamiento de drenajes; y una planta de tratamiento que permita adecuar la calidad del drenaje para su descarga conforme a la normativa ambiental aplicable.

Las piscinas de almacenamiento tendrían una capacidad total de 100.000 metros cúbicos (m³), en tanto la planta de tratamiento se construiría con capacidad para tratar un caudal promedio de 8 l/s.

El sitio de emplazamiento de las piscinas de almacenamiento y de la planta de tratamiento se localizaría en una plataforma natural de terreno al sur del valle, físicamente protegido de los posibles derrumbes del depósito de estéril y fuera de la zona de alto riesgo de avalancha y de derrumbe o deslizamiento de tierra. El sitio estaría fuera del cauce del río del Estrecho y de la Quebrada la Olla para evitar riesgos hidrológicos, y se ubicaría sobre suelos de fundación morrénicos, adecuados para la construcción y la impermeabilización de los embalses. El drenaje sería impulsado a estas piscinas mediante bombeo desde la sentina de regulación.

Modificación

El caudal estimado de drenaje del depósito de estéril se mantiene en un promedio de 8 l/s. El Proyecto considera aumentar la capacidad de acumulación del drenaje, habilitando un conjunto de piscinas con una capacidad total de 160.000 m³. Además se considera habilitar un sistema de evaporación forzada del drenaje en las piscinas (mediante rociadores). Estas modificaciones tienen por objetivo otorgar mayor flexibilidad y holgura al sistema de manejo del drenaje, especialmente en períodos de alto caudal correspondientes a un año hidrológico con 10% de probabilidad de excedencia.

Asimismo, el Proyecto considera modificar la ubicación de las piscinas de acumulación del drenaje del depósito Nevada Norte, trasladando su emplazamiento hacia una cota inferior, aproximadamente 2,4 km aguas abajo de la sentina de regulación ubicada al pie del depósito, según se muestra en la Figura 2.8. El objetivo de esta modificación de emplazamiento de las piscinas es asegurar un flujo gravitacional hacia ellas desde la sentina de regulación, evitando la dependencia de un sistema de bombeo para la conducción de esta agua (expuesto a eventuales interrupciones por corte de energía u otra causa).

El lugar de emplazamiento de las piscinas queda fuera del cauce principal del río y fuera de la zona de alto riesgo de avalancha y de derrumbe o deslizamiento de tierra. Las piscinas contarán con carpeta impermeable (HDPE o similar) en toda su base y paredes.

Asimismo, el Proyecto considera ubicar la planta de tratamiento en el nuevo sector de emplazamiento de las piscinas (más próximo al campamento), principalmente con el objetivo de facilitar su operación y mantención. El drenaje sería conducido hacia la planta a través de un ducto cerrado (tubería de HDPE o similar). El punto de descarga se ubicará en el sector del punto de monitoreo NE-2, donde se cuenta con una extensa línea base de calidad del agua.

En el Capítulo 6 se presentan los antecedentes sobre la calidad del efluente a descargar y el cumplimiento de la normativa vigente (D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES).

2.3 ACTUALIZACIÓN DE EMISIONES, EFLUENTES Y RESIDUOS

En esta sección se presenta la actualización de las emisiones, efluentes y residuos del Proyecto Pascua-Lama de acuerdo a las modificaciones descritas en la sección previa. Específicamente se presentan las siguientes modificaciones respecto de lo contemplado en el Proyecto original:

i. Modificación de cantidad y lugar de disposición de residuos domésticos
ii. Cantidad y lugar de tratamiento de aguas servidas
iii. Incorporación de residuos de taller de buses
iv. Aumento de emisión de anhídrido sulfuroso
v. Aumento de emisiones de material particulado
vi. Aumento de emisiones de ruido y vibraciones
vii. Calidad del efluente del sistema de manejo de drenajes del depósito de estéril.

2.3.1 MODIFICACIÓN DE CANTIDAD Y LUGAR DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS DOMÉSTICOS

El Proyecto original generaría un promedio de 4.000 kg/día de residuos domésticos durante la fase de construcción y 900 kg/día durante la fase de operación. Los residuos domésticos generados en el lado chileno (área de la mina y talleres) serían almacenados en recipientes apropiados para su posterior envío al relleno sanitario que se instalaría en territorio argentino.

Debido a la incorporación de un campamento en el sector de confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales, se considera habilitar un relleno sanitario en el lado chileno. Este relleno sanitario se diseñará y operará conforme a los estándares aplicables en Chile, contemplándose una capacidad estimada de 5.000 metros cúbicos a completarse en etapas sucesivas de crecimiento. Esta capacidad considera la fase de construcción de tres años (750 personas) y la fase de operación de 20 años (500 a 600 personas). El relleno sanitario incluirá medidas de impermeabilización, coberturas, cierre perimetral y acceso controlado, entre otras. Además se cumplirán los distanciamientos recomendados respecto de población (campamento en este caso), profundidad de napa y cauces superficiales.

2.3.2 CANTIDAD Y LUGAR DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

El Proyecto original considera una planta de tratamiento tipo contacto biológico rotatorio (CBR) instalada en el sector del taller de mantención de los equipos de la mina, y la habilitación de una fosa séptica en el sector del chancador primario, todo ello en el lado chileno.

Como complemento de lo anterior, y debido a la ampliación del campamento Barriales para lograr una capacidad de 750 personas, el Proyecto incorpora la ampliación de la capacidad de tratamiento de aguas servidas existente en este lugar (campamento actual). Para ello se considera la habilitación de una planta de tipo contacto biológico rotatorio (CBR) u otra tecnología probada, alcanzando una capacidad total para tratar aproximadamente 140 m^3/día, suficiente para la dotación de personal previamente señalada. Esta planta se habilitará, junto con el campamento, en la etapa inicial de la fase de construcción del Proyecto.

2.3.3 INCORPORACIÓN DE RESIDUOS DE TALLER DE BUSES

En un sector cercano al campamento ubicado en territorio chileno se habilitará un taller de mantención de buses, principalmente destinado a recambio de lubricantes y lavado. Esta área contará con sistemas de almacenamiento de lubricantes usados y sistemas de depuración y recirculación de aguas. Los aceites y lubricantes usados serán bombeados desde el interior del taller a estanques que se ubicarán junto a los estanques de almacenamiento de lubricantes y aceites. Estos aceites y lubricantes usados serán posteriormente entregados a los proveedores para ser reciclados. Se mantendrá un registro del volumen almacenado de aceites y lubricantes usados. Este registro se actualizará periódicamente (al menos una vez al mes). Del mismo modo, se registrará cada entrega a proveedores, considerando al menos la siguiente información: cantidad, transportista, empresa y lugar de recepción.

El agua de lavado de buses se enviará a una sentina, en donde sedimentarán los sólidos y se retirarán los aceites flotantes. El agua será luego recirculada hacia las instalaciones de lavado. Los sólidos se removerán periódicamente de la sentina y se enviará al relleno sanitario. El aceite residual será almacenado fuera del sitio, junto con los aceites usados de mantención del Proyecto.

2.3.4 AUMENTO DE EMISIÓN DE ANHÍDRIDO SULFUROSO

El aumento en el ritmo de proceso del mineral desde un promedio de 33.000 tpd (Proyecto original) hasta un promedio actualizado de 44.000 tpd (a partir del cuarto año) implicará un aumento en la tasa de emisión de anhídrido sulfuroso (SO_2). La fuente emisora principal se ubica en la planta de procesos ubicada en Argentina, y corresponde a la planta de molienda seca. Las demás emisiones de SO_2, generadas básicamente por el funcionamiento de motores diesel de camiones mineros, maquinaria de apoyo, vehículos livianos y el horno de fusión de metal doré, no serán significativas.

La tasa de emisión de anhídrido sulfuroso correspondiente al nuevo ritmo de actividad en la planta de procesos ha sido estimada en 4,4 toneladas/día como promedio y en 8,3 toneladas/día como máximo diario. Este último valor representa una variación de +27% respecto de la tasa de emisión estimada para el Proyecto original (EIA 2000).
En el Capítulo 6 se presenta la evaluación actualizada del impacto de estas emisiones en la calidad del aire del entorno del Proyecto.

2.3.5 AUMENTO DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

El aumento en el ritmo de extracción de mineral desde un promedio de 37.000 tpd (Proyecto original) hasta un promedio actualizado de 48.800 tpd, y de procesamiento en la planta desde 33.000 tpd hasta 44.000 tpd a partir del cuarto año, implicará un aumento en la tasa de emisión de material particulado. Las fuentes emisoras corresponden principalmente a las tronaduras para remover el material en la mina (mineral y estéril); carguío de camiones mineros; transporte de material por rutas internas de tierra hasta el chancador primario y los depósitos de estéril; descarga de mineral en la tolva de alimentación del chancador primario; chancado del mineral; y descarga de estéril en los depósitos.

La tasa de emisión correspondiente al nuevo ritmo de actividad minera ha sido determinada aplicando factores de emisión de la EPA de Estados Unidos (Reporte AP-42). Se han empleado factores de emisión actualizados por dicha agencia, motivo por el cual algunas tasas de emisión resultan inferiores respecto de las determinadas en el EIA 2000.

En Anexo B de este EIA se presentan los cálculos actualizados de emisión de MP-10 del Proyecto, considerando el mayor ritmo de extracción y procesamiento de mineral, y a la vez los factores de emisión EPA actualizados. La tasa de emisión total actualizada alcanza a un valor máximo de 15,8 toneladas/día de MP-10.[3] En el Capítulo 6 se presenta la evaluación actualizada del impacto de estas emisiones en la calidad del aire del entorno del Proyecto.

2.3.6 AUMENTO DE EMISIONES DE RUIDO Y VIBRACIONES

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama implican aumentar la actividad en la mina y en la planta de procesos, y por tanto tiene asociado un incremento en las emisiones de ruido y vibraciones producidas por tronaduras. De acuerdo a lo descrito en el Capítulo 6 de este EIA, el aumento en las emisiones de ruido no será significativo, estimándose un incremento de 1,2 decibeles respecto de la emisión de ruido original.

[3] Empleando los factores EPA actualizados, la emisión del Proyecto original es de aproximadamente 12 toneladas/día.

Por su parte, se incrementará la carga de explosivos empleados en las tronaduras debido a la mayor cantidad de material a remover. Esto implicará tronaduras de mayor magnitud, ampliando el radio de vibración del terreno, aunque siempre dentro del área del Proyecto (ver Capítulo 6).

2.3.7 CALIDAD DEL EFLUENTE DEL SISTEMA DE MANEJO DE DRENAJES DEL DEPÓSITO DE ESTÉRIL

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no incorporan cambios que alteren la cantidad y calidad de los drenajes generados en el depósito de estéril Nevada Norte. El Proyecto considera mantener los criterios de cumplimiento de las normas de calidad del agua y de descarga de efluentes líquidos, que están contenidos en la RCA Nº039/2001 de COREMA III Región que aprobó ambientalmente el Proyecto Pascua-Lama.

No obstante, la puesta en vigencia del D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales" ha hecho necesario actualizar los límites de descarga de la planta de tratamiento de los drenajes.

En el Capítulo 6 se presentan los antecedentes y análisis sobre la base de los cuales se han actualizado los límites máximos de descarga, manteniendo los criterios y compromisos aprobados en el Proyecto original (EIA 2000). En dicho capítulo se incluye la Tabla 6.1 con la calidad de descarga actualizada.

CAPÍTULO 3
PLAN DE CUMPLIMIENTO DE LA LEGISLACION AMBIENTAL APLICABLE

3.1 INTRODUCCIÓN

El presente Capítulo se desarrolla conforme lo establece la letra g) del artículo 12 de la Ley 19.300 y la letra d) del artículo 12 del Decreto Supremo Nº30/1997 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), Reglamento del SEIA, modificado por el DS Nº95/2001, MINSEGPRES, que fija el texto refundido del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Dicho contenido dice relación con el desarrollo de un plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable, con indicación de la normativa de carácter general y específica asociada directamente con la protección del Medio Ambiente, la preservación de la naturaleza, el uso y manejo de los recursos naturales, y los permisos ambientales sectoriales que un Proyecto o actividad requiere para su ejecución.

En la determinación del marco legal ambiental se han adoptado los siguientes criterios: a) la definición de Medio Ambiente contenida en el artículo 2 letra ll) de la Ley 19.300 y el Reglamento del SEIA; b) el listado de normas contenidas en el documento "Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile" y su Suplemento Número 1, elaborados por CONAMA en enero de 1992 y enero de 1993, respectivamente; y c) otras normas cuyo carácter ambiental sea evidente, no obstante no estar incluidas en los criterios anteriores.

El marco normativo aplicable al Proyecto Pascua-Lama se ha sistematizado de la siguiente manera:

- En primer término (sección 3.2) se señala la legislación ambiental aplicable al Proyecto cuya forma de cumplimiento se mantiene inalterada respecto de lo aprobado para el Proyecto original (las modificaciones del Proyecto materia del presente EIA no implican ni introducen cambios en la forma de cumplimiento de estas normas).

- Luego (sección 3.3) se identifican y analizan las normas en que se producen cambios en las condiciones y/o formas de cumplimiento a raíz de las modificaciones del Proyecto, o bien se actualiza el cumplimiento en los casos en que se han introducido modificaciones a la normativa.

- En la sección 3.4 se presentan las normas ambientales adicionales y de reciente dictación que son aplicables al Proyecto (no existían al momento de aprobarse el Proyecto original), señalándose en cada caso la relación de la norma con el Proyecto y su forma de cumplimiento.

- En la sección 3.5 se señalan aquellas normas contempladas en el Proyecto original que fueron derogadas después de aprobado el Proyecto, quedando sin aplicación.

- Finalmente, en la sección 3.6 se presentan los Permisos Ambientales Sectoriales aplicables a las modificaciones del Proyecto, sobre la base de la revisión del listado de permisos contenido en el párrafo 2º del Reglamento del SEIA.

3.2 NORMATIVA AMBIENTAL SIN MODIFICACIÓN EN EL PROYECTO

A continuación se señala la legislación ambiental aplicable al Proyecto cuya forma de cumplimiento se mantiene inalterada respecto de lo aprobado para el Proyecto original, en el sentido que no se incorporan modificaciones en los aspectos relacionados con dicha normativa, o bien que las modificaciones no imponen la necesidad de modificar las medidas de cumplimiento establecidas originalmente. En el Capítulo 9 del presente EIA se incluyen las fichas específicas que contienen la relación de cada norma con el Proyecto y su forma de cumplimiento según la aprobación vigente.

3.2.1 NORMATIVA GENERAL

- Constitución Política de la República (art. 19, Nº8).
- Ley Nº19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.

3.2.2 AIRE

- D.S. Nº144/61, Ministerio de Salud. Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza.

3.2.3 RUIDO

- D.S. Nº146/97, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas.

3.2.4 CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

- D.S. Nº686/98, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica.

3.2.5 AGUA

- Norma Chilena NCh 1.333/78. Norma de Calidad de Agua para Diferentes Usos, oficializada mediante D.S.Nº876/78, del Ministerio de Obras Públicas.
- Decreto con Fuerza de Ley Nº1.122. Código de Aguas.

3.2.6 MEDIO BIÓTICO

- Ley Nº4.601. Ley de Caza (Nuevo texto establecido en la Ley Nº19.473).

3.2.7 PATRIMONIO CULTURAL

- Ley Nº17.288. Ley sobre Monumentos Nacionales.

3.2.8 VIALIDAD Y TRANSPORTE

- D.S. Nº298/94, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Reglamenta Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos.
- Resolución Nº1/95, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Establece Dimensiones Máximas a Vehículos que Indica.

3.2.9 ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES

- Decreto con Fuerza de Ley Nº1. Ley General de Servicios Eléctricos.

3.2.10 SUSTANCIAS ESPECIALES

- D.S. Nº400/77, Ministerio de Defensa Nacional. Texto Refundido de la Ley Nº17.798 sobre Control de Armas y Explosivos.
- D.S. Nº133/84, Ministerio de Salud. Reglamento sobre Autorizaciones para Instalaciones Radiactivas o Equipos Generadores de Radiaciones Ionizantes.
- D.S. Nº3/85, Ministerio de Salud. Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radiactivas.

3.3 ACTUALIZACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA

En esta sección se identifican las normas ambientales en que se producen cambios en las condiciones y/o formas de cumplimiento como resultado de las modificaciones del Proyecto sometidas a evaluación a través del presente EIA. Además se actualiza el cumplimiento de aquellas normas que experimentaron modificaciones con posterioridad a la aprobación del Proyecto. En cada caso se señala la relación de la norma con las modificaciones del Proyecto y su forma de cumplimiento actualizada. En el Capítulo 9 del presente EIA se incluyen las fichas específicas que contienen la relación de cada norma con el Proyecto y su forma de cumplimiento según la aprobación vigente.

3.3.1 NORMATIVA GENERAL

- ***D.S. Nº30/97, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, modificado por D.S. Nº95/01, Secretaría General de la Presidencia***

La pertinencia de ingreso de las Modificaciones del Proyecto Pascua–Lama al SEIA se ha determinado a la luz de lo establecido en los artículos 2 letra d) y 3 letra i) del D.S. Nº30/97, modificado por D.S. Nº95/01,que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). El artículo 2 letra d) del Reglamento modificado del SEIA señala que por ***modificación de proyecto o actividad*** se entenderá lo siguiente: *"Realización de obras, acciones o medidas tendientes a intervenir o complementar un proyecto o actividad ya ejecutado, de modo tal que éste sufra cambios*

de consideración". Dado que las Modificaciones del Proyecto Pascua–Lama corresponde justamente a la modificación de un proyecto minero previamente aprobado en el SEIA (RCA Nº039/2001 de COREMA III Región), se procede a su ingreso al sistema de evaluación contemplado en la Ley Nº19.300.

3.3.2 AIRE

- ***D.S. Nº59/98, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable. Modificado por D.S. Nº45/01, Ministerio Secretaría General de la Presidencia***

El D.S. Nº45/01 incorpora un límite de 50 µg/m3N como concentración media anual de material particulado respirable (MP-10). El cumplimiento de dicho límite ha sido verificado para el Proyecto, considerando el aumento en el ritmo de extracción y procesamiento de mineral, lo cual se traducirá en un aumento en la tasa de emisión de MP-10 del Proyecto. La emisión actualizada es de 15,8 toneladas/día. Para tal efecto se aplicó un modelo de dispersión atmosférica cuyos resultados se muestran en las Figuras 6.1 y 6.2 del Capítulo 6 del presente EIA. Dentro de los radios en que se proyectan concentraciones de 50 µg/m^3 como nivele promedio anual, no existe población humana establecida, por lo que se dará cumplimiento a la norma de calidad del aire (D.S. Nº59/1998 modificado por D.S. Nº45/2001 MINSEGPRES). El cumplimiento del texto normativo original se mantiene inalterado.

3.3.3 AGUA

- ***Decreto con Fuerza de Ley Nº725, Ministerio de Salud, Código Sanitario***

La ampliación del campamento Barriales existente en Chile hasta una capacidad de 750 personas para la fase de construcción y de 500 a 600 personas para la fase de operación requiere la ampliación de la capacidad de tratamiento de aguas servidas existente. Para ello se considera la habilitación de una planta de tipo contacto biológico rotatorio (CBR) u otra tecnología probada, para lograr una capacidad total para tratar aproximadamente 90 a 140 m^3/día, suficiente para la dotación de personal previamente señalada (considerando una generación diaria de 120 litros por persona). Esta planta se habilitará, junto con el campamento, en la etapa inicial de la fase de construcción del Proyecto. Los lodos de la planta de tratamiento serán dispuestos en el relleno sanitario que se habilitará en territorio chileno.

- ***D.S Nº735/69, Ministerio de Salud. Reglamento de Servicios de Aguas Destinadas al Consumo Humano***

El Proyecto considera ampliar la capacidad del campamento Barriales existente en territorio chileno, para alojar aproximadamente 750 personas durante la fase de construcción y 500 a 600 personas durante la fase de operación. Consecuentemente, se requiere ampliar la capacidad de la planta de potabilización de agua. Esta planta tendrá una capacidad estimada de 2 L/s (170 m^3/día), suficiente para proporcionar un promedio de 150 litros/persona-día (113 m^3/día). La captación de agua (2 L/s) se ubicará en la quebrada Barriales, cerca del campamento.

- ***Norma Chilena NCh 409. Norma de Calidad de Agua para Uso Potable, oficializada mediante D.S. Nº11/84 de Ministerio de Salud***

El agua requerida en el campamento chileno será obtenida de una captación en la quebrada Barriales, cerca del campamento, y potabilizada en una planta para dar cumplimiento a los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos establecidos en la NCh 409/84.

3.3.4 MEDIO BIÓTICO

- ***D.S. Nº5/98, Ministerio de Agricultura. Reglamento de la Ley de Caza. Modificado por D.S. Nº53/03 del Ministerio de Agricultura***

El D.S. Nº53/03 incorpora, entre otras modificaciones del Decreto Supremo Nº5, nuevas especies cuya caza o captura está prohibida. Para el cumplimiento de esta normativa el Proyecto prohibirá la caza o captura de animales. El cumplimiento del texto normativo original se mantiene inalterado.

- ***Decreto Ley Nº3.557/81. Disposiciones sobre Protección Agrícola***

En relación con el cumplimiento del Decreto Ley Nº3.557, se modifica el lugar de disposición de los residuos domésticos e industriales inertes generados en el lado chileno, así como de los lodos del tratamiento de aguas servidas. Originalmente se contemplaba que los residuos generados en el lado chileno serían enviados al el relleno sanitario que se habilitaría en Argentina, cerca del campamento. Las modificaciones del Proyecto incluyen la habilitación

de un relleno sanitario en un sector cercano al campamento Barriales, con capacidad para las fases de construcción y operación (aproximadamente 5.000 m³ en total, en etapas de crecimiento sucesivas). El relleno se diseñará y operará conforme a los estándares aplicables en Chile. Por tanto, los residuos domésticos e industriales inertes, así como los lodos del tratamiento de aguas servidas generados en el lado chileno serán debidamente dispuestos en este relleno sanitario.

3.3.5 ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES

- ***D.S. Nº379/85, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Reglamento sobre Requisitos Mínimos de Seguridad para el Almacenamiento de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo Destinado al Consumo Propio***

En el área de mantención de equipos de la mina (ubicada en Chile) el Proyecto original contemplaba la instalación de estanques superficiales para almacenar 20.000 litros de gasolina y 10.000 litros de petróleo diesel, dando cumplimiento al D.S. Nº379/85. Las modificaciones del Proyecto consideran que en el sector de la mina el almacenamiento de petróleo diesel se efectuará en tres estanques con una capacidad total de 2,34 millones de litros en total (la capacidad de almacenamiento de gasolina se mantiene en 20.000 litros). Dichos estanques se construirán de acuerdo con las disposiciones técnicas establecidas en esta normativa.

3.3.6 VIALIDAD Y TRANSPORTE

- ***D.S Nº158/80, Ministerio de Obras Públicas. Establece Límites de Peso por Eje y Límite de Peso Bruto Total para Vehículos que Pueden Circular por Caminos Públicos. Modificado por D.S Nº1.919/02, Ministerio de Obras Públicas***

El D.S. Nº1.910/02 introduce un nuevo numeral (2.2.4) al D.S. Nº158/80, que señala: "el Director de Vialidad, con el visto bueno del Ministro de Obras Públicas, podrá mediante resolución fundada, establecer límites de peso máximo superiores a 45 toneladas en el peso bruto total de los vehículos para la circulación por caminos específicos o tramos de éstos, en los cuales no existan estructuras con limitación de carga y previo informe técnico favorable de la Subdirección respectiva". Por tratarse básicamente de una atribución asignada al director de Vialidad, esta norma no tiene aplicación directa al Proyecto. El cumplimiento del texto normativo original se mantiene inalterado.

3.4 NORMATIVA ADICIONAL APLICABLE AL PROYECTO

En esta sección se presentan las normas ambientales adicionales y de reciente dictación que son aplicables al Proyecto (no existían al momento de aprobarse el Proyecto original). En cada caso se señala la relación de la norma con el Proyecto y su forma de cumplimiento. En el Capítulo 9 del presente EIA se incluyen las fichas específicas que contienen la relación de cada norma con el Proyecto y su forma de cumplimiento según la aprobación vigente.

3.4.1 AIRE

- ***D.S Nº112/02, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Establece Norma Primaria de Calidad del Aire para Ozono***

El D.S. Nº112/02 establece como norma primaria de ozono (O_3) una concentración de 120 µg/m^{3}N en 8 horas. Considerando las condiciones favorables de ventilación de alta cordillera y la significativa distancia a la que se encuentran los asentamientos humanos más próximos al proyecto (más de 30 km), se puede establecer que esta norma se cumplirá ampliamente conforme a las disposiciones por ella establecidas.

- ***D.S. Nº113/02, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, establece Norma Primaria de Calidad del Aire para Dióxido de Azufre***

El D.S. Nº113/02 establece una norma primaria de 80 µg/m3N como concentración anual de dióxido de azufre (SO_2), y una norma primaria de 250 µg/m^{3}N como concentración de 24 horas. El cumplimiento de dichas normas ha sido verificado para el Proyecto considerando el aumento en el ritmo de procesamiento de mineral, lo cual se traducirá en un aumento en la tasa de emisión de SO_2, cuya principal fuente se ubicará en el sector de la planta de procesos (Argentina). La emisión actualizada es de 8,3 toneladas/día como máximo diario. Para tal efecto se aplicó un modelo de dispersión atmosférica cuyos resultados se muestran en las Figuras 6.3 y 6.4 del Capítulo 6 del presente EIA. Hacia el lado chileno se proyectan niveles reducidos de SO_2 (<15 µg/m^3) inferiores a los límites establecidos en la normativa vigente (D.S. Nº113/2002 MINSEGPRES).

- ***D.S Nº114/02, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Establece Norma Primaria para Dióxido de Nitrógeno***

El D.S. Nº114/02 establece como norma primaria de dióxido de nitrógeno (NO_2) una concentración de 400 µg/m³N en 1 hora. Considerando las condiciones favorables de ventilación de alta cordillera y la significativa distancia a la que se encuentran los asentamientos humanos más próximos al proyecto (más de 30 km), se puede establecer que esta norma se cumplirá ampliamente conforme a las disposiciones por ella establecidas.

- ***D.S. Nº115/02, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, establece Norma Primaria de calidad del aire para Monóxido de Carbono***

El D.S. Nº115/02 establece como norma primaria de monóxido de carbono (CO) una concentración de 10 mg/m³ en 8 horas. Considerando las condiciones favorables de ventilación de alta cordillera y la significativa distancia a la que se encuentran los asentamientos humanos más próximos al proyecto (más de 30 km), se puede establecer que esta norma se cumplirá ampliamente conforme a las disposiciones por ella establecidas.

- ***D.S. Nº75/87, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, que establece condiciones de carga de indica***

Este cuerpo legal señala que los vehículos que transporten desperdicios, arena, tierra, ripio u otros materiales que puedan escurrirse o caer al suelo, estarán construidos de forma que ello no ocurra por causa alguna. En las zonas urbanas el transporte de material que produzca polvo deberá efectuarse siempre cubriendo total y eficazmente los materiales con un sistema que impida su dispersión al aire. En cumplimiento de estas disposiciones, el transporte de materiales del Proyecto se realizará en camiones adecuados, que eviten, según corresponda, el escurrimiento de materiales al suelo y la dispersión al aire.

- ***D.S. Nº185/91, Ministerio de Minería, Reglamenta el Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuros, Material Particulado y Arsénico, Modificado por D.S. Nº59/2001 , Ministerio Secretaría General de la Presidencia***

El D.S. Nº185/91 establece la norma secundaria para anhídrido sulfuroso (SO_2), estableciendo un valor de 1.000 µg/m³N para la zona norte del país. El cumplimiento de dicha norma ha sido verificado para el Proyecto considerando el aumento en el ritmo de procesamiento de

mineral, lo cual se traducirá en un aumento en la tasa de emisión de SO_2, cuya principal fuente se ubicará en el sector de la planta de procesos (Argentina). La emisión actualizada es de 8,3 toneladas/día como máximo diario. Para tal efecto se aplicó un modelo de dispersión atmosférica cuyos resultados se muestran en las Figuras 6.3 y 6.4 del Capítulo 6 del presente EIA. Hacia el lado chileno se proyectan niveles reducidos de SO_2 (<15 µg/m^3 como valores de 24 horas). Proyectando los valores a concentraciones máximas de 1 hora mediante factor EPA (concentración 24 h = 0,4 x concentración 1 h) se obtiene un nivel de aproximadamente 40 µg/m^{3}N, muy inferior a la norma secundaria del D.S. Nº185.

- ***D.S. Nº4/94, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Normas de Emisión de Contaminantes Aplicables a Vehículos Motorizados***

El D.S. Nº4/94 establece los límites de emisión de monóxido de carbono e hidrocarburos de acuerdo a la antigüedad de los vehículos. CMN exigirá que los vehículos que accedan al Proyecto cuenten con certificado de revisión técnica al día en cumplimiento de dicha norma.

3.4.2 AGUA

- ***D.S. Nº90/00, Secretaría General de la Presidencia. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales***

La RCA Nº039/2001 de COREMA III Región que aprobó ambientalmente el Proyecto Pascua-Lama establece en su numeral 4.3.18 letra f), que la planta de tratamiento de drenaje ácido será construida y operada para lograr la calidad de descarga que cumpla con la Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales (o aquella normativa vigente al momento de poner en marcha la planta de tratamiento), y a la vez proteger la calidad de riego en el río del Estrecho en el punto de monitoreo NE-4. La puesta en vigencia del D.S. Nº90/2000 (publicado en el Diario Oficial en marzo de 2001) hace necesaria su aplicación al Proyecto.

En la sección 6.4 del Capítulo 6 del presente EIA se desarrolla la forma de cumplimiento del D.S. Nº90/00 a la descarga del sistema de manejo y tratamiento de los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte. En dicho capítulo se actualizan los límites máximos de descarga del efluente manteniendo los criterios y compromisos aprobados en el Proyecto original (EIA 2000). Los límites actualizados se han definido en cumplimiento de las siguientes condiciones:

A ***Límite máximo de la Tabla Nº2 del D.S. Nº90:*** se aplica para aquellos parámetros en que la tasa de dilución del río proporciona límites máximos mayores que aquellos establecidos en la Tabla Nº2, y por tanto quedan limitados a los valores de esta última.

B ***12 veces el límite máximo de la Tabla Nº1 del D.S. Nº90:*** se aplica para aquellos parámetros en que la tasa de dilución del río proporciona límites máximos inferiores a aquellos establecidos en la Tabla Nº2, y por tanto quedan limitados al factor de dilución (1+d = 12) aplicado a los valores de la Tabla Nº1.

C ***Contenido natural del cuerpo receptor en NE-2:*** se aplica para aquellos parámetros en que el contenido natural en el cuerpo receptor (sector de descarga) es mayor que el límite del D.S. Nº90, aceptándose la concentración de línea base como límite de descarga.

D ***Nivel que permite alcanzar el 80% de la norma de riego NCh 1.333/78 en NE-4:*** se aplica para aquellos parámetros en que la aplicación de las condiciones anteriores resultan en concentraciones que superan el 80% de la norma de riego en el punto NE-4 (sector de primeras captaciones para riego). En estos casos se reduce el límite de descarga a un valor que permita obtener un 80% de la norma de riego como concentración máxima en NE-4. Esta condición también se aplica para aquellos parámetros no regulados en el D.S. Nº90.

La Tabla 6.1 del Capítulo 6 presenta la calidad de descarga actualizada y su comparación con los niveles máximos definidos originalmente.

- ***D.S. Nº594/99, Ministerio de Salud. Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo***

Los artículos 12 y siguientes del D.S. Nº594/99 establecen que todo lugar de trabajo deberá contar con agua potable destinada al consumo humano. Por su parte, el artículo 24 dispone que ante la imposibilidad de instalar servicios higiénicos conectados a una red de alcantarillado, se deberá proveer letrinas sanitarias o baños químicos. A efectos de dar cumplimiento a estas disposiciones, CMN ampliará las plantas de potabilización de agua y de tratamiento de aguas servidas del campamento Barriales, y someterá a consideración de la autoridad los respectivos permisos sectoriales. En los lugares distantes de trabajo de construcción se emplearán baños químicos bajo las disposiciones de la presente norma.

3.4.3 RESIDUOS SÓLIDOS

- ***D.S. Nº594/99, Ministerio de Salud. Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo***

El artículo 19 del D.S. Nº594/99 señala que para el tratamiento o disposición final de residuos industriales fuera o dentro del predio se deberá contar con autorización sanitaria, incluyendo el transporte, tratamiento y la disposición final, según corresponda. En tanto, el artículo 20 dispone que se deberá presentar a la autoridad sanitaria una declaración en que conste la cantidad y calidad de los residuos industriales, diferenciando claramente los residuos industriales peligrosos. A objeto de dar cumplimiento a la presente norma, CMN presentará al Servicio de Salud Atacama un plan de manejo de los residuos generadas en el Proyecto, señalando el tipo y cantidad de los residuos, diferenciando los de carácter peligroso. La disposición de los residuos domésticos e industriales inertes se realizará en un relleno sanitario a construir en la faena, mientras que los residuos peligrosos serán enviados para su tratamiento y/o disposición final por terceros autorizados.

- ***D.S. Nº148/03, Ministerio de Salud. Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos***

El D.S. Nº148/03 establece en sus artículos 25 y siguientes la obligación de presentar a la autoridad sanitaria un plan de manejo de residuos peligrosos. CMN dará cumplimiento a esta norma a través de la presentación del plan requerido. En el Proyecto sólo existirá almacenamiento transitorio de residuos peligrosos (inferior a seis meses), para luego proceder a su envío para tratamiento y/o disposición final por terceros autorizados.

3.4.4. PATRIMONIO CULTURAL

- ***D.S. Nº484/91, Ministerio de Educación. Reglamento de la Ley de Monumentos Nacionales***

El D.S. Nº484/91 establece que las personas naturales o jurídicas que al hacer prospecciones y/o excavaciones en cualquier punto del territorio nacional y con cualquier finalidad encontrare ruinas, yacimientos, piezas u objetos de carácter arqueológico, antropológico o paleontológico, están obligadas a denunciar de inmediato al descubrimiento al Gobernador Provincial, quien ordenará a Carabineros que se haga responsable de su vigilancia hasta que el Consejo de Monumentos Nacionales se haga cargo de él. Si bien las

obras del Proyecto se construirán en lugares donde no se han registrado elementos o sitios de valor patrimonial, las disposiciones de esta normativa se aplicarán en el caso eventual de producirse algún hallazgo durante la ejecución de movimientos de tierra. Además, se instalarán cercos de protección alrededor de los sitios Río del Estrecho y Confluencia, ambos cercanos al Proyecto.

3.4.5 ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES

- ***D.S. Nº327/97. Reglamento General de la Ley de Servicios Eléctricos***

El artículo 206 del D.S. Nº327/98 señala que las especificaciones técnicas de todo proyecto eléctrico, así como su ejecución, operación y mantenimiento, deberán ajustarse a las normas técnicas y reglamentos vigentes. En cumplimiento de ello, el diseño del sistema eléctrico en el lado chileno será sometido a la aprobación de la SEC.

3.4.6 SUSTANCIAS ESPECIALES

- ***D.S. Nº77/82, Ministerio de Defensa Nacional. Reglamento Complementario de la Ley Nº17.798***

La letra c) del artículo 1º establece que los explosivos están sujetos a control de la Dirección General de Movilización Nacional. El control de la Dirección recae sobre la fabricación, importación, internación, transferencia, transporte, distribución, posesión, tenencia, empleo, consumo y/o la celebración de cualquier convenio sobre ellos. El artículo 76 obliga a ubicar las instalaciones destinadas al almacenamiento de explosivos en los lugares que permita la municipalidad correspondiente y con aprobación de la Dirección. Los explosivos del Proyecto Pascua-Lama serán suministrados por una empresa especializada y debidamente autorizada para tal efecto, conforme a las disposiciones del Reglamento. CMN o la empresa contratista someterá a aprobación por parte de la Dirección General de Movilización Nacional, la construcción y operación del polvorín y el uso de los explosivos.

3.4.7 SEGURIDAD MINERA

- ***D.S Nº72/85, modificado por D.S Nº132/02. Reglamento de Seguridad Minera***

El artículo 67 del D.S. Nº72/85 señala que previo al inicio de construcción de un proyecto, las empresas mineras deberán enviar al Servicio Nacional de Geología y Minería la Resolución de Calificación Ambiental aprobatoria correspondiente. Por otra parte, el artículo 23 establece que las empresas mineras deberán presentar un plan de cierre y mantener una actualización del mismo con una frecuencia no inferior a 5 años. Por tanto, en cumplimiento de esta disposición, CMN enviará al Servicio las Resoluciones de Calificación Ambiental emitidas por la COREMA III Región (para el Proyecto original y las modificaciones del presente EIA) previo al inicio de la fase de construcción. Asimismo, CMN presentará el plan de cierre requerido, conjuntamente con la solicitud de autorización del método de explotación minera.

3.5 NORMATIVA DEROGADA

En esta sección se señalan aquellas normas ambientales contempladas en el Proyecto original que fueron derogadas después de aprobado el Proyecto, y por tanto dejan de ser aplicables.

- Resolución Nº1.215. Normas Sanitarias Mínimas Destinadas a Prevenir y Controlar la Contaminación Atmosférica.
- Ley Nº3.133. Neutralización de los Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales.
- D.S. Nº351/92, Ministerio de Obras Públicas. Reglamento para la Neutralización y Depuración de los Residuos Líquidos Industriales a que se refiere la Ley Nº3.133.
- D.S. Nº745/92, Ministerio de Salud. Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.

3.6 PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES

La RCA Nº039/2001 certifica, en el numeral 2 de la parte resolutiva, que el Proyecto cumple con todos los requisitos ambientales y con la normativa de carácter ambiental, incluidos los permisos ambientales sectoriales aplicables al Proyecto Pascua-Lama. Los permisos ambientales sectoriales aprobados están enunciados en el numeral 4 de dicha Resolución, e incluyen los siguientes:

i. Art. 81 del DS 30/97, Reglamento del SEIA: Permiso para el Transporte de Materiales Radiactivos en todas las modalidades de transporte por vía terrestre, acuática o aérea, mientras tales materiales radiactivos no formen parte integrante del medio de transporte, a que se refiere el artículo 1 del DS 12/85 del Ministerio de Minería, que aprueba el Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial corresponde al artículo 83.

ii. Art. 86 D.S. Nº30/97, Reglamento del SEIA: Permiso para establecer botaderos en las minas a tajo abierto, a que se refiere el artículo 318 del D.S. Nº72/85 del Ministerio de Minería, Reglamento de Seguridad Minera. Este artículo señala que en las minas a tajo abierto, los botaderos se establecerán de acuerdo a un Proyecto realizado por el Administrador y aprobado por el Director del Servicio Nacional de Geología y Minería. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial corresponde al artículo 88.

iii. Art. 87 DS 30/97, Reglamento SEIA: Permiso municipal para la extracción de ripio y arena en los cauces de los ríos y esteros, a que se refiere el artículo 11 de la Ley Nº11.402. El permiso lo otorga la Ilustre Municipalidad de Alto del Carmen. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial corresponde al artículo 89.

iv. Art. 89 DS Nº30/97, Reglamento del SEIA: Permiso para vaciar residuos líquidos que contengan sustancias nocivas a la bebida o al riego, provenientes de establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquiera otra especie, en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan aguas o en vertientes, lagos, lagunas o depósitos de agua, a que se refiere el artículo 3 de la Ley Nº3133/16, sobre Neutralización de los Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales y su Reglamento. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial fue eliminado.

v. Art. 90 D.S. Nº30/97, Reglamento del SEIA: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la provisión o purificación de agua potable a una población, a que se refiere el artículo 71 letra a) del Código Sanitario. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial fue eliminado.

vi. Art. 91 DS Nº30/97, Reglamento SEIA: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros, a que se refiere el artículo 71 letra b) del DFL 725/67, Código Sanitario. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial corresponde al artículo 90.

vii. Art. 92 D.S. Nº30/97, Reglamento SEIA: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza, a que se refiere el artículo 71 letra b) del Código Sanitario. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial corresponde al artículo 91.

viii. Art. 93 DS 30/97, Reglamento SEIA: Permiso para ejecutar labores mineras en sitios donde se han alumbrado aguas subterráneas en terrenos particulares o en aquellos lugares cuya explotación pueda afectar el caudal o la calidad natural del agua, a que se refiere el artículo 74 del DFL 725/67, Código Sanitario. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial corresponde al artículo 92.

ix. Art. 94 D.S. Nº30/97, Reglamento del SEIA: Permiso para la construcción, modificación, y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase, a que se refieren los artículos 79 y 80 del DFL 725/67, Código Sanitario. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial corresponde al artículo 93.

x. Art. 95 D.S. Nº30/97, Reglamento del SEIA: Permiso para la instalación, ampliación o traslado de industrias, a que se refiere el artículo 83 del Código Sanitario. En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial fue eliminado.

xi. Art. 97 D.S. Nº30/97, Reglamento SEIA: Permiso para subdividir y urbanizar terrenos rurales para complementar alguna actividad industrial con viviendas, dotar de equipamiento a algún sector rural, o habilitar un balneario o campamento turístico; o para las construcciones industriales, de equipamiento, turismo y poblaciones, fuera de los límites urbanos (cambio uso de suelo), a que se refieren los inciso 3º y 4º del artículo

55, Decreto con Fuerza de Ley 458, Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC). En el Reglamento modificado del SEIA (mediante D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) este permiso ambiental sectorial corresponde al artículo 96.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama que se someten a evaluación ambiental a través del presente EIA, generan o implican cambios en los siguientes permisos sectoriales del Reglamento del SEIA (modificado por D.S. Nº59/02 MINSEGPRES) respecto de lo aprobado originalmente (el resto de los permisos ambientales no experimentan cambios):

- Art. 90 del Reglamento del SEIA: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros, a que se refiere el artículo 71 letra b) del DFL 725/67, Código Sanitario. Este permiso aplica a la descarga del efluente del sistema de manejo y tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte, cuya calidad se ha actualizado según las disposiciones del D.S. Nº90/00 MINSEGPRES.

- Art. 91,del Reglamento del SEIA: Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza, a que se refiere el artículo 71 letra b) del Código Sanitario. Este permiso aplica a la ampliación de la capacidad de tratamiento de aguas servidas requerida en el sector del campamento Barriales, para aumentar su capacidad de alojamiento (750 personas durante la fase de construcción y 500 a 600 personas durante la fase de operación).

- Art. 93 del Reglamento del SEIA: Permiso para la construcción, modificación, y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase, a que se refieren los artículos 79 y 80 del DFL 725/67, Código Sanitario. Este permiso aplica a la habilitación de un relleno sanitario en el lado chileno.

Adicionalmente, el Reglamento del SEIA incorpora el siguiente permiso ambiental sectorial aplicable al Proyecto:

- Art. 101 del Reglamento del SEIA: Permiso para la construcción de obras a que se refiere el artículo 294 del Código de Aguas. Este permiso aplica a las piscinas de almacenamiento del drenaje generado en el depósito de estériles Nevada Norte.

- Art. 106 del Reglamento del SEIA: Permiso para las obras de regularización y defensa de cauces naturales, a que se refiere el segundo inciso del artículo 171 del D.F.L. Nº1.122 de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas. Este permiso aplica a las obras de desvío de escorrentías superficiales y obras de conducción de aguas naturales en el entorno del depósito de estéril Nevada Norte, para evitar su ingreso a estas obras.

A continuación se presentan los requisitos para el otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar el cumplimiento de los permisos ambientales sectoriales.

3.6.1 ART. 90 DEL REGLAMENTO DEL SEIA

PERMISO	**Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros.**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 90
	Sectorial de Referencia	Artículo 71 letra b), DFL Nº 725/67
AUTORIDAD	SERVICIO DE SALUD	
Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento		

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

a) Caracterización físico-químico y microbiológica correspondiente al residuo industrial de que se trate

La caracterización del efluente del sistema de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte se presenta en la Tabla 6.1 del Capítulo 6 de este EIA, y cumple con los criterios y límites establecidos en el D.S. Nº90/02 MINSEGPRES "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".

b) La cuantificación del caudal a tratar, evacuar o disponer

El caudal medio a tratar y evacuar es de 8 litros por segundo (l/s).

c) Tipo de tratamiento de los residuos industriales y mineros

Se anticipa que los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte (infiltraciones de deshielo de nieve) tengan características ácidas y contenidos de metales disueltos. Por tanto, se considera su tratamiento en una planta convencional de neutralización con cal. Se estima un consumo anual de aproximadamente 760 toneladas de cal.

d) La evacuación y disposición final de los residuos industriales y mineros, considerando, entre otros, los olores

La evacuación del efluente de la planta de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte se efectuará en el sector NE-2 del río del Estrecho, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Barriales. El efluente no presentará olores u otros efectos indeseados.

e) El efecto esperado de la descarga sobre el cuerpo o curso receptor, identificando los usos actuales y previstos de dicho receptor

El efecto esperado de la descarga del efluente del sistema de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte se describe en el Capítulo 6 del presente EIA. Básicamente el sistema se ha diseñado con el objetivo de cumplir (además de la norma de emisión) la norma de riego NCh 1.333/78 en el punto de monitoreo NE-4 del río del Estrecho (sector más próximo al Proyecto en que existen captaciones o tomas de agua para riego). Específicamente se consideró no superar el 80% de los niveles establecidos en la NCh 1.333/78, con excepción de los parámetros que naturalmente exceden la norma de riego en el punto NE-4.

f) La identificación de existencia de lodos, su cantidad y su caracterización físico-químico y microbiológica

El tratamiento mediante neutralización con cal del efluente del sistema de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte generará una cantidad estimada de 1.000 metros cúbicos al año de lodo inerte. Este lodo estable no genera lixiviados.

g) Las características del tratamiento, disposición o evacuación de los lodos

El lodo será dispuesto en piscinas de decantación ubicadas cerca del sistema de manejo y tratamiento. Luego, serán transportados para su disposición final en el depósito Nevada Norte, según lo establecido en la RCA Nº 039/2001 (Punto 4.3.18 Sistema de Control de Drenaje Ácido, letra f).

3.6.2 ART. 91 DEL REGLAMENTO SEIA

PERMISO	**Construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza.**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 91
	Sectorial de Referencia	Artículo 71 letra b) del D.F.L. 725/67, Código Sanitario
AUTORIDAD	SERVICIO DE SALUD	

Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento

En el Estudio o Declaración de impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

a) En caso de disposición de las aguas por infiltración:

a.1. La profundidad de la napa en su nivel máximo de agua, desde el fondo del pozo filtrante

a.2. La calidad del terreno para efectos de determinar el índice de absorción

a.3. La cantidad de terreno necesario para filtrar

a.4. La caracterización físico-química y microbiológica de las aguas

No se considera infiltrar directamente las aguas servidas del campamento Barriales. Las aguas serán tratadas, por lo que aplica lo señalado en la letra b) y c).

b) En caso que las aguas, con o sin tratamiento, sean dispuestas en un cauce superficial:

b.1. La descarga del efluente en el cauce receptor

La descarga de las aguas servidas tratadas se efectuará en el tramo final de la Quebrada Barriales (sector de confluencia con el Río del Estrecho), aguas abajo del punto de captación de agua potable, con un caudal estimado entre 1,1 a 1,6 litros por segundo.

b.2. La caracterización físico química y microbiológica de las aguas

Las características de las aguas tratadas se señalan en la sección c.3) más abajo.

b.3. Las características hidrológicas y de calidad del cauce receptor, sus usos actuales y previstos

El cauce receptor (Quebrada Barriales) presenta un caudal medio registrado de 0,1 l/s. Las aguas de la Quebrada Barriales presentan un pH neutro y contenidos de parámetros físico–químicos y microbiológicos que, en general, cumplen con la norma NCh 1.333/78. El tramo entre el punto de descarga y la confluencia con el Río del Estrecho (distancia menor de 200 m) no posee uso actual y no se prevé a futuro.

c) ***En casos de plantas de tratamiento de aguas servidas:***

c.1. La caracterización físico-química y microbiológica del caudal a tratar

Las aguas corresponderán a residuos líquidos domésticos. Típicamente estos residuos presentan las siguientes concentraciones medias:

Sólidos en Suspensión:	400 mg/l
DBO5:	400 mg/l
DQO:	800 mg/l
Nitrógeno Total:	60 mg/l
Fósforo Total:	12 mg/l
Cloruros:	400 mg/l
Sulfatos:	300 mg/l
Grasas:	100 mg/l
Coliformes Totales	$10^7 – 10^8$ NMP/100 ml

c.2 El caudal a tratar

El caudal a tratar se estima entre 90 y 140 metros cúbicos por día, equivalente a un caudal medio de 1,1 a 1,6 l/s.

c.3. Caracterización físico-química y bacteriológica del efluente tratado a descargar al cuerpo o curso receptor

El efluente tratado en una planta tipo contacto biológico rotatorio (CBR) u otra tecnología probada tendrá la siguiente caracterización estimada:

Sólidos en Suspensión:	80 mg/l
DBO5:	35 mg/l
DQO:	100 – 120 mg/l
Nitrógeno Total:	10 – 15 mg/l
Fósforo Total:	10 mg/l
Cloruros:	250 mg/l
Sulfatos:	250 – 500 mg/l
Grasas:	10 mg/l
Coliformes Totales	1000 NMP/100 ml

c.4. La caracterización y forma de manejo y disposición de los lodos generados por la planta

Los lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas del campamento Barriales serán dispuestas en el relleno sanitario que se habilitará en el lado chileno, cumpliendo con las condiciones de humedad necesarias para una adecuada disposición.

3.6.3 ART. 93 DEL REGLAMENTO DEL SEIA

PERMISO	**Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 93
	Sectorial de Referencia	Artículo 79 y 80 DFL Nº 725/67
AUTORIDAD	SERVICIO DE SALUD	
Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento		

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

a) Aspectos Generales:

a.1. Definición del tipo de tratamiento

Los residuos domésticos y residuos sólidos asimilables a domésticos[1] serán dispuestos en relleno sanitario del Proyecto. No se contempla un tratamiento especial previo a la disposición de los residuos.

a.2. Localización y características del terreno

El relleno sanitario se ubicará cerca del sector de confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales. La ubicación del relleno sanitario cumplirá con los siguientes criterios:

- Más de 60 metros de distancia de cursos superficiales de agua
- Sitio no expuesto a inundaciones, avalanchas, remoción en masa y otros riesgos naturales
- Fuera de suelos saturados, afloramientos de agua y vegas
- Más de 300 metros de cualquier lugar habitable (campamento en este caso)
- Napa a más de 5 metros de profundidad

[1] Los residuos sólidos asimilables a domésticos se definen como residuos sólidos, basuras o desperdicios generados en procesos industriales no son calificados como residuos peligrosos por la autoridad y que además, por su composición y características físicas, químicas y bacteriológicas pueden ser manejados en un relleno sanitario. Proyecto "Reglamento de Rellenos Sanitarios", documento de consulta publica, Julio de 2003.

- Alejado del polvorín (más de 6 km)

El terreno corresponde principalmente a morrenas con altos contenidos de arcillas y limos, con espesores que permiten disponer de material de cobertura, considerando excavación para el relleno.

a.3. Caracterización cualitativa y cuantitativa de los residuos

Los residuos a disponer en el relleno sanitario corresponden a residuos domésticos, compuestos principalmente por restos de alimentos, envases y envoltorios, desechos de útiles de aseo personal, papeles, cartones, plásticos. La cantidad de residuos se estima en 750 kg/día durante la fase de construcción y de 500 a 600 kg/día durante la fase de operación. En términos volumétricos se estima un total de 5.000 metros cúbicos al cabo de la vida útil del proyecto.

a.4. Obras civiles proyectadas y existentes

No se tiene proyectada la construcción de obras civiles en el área del relleno sanitario, con excepción de las excavaciones propiamente tales del relleno, el acceso y cerco perimetral.

a.5. Vientos predominantes

Los vientos predominantes en el área de Barriales son del noroeste (soplan hacia el sureste); no existe población humana establecida a sotavento.

a.6. Formas de control y manejo de material particulado, de las emisiones gaseosas, de las partículas de los caminos de acceso e internos que se pretenda implementar, y de olores, ruidos, emisiones líquidas y vectores

Control y manejo de material particulado: Se regará periódicamente el camino de acceso a la instalación y se humedecerá el material de cobertura en la medida que se requiera.

Emisiones gaseosas y olores: Debido a las condiciones climáticas del área donde se ubica el proyecto no se generarán emisiones gaseosas ni olores. La cobertura diaria de los residuos controlará la generación de biogás y la emanación de olores.

Ruidos: El relleno se ubicará alejado de asentamientos humanos y a distancia suficiente del campamento Barriales para evitar ruidos molestos generados por el tránsito de vehículos y el funcionamiento de maquinaria para el recubrimiento de los residuos.

Emisiones líquidas: Para evitar las emisiones líquidas se considera remover la nieve caída en período de invierno, antes de iniciarse la temporada de deshielo. Además el relleno sanitario contará con canales perimetrales de desvío de escorrentías y cobertura diaria de los residuos para evitar el contacto directo de precipitaciones con los residuos.

Vectores: Mediante la cobertura de los residuos se controlará la proliferación de vectores. Además se instalará un cierre perimetral al relleno con la finalidad de evitar el ingreso de animales y personas no autorizadas. El cierre tendrá una altura mínima de 1.8 m.

a.7. Características hidrológicas e hidrogeológicas

El área donde se ubicará el relleno sanitario tiene un régimen hidrológico de tipo nival, con escorrentías generadas por derretimiento de nieve caída en el período de invierno. Las aguas tienden a canalizarse por quebradas y el cauce principal del río del Estrecho y la quebrada Barriales. Existen terrazas o sectores relativamente planos sin presencia de cursos de agua, aptos para instalar un relleno sanitario. Se trata principalmente de depósitos morrénicos que constituyen áreas de tránsito para las aguas subterráneas, con flujos predominantemente laterales hacia los cauces principales anteriormente señalados, a profundidades de 7 metros o más. La conductividad hidráulica se ha determinado en el orden de $4x10^{-5}$ cm/s.

a.8. Planes de prevención de riesgos y planes de control de accidentes, enfatizando las medidas de seguridad y de control de incendios, derrames y fugas de compuestos y residuos

El relleno sanitario se encontrará incluido en los planes generales de prevención de riesgos y control de accidentes de la faena Pascua-Lama.

a.9. Manejo de residuos generados dentro de la planta

Los residuos serán dispuestos transitoriamente en contenedores o recipientes cerrados en las áreas de generación y luego serán enviados al relleno sanitario del Proyecto para su disposición final. En el relleno los residuos serán compactados y cubiertos diariamente con una capa de tierra de aproximadamente 15 cm de espesor como mínimo. Para el cubrimiento de los residuos se utilizará el material removido durante la preparación del terreno.

b) Tratándose de una estación de transferencia, además de lo señalado en la letra a), la forma de carga y descarga de residuos, el control de material particulado, gases y olores, producto de la descarga de residuos y operación de la estación; y residuos líquidos producto del lavado de superficie, así como el escurrimiento de percolados

No aplica.

c) ***Tratándose de plantas de compostaje, además de lo señalado en la letra a):***

c.1. Sistema de manejo de líquidos lixiviados

c.2. Sistema de manejo de los rechazos

No aplica.

d) ***Tratándose de una planta de incineración, además de lo señalado en la letra a), el manejo de los residuos sólidos, cenizas y escorias y residuos líquidos generados, el control de las temperaturas de los gases de emisión, el manejo de los gases de emisión, y control de la operación de la planta de incineración***

En caso que el Proyecto incorpore un incinerador de residuos orgánicos dentro del Área de Operaciones del Protocolo, se procederá con la respectiva solicitud de permisos ambientales y sectoriales conforme a la normativa vigente.

e) ***Tratándose de un relleno sanitario y de seguridad, además de lo señalado en la letra a):***

e.1. Sistema de impermeabilización lateral y de fondo

El documento de consulta publica "Reglamento de rellenos sanitarios", versión julio de 2003, establece los criterios de impermeabilización según las condiciones pluviométricas y rango de población servida. Por tratarse de una cantidad de personas no superior a 750 (inferior a 20.000 contemplado en el rango inferior del Reglamento), los requerimientos de impermeabilización corresponden a terreno natural con un espesor mínimo de 5 m sobre el nivel freático más alto, con una conductividad hidráulica equivalente máxima de 10^{-5} cm/s. De acuerdo a lo anterior, y considerando que en el área del Proyecto (sector campamento) el nivel freático se ubica a más de 7 m de profundidad y la conductividad hidráulica es del orden de $4x10^{-5}$ cm/s, sólo se requeriría una compactación del terreno para lograr una conductividad máxima de 10^{-5} cm/s.

e.2. Control y manejo de gases o vapores

Debido a la pequeña envergadura del relleno sanitario (para una población de hasta 750 personas) y las condiciones climáticas del lugar, se anticipan emisiones gaseosas insignificantes, no requiriéndose medidas especiales de control.

e.3. Definición del sistema de intercepción y evacuación de aguas lluvias

Se contempla la construcción de canales de desvío de escorrentías superficiales (ocasionales) para evitar el ingreso de éstas al relleno sanitario.

e.4. Calidad y espesor de material de cobertura

En el relleno los residuos serán compactados y cubiertos diariamente con una capa de tierra de 15 cm de espesor como mínimo. Para el cubrimiento de los residuos se utilizará el material removido durante la preparación del terreno, el cual consiste principalmente en morrenas con alto contenido de arcillas y limos.

e.5. Sistema de monitoreo de la calidad del agua subterránea

En el área donde se ubicará el relleno sanitario el Proyecto dispondrá de un pozo de monitoreo (NEV-3) que permitirán controlar la calidad del agua subterránea.

e.6. Control y manejo de lixiviados o percolados

Debido a la pequeña envergadura del relleno sanitario (para una población de hasta 750 personas) y las condiciones climáticas del lugar, la generación de líquidos percolados será insignificante (los criterios de impermeabilización aplican para poblaciones mayores de 20.000 habitantes). La nieve caída en el período de invierno podrá ser removida de la superficie del relleno en la medida que se requiera para evitar su infiltración al iniciarse los deshielos. Por lo tanto no se considera de sistemas de control y manejo de los mismos, con excepción de pozos de monitoreo.

e.7. Plan de cierre

El cierre del relleno sanitario contempla el recubrimiento de la superficie con una capa de tierra compactada libre de bolones de piedra u otros materiales de un espesor mínimo de 60 cm. El recubrimiento se realizará de manera de evitar grietas y afloramiento de residuos. Se mantendrá el cierre perimetral para evitar el ingreso de personas y de animales.

f) Tratándose de almacenamiento de residuos, además de lo señalado en la letra a):

f.1. Características del recinto

f.2 Establecimiento de las formas de almacenamiento, tales como a granel o en contenedores

No aplica.

3.6.4 ART. 101 DEL REGLAMENTO DEL SEIA

PERMISO	**Permiso para la construcción de las obras a que se refiere el artículo 294 del D.F.L. Nº 1.222 de 1981, Ministerio de Justicia, Código de Aguas**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 106
	Sectorial de Referencia	Artículo 294 del Decreto con Fuerza de Ley Nº 1.122, Código de Aguas
AUTORIDAD	Dirección General de Aguas	
Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento		

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas, condiciones y antecedentes que permitan comprobar que la obra no producirá la contaminación de las aguas.

El permiso a que se refiere el artículo 101 del Reglamento del SEIA aplica a las piscinas del sistema de manejo y tratamiento de los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte, cuya capacidad conjunta será de 160.000 metros cúbicos.

Las condiciones que permiten comprobar que la obra no producirá la contaminación de las aguas son las siguientes:

- Las obras (piscinas) constituyen parte del sistema de manejo y tratamiento de los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte, cuyo objetivo es justamente evitar la contaminación de las aguas del Río del Estrecho.

- Las piscinas estarán completamente revestidas con carpeta impermeable (tipo HDPE o similar) para evitar pérdidas por infiltración que pudieren contaminar las aguas.

- El sistema de piscinas estará gravitacionalmente conectado a la planta de tratamiento de drenajes para permitir que las aguas acumuladas pasen por un proceso de depuración antes de descargarse al cauce natural.

3.6.5 ART. 106 DEL REGLAMENTO DEL SEIA

PERMISO	**Permiso para las obras de regularización y defensa de cauces naturales**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 106
	Sectorial de Referencia	Artículo 171 del Decreto con Fuerza de Ley Nº 1.122, Código de Aguas
AUTORIDAD	Dirección General de Aguas	

Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas ambientales adecuadas, en consideración a:

a) La presentación de un croquis de ubicación general

El permiso se requiere para las obras hidráulicas que se habilitarán en el área del depósito de estéril Nevada Norte para el desvío de las quebradas que conforman las nacientes del río del Estrecho, de tal forma de evitar que estas aguas ingresen al depósito. Los cauces naturales (quebradas) serán interceptadas por dos canales de contorno (uno en el lado norte y otro en el lado sur del depósito) para conducir los flujos aguas abajo del depósito. En la Figura 3.1 se muestra el croquis de ubicación general de las obras señaladas.

b) La presentación de un plano de planta del sector modificado que comprenda, a lo menos, cien metros (100 m) antes y cien metros (100 m) después del sector modificado

En la Figura 3.2 se muestran en planta los cauces que serán desviados alrededor del depósito de estéril Nevada Norte para evitar el ingreso de aguas a esta obra.

c) La presentación de un perfil longitudinal de todo el tramo antes indicado

En la Figura 3.3 se muestra un perfil longitudinal representativo del sector en que se desviarán los cauces superficiales.

d) La presentación de un perfil transversal de la sección típica y de la sección crítica del cauce a modificar

Los cauces a modificar corresponden a pequeñas quebradas de alta cordillera, emplazadas en pendientes abruptas de terrenos rocosos. Confluyen en el sector de nacientes del río del Estrecho, en un relleno aluvial en que el cauce aún no se encuentra desarrollado (sección somera). Por tanto, las pequeñas secciones de cauce no permiten representarlas en perfiles transversales.

e) La presentación de un perfil transversal de la sección típica y de la sección crítica del cauce proyectado

En la Figura 3.4 se presentan las secciones transversales típicas de los canales que se considera habilitar en los lados norte y sur del depósito de estéril Nevada Norte.

f) La indicación de las obras de arte, si las hubiera, en el tramo a modificar

No se requieren obras de arte en los tramos a modificar. Las obras involucradas corresponden a canales perimetrales

g) La descripción de las obras proyectadas

En el depósito de estéril Nevada Norte los caudales principales serán interceptados y desviados mediante canales perimetrales para minimizar el contacto entre el agua y la roca estéril. Estos canales se ubicarán sobre los perímetros norte y sur del depósito, cruzando varias quebradas menores. Los canales serán excavados en roca de ladera. El canal norte se construirá al inicio del Proyecto, en tanto el canal sur se requiere para la fase final del Proyecto, con el propósito de desviar agua desde el sector sur del valle antes que se infiltre en el depósito. Durante el cierre, los canales interceptores perimetrales serán adaptados para funcionar como dren Francés (tuberías HDPE perforadas colocadas dentro de los canales y relleno de los canales con roca), de manera que no sean susceptibles a bloqueos de desprendimientos de materiales de ladera en el largo plazo. El canal norte conducirá las aguas desviadas hacia una quebrada ubicada aguas abajo del depósito de estéril, donde serán descargadas. El pie de esta quebrada se habilitará una obra (piscina) de sedimentación de sólidos. El cana sur descargará directamente en el río del Estrecho.

h) La presentación de la memoria técnica que contenga los cálculos hidráulicos necesarios, incluyendo, a lo menos, el cálculo de la capacidad máxima que posee el cauce sin la modificación y el cálculo de la capacidad máxima del cauce modificado

La modificación de cauce que requiere el Proyecto consiste en el desvío de pequeñas quebradas alrededor del depósito de estéril Nevada Norte, para evitar el ingreso de aguas a esta obra. Por tanto, en su condición modificada, estos cauces no conducirán aguas, al quedar bajo el área de emplazamiento del depósito. Los canales de desvío serán diseñados para conducir el flujo generado con un período de retorno de 100 años durante la operación (con caudales de diseño de 500 L/s para el canal perimetral norte, y 210 L/s para el canal perimetral sur), y de 1.000 años para el post cierre (el caudal de diseño para esta etapa se determinará a partir de los registros de caudales colectados durante la operación de cada canal perimetral). A partir de los puntos de devolución de aguas bajo el depósito, el cauce del río del Estrecho no será modificado, y mantendrá su actual capacidad de conducción de aguas.

CAPITULO 4

PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA Y NECESIDAD DE ELABORAR UN EIA

En consideración a lo estipulado en el artículo 12 letra e) del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, el presente capítulo tiene por objeto justificar el ingreso del Proyecto Modificaciones Proyecto Pascua–Lama a dicho sistema, y la necesidad de elaborar un Estudio de Impacto Ambiental.

4.1 PERTINENCIA DE INGRESO DEL PROYECTO AL SEIA

La pertinencia de ingreso de las Modificaciones del Proyecto Pascua–Lama al SEIA se ha determinado a la luz de lo establecido en los artículos 8 y 10 letra i) de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y en los artículos 2 letra d) y 3 letra i) del D.S. Nº95/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

De acuerdo al artículo 8 de la Ley 19.300, los proyectos o actividades señalados en su artículo 10 sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental. A su vez, el artículo 10 de la misma Ley lista los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, todos los cuales deberán someterse al SEIA. Dicho artículo, en su letra i), incluye expresamente a los ***proyectos mineros***, señalándolos de la siguiente forma: "*Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas, comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles, así como la extracción industrial de áridos, turba o greda*".

Una definición semejante se encuentra en el artículo 3, letra i) del Reglamento del SEIA, donde se precisa la definición de proyectos de desarrollo minero, prospecciones, exploraciones y extracción industrial de áridos, turba o greda. Además, en su artículo 2 letra d) el D.S. Nº95/2002 señala que por ***modificación de proyecto o actividad*** se entenderá lo siguiente: "*Realización de obras, acciones o medidas tendientes a intervenir o complementar un proyecto o actividad ya ejecutado, de modo tal que éste sufra cambios de consideración*".

Dado que las Modificaciones del Proyecto Pascua–Lama corresponden justamente a la modificación de un proyecto minero previamente aprobado en el SEIA (RCA Nº039/2001 de COREMA III Región), resulta procedente su ingreso a dicho sistema de evaluación contemplado en la Ley 19.300.

4.2 NECESIDAD DE ELABORAR UN EIA

En esta sección se desarrolla el contenido requerido en la letra e) del artículo 12 del Reglamento del SEIA, que exige la descripción pormenorizada de aquellos efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley 19.300 que dan origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Conforme al citado artículo 11 de la Ley 19.300, los proyectos o actividades que deben someterse al SEIA requerirán la elaboración de un EIA si generan o presentan alguno de los efectos, características o circunstancias que el mismo artículo señala. Una disposición equivalente está contenida en el Reglamento del SEIA, el que señala que el titular de un proyecto o actividad de los comprendidos en el artículo 3º deberá presentar una Declaración de Impacto Ambiental, salvo que dicho proyecto o actividad genere algunos de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley 19.300 o en los artículos 5 al 11 del mismo Reglamento.

En las secciones 4.2.1 a 4.2.6 siguientes se analizan, identifican y describen los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley 19.300 y en los artículos 5 al 11 del Reglamento del SEIA en relación con las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama. En la sección 4.3 se resumen los efectos que determinan la elaboración de un EIA.

4.2.1 RIESGO PARA LA SALUD DE LA POBLACIÓN, DEBIDO A LA CANTIDAD Y CALIDAD DE EFLUENTES, EMISIONES O RESIDUOS[1]

a) Lo establecido en las normas primarias de calidad ambiental y de emisión vigente. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 7 del presente Reglamento.

De acuerdo a lo señalado en las secciones siguientes, las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama requieren verificar el cumplimiento de la norma primaria de calidad del aire por material particulado respirable (MP-10) y anhídrido sulfuroso (SO_2) producto de la mayor actividad extractiva en la mina y de procesos en la planta de beneficio, y las mayores emisiones que ello genera.

Asimismo, se requiere actualizar la normativa aplicable a la descarga del efluente del sistema de manejo y tratamiento de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte (D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES), y verificar el cumplimiento de la norma de calidad de agua de riego debido a que se modifica el punto de captación de aguas del Proyecto, y por tanto se modifican las condiciones de dilución en el río del Estrecho.

b) La composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de las emisiones a la atmósfera.

Efluentes líquidos:

Las modificaciones del Proyecto no alteran la composición, peligrosidad, cantidad y concentración del efluente del sistema de manejo de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte.

La ampliación del campamento en el sector Barriales para lograr una capacidad de 750 personas en la fase de construcción y 500 a 600 personas en la fase de operación implica la generación de aguas servidas en una cantidad estimada de 90 m^3/día. Estas aguas serán sometidas a tratamiento en el área del Proyecto previo a su descarga, de modo que no afectará la salud de la población.

[1] Ley Nº19.300, Artículo 11, letra a), y Artículo 5 del Reglamento del SEIA.

Emisiones a la atmósfera:

El aumento en el ritmo de extracción de mineral desde un promedio de 37.000 tpd hasta un promedio de 48.800 tpd implicará un aumento proporcional en la tasa de emisión de material particulado. De igual forma, el mayor ritmo de proceso en la planta ubicada en Argentina (incremento de 33.000 tpd a 44.000 tpd a partir del cuarto año) implicará aumentar las emisiones de anhídrido sulfuroso y material particulado. Mediante el presente EIA se actualiza la evaluación del impacto de las emisiones de material particulado respirable y anhídrido sulfuroso del Proyecto en su entorno (Capítulo 6).

c) La frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.

Efluentes líquidos:

Las modificaciones del Proyecto no alteran la frecuencia, duración y lugar de disposición del efluente del sistema de manejo de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte.

La frecuencia, duración y lugar de disposición de las aguas servidas del campamento en el sector Barriales no implicarán efectos en la salud de la población, por cuanto se habilitará una planta de tratamiento que cumplirá con los estándares correspondientes.

Emisiones a la atmósfera:

Las emisiones atmosféricas del Proyecto, principalmente relacionadas con las actividades extractivas en la mina, no se modificarán en términos de frecuencia o lugar. La duración de las operaciones de a mina se reducirá de 18 a 17 años.

d) La composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos.

Las modificaciones del Proyecto no alteran la composición, peligrosidad y cantidad de los residuos sólidos que genere el sistema de tratamiento de los drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte.

La incorporación de una planta de tratamiento de aguas servidas para el campamento en el sector Barriales implica la generación de lodos, cuya composición, peligrosidad y cantidad no implicarán efectos adversos sobre la salud de la población, por cuanto se manejarán y dispondrán conforme a las prácticas y estándares habituales para este tipo de residuo.

Asimismo, la incorporación de un campamento permanente en el sector Barriales implica la generación de residuos domésticos en una cantidad estimada de 750 kg/día durante la fase de construcción y de 500 a 600 kg/día durante la fase de operación. Estos residuos serán dispuestos en un relleno sanitario diseñado, construido y operado según las disposiciones técnicas y ambientales establecidas en la normativa vigente, de modo que no afectarán la salud de la población.

e) La frecuencia, duración y lugar del manejo de residuos sólidos.

Las modificaciones del Proyecto no alteran la frecuencia, duración y lugar de manejo de los residuos sólidos que genere el sistema de tratamiento de los drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte.

La frecuencia, duración y lugar de disposición de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas servidas del campamento del sector Barriales no implicarán efectos sobre la salud de la población, por cuanto se manejarán y dispondrán conforme a las prácticas y estándares habituales para este tipo de residuo.

De igual modo, la frecuencia, duración y lugar de disposición de los residuos domésticos generados en el campamento del sector Barriales no implicarán efectos sobre la salud de la población, por cuanto se manejarán y dispondrán conforme a las disposiciones legales vigentes.

f) La diferencia entre los niveles estimados de ruido emitido por el proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde exista población humana permanente.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no implicarán aumentos de consideración en el nivel de ruido respecto del Proyecto original aprobado. En efecto, debido a que los niveles de ruido son expresados en decibeles (relación logarítmica con la potencia sonora de emisión), un aumento de actividad (y de emisiones de ruido) no tiene un impacto significativo respecto del impacto original, tal como se describe en el Capítulo 6 del presente EIA.

g) Las formas de energía, radiación o vibraciones generadas por el proyecto o actividad.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no generarán formas de energía o radiación que puedan afectar la salud de la población.

El mayor ritmo de extracción de mineral requerirá aumentar las tronaduras en él rajo. El efecto de este incremento sobre los niveles de vibración del terreno se evalúa en el Capítulo 6 del presente EIA.

h) Los efectos de la combinación y/o interacción conocida de los contaminantes emitidos o generados por el proyecto o actividad.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no generarán efectos de combinación y/o interacción conocida de los contaminantes emitidos o generados por el Proyecto.

4.2.2 Efectos Adversos Significativos Sobre la Cantidad y Calidad de los Recursos Naturales Renovables, Incluidos el Suelo, Agua y Aire[2]

a) Lo establecido en las normas secundarias de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 7 del presente Reglamento.

No se identifican implicancias respecto de la aplicación de normas secundarias de calidad ambiental y de emisión.

b) La composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.

Efluentes líquidos:

Las modificaciones del Proyecto no alteran la composición, peligrosidad, cantidad y concentración del efluente del sistema de manejo de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte.

La ampliación del campamento en el sector Barriales implica la generación de aguas servidas en una cantidad estimada de 90 m^3/día. Estas aguas serán sometidas a tratamiento en el área del Proyecto previo a su descarga, de modo que no afectarán significativamente la cantidad y calidad de los recursos hídricos.

[2] Ley Nº19.300, Artículo 11, letra b), y Artículo 6 del Reglamento del SEIA.

Emisiones a la atmósfera:

El aumento en el ritmo de extracción de mineral desde un promedio de 37.000 tpd hasta un promedio de 48.800 tpd implicará un aumento proporcional en la tasa de emisión de material particulado. De igual forma, el mayor ritmo de proceso en la planta ubicada en Argentina (incremento de 33.000 tpd a 44.000 tpd a partir del cuarto año) implicará aumentar las emisiones de anhídrido sulfuroso y material particulado. Mediante el presente EIA se actualiza la evaluación del impacto de las emisiones de material particulado respirable y anhídrido sulfuroso del Proyecto en su entorno (Capítulo 6).

c) La frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.

Efluentes líquidos:

Las modificaciones del Proyecto no alteran la frecuencia, duración y lugar de disposición del efluente del sistema de manejo de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte.

La frecuencia, duración y lugar de disposición de las aguas servidas del campamento en el sector Barriales no implicarán efectos significativos en la cantidad y calidad de los recursos hídricos, por cuanto se habilitará una planta de tratamiento que cumplirá con los estándares correspondientes.

Emisiones a la atmósfera:

Las emisiones atmosféricas del Proyecto, principalmente relacionadas con las actividades extractivas en la mina, no se modificarán en términos de frecuencia o lugar. La duración de la operación de la mina se reducirá de 18 a 17 años.

d) La composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos.

Las modificaciones del Proyecto no alteran la composición, peligrosidad y cantidad de los residuos sólidos que genere el sistema de tratamiento de los drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte.

La incorporación de una planta de tratamiento de aguas servidas para el campamento Barriales implica la generación de lodos, cuya composición, peligrosidad y cantidad no implicarán efectos adversos significativos en los recursos naturales, por cuanto se manejarán y dispondrán conforme a las prácticas y estándares habituales para este tipo de residuo.

Asimismo, la incorporación de un campamento en el sector Barriales implica la generación de residuos domésticos en una cantidad estimada de 750 kg/día durante la fase de construcción y de 500 a 600 kg/día durante la fase de operación. Estos residuos serán dispuestos en un relleno sanitario diseñado construido y operado según las disposiciones técnicas y ambientales establecidas en la normativa vigente, de modo que no afectarán los recursos naturales renovables.

e) La frecuencia, duración y lugar del manejo de residuos sólidos.

Las modificaciones del Proyecto no alteran la frecuencia, duración y lugar de manejo de los residuos sólidos que genere el sistema de tratamiento de los drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte.

La frecuencia, duración y lugar de disposición de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas servidas del campamento del sector Barriales no implicarán efectos significativos en la cantidad y calidad de los recursos naturales, por cuanto se manejarán y dispondrán conforme a las prácticas y estándares habituales para este tipo de residuo.

Asimismo, la frecuencia, duración y lugar de disposición de los residuos domésticos generados en el área del campamento no implicarán efectos sobre los recursos naturales renovables, por cuanto se manejarán y dispondrán conforme a las disposiciones legales vigentes.

f) La diferencia entre los niveles estimados de ruido por el proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde se concentre fauna nativa asociada a hábitats de relevancia para nidificación, reproducción o alimentación.

De acuerdo a lo señalado en la letra f) de la sección 4.2.1 de este capítulo, las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no implicarán aumentos de consideración en el nivel de ruidos respecto del Proyecto original aprobado.

g) Las formas de energía, radiación o vibraciones generadas por el proyecto o actividad.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no generarán formas de energía o radiación que puedan afectar los recursos naturales.

El mayor ritmo de extracción de mineral requerirá aumentar las tronaduras en el rajo. El efecto de este incremento sobre los niveles de vibración del terreno se evalúa en el Capítulo 6 del presente EIA.

h) Los efectos de la combinación y/o interacción conocida de los contaminantes emitidos o generados por el proyecto o actividad.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no generarán efectos de combinación y/o interacción conocida de los contaminantes emitidos o generados por el Proyecto.

i) La relación entre las emisiones de los contaminantes generados por el proyecto o actividad y la calidad ambiental de los recursos naturales renovables.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no implican modificar la relación entre la descarga del efluente del sistema de manejo/tratamiento de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte y la calidad ambiental de los recursos hídricos.

j) La capacidad de dilución, dispersión, autodepuración, asimilación y regeneración de los recursos naturales renovables presentes en el área de influencia del proyecto o actividad.

La reubicación del punto de captación de agua del Proyecto, desde aguas arriba hacia aguas abajo de la quebrada Barriales, implica modificar las condiciones de dilución del río del Estrecho, aunque no significativamente. En el Capítulo 6 del presente EIA se actualiza la evaluación del efecto del efluente sobre la calidad de las aguas del río del Estrecho.

k) La cantidad y superficie de vegetación nativa intervenida y/o explotada, así como su forma de intervención y/o explotación.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama implican la intervención de superficies adicionales en el sector de confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales, donde se construirán instalaciones auxiliares (ampliación del campamento, taller de buses, plantas de potabilización de agua y de tratamiento de aguas servidas, relleno sanitario). En este sector existe vegetación leñosa baja muy clara y herbácea escasa. Por tal motivo, a través del presente EIA se actualiza la evaluación del impacto sobre la vegetación.

l) La cantidad de fauna silvestre intervenida y/o explotada, así como su forma de intervención y/o explotación.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no implican la intervención de fauna silvestre.

m) El estado de conservación en que se encuentren especies de flora o de fauna a extraer, explotar, alterar o manejar, de acuerdo a lo indicado en los listados nacionales de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no implican la intervención de flora o fauna silvestre o afectación adicional de hábitat respecto del Proyecto original aprobado.

n) El volumen, caudal y/o superficie, según corresponda, de recursos hídricos a intervenir y/o explotar en:

n1) Vegas y/o bofedales ubicados en las Regiones I y II, que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas.

No aplica al Proyecto Pascua-Lama.

n2) Áreas o zonas de humedales que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas o superficiales.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no afectan áreas o zonas de humedales que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas o superficiales.

n3) Cuerpos de aguas subterráneas que contienen aguas milenarias y/o fósiles.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no afectan cuerpos de aguas subterráneas que contienen aguas milenarias y/o fósiles.

n4) Una cuenca o subcuenca hidrográficas transvasada a otra.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no implican trasvasar cuencas o subcuencas hidrográficas.

n5) Lagos o lagunas en que se generen fluctuaciones de niveles

En el área de influencia del Proyecto no existen lagos o lagunas.

ñ) Las alteraciones que pueda generar sobre otros elementos naturales y/o artificiales del medio ambiente la introducción al territorio nacional de alguna especie de flora o de fauna; así como la introducción al territorio nacional, o uso, de organismos modificados genéticamente o mediante otras técnicas similares.

El Proyecto no considera introducir al territorio nacional especies de flora o fauna, como tampoco la introducción o uso de organismos modificados genéticamente o mediante otras técnicas similares.

o) La superficie de suelo susceptible de perderse o degradarse por erosión, compactación o contaminación.

Las modificaciones del Proyecto Pascua–Lama no implican la afectación de suelos productivos o en los que se desarrollen hábitats de relevancia para la flora y fauna nativa. Las instalaciones se emplazan en laderas de montaña con presencia de afloramientos rocosos y escombros de falda, y en rellenos aluviales desprovistos de vegetación.

p) La diversidad biológica presente en el área de influencia del proyecto o actividad, y su capacidad de regeneración.

En las áreas a intervenir con las modificaciones de Proyecto la presencia de flora y fauna es muy escasa o nula, y no se alterará la diversidad biológica de la zona.

4.2.3 REASENTAMIENTO DE COMUNIDADES HUMANAS, O ALTERACIÓN SIGNIFICATIVA DE LOS SISTEMAS DE VIDA Y COSTUMBRES DE GRUPOS HUMANOS

A continuación se analizan los posibles efectos asociados a lo establecido en el artículo 8 del Reglamento del SEIA.

4.2.3.1 Reasentamiento de Comunidades Humanas

Las modificaciones del Proyecto Pascua–Lama no implican reasentamiento de comunidades humanas.

4.2.3.2 Alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos

a) Dimensión geográfica, consistente en la distribución de los grupos humanos en el territorio y la estructura espacial de sus relaciones, considerando la densidad y distribución espacial de la población; el tamaño de los predios y tenencia de la tierra; y los flujos de comunicación y transporte;

b) Dimensión demográfica, consistente en la estructura de la población local por edades, sexo, rama de actividad, categoría ocupacional y status migratorio, considerando la estructura urbano rural; la estructura según rama de actividad económica y categoría ocupacional; la población económicamente activa; la estructura de edad y sexo; la escolaridad y nivel de instrucción; y las migraciones;

c) Dimensión antropológica, considerando las características étnicas; y las manifestaciones de la cultura, tales como ceremonias religiosas, peregrinaciones, procesiones, celebraciones, festivales, torneos, ferias y mercados;

d) Dimensión socio-económica, considerando el empleo y desempleo; y la presencia de actividades productivas dependientes de la extracción de recursos naturales por parte del grupo humano, en forma individual o asociativa;

e) Dimensión de bienestar social básico, relativo al acceso del grupo humano a bienes, equipamiento y servicios, tales como vivienda, transporte, energía, salud, educación y sanitarios.

Las modificaciones del Proyecto Pascua–Lama no tienen implicancias en las dimensiones geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y de bienestar social básico, respecto del Proyecto original aprobado.

No obstante lo anterior, se actualiza la evaluación del efecto de las captaciones de agua del Proyecto debido a que se modifica la medida originalmente contemplada para asegurar un caudal mínimo en años muy secos para los usuarios ubicados aguas abajo, por el cumplimiento de los estatutos de la Junta de Vigilancia que regulan la extracción de agua desde los diversos ríos de la cuenca del Huasco (Capítulo 6).

4.2.4 LOCALIZACIÓN PRÓXIMA A POBLACIÓN, RECURSOS Y ÁREAS PROTEGIDAS SUSCEPTIBLES DE SER AFECTADOS, ASÍ COMO EL VALOR AMBIENTAL DEL TERRITORIO EN QUE SE PRETENDE EMPLAZAR[3]

a) La magnitud o duración de la intervención o emplazamiento del proyecto o actividad en o alrededor de áreas donde habite población protegida por leyes especiales;

b) La magnitud o duración de la intervención o emplazamiento del proyecto o actividad en o alrededor de áreas donde existen recursos protegidos en forma oficial;

c) La magnitud o duración de la intervención o emplazamiento del proyecto o actividad en o alrededor de áreas protegidas o colocadas bajo protección oficial.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no tienen proximidad y por tanto no afectan áreas donde habite población protegida por leyes especiales, donde existan recursos protegidos en forma oficial, o áreas protegidas o colocadas bajo protección oficial.

4.2.5 ALTERACIÓN SIGNIFICATIVA, EN TÉRMINOS DE MAGNITUD O DURACIÓN, DEL VALOR PAISAJÍSTICO O TURÍSTICO DE UNA ZONA[4]

a) La duración o la magnitud en que se obstruye la visibilidad a zonas con valor paisajístico;

b) La duración o la magnitud en que se alteren recursos o elementos del medio ambiente de las zonas con valor paisajístico o turístico;

c) La duración o la magnitud en que se obstruye el acceso a los recursos o elementos del medio ambiente de las zonas con valor paisajístico o turístico;

d) La intervención o emplazamiento del proyecto o actividad en un área declarada zona o centro de interés turístico nacional, según lo dispuesto en el Decreto Ley Nº1.224 de 1975.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no implican obstrucción de visibilidad, alteración ni obstrucción de acceso a recursos o elementos del medio ambiente de zonas declaradas, reconocidas o perceptibles visualmente con valor paisajístico o turístico.

---

3 Ley Nº19.300, Artículo 11, letra d), y Artículo 9 del Reglamento del SEIA.
4 Ley Nº19.300, Artículo 11, letra e), y Artículo 10 del Reglamento del SEIA.

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no intervienen ni se emplazan en un área declarada zona o centro de interés turístico nacional, según lo dispuesto en el Decreto Ley Nº1.224/75.

4.2.6 ALTERACIÓN DE MONUMENTOS, SITIOS CON VALOR ANTROPOLÓGICO, ARQUEOLÓGICO, HISTÓRICO Y, EN GENERAL, LOS PERTENECIENTES AL PATRIMONIO CULTURAL[5]

a) La proximidad a algún Monumento Nacional de aquellos definidos por la Ley 17.288

En el área de influencia del Proyecto no existen Monumentos Nacionales de aquellos definidos en la Ley Nº17.288.

b) La magnitud en que se remueva, destruya, excave, traslade, deteriore o se modifique en forma permanente algún Monumento Nacional de aquellos definidos por la Ley 17.288

En el área de influencia del Proyecto no existen Monumentos Nacionales de aquellos definidos en la Ley Nº17.288.

c) La magnitud en que se modifique o deteriore en forma permanente construcciones, lugares o sitios que por sus características constructivas, por su antigüedad, por su valor científico, por su contexto histórico o por su singularidad, pertenecen al patrimonio cultural

En el área de influencia directa del Proyecto no existen construcciones, lugares o sitios pertenecientes al patrimonio cultural. Este tipo de sitios ha sido hallado en lugares que no serán afectados por las modificaciones del Proyecto.

d) La proximidad a lugares o sitios en que se lleven a cabo manifestaciones propias de la cultura o folclore de algún pueblo, comunidad o grupo humano

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama comprenden cambios menores de geometría y relocalización de instalaciones, dentro del área originalmente prevista para el Proyecto, y no tienen proximidad a lugares o sitios en que se lleven a cabo manifestaciones culturales o folclóricas.

---

[5] Ley Nº19.300, Artículo 11, letra f), y Artículo 11 del Reglamento del SEIA.

4.3 SÍNTESIS

De acuerdo con lo señalado en las secciones precedentes, las modificaciones del Proyecto Pascua–Lama se someten al SEIA mediante Estudio de Impacto Ambiental debido a la generación o presentación de los siguientes efectos, características o circunstancias establecidos en la Ley Nº19.300 y su Reglamento.

Artículo 11 letra a) de la Ley; y Artículo 5 letra a) del Reglamento del SEIA:

- Verificación de cumplimiento de la norma primaria de calidad del aire (MP-10 y SO_2) debido al aumento de emisiones de material particulado y anhídrido sulfuroso del Proyecto.

- Actualización de la normativa aplicable a la descarga del efluente del sistema de manejo y tratamiento de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte (D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES),

- Verificación de cumplimiento de la norma de riego en el río del Estrecho debido a cambios en el punto de captación de agua del Proyecto, que incide en la capacidad de dilución del cuerpo receptor.

Artículo 11 letra a) de la Ley; y Artículo 5 letra b) del Reglamento del SEIA:

- Cantidad y concentración de emisiones atmosféricas (MP-10 y SO_2) debido al aumento de emisiones de material particulado y anhídrido sulfuroso del Proyecto.

Artículo 11 letra a) de la Ley; y Artículo 5 letra g) del Reglamento del SEIA:

- Las vibraciones generadas por el Proyecto debido a la mayor cantidad y/o frecuencia de tronaduras.

Artículo 11 letra b) de la Ley; y Artículo 6 letra b) del Reglamento del SEIA:

- Cantidad y concentración de emisiones atmosféricas debido al aumento de emisiones de material particulado y anhídrido sulfuroso del Proyecto.

Artículo 11 letra b) de la Ley; y Artículo 6 letra g) del Reglamento del SEIA:

- Las vibraciones generadas por el Proyecto debido a la mayor cantidad y/o frecuencia de tronaduras.

Artículo 11 letra b) de la Ley; y Artículo 6 letra j) del Reglamento del SEIA:

- Efecto del efluente de sistema de manejo/tratamiento de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte en el río del Estrecho, debido a la modificación del punto de captación de agua del Proyecto, que incide en la capacidad de dilución de este cuerpo receptor.

Artículo 11 letra b) de la Ley; y Artículo 6 letra k) del Reglamento del SEIA:

- Se actualiza la evaluación del impacto sobre la vegetación en el sector de confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales, donde se construirán instalaciones auxiliares.

Artículo 11 letra c) de la Ley; y Artículo 8 letra d) del Reglamento del SEIA:

- Se actualiza la evaluación del efecto de las captaciones de agua del Proyecto debido a que se modifica la medida originalmente contemplada para asegurar un caudal mínimo en años muy secos para los usuarios ubicados aguas abajo, por el cumplimiento de los estatutos de la Junta de Vigilancia que regulan la extracción de agua desde los diversos ríos de la cuenca del Huasco.

CAPÍTULO 5

LÍNEA BASE

5.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio corresponde a una actualización de la Línea Base Ambiental del Proyecto Pascua – Lama, el cual fue aprobado ambientalmente por medio de la RCA Nº039/2001.

Cabe señalar que esta actualización se basa en nuevos monitoreos realizados a los temas de meteorología, hidrogeología y glaciología, calidad del agua, flora, vegetación terrestre, fauna y limnología. Además, se han incluido nuevos datos socioeconómicos obtenidos del Censo INE 2002. Los demás componentes ambientales que no cuentan con información actualizada, como es el caso de clima, edafología, calidad del aire, usos del agua, vialidad, arqueología y riesgos naturales, se describen de manera resumida a partir de lo indicado en la Línea Base del EIA del Proyecto original. En consecuencia, el presente capítulo constituye una línea base actualizada y consolidada del área de influencia del Proyecto Pascua–Lama, en su lado chileno.

El Proyecto Pascua – Lama se emplazará en la zona cordillerana de la III Región, aproximadamente 80 km al sureste de Alto del Carmen, localidad más próxima al área del Proyecto, y a unos 150 km al sureste de la ciudad de Vallenar. El Área del Proyecto se ubica aproximadamente en las coordenadas geográficas 29º19' de latitud sur y 70º02' de longitud oeste.

Dado que el Proyecto se localiza en la zona fronteriza con Argentina, se ha definido el área de operaciones conforme a los Protocolos Adicionales 20 y 23 del 16º Acuerdo de Complementación Económica realizado entre Chile y Argentina dentro del marco del Tratado de Montevideo de 1980 y el Protocolo Adicional de Pascua – Lama, firmado en agosto del año 2004.

Cabe señalar que las modificaciones del Proyecto presentadas en este EIA no suponen cambios relacionados con la localización geográfica y político – administrativa del Proyecto Pascua–Lama.

El presente capítulo describe las características que poseen los componentes ambientales más relevantes del Área de Influencia del Proyecto, la cual se ha estructurado considerando el medio físico, biológico, socioeconómico y construido.

5.2 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

En el presente capítulo se caracterizan los elementos físicos que conforman el área de influencia del Proyecto Pascua – Lama y que se consideran relevantes para éste.

Algunos de los temas aquí tratados se extrajeron de fuentes bibliográficas existentes, tales como el clima y la edafología, mientras que otros se basan en monitoreos realizados por CMN, tales como meteorología, calidad del aire, calidad del agua, geología, geomorfología e hidrogeología.

5.2.1 CLIMA Y METEOROLOGÍA

5.2.1.1 Clima

La climatología del área del Proyecto se describe según la clasificación de Köeppen, a nivel regional, tal como se muestra en la Figura 5.1.

De acuerdo a los antecedentes bibliográficos recabados, Köeppen describe dos zonas climáticas presentes en el área de influencia del Proyecto, las cuales corresponden al clima Desierto Frío de Montaña (BWk'G) y Clima de Tundra de Alta Montaña (EB).

- **Desierto Frío de Montaña (BWk'G)**

Este tipo de clima se sitúa entre los 1.500 y los 4.000 m.s.n.m. siendo el comportamiento de las temperaturas regulado por la altitud. Las temperaturas medias anuales están por debajo de los 12 ºC, descendiendo en relación inversa con la altura. La temperatura media mensual del mes de enero es inferior a los 18 ºC y durante el invierno es menor a los 8 ºC.

La principal característica de la zona es la gran sequedad del aire y las precipitaciones en forma de nieve. El cielo está normalmente despejado, lo que crea condiciones para que se produzca un marcado gradiente térmico entre las temperaturas diurnas, por la fuerte insolación y las nocturnas, cuando nada se interpone para atenuar la pérdida de calor por radiación.

Las precipitaciones de régimen invernal son escasas, con un total anual que varia entre 50 y 150 mm aproximadamente, dependiendo de la altitud.

En el verano, algunas precipitaciones estivales y el deshielo que se produce cuando suben las temperaturas, hacen posible el crecimiento de pastos que inducen a la transhumancia de un cierto tipo de ganadería extensiva, conformando las denominadas veranadas.

- **Clima de Tundra de Alta Montaña (EB)**

En las cabeceras de las montañas del Norte Chico, y que caracteriza el área donde se ubican las principales instalaciones del Proyecto Pascua–Lama, se presenta un Clima de Tundra de Alta Montaña (EB). Este tipo de clima se manifiesta siempre en ambientes de altitud que superan los 3.000 m.s.n.m. y está asociado a bajas temperaturas durante todo el año con variaciones en torno a los 0 ºC y temperaturas menores a 10 ºC durante el verano. La oscilación térmica diaria puede alcanzar valores superiores a 15 ºC. Las precipitaciones son en forma de nieve, inclusive aquellas que se producen en verano. En general no existe vegetación desarrollada en este tipo de clima y su relevancia reside en que es una fuente de agua permanente, a través del deshielo que abastece los cursos de agua que fluyen hacia sectores más bajos.

5.2.1.2 Meteorología

Para la caracterización de la Temperatura, Humedad Relativa y Vientos en el entorno local del área del Proyecto, se analizó información registrada en las estaciones meteorológicas que posee CMN en los alrededores del área del Proyecto, cuya ubicación se muestra en la Figura 5.2.

La estación Pascua Camp (Campamento), mostrada en la Figura 5.2, propiedad de CMN y presentada en el EIA del Proyecto original, dejó de registrar información a partir de 1996, razón por la cual no fue considerada en el presente análisis, puesto que no presenta datos actualizados respecto de lo mostrado en dicho EIA (*Geotécnica, 2000*). La estación Lama, también mostrada en la Figura 5.2. posee sensor de vientos cuyos registros fueron empleados para evaluar el impacto producido por las emisiones de SO_2 de la planta de molienda localizada en Argentina.

La Tabla 5.1 resume las variables registradas y el periodo de monitoreo considerado en cada estación.

Tabla 5.1
Estaciones Meteorológicas Locales

Estación	Cota (aprox.)	Período de medición considerado en análisis	Variables Registradas
Frontera	4.950 m.	01/1999 - 06/2004	Temperatura, Humedad Relativa, Nieve, Precipitación, Vientos
El Toro	3.700 m.	09/1998 - 06/2004	Temperatura, Humedad Relativa, Radiación, Presión de Vapor, Precipitación, Nieve, Viento
Mesa	4.750 m.	01/1999 – 11/2002	Temperatura, Humedad Relativa, Radiación, Presión de Vapor, Precipitación, Viento
La Olla	3.950 m.	12/2000 - 06/2004	Temperatura, Humedad Relativa, Radiación, Presión de Vapor, Precipitación Viento

FUENTE: Elaboración propia

Para el análisis de precipitación se consideraron 10 estaciones pluviométricas pertenecientes a la Dirección General de Aguas (DGA), 1 estación perteneciente a Compañía Minera El Indio (CMEI), y 5 estaciones pertenecientes a CMN. La localización de las estaciones se muestra en las Figuras 5.2 y 5.3 y las variables monitoreadas y periodo de medición en la Tabla 5.3.

Tabla 5.2
Estaciones Pluviométricas Regionales consideradas en Análisis de Precipitación

Estación operada por	Nombre de la estación	Distancia desde Pascua Lama	Elevación (m.s.n.m.)	Período de medición	Variable Analizada
DGA	Vallenar DGA	105 Km NW	373	1972-2003	Precipitación total anual
DGA	Santa Juana	91 Km NW	560	1961-2003	Precipitación total anual
DGA	Junta del Carmen	74 Km NW	674	1948-2003	Precipitación total anual y mensual
DGA	San Félix	58 Km NW	1100	1969-2003	Precipitación total anual y mensual
DGA	El Tránsito	52 Km NW	1200	1993-2003	Precipitación total anual
DGA	El Parral	40 Km NW	1300	1993-2003	Precipitación total anual
DGA	Conay	37 Km NW	1450	1965-2003	Precipitación total anual y mensual
DGA	El Corral	47 Km NW	1900	1995-2003	Precipitación total anual
DGA	Juntas	76 Km S	2155	1990-2003	Precipitación total anual
DGA	La Laguna Embalse	101 Km S	3100	1964-2003	Precipitación total anual
CMEI	El Indio	50 Km S	3860	1981-2003	Precipitación total anual y mensual

FUENTE: Golder, 2004

Tabla 5.3
Estaciones Pluviométricas CMN consideradas en Análisis de Precipitación

Nombre de la estación	Elevación (m.s.n.m.)	Frecuencia de medición	Período de medición considerado en análisis	Período de monitoreo
Pascua Camp	3680	Por hora	noviembre de 1993 a julio de 1996	Dos años, 9 meses
		Mensual	Enero 2001 a diciembre 2003	Tres años
		Por evento	Enero a diciembre 2001	Un año
Mesa	4750	Mensual	enero de 1999 a noviembre de 2002	Tres años, 10 meses
Frontera	4950	Mensual	enero de 1999 a marzo del 2003	Cuatro años, 2 meses
El Toro	3700	Mensual	enero de 1999 a junio del 2003	Cuatro años, 5 meses
La Olla	3950	Por hora	diciembre del 2000 a marzo del 2003	Dos años y 3 mes

FUENTE: Golder, 2004

Para el análisis de los parámetros temperatura, humedad relativa y vientos se utilizaron los datos medios mensuales colectados en las estaciones Frontera, El Toro, Mesa y La Olla mostrados en las Tablas 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7.

Para el análisis pluviométrico, se estimó la precipitación esperada en el área del proyecto considerando distintos períodos de retorno, en base a los datos contenidas en las Tablas 5.8 y 5.9, las que muestran los registros de las estaciones indicadas en las Tablas 5.2 y 5.3 respectivamente.

- **Temperatura**

Los Gráficos 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 muestran el comportamiento mensual de la temperatura registrada en las estaciones Frontera, El Toro, Mesa y La Olla durante el periodo de medición de cada estación indicado en la Tabla 5.1,

En la Estación Frontera, se registran bajas temperaturas durante todo el año, con medias mensuales siempre menores que 0ºC. Las temperaturas extremas horarias alcanzan a –29ºC en el mes de julio y 11ºC en el mes de febrero. Durante todo el año, la temperatura mínima horaria es siempre menor que –10ºC, lo cual denota una condición de frio extremo imperante a lo largo de todo el año.

En la Estación El Toro se registran temperaturas bajas pero menos extremas que las observadas en la estación Frontera. En efecto, las temperaturas medias mensuales varían entre –1,8ºC en julio y 8,9ºC en febrero, con extremas horarias de –21,2ºC y 21,6ºC en julio y febrero respectivamente.

La Estación Mesa muestra una condición intermedia entre las dos estaciones anteriores, registrando temperaturas mas altas que las observadas en la estación Frontera, pero menores que las registradas en la estación El Toro, Las temperaraturas medias mensuales varían entre 0,7ºC y –10,5ºC, mientras que las extremas horarias varían entre una mínima de –21ºC y una máxima de –7,7ºC.

Por último, en la Estación La Olla, las temperaturas medias mensuales varían entre –5ºC en el mes de julio, hasta 6,8 ºC en el mes de enero, mientrás que las extremas horarias varían entre –18,3ºC en septiembre, hasta 17,7ºC en enero.

- **Humedad Relativa**

Los gráficos 5.5 al 5.8 mustran el comportamiento mensual de la humedad relativa registrada en las estaciones Frontera, El Toro, Mesa y La Olla respectivamente. Este parámetro presenta valores medios mensuales para los distintos años de medición que fluctúan entre 36 y 50% en la Estación Frontera, entre 17 y 33% en la Estación El Toro, entre 28 y 58% en la estación Mesa y entre 21,6 y 36,4% en la Estación La Olla. A lo largo del año, la menor humedad se registra en los meses de octubre y noviembre, mientras que la mayor se registra durante enero y febrero, Respecto a los valores extremos, en ambas estaciones, prácticamente durante todo el año los registros varía de una condición de sequedad extrema (se registran valores de hasta 0%) a uno de saturación (100%).

- **Vientos**

En las Tablas 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 se muestran los registros medios mensuales y extremos horarios de velocidad del viento colectados en las estaciones de monitoreo Frontera, El Toro y Mesa respectivamente, y las tendencias principales en lo referente a dirección del viento.

En la estación Frontera se observa que las mayores velocidades se registran en los meses de mayo y junio, con valores medios mensuales superiores a 9 m/s, mientras que las menores se registran en agosto y enero y febrero (cercano a 5 m/s). La dirección predominantemente del viento es ENE salvo durante el periodo estival en que el viento sopla mayoritariamente desde el NW.

Para la estación El Toro, se registran vientos relativamente homogéneos, que varían a lo largo del año entre 3,5 y 4 m/s, siendo por lo general de menor velocidad que los observados en la Estación Frontera. La dirección predominante es ENE, salvo en verano que es OSO.

La estación Mesa muestra vientos mas variables en magnitud, registrando la mayor velocidad media mensual en agosto (8,8 m/s) y la menor en Febrero y Marzo, en torno a los 3,5 m/s.

En la Estación La Olla, los vientos medios mensuales se muestran uniformes a lo largo del año, con velocidades, en general, entre 4,1 y 5 m/s. Los promedios horarios varía entre 10,7 y 19,5 m/s mientrás que las velocidades máximas instantáneas registradas alcanzan más de 50 m/s.

En relación a las variaciones locales y horarias del viento, se observa un incremento en las velocidad del viento imperante en la medida que se asciende en altitud. En efecto, en la estación El Toro (ubicada a 3.700 msnm aproximadamente), la velocidad máxima instantánea del viento registrada alcanza a 33 m/s, en la estación Mesa (ubicada a 4.750 msnm aprox.) se registró una máxima instantánea de 60 m/s, mientras que en la estación Frontera se registró una máxima instantánea de 87 m/s. Estas mayores velocidades del viento local se registran principalmente en los meses de mayo, junio y diciembre.

- **Precipitación**

En base a los registros de precipitación señaladas en las Tablas 5.7 y 5.8, en esta sección se presentan relaciones entre la precipitación anual y estimaciones de precipitación, con distintas probabilidades de excedencia, para las estaciones DGA y CMEI que se localizan más cercanas al área del Proyecto (Estaciones Junta del Carmen, San Félix, Conay y El Indio) y para las estaciones locales operadas por CMN en el entorno del Proyecto.

a) Relación Precipitación Anual – Altura

El Proyecto está ubicado en la cabecera de la cuenca del Río Huasco en los Andes Centrales. El clima es muy seco con precipitaciones anuales típicas menores que 100 mm. Las precipitaciones ocurren principalmente en invierno (abril a septiembre), mientras que en los meses de verano (octubre a marzo) son muy secos aunque hay ocurrencias de tormentas eléctricas de gran intensidad pero corta duración. Generalmente, la precipitación sigue un patrón típico de un año húmedo seguido de varios años secos.

El Gráfico 5.9 muestra la relación de precipitación anual - altura. La mejor curva de ajuste de las estaciones con al menos 10 años de registros indica un aumento de la precipitación media anual de aproximadamente 4 mm por cada 100 m de aumento en elevación y un aumento de la precipitación mediana anual de 3 mm por cada 100 m de aumento en elevación (50% de probabilidad de excedencia). Basándose en la mejor curva de ajuste lineal, la precipitación media anual en Pascua Lama variaría de 182 mm en la zona del campamento a una altura de 3700 m.s.n.m. a 252 mm a una elevación de 5400 m.s.n.m. (mayor elevación en el área del Proyecto) y la precipitación mediana anual en Pascua Lama variaría de 129 mm en el campamento a una elevación de 3700 m.s.n.m. a 182 mm a una elevación de 5400 m.s.n.m.

Se debe enfatizar que estas relaciones han sido desarrolladas con datos de estaciones bajo los 3860 m.s.n.m. extrapolados a 5400 m.s.n.m.

b) Estimación de Precipitación Mensual Regional

Las cuatro estaciones regionales con períodos de registros más extensos, y que a su vez están ubicadas en la proximidad a Pascua Lama, son Junta del Carmen, San Félix, Conay y El Indio (ver Figura 5.3). Estas estaciones fueron analizadas y se desarrollaron estimaciones de precipitación mensual y anual para distintas probabilidades de excedencia, las que se resumen en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10
Estimaciones de Precipitación Mensual Regional

Estación	Alt.(msnm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación Media														
Junta del Carmen	674	0,0	0,1	1,8	1,7	7,1	11,0	18,0	11,0	2,6	0,7	0,0	0,2	54,0
San Félix	1100	0,0	0,2	2,4	4,0	8,0	16,0	27,0	15,0	1,7	0,3	0,0	0,2	75,0
Conay	1450	0,3	0,1	2,8	7,4	11,0	21,0	26,0	20,0	1,9	1,1	0,1	0,3	92,0
El Indio	3860	1,3	1,4	3,2	5,5	28,0	33,0	52,0	31,0	13,0	6,6	0,9	1,7	178,0
Precipitación mediana (50% de probabilidad de excedencia) (mm)														
Junta del Carmen	674	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	4,2	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0
San Félix	1100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,7	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0
Conay	1450	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	7,5	7,8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	64,0
El Indio	3860	0,0	0,0	0,6	4,7	9,9	21,0	34,0	10,0	8,2	0,0	0,0	0,0	114,0

FUENTE: Golder, 2004

La Tabla 5.10 muestra la precipitación media y mediana mensual estimada para cada una de las cuatro estaciones regionales consideradas. Cabe mencionar que los valores medios resultan mayores que los valores medianos debido a que los primeros reflejan el efecto que eventos con altas precipitaciones producen sobre los registros estadísticos, efecto que es minimizado al considerar la mediana. El Gráfico 5.10 representa esta tendencia y el Gráfico 5.11 muestra la distribución porcentual mensual de la precipitación, respecto del total anual. Dicha distribución de precipitación mensual puede ser utilizada para estimar los valores de precipitación mensuales a partir de los valores de precipitación total anual.

Los registros anuales completos para las cuatro estaciones seleccionadas fueron analizados y se efectuaron estimaciones para períodos de retorno medio y distintas probabilidades de excedencia (5, 10, 90 y 95%) utilizando las distribuciones Log Normal, Log Normal de Tres Parámetros, Valor Extremo General y Log Pearson III. Las estimaciones de precipitación para las cuatro distribuciones fueron comparadas con los datos medidos. Se efectuó una estimación

visual del mejor ajuste a los datos medidos y se eligió la mejor distribución para cada estación. Los resultados del análisis anual se resumen en la Tabla 5.11, al igual que se incluye la precipitación media y madiana (50 % de probabilidad de excedencia) estimada.

Tabla 5.11
Estimaciones de Precipitación Anual Regional

Estación	Estimación de precipitación Anual (mm)			
	Junta del Carmen	San Félix	Conay	El Indio
Altura de la estación (msnm)	674	1100	1450	3860
5 % Prob. de Excedencia	161	241	326	547
10 % Prob. de Excedencia	127	170	236	372
Media	**54**	**75**	**92**	**178**
Mediana	**38**	**40**	**64**	**114**
90 % Prob. de Excedencia	0	4	24	46
95 % Prob. de Excedencia	0	2	17	37

FUENTE: Golder, 2004

Las estaciones en la Tabla 5.11 están ordenadas en función de aumento de la altura. Las estimaciones siguen la tendencia de aumento de precipitación a medida que aumenta la altura.

c) Estimación de Precipitación Mensual Local en el Área del Proyecto

Las estimaciones de precipitación en el área del Proyecto están basadas en los datos de las estaciones pluviométricas de CMN listadas en la Tabla 5.3 y los datos de las cuatro estaciones regionales consideradas en el análisis descrito en el punto precedente.

Se efectuaron análisis de regresión lineal entre las estaciones regionales y la estación Pascua Camp obteniéndose la mejor correlación con la estación El Indio lo cual se debe a la mayor similitud en altitud que presentan ambas estaciones, como se evidencia en el Gráfico 5.12.

Las precipitaciones mensuales en el área del campamento de la Quebrada Barriales (estación meteorológica Pascua Camp) fueron estimadas sobre la base de una regresión lineal con datos de El Indio y los datos estimados fueron objeto de análisis de frecuencia.

La precipitación mensual fue estimada utilizando un histograma hasta un periodo de retorno de 20 años húmedos, como lo permiten los registros de El Indio, en los cuales las estimaciones de precipitación están basadas en aproximadamente 20 años. Las estimaciones de precipitación

anuales se realizaron utilizando la misma metodología descrita para la estimación de precipitación regional. Las estimaciones de precipitación para las cuatro distribuciones fueron comparadas con los datos medidos. Se efectuó una estimación visual del mejor ajuste a los datos medidos y se eligió la mejor distribución para la estación Pascua Camp.

Las estimaciones de precipitación para la Estación Pascua Camp se muestran en las Tablas 5.12 y 5.13. Dichas estimaciones están basadas en una altura de 3700 m.s.n.m. La precipitación varía en función de la altura en Pascua–Lama. Basándose en la relación precipitación-altura, la precipitación anual a 5400 m.s.n.m. podría ser un 40% superior. También debe considerarse que la suma de los valores de precipitación mensual para un período de retorno dado no da como resultado la precipitación total para el mismo período. Por ejemplo, la ocurrencia de un evento de precipitación de 20 años-húmedos en todos los meses del año es altamente improbable con un intervalo de recurrencia mucho mayor que una vez cada 20 años.

Tabla 5.12
Estimaciones Mensuales de Precipitación en Estación Pascua Camp (Altura 3700 m.s.n.m.)

Período de Retorno	Estimación de Precipitación (mm)											
	Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Díc**
5 % Prob. de Excedencia	9.5	9.0	15	19	169	134	279	134	44	39	9.0	14
10 % Prob. de Excedencia	6.5	5.0	13	15	94	109	159	129	39	25	4.5	9.5
20 % Prob. de Excedencia	3.0	2.0	7.0	13	62	61	65	59	31	9.0	1.5	6.0
Media	1.5	1.4	3.7	6.6	37	38	60	39	15	7.7	1.0	2.0
Media (50% prob. de excedencia)	0.0	0.0	0.6	5.7	12	24	40	12	3.6	0.0	0.0	0.0
80 % Prob. de Excedencia	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	6.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
90 % Prob. de Excedencia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
95 % Prob. de Excedencia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

FUENTE: Golder, 2004

Tabla 5.13
Estimaciones de Precipitación Anual en Estación Pascua Camp (Altura 3700 m.s.n.m.)

Período de Retorno	Estimación de Precipitación Anual (mm)
5 % Prob. de Excedencia	641
10 % Prob. de Excedencia	446
20 % Prob. de Excedencia	294
Media	212
Media (50% prob. de excedencia)	137
80 % Prob. de Excedencia	74
90 % Prob. de Excedencia	54
95 % Prob. de Excedencia	43

FUENTE: Golder, 2004

5.2.2 CALIDAD DEL AIRE

Las características de la calidad del aire están sujetas a la influencia de dos factores fundamentales: las emisiones y la ventilación. Las principales actividades que generan emisiones de material particulado en el área de influencia del Proyecto corresponde al tránsito vehicular por caminos de tierra, mientras que la ventilación del área se ve principalmente influenciada por la topografía del lugar. Los ambientes de valles cordilleranos, en general presentan gran ventilación debido a la circulación diaria de vientos valle-montaña y montaña-valle, característica que hace improbable la generación de condiciones de calma atmosférica con el consiguiente desarrollo de inversiones térmicas.

La presente descripción de calidad del aire del Proyecto se basa en los resultados obtenidos en monitoreos efectuados en el año 1994 por Compañía Minera Nevada en el sector del campamento ubicado en la Quebrada Barriales (estación Pascua Camp) y en observaciones y mediciones realizadas en noviembre del año 1999 en la localidad de La Majada, bajo el marco del EIA del Proyecto Pascua–Lama original. La localización de ambas estaciones de monitoreo se muestra en la Figura 5.4. Con estos resultados es posible delimitar el área de caracterización en dos partes:

a) Área Campamento: correspondiente a la cuenca del Río El Toro y la parte alta de la cuenca del Río del Estrecho, cubriendo una superficie de aproximadamente 54.5 Km^2.

b) Área de Influencia de Transporte: Correspondiente a los sectores donde existe flujo vehicular del transporte desde/hacia el área del Proyecto. Comprende entre la localidad de El Corral y la Ruta 5, y eventualmente el valle de los ríos del Tránsito y Chollay.

5.2.2.1 Area Campamento

El área del campamento se considera como una zona de "aire puro" con niveles muy bajos de partículas en suspensión y ausencia de gases. En efecto, no existen en esta área fuentes emisoras significativas de polvo o gases de origen industrial. Las emisiones corresponden a actividades de exploración minera y a la erosión eólica del terreno, el cual, tiene un bajo contenido de finos y está cubierto de nieve durante el invierno.

En enero del año 1994 se efectuó una campaña de 5 días de mediciones en el sector del campamento de la quebrada Barriales (estación Pascua Camp, ubicada a 3.700 m s.n.m.), en donde se monitorearon partículas totales en suspensión (PTS) y material particulado respirable (PM10). A las partículas colectadas en los filtros se analizó el contenido de sílica cristalina y niveles traza de metales.

La Tabla 5.14 muestra un resumen de las concentraciones de PM10 y PTS medidas en el campamento Barriales, en los cinco días de monitoreo. Las concentraciones en 24 horas de PM10 variaron entre 25 y 34 $\mu g/Nm^3$, y de PTS entre 62 y 86 $\mu g/Nm^3$, con un promedio de 31 y 73 $\mu g/Nm^3$ respectivamente.

Los valores de PM10 monitoreados se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos en el D.S. Nº59/1998 (150 $\mu g/Nm^3$ como concentración máxima en 24 horas).

Tabla 5.14
Concentraciones PM10 y PTS monitoreadas en Estación Pascua Camp

	PM10 ($\mu g/Nm^3$)	PTS ($\mu g/Nm^3$)
16/enero/1994	25	62
17/enero/1994	30	73
18/enero/1994	33	86
19/enero/1994	31	73
20/enero/1994	34	70
Promedio	**31**	**73**

FUENTE: Rescan, 1995

Adicionalmente, al material particulado colectado en el filtro del día 20 de enero se analizó el contenido de metales. Los resultados de de dicho análisis se muestran en la Tabla 5.15, destacándose la baja concentración ambiental existente en todos los metales analizados

Tabla 5.15
Concentraciones de Metales en Filtros PM10 y PTS monitoreadas en Estación Pascua Camp (mg/L)

Muestra	Aluminio	Antimonio	Arsénico	Cadmio	Cobre	Fierro	Plomo	Mercurio	Zinc
PTS	13,9	$3,5 \times 10^{-4}$	0,022	$4,4 \times 10^{-4}$	0,14	2,30	0,126	$5,4 \times 10^{-5}$	0,2
PM10	18,8	$3,3 \times 10^{-4}$	0,02	$4,3 \times 10^{-4}$	0,03	1,47	0,05	$4,5 \times 10^{-5}$	0,2

FUENTE: Rescan, 1995

5.2.2.2 Área Influencia del Transporte

Para caracterizar la calidad del aire en condiciones sin proyecto, se realizaron mediciones de MP-10 en la localidad de La Majada (Ver Figura 5.4), por un período de quince días, efectuando mediciones cada dos días, entre los días 27 de octubre y 8 de noviembre de 1999 (siete mediciones de 24 horas en total). Esta localidad fue seleccionada, debido a que el transporte de insumos y productos desde y hacia el área del Proyecto, pasará por esta localidad.

Los resultados obtenidos en las mediciones se presentan en la Tabla 5.16, y muestran concentraciones de MP-10 promedio de 55 µg/m^{3}N, con valores extremos de 107 y 6 µg/m^{3}N. El material particulado registrado obedece principalmente al polvo que se levanta ya sea por efecto del viento o asociado al tránsito vehicular por el camino de acceso.

Tabla 5.16
Concentraciónes de MP10 en La Majada

Nº	Fecha	µg/m^{3}N
1	27-oct-1999	75
2	29-oct-1999	63
3	31-oct-1999	25
4	2-nov-1999	48
5	4-nov-1999	61
6	6-nov-1999	107
7	8-nov-1999	6
Promedio		**55**
Máximo		**107**
Mínimo		**6**
Norma		**150 µg/m^{3}N**

FUENTE: Geotécnica (2000)

De acuerdo a los resultados anteriormente señalados, puede concluirse que producto de la circulación de vehículos por caminos de tierra se pueden registrar concentraciones de MP10 altas que sobrepasan incluso las 100 µg/m^{3}N.

Los resultados anteriores representan la condición del camino de acceso al área del Proyecto al momento de elaborarse el EIA original, en el año 2000. Dicha condición ha cambiado recientemente producto de la pavimentación de la Ruta C-489 hasta la localidad de El Corral.

5.2.3 RUIDO Y VIBRACIONES

En el año 1999, en el contexto EIA del Proyecto original (Geotécnica, 2000), se realizaron mediciones de ruido en el área donde existen zonas pobladas en las cercanías del Proyecto, específicamente en las localidades de Alto del Carmen, La Majada, Las Breas y El Corral, cuya localización se aprecia en la Figura 5.4.

En el Anexo C se presentan las fichas con los registros efectuados, tanto en horario diurno como nocturno, para cada una de las localidades. En el monitoreo de ruido se midieron los siguientes parámetros:

- Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (Leq) en dB(A), el cual es una medida del ruido de fondo o ambiental promedio en un lugar, para un determinado período de tiempo (entre 10 a 30 minutos).

- Clima de ruido en dB(A), el cual entrega los niveles de Presión Sonora Mínimo(Lmín.) y Presión Sonora Máxima (Lmáx.) medidos en un punto durante el período de medición.

- Niveles Percentiles(Ln), en dB(A), el que corresponde al ruido que prevalece en el sector donde se registra.

El intervalo de tiempo de muestreo se determinó en función de las variaciones de niveles observados durante cada registro, no existiendo una diferencia mayor de 2 dB(A) entre dos registros consecutivos de 5 minutos. Las mediciones se efectuaron a 1,5 m de altura respecto del nivel del suelo, de acuerdo al D.S. Nº146, a la Norma Chilena Nº1619 (NCh. 1619) y a lo indicado por la normativa de referencia de la Confederación Suiza 814.41. El horario en que se realizaron las mediciones se estableció en función de las variaciones del Nivel de Ruido durante la jornada, el que está determinado por la condición de menor nivel de ruido de fondo.

5.2.3.1 Mediciones Efectuadas

Se efectuó una campaña de medición de ruido entre los días 19 y 20 de octubre de 1999. Durante la campaña se observó que las principales fuentes emisoras de ruidos corresponden a los vehículos pesados que circulan por la vía de acceso al Proyecto (Ruta C–489), no existiendo aportes significativos de fuentes fijas cercanas a los puntos de medición.

En las Tablas 5.17 y 5.18 se presentan los resultados de los parámetros medidos, registrados tanto en horario diurno como nocturno.

Tabla 5.17
Niveles de Presión Sonora en dB(A) Lento (Horario Diurno)

Punto	Leq	Lmín.	Lmáx.	Ubicación
1	**44,3**	32,9	59,2	Localidad Alto del Carmen.
2	**45,6**	36,4	66,2	Localidad La Majada.
3	**48,9**	31,3	75,4	Localidad de Las Breas.
4	**42,5**	39,1	52,8	Localidad El Corral.

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 5.18
Niveles de Presión Sonora en dB(A) Lento (Horario Nocturno)

Punto	Leq	Lmín.	Lmáx.	Ubicación
1	**42,3**	34,1	64,2	Localidad Alto del Carmen.
2	**41,7**	37,1	52,5	Localidad La Majada.
3	**40,6**	34,5	57,3	Localidad de Las Breas.
4	**41,8**	36,2	48,4	Localidad El Corral.

FUENTE: Elaboración Propia

Los niveles de presión sonora continuo medidos durante la jornada diurna muestran que el ruido diurno en la zona rural varía entre los 42,5 dB(A) y los 48,9 dB(A). El clima de ruido obtenido varió entre 31,3 y 75,4 dB(A), representando los mayores valores situaciones como paso de camiones, etc. Los niveles de presión sonora continuo variaron entre 40,6 y 42,3 dB(A) durante la jornada nocturna. Se observa una disminución de 3 a 4 dB(A)en los niveles medidos en este horario respecto a los diurnos. Los niveles máximos y mínimos medidos fluctuaron entre 34,1 y 64,2 dB(A).

5.2.4 GEOLOGÍA

La descripción geológica del presente documento corresponde a la presentada en el Proyecto original, en la cual se procedió a realizar una recopilación y análisis de la documentación existente (estudios de geología regional y local, mapas geológicos de la zona y fotografías aéreas del SAF escala 1:30.000), que fue complementada y verificada con información recabada en terreno, para lo cual se efectuaron tres campañas durante noviembre de 1997, enero de 1999 y abril de 1999.

La descripción de la geología en el área de influencia abarca el lado chileno del cuadrante delimitado por las siguientes coordenadas: 390.000E, 6.750.000N; 406.000E, 6.765.000N (ver Figura 5.5).

5.2.4.1 Geología Regional

El sector comprendido entre las latitudes 28°30´ y 31°00´ se caracteriza por la ausencia de volcanismo reciente. Las unidades geológicas más antiguas corresponden a una serie de unidades metamórficas, plutónicas y volcano-sedimentarias, de edad paleozoica a triásica inferior que en conjunto, constituyen el basamento de las secuencias meso-cenozoicas.

En el área precordillerana, sobre el basamento metamórfico se apoyan rocas volcano-sedimentarias de origen marino y continental de edad Triásico Medio - Terciario Inferior. En la Cordillera Principal aflora un extenso macizo granítico, de edad Paleozoico Superior - Triásica Inferior (Batolito Elqui Limarí y Batolito Chollay), asociada a una cubierta de volcanitas ácidas contemporáneas. Los granitoides intruyen esquistos pelíticos, metabasitas y secuencias metasedimentarias marinas del Devónico-Carbonífero. Intruyen, además, a una unidad de ortogneises de edad silúrica y protolito granítico interpretado como representante de un terreno alóctono (Chilena) soldado al continente Sudamericano durante el Devónico (Nasi et al., 1990).

Las unidades meso-cenozoicas de la cobertura se disponen sobre el núcleo plutónico de la Cordillera Principal. Estas están constituidas por depósitos sedimentarios marinos y continentales del Triásico Medio a Superior los cuales están cubiertos por rocas volcánicas andesíticas del Triásico Superior-Lías. Cubriendo, y en parte también engranando, con estas últimas se disponen secuencias clásticas y carbonatadas del Lías-Dogger Inferior (Formación Lautaro), depositadas en un ambiente marino de tras-arco sobre una plataforma poco profunda. La secuencia triásico-jurásica culmina con depósitos sedimentarios continentales y volcanitas andesíticas y andesítico-basálticas del Jurásico Superior (Formación Algarrobal y otras).

El desarrollo estructural de la zona está caracterizado por los elementos típicos de un margen convergente. Predominan las fallas inversas, de rumbo preferencial Norte - Sur, con descenso del bloque oriental. De estas estructuras, las mayores son la Fallas Chollay, Chollay Norte, la Plata, Baños del Toro Norte y Apolinarito.

Se reconoció una falla pre-Terciario de alto ángulo con rumbo NNW, paralela a las nacientes del Río El Toro, localizada al norte del Río de las Tres Quebradas y denominada Falla de Las Tres Quebradas. Asociados a estas fallas se desarrollaron una serie de pliegues cuyos ejes se disponen en un sentido general Norte - Sur. Inmediatamente al norte del Río de las Tres Quebradas se han reconocido tres sinclinales; al sur de la Quebrada del Indio existen una serie de sinclinales y anticlinales, uno de estos últimos se presenta volcado.

5.2.4.2 Unidades Geológicas Presentes en el Área de Estudio

Las siguientes son las unidades geológicas presentes en el Área del Proyecto. La Figura 5.5 muestra la Geología del área del Proyecto.

- **Depósitos no Consolidados**

- *Glaciares de Roca*: Corresponden a unidades geológicas compuestas por roca fracturada y/o suelo, con un relleno de hielo en las fracturas y/o instersticios. En el caso del área del Proyecto Pascua Lama, los Glaciares de roca están compuestas por rocas intrusivas con hielo en las fracturas.

- *Depósitos Fluviales y Relleno de Quebradas (Cuaternario); Qf*: Son depósitos sedimentarios que rellenan los fondos de las quebradas, los cuales están constituidos por arenas, gravas, limos y bolones de diferentes tamaños, transportados principalmente por glaciares, por agua y gravitacionalmente.Los depósitos fluviales son originados por la depositación de material sedimentario transportado por aguas superficiales, proveniente de las aguas lluvias y derretimiento de nieve. Estos depósitos son de origen post-glaciales y cubren en gran parte a los depósitos fluvioglaciares. Los remanentes más importantes, en superficie, de estos últimos son unas terrazas fluvioglaciares que se encuentran en las partes altas de uno de los afluentes de la Quebrada Las Ortigas.

- *Depósitos Coluviales y Depósitos Gravitacionales (Cuaternario); Qc y Qg*: Son depósitos sedimentarios, originados principalmente por la meteorización producida en sectores desérticos que presentan fuertes cambios de temperatura durante el ciclo diario, lo que produce un fracturamiento de la roca in situ y luego un transporte por gravedad hacia los sectores más bajos. El desarrollo de estos depósitos está principalmente determinado por el fenómeno gravitacional, el cual es más determinante que la componente hídrica. Estos depósitos están constituidos por limos, arenas, gravas y bolones de diferentes tamaños y se ubican rellenando los sectores terminales de las quebradas menores.

- *Depósitos Cono de Deyección y Coalescencia de Conos (Cuaternario); Qd y Qcd*: Los depósitos de conos de deyección se forman principalmente por meteorización asistida por la remoción en masa. Son generalmente considerados como el producto de la acción de las heladas, ayudado por la gravedad. La coalescencia de conos corresponde a varios conos superpuestos.

- *Depósitos Morrénicos (Cuaternario); Qm*: Son depósitos sedimentarios de origen glaciar, representados principalmente por depósitos morrénicos laterales y terminales. Posiblemente también existan morrenas de fondo que actualmente se encuentren cubiertas por los depósitos sedimentarios fluvioglaciares y fluviales. Están constituidos principalmente por limos, arenas, gravas y bolones. Estos depósitos son el resultado del transporte de material sedimentario acarreado por los glaciares que descendieron desde las altas cumbres hacia sectores más bajos. Las morrenas se presentan adosadas a las rocas que delimitan los valles; depósitos morrénicos se encuentran expuestos en los sectores más altos del Río de las Tres Quebradas y sus afluentes, el Río El Toro y Quebrada sin Nombre.

- *Depósitos fluvio-glaciares (Cuaternario); Qfg*: Los glaciares al descender por las quebradas y valles, han erosionado los márgenes rocosos de éstos, moldeándolos y formando valles en "U". Al mismo tiempo se ha producido una depositación de material, el cual ha sido acarreado por los glaciares y transportado por ríos y vertientes que han escurrido bajo el glaciar. Estos son los depósitos denominados fluvioglaciares, los que se estiman como los depósitos de mayor espesor sedimentario del área.

- **Rocas Estratificadas**

- *Centros Volcánicos Explosivos (Mioceno); Tex*: Agrupa rocas volcánicas, específicamente brechas de colapso y de explosión y depósitos piroclásticos. Presentan una edad Miocena (aprox. 5 a 23 millones de años).

- *Formación Vacas Heladas (Mioceno Medio); Tvh*: Corresponde a domos volcánicos y lavas andesíticas a dacíticas, depósitos de bloques y cenizas, brechas laháricas y tobas riodacíticas pobres a moderadamente soldadas. En el área existe sólo un afloramiento ubicado en el sector oriental. Tiene como máximo un espesor de 80 m (Martin et al., 1995). Antecedentes de terreno, petrográficos, geoquímicos y edades K-Ar, indican que es distinta a la Formación del Cerro de las Tórtolas, presentando una edad Mioceno Medio, es decir más joven.

- *Secuencia Los Cuartitos (Jurásico - Cretácico - Paleoceno); JKTc*: Secuencia de areniscas y conglomerados volcanoclásticos con intercalaciones de lavas andesíticas a dacíticas e intruida por pequeños cuerpos hipabisales, diques y pequeños centros volcánicos basálticos a dacíticos. Dentro de las rocas sedimentarias son comunes también las calizas. En un principio estas rocas fueron incluidas por Nasi et al. (1990) a la Formación Algarrobal, de edad Jurásico Medio a Superior, sin embargo en el estudio realizado por Martin et al. (1995), algunas rocas de esta secuencia presentaron edades menores, por ejemplo, Terciario Inferior. En la zona de estudio se distribuye en franjas N-S y aflora en el tercio superior del Río de las Tres Quebradas. La Secuencia Los Cuartitos sobreyace a calizas de la Formación Lautaro, con contactos que en algunos sectores parecen concordantes; sin embargo, en otros sectores se observa una discordancia estructural y de erosión. Se cree que la depositación de la Formación Lautaro y parte de Los Cuartitos ocurrió durante un período de alzamiento (Martin *et al*., 1995). A partir de dataciones K-Ar (Potasio-Argón) y relaciones estratigráficas se ha estimado para la secuencia una edad Jurásico Superior a Paleoceno (Martin *et al*., 1995). Su espesor estructural varía entre 0 a 2.000 m (Martin *et al*., 1995).

- *Secuencia Guanaco Sonso (Paleozoico Superior - Triásico); PTrgs*: Se compone de rocas volcánicas, principalmente lavas riolíticas a andesíticas, además de areniscas y conglomerados. Son rocas de edad Paleozoico Superior a Triásico (aprox. 200 a 280 millones de años). Se distribuyen casi exclusivamente entre las secciones superiores de los Ríos del Estrecho y El Toro y al sur de este último.

- **Rocas Intrusivas**

- *Unidad Bocatoma (Eoceno - Oligoceno); Tb*: Esta unidad está constituida por diversos cuerpos intrusivos, entre los que se distinguen rocas granodioríticas y dioríticas de grano fino a medio y pórfidos dacíticos a andesíticos (Martin et al., 1995). Esta unidad incluye a todas las rocas más antiguas que afloran en el sector. Observaciones de terreno indican que esta unidad intrusiva es sintectónica con el fallamiento inverso del sector. A partir de dataciones radiométricas se obtuvieron edades que se encuentran en el rango de los 31,1-1,2 M.a. y los 39,5 –1,3 M.a. (Martin et al., 1995).

- *Unidad Colorado (Triásico Medio - Triásico Superior); Trc*: Está principalmente compuesta por pórfidos cuarzo-feldespáticos y diques graníticos, que se presentan mezclados localmente con fases máficas que incluyen diques, domos y cuerpos hipabisales, además de pórfidos a granodioritas cuarzo feldespáticos ricos en anfíbolas y gabros a dioritas de grano medio a grueso (Martin et al., 1995). Sus rocas se caracterizan por su tonalidad rojiza. Estas fases intruyen y están genéticamente relacionadas con las rocas volcánicas de la Secuencia Los Tilos (Triásico-Jurásico Inf.) (Martin et al., 1995). Al igual que la Unidad Chollay esta unidad también pertenece al Complejo Plutónico Ingaguás, siendo la Unidad

Colorado la más joven. Al sur del área de estudio esta unidad aflora en conjunto con rocas sedimentarias y volcánicas de la Secuencia Los Tilos. Las lavas y rocas hipabisales son de composición basáltica a riolítica. Aparece en diferentes afloramientos dispersos en toda la zona de estudio, pero principalmente en el sector oriental y norte de ella. La actividad magmática y volcánica bimodal y la presencia de cuencas sedimentarias aisladas, sugieren un régimen tectónico extensional, durante el Triásico Medio y el Jurásico Inferior (Martin *et al*., 1995). Los granitos de esta unidad son masivos y estructuralmente presentan un fracturamiento muy débil. De acuerdo a dataciones radiométricas efectuadas en rocas pertenecientes a esta unidad, se deduce que la Unidad Colorado tiene una edad Triásico Medio a Superior (Martin *et al*., 1995).

- *Unidad Chollay (Pérmico - Triásico); PTrch*: Está compuesta por intrusivos graníticos a dioríticos de grano medio a grueso, principalmente monzogranitos y pórfidos dacíticos. Esta unidad de granitoides es considerada como una de las cuatro fases intrusivas del Complejo Plutónico Ingaguás (Martin et al., 1995). Mediante datos geoquímicos se ha estimado que estas rocas corresponden a una etapa de relajación cortical o post-subducción; fenómeno que habría permitido la fundición, posiblemente a gran escala, de la corteza cortical de la costa oeste de Gondwana (Mpodozis y Kay, 1992, en Martin et al., 1995). La edad pérmica - triásica, fue asignada a partir de sus relaciones estratigráficas y de dos dataciones radiométricas (Martin et al. 1995). En el área de estudio esta unidad se presenta en una franja N-S en el tercio medio del Río de las Tres Quebradas, en el sector sur de la confluencia con la Quebrada Las Ortigas y al norte del Río Potrerillos.

5.2.4.3 Geología del Yacimiento Pascua-Lama

- **Litología**

El basamento está formado por un paquete de rocas intercaladas de ignimbrita, lava y volcaniclásticos de composición félsica a intermedia, intruido por granitos de grano grueso. Estas unidades están correlacionadas con la secuencia Guanaco Zonzo y los granitos Chollay, respectivamente, de edades permo-triásicas. Ambas unidades fueron intruidas por un granito de grano medio correlacionado con la unidad Colorado de edad Triásico a Jurásico. Un cuerpo de diorita de grano medio ocupa la parte de la propiedad y numerosos diques y extensiones de esta diorita se ven intruyendo las litologías preterciarias. En las zonas de intersección de estructuras hay un número de "stocks" hipobisales de composición máfica, andesítica y de pórfidos de cuarzo y feldespato de edad terciaria. Breccias de chimenea de origen explosivo también se encuentran en las zonas de intersección de estructuras. Se ha determinada la edad de estas breccias por datación de un cuerpo de andesita que corte las breccias y es cortado por estas.

- **Estructura**

La propiedad se encuentra en la intersección de estructuras mayores regionales, de rumbo 0000, 0200, 0700 y 1250. Las rocas más antiguas son seccionados por la mayoría de las fallas, y esas también son las más fracturadas. Los intrusivos terciarios fueron intruidos a lo largo de las estructuras como diques, y en zonas de encrucijadas de estructuras como "stocks".

- **Alteración y Mineralización**

La porosidad y la permeabilidad controladas por las fracturas, es el control principal sobre la alteración y la mineralización. Por lo tanto, las mejores rocas huéspedes son las de las unidades más antiguas y más fracturadas. Además, la alteración y la mineralización se encuentran de preferencia en las encrucijadas de estructuras, lo cual resulta en una relación espacial estrecha con los cuerpos grandes de breccias. Se observa la importancia de la preparación estructural como fracturas donde los cuerpos jóvenes de diorita terciaria, relativamente intactos, intruyen rocas más antiguas fuertemente fracturadas. Se interpreta una serie de eventos superpuestos de mineralización. La zonación básica de la alteración consiste en una zona céntrica de argílica avanzada, tapado con una capa de alteración por vapores calientes que da lugar hacia su perímetro a una zona argílica, y luego roca de caja de alteración propilítica.

5.2.5 GEOMORFOLOGÍA

El área del Proyecto Pascua–Lama se sitúa aproximadamente entre los 3.500 hasta los 5.500 m de altitud, en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes y está incorporada a la cuenca hidrográfica del Río El Toro y Río del Estrecho, encontrándose limitada al este por el cordón montañoso de la Cordillera de los Andes. Debido a su posición en altura, el área está marcada por las acciones glaciales ocurridas en los últimos milenios y por la acción erosiva de los ríos de alta montaña. Estos eventos se manifiestan en la presencia de formas y depósitos característicos, como valles tipo "U" propios de la acción glaciar, y valles en donde las formas glaciales originales han sido borradas o modificadas por fenómenos posteriores a la última glaciación, generando quebradas con formas de "V", derivadas de erosión fluvial.

La roca basal, que se encuentra expuesta en la mayoría de las cumbres y laderas de las montañas, es ígnea, predominando las rocas intrusivas.

Para caracterizar la geomorfología del área donde se ejecutará el Proyecto Pascua–Lama, se han realizado dos estudios, el primero de los cuales fue desarrollado por Arcadis Geotécnica en 1999, en el marco del EIA del Proyecto Original y estaba destinado, fundamentalmente, a la identificación de materiales de fundación. El segundo estudio geomorfológico fue realizado por Golder Associates Ltda. (Golder) en 2003, y estaba enfocado principalmente a la caracterización de la geomorfología de las unidades de hielo existentes en el entorno del Proyecto.

Además, CMN ha realizado 4 estudios específicos de glaciares existentes en el área del Proyecto Pascua – Lama, los cuales han sido remitidos a Conama III Región de Atacama.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada uno de estos estudios.

5.2.5.1 Estudio Arcadis Geotécnica: Identificación de Unidades Geomorfológicas y Procesos

El estudio geomorfológico realizado por Arcadis Geotécnica en 1999 se basó en información bibliográfica además de observaciones en terreno realizadas en el año 1999. Para la determinación de las unidades geomorfológicas se utilizaron fotografías aéreas SAF del año 1981, escala 1:30.000, e imágenes satelitales Landsat 7 del año 1986. Además se efectuó un modelo de elevación digital (DEM) con el cual se obtuvieron las pendientes generales del área que fueron utilizadas para la definición de las unidades geomorfológicas que se muestran en la Figura 5.6.

A continuación se describen las unidades mostradas en la Figura 5.6:

- **Afloramientos Rocosos**

Las zonas de afloramiento incluyen sectores en los cuales la roca está expuesta y zonas en donde existe material meteorizado no transportado alrededor de ésta (eluvio). Las formas son características de erosión glaciar, es decir circos (*cirques*) y filos agudos (*aretes*). Las pendientes en estas zonas son abruptas debido probablemente, a que al comienzo se produjeron deslizamientos masivos que posteriormente sufrieron erosión por hielo.

- **Coluvio**

Corresponden a depósitos generados por transporte gravitacional de material particulado, generalmente en seco. La mayor parte de las cuestas y cerros del área presentan este tipo de formación. Debido a la extensa alteración hidrotermal existente en el área del Proyecto, se observan coluvios que contienen una proporción tal de arcillas que permiten una cohesión moderada, manteniendo pendientes de hasta 40 grados. Estos coluvios son moderadamente permeables y en ellos la génesis de suelo ha dependido de su inclinación. De este modo, la formación de suelos es mínima en cuestas con pendientes acentuadas y moderada en situaciones de menores pendientes.

- **Depósitos Morrénicos**

Los depósitos morrénicos, entre los que se encuentran las morrenas y los *eskers*, corresponden a formaciones cuyo material ha sido transportado por acción del hielo, encontrándose muchos sectores en donde estas formas han sido retrabajados por aguas superficiales. Estos depósitos son transicionales a depósitos aluviales. El material constituyente presenta mucha arcilla y limo y se caracteriza por ser poco permeable, exceptuando aquellos casos en que ha sido retrabajado por acción fluvial. En general en este tipo depósitos se tiende a la pedogénesis.

- **Conos de Detritos (flujo de detritos)**

Corresponden a cursos de erosión que han sido rellenados por roca fragmentada con poco material arcilloso. Presentan una forma típica de abanico cóncavo en la cabecera, seguido por una larga y angosta cola, terminando en un abanico convexo al pie del cerro, zona denominada escombro de cerro o depósito de falda. Estos flujos a menudo corresponden a los cursos preferidos por avalanchas, ya que son fuertemente inclinados y no presentan obstáculos para el deslizamiento de la nieve.

- **Deslizamientos**

Corresponden a desprendimientos masivos de tierra de origen reciente. Su forma es de lengua de material extendido al valle, con una zona de pendiente abrupta en la cabecera, denominada cicatriz de deslizamiento.

- **Aluvión / Depósitos Fluviales**

El origen de estas formaciones puede ser antiguo o reciente. Se diferencian en que un aluvión reciente, se ubica en el curso de drenaje, en tanto que los aluviones antiguos se emplazan en los márgenes, formando terrazas. En el área del Proyecto Pascua–Lama son frecuentes los aluviones recientes, caracterizados por presentar grano grueso (debido al material que transportan) lo que determina una alta permeabilidad. El aluvión antiguo contiene mayor cantidad de material de relleno por lo que es moderadamente permeable.

- **Glaciares**

Los glaciares son capas delgadas de hielo emplazadas en las altas cumbres. Se caracterizan por presentar un mayor desarrollo por el costado sureste de las cumbres, sector que recibe insolación menos directa. Esto es evidente en el glaciar del Estrecho, al norte del yacimiento Pascua–Lama. En los glaciares la nieve permanece mayor cantidad de tiempo después del invierno, sin embargo no se transforma en hielo, a menos que pueda permanecer más de un año sin derretirse. De este modo, el tamaño general de los glaciares no varía mayormente. Los contornos de los glaciares corresponden a los obtenidos a partir del análisis de la imagen Landsat 1986.

5.2.5.2 Estudio Golder: Identificación de Unidades con Contenido de Hielo

El estudio realizado por Golder en marzo del 2003 caracterizó la parte alta de la cuenca de los ríos Estrecho y El Toro, reconociendo las unidades geomorfológicas con hielo presentes en el área mediante la observación de fotos en color año 2.000 escala 1:8.000, fotos en blanco y negro año 1997, escala aproximada 1:10.000 y fotos en color, vuelo Collahuasi, año 1981 (SAF 81), escala 1:30.000. El equipo usado en el análisis consistió en un estereoscopio de espejos marca Topcon, con amplificaciones de lupas 2x3 y binocular 8x para el estudio de detalles, como en el caso de la morfología de permafrost.

Las principales unidades geomorfológicas presentes en el área del Proyecto se muestran en la Figura 5.7:

- **Glaciares – G**

Corresponden a masas o capas de hielo que se sitúan sobre las cumbres más altas, en el norte y sur del área de estudio. Estos glaciares, en general, son del tipo de montaña, en cascadas o colgantes, con características probables de hielo temperado, vale decir, 0°C. Para efectos de interpretación se trató de asignar a esta unidad aquellos rasgos con mayor apariencia de "hielo compacto", en el entendido que han permanecido allí por a lo menos dos temporadas.

En algunos sectores la nieve que permanece junto a los glaciares imposibilita la distinción glaciar-nieve. En esta época del año, fines del verano, es normal observar la formación de penitentes sobre la superficie de los glaciares. Ellos forman extensos campos de estalagmitas elongadas de hasta 3 m de altura, alineadas según la trayectoria del sol en el cielo.

- **Glaciares de Roca – RG**

Glaciares de roca ocurren principalmente en la parte norte del área de estudio, en las inmediaciones del glaciar Estrecho. Por definición, los glaciares de roca son mezcla, en variadas proporciones, de detrito y neviza o hielo, dependiendo de la antigüedad del depósito. Se originan por nieve precipitada directamente y por mezclas de nieve y detrito rocoso arrastrados por las avalanchas de nieve. Durante el verano se produce la fusión de la matriz de nieve de esta mezcla nieve – detrito, hasta un espesor tal que el detrito remanente en superficie actúa como aislante del calor en superficie. Por experiencia y mediciones en otros glaciares de roca de la Cordillera Central de Chile, este espesor de detritos (veraniego) sin matriz de neviza o hielo generalmente es del orden de 7 metros. En la interfase detrito / detrito + nieve escurre agua de fusión hasta que percola o se hunde en grietas hasta la base del glaciar, donde también escurre. El detrito superficial sin matriz de neviza o hielo está formado por gravas y bloques con escasa matriz de gravilla y arena y bajo contenido de finos.

Por su constitución, el glaciar de roca fluye lentamente (repta) con velocidades anuales comúnmente del orden de centímetros o decenas de centímetros. En el caso de los glaciares de roca del área de estudio, probablemente se trata de glaciares de pocos metros de espesor, cuyo núcleo con hielo no debiera tener más de 10 a 15 m de espesor, considerando su posición en la parte alta de la cuenca. Algunos glaciares de roca de muy poco espesor han sido considerados hidrológicamente como parte de la unidad de solifluxión para efectos de este estudio.

- **Morfología Permafrost – P**

El permafrost define aquella condición de roca o suelo que está permanentemente congelada (T° < 0) por a lo menos dos ciclos estacionales. Sin embargo, las capas superiores del suelo durante los períodos veraniegos, al calentarse, dejan marcas elongadas o formas trapezoidales las cuales pueden ser atribuidas a la presencia de permafrost para efectos de fotointerpretación de ellos. Sin embargo, por ser una condición eminentemente subsuperficial, su identificación mediante fotointerpretación e incluso su posterior investigación en terreno a menudo resultan difíciles de determinar.

La unidad geomorfológica permafrost se distribuye aislada y desordenadamente en el área de estudio, aunque preferencialmente en las cercanías de las unidades de glaciares y solifluxión.

- **Solifluxión – S**

Corresponden a elementos en las que se aprecian rasgos de movimientos vinculados a acciones de hielo-deshielo, típicamente lóbulos de reptación, en la que están normalmente involucrados suelos de grano fino y de poco espesor (posiblemente menores a un par de metros). En sectores con mayores coberturas de suelos y/o rocas intensamente meteorizadas o alteradas, muy sensibles a incorporar agua, los desarrollos de fenómenos de solifluxión podrían crear condiciones favorables para el desarrollo de flujos de tierra (earth flows). Esta unidad geomorfológica se distribuye a lo largo de toda el área de estudio, generalmente en las cercanías de los glaciares,

- **Roca – R**

Unidad geomorfológica que integra los diferentes tipos litológicos aflorantes en el área. En algunos sectores, la roca fundamental se encuentra cubierta por una delgada capa de coluvio o escombros de falda, asignándole a esta unidad la variante Roca Cubierta con Coluvio – RC.

- **Coluvio – C/C1**

Los depósitos coluviales son acumulaciones, en los sectores de menor pendiente en las faldas y al pie de ellas, de material erosionado y transportado gravitacionalmente o por lavado de las pendientes. Estos frecuentes depósitos están compuestos por materiales heterogéneos en tamaño (gravas, arenas, finos, ocasionales bloques), de variada esfericidad y mal

redondeamiento. Es común que exhiban una cierta estratificación aproximadamente paralela a la pendiente. Los espesores de los depósitos son variables, desde una decena de centímetros a algunos metros. Para efectos de este estudio, se han incluido variadas formas de acumulaciones gravitacionales dentro de esta unidad, tales como conos de depositación coluvial (conos de talus), escombros de falda y fenómenos de remoción en masa (flujos de detritos).

Los flujos de detritos (algunos probablemente tipo flujos de barro) se distinguen como rellenos detríticos en quebradas y canaletas en los farallones rocosos que, hacia abajo, constituyen luego depósitos de conos de talus o abanicos de depositación aluvial. Los conos de talus corresponden a conos activos de depositación coluvial, principalmente gravitacional, originados per acumulaciones de escombros de roca al pie de farallones o de pendientes empinadas. Son depósitos sin ninguna cohesión y su acumulación se produce en pendientes de hasta 36°, vale decir el ángulo límite de reposo estable del material. El contenido de arcillas permite aumentar la cohesión y el ángulo de reposo hasta unos 40°, lo que, debido a la alteración hidrotermal del área del Proyecto, es frecuente observar. En los sectores distales de los conos, vale decir al pie de ellos, las pendientes suelen reducirse a inclinaciones de 20 a 25°. Ocasionalmente el material más superficial de los conos comúnmente sufre reptación. En algunos sectores es difícil determinar la separación de la unidad coluvial con la unidad permafrost. Esta unidad se distribuye principalmente hacia las partes topográficamente más bajas del área de estudio, generalmente hacia el poniente de ella,

- **Depósitos Aluviales, Fluviales y Aterrazados – D/F/T**

Los depósitos aluviales son escasos en el área, reconociéndose muy esporádicamente asociados a algunas quebradas que desembocan por los flancos de los ríos Estrecho y del Toro. Estos depósitos constituyen abanicos de depositación que se extienden sobre el valle a partir de la boca de algunas quebradas. Se originan por las crecidas ocasionales que arrastran materiales de formas angulosas, desde bloques de varios metros de diámetro, hasta finos.

Constituyen depósitos mal graduados, que en general son más gruesos en el sector apical y más finos en el sector distal. Los depósitos fluviales, como su nombre lo indica, están asociados a los cursos de agua mayores existentes en el área (ríos Estrecho y del Toro). Según observaciones de terreno, generalmente están constituidos por gravas, arenas gruesas y finas, y bolones, de buen redondeamiento y regular esfericidad, con algunos sectores con bloques, los cuales han sido transportados por aluviones, avalanchas y/o también gravitacionalmente desde las laderas hacia el río. Es probable, además, que estos depósitos fluviales interdigiten con materiales aluviales.

Los depósitos aterrazados sólo se ubican en la parte sur poniente del área de estudio, en el flanco norte del río del Toro. Su origen es difícil de determinar por fotointerpretación, siendo algunas de las alternativas las siguientes: a) origen aluvional aguas arriba del río del Toro; b)

origen aluvial, incluyendo avalanchas, provenientes de los farellones ubicados inmediatamente al norte de éste sector; c) origen morrénico o fluvioglacial antiguo y erodado; y d) origen fluvial generado por el embancamiento de este sector producto de la obturación de la garganta ubicada inmediatamente aguas abajo. Esta angostura se habría obturado debido a la ocurrencia de un flujo de detritos mayor descendiendo por la quebrada que confluye por el norte del delta ubicado frente a la garganta.

- **Depósitos Antropomórficos – M**

Corresponden a depósitos ubicados en las cabeceras del río del Estrecho, producto de algunas faenas propias de las exploraciones mineras. Principalmente corresponden a terrazas construidas con bloques angulosos de roca generada por las excavaciones de algunos túneles en el sector.

5.2.5.3 Estudios Sobre Glaciares

La RCA Nº 039/2001 que aprobó ambientalmente el Proyecto Pascua – Lama estableció una serie de compromisos y obligaciones en relación a los glaciares que deben ser cumplidos por el Titular del Proyecto, entre los cuales se incluye la entrega de un informe específico sobre la estructura y dinámica de los glaciares del área del proyecto y que debe ser realizado por un especialista en Geomorfología de Glaciares. El objetivo de este informe es proporcionar los antecedentes que sustenten la viabilidad ambiental de intervenir los glaciares, así como la pertinencia técnica de las medidas que se aplicarán en la intervención que resulte ser necesaria.

Desde que se emitió la Resolución de Calificación Ambiental del Proyecto, se han elaborado 4 estudios sobre glaciares cuyos resultados han sido presentados a Conama III región, emitiendose hasta la fecha los siguientes informes:

- Estudio de Glaciares Diciembre 2003. Proyecto Pascua Lama. Preparado por Golder Associates S.A. en Mayo 2004 y remitido a Conama III Región el 17 de junio del 2004.
- Estudio Geomorfología de las Unidades de Hielo. Proyecto Pascua Lama. Preparado por Golder Associates S.A. en Marzo 2003 y remitido a Conama III Región el 9 de enero del 2004.
- Estudio de Glaciares Marzo 2003. Proyecto Pascua Lama. Preparado por Golder Associates S.A. en Junio 2003 y remitido a Conama III Región el 2 de julio de 2003.
- Estudio de Glaciares Noviembre 2001. Proyecto Pascua Lama. Preparado por Golder Associates S.A. en Enero 2002 y remitido a Conama III Región el 22 de abril del 2002.

Un resumen de los principales resultados de estos Estudios se incluye en el Anexo D del presente EIA.

5.2.6 HIDROLOGÍA

En esta sección se describen y caracterizan las cuencas y cursos superficiales de agua que constituyen la zona de influencia hídrica del Proyecto Pascua-Lama, incluyéndose además los ríos mayores que se ubican aguas abajo (ver Figura 5.8).

El territorio chileno del Proyecto Pascua-Lama se encuentra inserta dentro de las subcuencas de los ríos del Estrecho y El Toro, los cuales, junto a otros numerosos cursos superficiales conforman la extensa red de drenaje del río Huasco, uno de los principales ríos de la III Región. De esta forma, las aguas de los Ríos del Estrecho y El Toro se van incorporando sucesivamente a los diversos ríos que drenan desde la zona cordillerana.

El presente análisis hidrológico tiene como fuente de información un estudio realizado por Golder Associates Ltda. en el año 2004, en el cual se describen y analizan los datos disponibles de caudales a nivel local y regional incluyendo el análisis de mediciones de caudales obtenidos recientemente en estaciones fluviométricas de CMN para caracterizar las condiciones hidrológicas mensuales y anuales de la zona.

A continuación se describen las cuencas hidrográficas que conforman el área de estudio, se muestran las estadísticas colectadas en las estaciones fluviométricas de CMN y se presenta una estimación de caudales en algunas de estas estaciones, considerando diversas probabilidades de excedencia.

5.2.6.1 Descripción de Cuencas y Subcuencas

A continuación se describen las cuencas y subcuencas presentes en el área de influencia del Proyecto. Estas cuencas se pueden apreciar en la Figura 5.8.

- **Cuenca Río del Carmen**

Esta cuenca abarca un superficie de 3.020 km², presenta una orientación de sur a norte con una longitud de 105 km y pendiente media de 1,9%. Constituye uno de los principales afluentes del Río Huasco. Este río se origina en la confluencia de los Ríos Primero, del Medio y Apolinario. Desde su nacimiento hasta la confluencia con el Río del Tránsito, en la localidad de Alto del Carmen, este río recibe los siguientes tributarios:

- Por la ribera derecha, en sentido de sur a norte, el Río Potrerillos y el estero Plata Alta, y las quebradas: Guachinay, López, Carrizo y Abra.
- Por la ribera izquierda, en igual sentido las Quebradas Fortuna, Casablanca, Colorado, Piuquenes, Angostura Alta, Mal Paso y Verraco.

El régimen es nivo-pluvial, con precipitaciones que varían en promedio entre 400 mm/año en su porción más alta hasta 50 mm/año en la porción de menor altitud. Las precipitaciones están concentradas en invierno, aunque en la porción de mayor altitud ocurren precipitaciones asociadas a fenómenos del "Invierno Boliviano". El recurso hídrico proviene básicamente de deshielos ocurridos en la alta cordillera, aun cuando eventualmente bajo la cota 2.000 m s.n.m. se reciben aportes invernales de quebradas existentes a lo largo de su trazado. De acuerdo a la estación fluviométrica Carmen en Ramaditas, los mayores caudales mensuales ocurren entre los meses de noviembre y enero, con una media de 2 m^3/s en este período.

- *Subcuenca Río Potrerillos*

Este río nace en las cercanías del Paso del Guanaco Sonso, en la Cordillera de Los Andes. Drena una superficie de 631,9 km^2 y tiene un trazado de 45 km de longitud hasta su confluencia con el Río del Carmen. La pendiente media del cauce es de 4,3%. El principal cauce aportante lo constituye el Río de las Tres Quebradas; además, en su trayecto recibe aportes de la Quebrada Larga, Quebrada Las Talas y Quebrada Monte Verde, así también de las Quebradas El Convoy, Chacaicito, Vega Quemada, Chacayal y Tranca Quemada. El régimen hidrológico es principalmente nival, con eventuales precipitaciones en forma de lluvia en los meses de invierno. Los mayores caudales ocurren entre noviembre y enero, con una media de 0,6 m^3/s en este período.

- *Subcuenca Río de las Tres Quebradas*

El Río de las Tres Quebradas nace de la confluencia de los ríos El Toro y de un afluente sin nombre, de orientación norte – sur, de 2,8 km de extensión que drena una superficie de 24,4 km^2. La cuenca del Río de las Tres Quebradas tiene una orientación norte – sur y drena una superficie de 226,8 km^2; la pendiente media es de 8,9%. En la medianía de su trazado recibe el aporte de la Quebrada Las Ortigas (15 km de longitud) que drena una superficie de 88 km^2. El régimen de este río es fundamentalmente nival, ocurriendo los mayores caudales en los meses de noviembre, diciembre y enero. Las precipitaciones en forma de lluvia son eventuales.

- *Subcuenca del Río El Toro*

El Río El Toro tiene una cuenca hidrográfica de orientación oriente–poniente de 8 km de longitud, cuya superficie drenante es de 27,3 km^2, con una pendiente media del orden de 19%. Este río tiene un régimen fundamentalmente nival, de modo que los mayores caudales ocurren en los meses de noviembre, diciembre y enero. Las precipitaciones en forma de lluvia son eventuales. En las zonas de cabecera de esta subcuenca existen algunos glaciares de extensión relativamente reducida, que sin embargo mantienen flujos de agua por derretimiento en períodos estivales, a través de pequeñas quebradillas que confluyen hacia el cauce principal de esta hoya.

- **Cuenca Río del Tránsito**

Este río tiene una cuenca hidrográfica orientada de cordillera a mar que abarca una superficie de 4.130 km² y una longitud total de 63 km. La pendiente media es de 1,8%. Nace en la confluencia de los ríos Conay y Chollay. El Río Conay tiene una extensión de 15 km y se origina en la confluencia de los ríos Laguna Grande y Valeriano. Por su parte, el Río Chollay se origina en la confluencia de los ríos Blanco, Estrecho y Del Toro y tiene una longitud aproximada de 20 km y una superficie de cuenca de 728 km². Desde su nacimiento hasta la confluencia con el Río del Carmen, el Río del Tránsito recibe los siguientes tributarios:

- Por la ribera derecha, los Ríos Laguna Chica, Arroyo Yerbas Buenas y Laguna Grande, y las Quebradas del Pozo, La Plaza, Chilico, La Mollaca, Paitepén, Chanchoquín y El Tabaco.
- Por la ribera izquierda, los Ríos Valeriano y Chollay, y las Quebradas del Chacay, El Corral, Albaricoque, La Plata, del Amarillo, Pinte y Las Pircas.

El régimen hidrológico es nivo-pluvial con escasas precipitaciones anuales en la cuenca, las que varían desde menos de 50 mm/año en el curso bajo de la cuenca, hasta 300 mm/año en el extremo superior norte y 500 mm anuales en su extremo superior sur. El recurso hídrico proviene básicamente de los deshielos producidos en la alta cordillera. De acuerdo a la estación fluviométrica Tránsito antes de junta con Río Carmen, los mayores caudales mensuales se producen entre los meses de noviembre y enero, alcanzando un promedio de cerca de 4 m³/s en este período.

- *Cuenca Río Chollay*

El río Chollay tiene una longitud total de aproximadamente 20 km y una cuenca de 728 km2. Este río esta formado por la confluencia de los ríos Blanco y del Estrecho, y tiene además el aporte de las quebradas Chañarcillo y Canuto, y del río Pachuy.

- *Cuenca Río del Estrecho*

Este río tiene una longitud de aproximadamente 20 km y abarca una superficie de cuenca de 128,3 km². Recibe el aporte hídrico de algunas quebradas como: Barriales (10 km de longitud y 33,7 km² de superficie de cuenca) y La Falda (13,5 km² de superficie de cuenca y 6,5 km de extensión). El régimen hidrológico es fundamentalmente nival, siendo casi inexistentes las precipitaciones en forma de lluvia. Los mayores caudales ocurren entre noviembre y enero. En las zonas de cabecera de esta subcuenca existen algunos glaciares de moderada extensión, principalmente en el sector norte, que mantienen flujos de agua por derretimiento en períodos estivales, a través de pequeñas quebradillas que confluyen hacia el cauce principal de esta hoya.

5.2.6.2 Registros Fluviométricos

CMN recolecta datos fluviométricos en varios lugares en el área de Pascua–Lama y en cursos inferiores. Se han medido caudales instantáneos esporádicamente en diferentes lugares alrededor del Proyecto Pascua–Lama desde 1982. Además, existen actualmente siete canaletas Parshall con registradores de datos que han recolectado información continua desde enero del 2002 (una estación desde marzo de 1999). Estas estaciones de recolección de datos se ubican a elevaciones que varían entre 2615 a 4310 m.s.n.m. con cuencas que oscilan entre 7 a 505 km^2.

La Tabla 5.19 resume las principales características de estas estaciones fluviométricas, cuya ubicación se muestra en la Figura 5.8.

Tabla 5.19
Estaciones Fluviométricas CMN en el área del Proyecto

Número de la Estación	Estación	Área Aportante (km^2)	Altura (m.s.n.m)	Período de Registro de Datos Continuo	Período de Registro de Mediciones Manuales de Caudales
Cuencas Río del Estrecho/Río Chollay					
NE-1 NE-1a/HI	Quebrada Barriales arriba de la confluencia con el Río Estrecho	34*	3753*	Oct 1993 a Mar 1996 (HI)[1] Dic 2001 a Ago 2003 (NE-1 a)	Nov 1981-Sep 2003[1]
NE-5	Río Estrecho Superior	15	3980	Dic 2000 a Ago 2003[1]	Dic 1996 - Sep 2003[1]
NE-2 NE-2a/H2	Río Estrecho sobre Quebrada Barriales	33*	3833*	Oct 1993 a Nov 1995 (H2)[1] Nov 2000 a Ago 2003 (NE-2a)[1]	Nov 1981 - Sep 2003[1]
NE-4	Rio Estrecho sobre Quebrada Agua de la Falda	117	2911	Dic 2001 a Ago 2003	Abr 1982 - Sep 2003[1]
NE-8	Río Chollay bajo la confluencia de los Ríos Blanco y Estrecho	446**	2167	-	Feb 1983-Oct 2003[1]
NE-9	Río Chollay sobre la confluencia del Río Tránsito	728**	1579	-	Feb 1983 - Oct 2001[1]

Número de la Estación	Estación	Área Aportante (km²)	Altura (m.s.n.m)	Período de Registro de Datos Continuo	Período de Registro de Mediciones Manuales de Caudales
Cuencas Río El Toro/Río Tres Quebradas/Río Potrerillos/Rio del Carmen					
TO-1a	Río El Toro Superior	7	4317	Feb 2002 a Abr 2002	Feb 2000 - Abr 2003
TO-6a	Río Tres Quebradas sobre Quebrada Ortigas	82	2951	Mar 1999 a Ago 2003[1]	Abr 1997-Sep 2003
VIT-3	Río Potrerillos bajo Río Tres Quebradas	505	2613	Dic 2001 a Ago 2003	Feb 1997 - Sep 2003
VIT-2	Río Carmen bajo Río Potrerillos	1.838	2206	-	Dic 1996 - Oct 2003

1 Algunos datos faltantes.
NOTA: Las estaciones destacadas en gris corresponden a aquellas en las cuales se han estimado caudales para distintas probabilidades de excedencia.
FUENTE: Golder, 2004

Los gráficos 5.13 al 5.18 muestran los valores obtenidos en mediciones manuales de caudales en las estaciones fluviométricas de la cuencas ríos del Estrecho/Chollay indicadas en la Tabla 5.19. Los registros fluviométricos de las estaciones NE-1/NE-1a, NE-5, NE-2/NE-2a, NE-4, NE-8 Y NE-9 se muestran en la Tabla 5.20.

En los puntos ubicados en la parte alta del valle del río del Estrecho (NE-5, NE-2 y NE-1A) se observan caudales bajos, menores de 0,2 m^3/s en el punto NE-5, y menores de 0,4 m^3/s en los puntos NE-2 y NE-1A. Se destaca que en la confluencia de la quebrada Barriales con el río del Estrecho, ambos cursos de agua tienen un caudal similar.

Aguas abajo de la quebrada Barriales, el caudal del río del Estrecho aumenta paulatinamente en la medida que recibe aportes de quebradas tributarias. De este modo, en el punto NE-4 se han registrado caudales que varían entre 0,2 y 5 m^3/s.

En el punto NE-8, ubicado aguas debajo de la confluencia del río Blanco, el caudal registrado llega hasta 12 m^3/s en años muy húmedos, y alcanzar casi los 18 m^3/s en el punto NE-9, ubicado en la confluencia de los ríos Chollay y Conay, donde se da forma al río Tránsito.

Los gráficos 5.19 al 5.23 muestran los valores obtenidos en mediciones manuales de caudales en las estaciones fluviométricas de la cuencas ríos del El Toro, Tres Quebradas, Potrerillos y Del Carmen indicadas en la Tabla 5.19. Los registros fluviométricos colectados en las estaciones TO-1a, TO-6a, VIT-3 y VIT-2 se muestran en la Tabla 5.21.

El punto TO-1a muestra caudales bajos, en general menores de 0,2 m³/s. Este punto se encuentra en la parte alta de la cuenca del río El Toro, por lo cual su principal aporte lo constituye la fusión de las nieves que se depositan en las laderas que cierran esta cuenca.

El punto TO-6a se ubica en el río de las Tres Quebradas y recibe los aportes del río El Toro y otras quebradas tributarias. El caudal registrado varía entre 0,1 y 0,7 m³/s, con dos evento en que se registró más de 1 m³/s.

El punto VIT-3 se ubica en el río Potrerillos aguas abajo de la confluencia del río de las Tres Quebradas. Los caudales registrados varían entre 0,3 y 3 m³/s.

El punto VIT-2 se ubica en el río del Carmen, aguas abajo de la confluencia del río Potrerillos, y registra caudales que varían entre 0,9 y 5,9 m³/s.

En los gráficos 5.24 y 5.25 se muestra el caudal promedio registrado en cada estación de monitoreo, infiriendose de estos gráficos el modo como aumenta el caudal de los ríos Tránsito y Del Carmen hacia aguas abajo.

5.2.6.3 Regimen Hídrico y Estimación de Caudales

Se estimaron caudales para las estaciones destacadas en gris en la Tabla 5.19, es decir, para las estaciones NE–2 , NE–4 y NE–8 en la cuenca de los ríos Estrecho, Chollay y Tránsito, más el punto NE-3 y para las estaciones TO–6a, VIT–3 y VIT–2 en la cuenca de los ríos Tres Quebradas, Potrerillos y Del Carmen, todas ellas ubicadas aguas abajo del área de influencia del Proyecto. Dichas estimaciones se realizaron basándose en las estimaciones de caudales medios diarios concurrentes entre las estaciones de CMN y las estaciones regionales DGA más cercanas aguas abajo.

Respecto al régimen hídrico, las precipitaciones en Pascua–Lama ocurren generalmente en forma de nieve, la que se mantiene en la cuenca hasta el inicio de la temporada de deshielo. Por esta razón, el caudal tiene un retraso con respecto a los eventos de precipitación. Los períodos de alto y bajo caudal en Pascua–Lama y ríos aguas abajo son el reflejo de las variaciones de temperatura estacionales que producen los deshielos. El volumen anual del caudal es dependiente de la cantidad de precipitación recibida en invierno, antes de la temporada de deshielos en verano.

La tasa de disminución de la temperatura en el área es de 0,8°C por cada 100 metros de elevación. Los patrones de temperatura para las estaciones son similares y, como es de esperar, las temperaturas medias mensuales decrecen con la altura. Por consiguiente, los caudales aumentan a medida que las temperaturas aumentan durante los primeros meses de verano (octubre a diciembre) y alcanza su máximo cuando toda la cuenca, incluyendo las áreas más elevadas, contribuyen con el deshielo.

El volumen y magnitud de los caudales varía año a año dependiendo principalmente de la cantidad de nieve caída en la cuenca. Por ejemplo, los registros de precipitación muestran que un año húmedo es seguido de varios años secos y de igual forma, los caudales siguen este mismo patrón. Esto produce como resultado una desviación positiva en los caudales medios anuales producto de los años húmedos. Por consiguiente, al igual que la precipitación, las medianas (50% probabilidad de excedencia) de los caudales anuales pueden ser definidas como valores "normales" de caudales.

Observaciones en Pascua–Lama han mostrado que la mayoría de la nieve que se acumula durante la temporada húmeda (desde abril a septiembre) se derrite a inicios de la temporada húmeda siguiente, excepto en los glaciares ubicados a gran altura, donde el derretimiento es parcial.

Se desarrollaron estimaciones mensuales y anuales de caudales para las siete estaciones de CMN destacadas en la Tabla 5.19, considerando diferentes probabilidades de excedencia. Adicionalmente se desarrollaron estimaciones equivalentes de caudal para el punto NE–3 ubicado aguas abajo de la confluencia del río Estrecho y la Quebrada Barriales

Para todas las estaciones de monitoreo de caudales de Pascua–Lama que tienen periodos de registros relativamente cortos se desarrolló una serie de caudales más extenso por medio de correlaciones con estaciones regionales DGA, las que cuentan con un mayor periodo de registro, para luego efectuar los análisis de frecuencia. Los caudales diarios fueron correlacionados entre estaciones de Pascua Lama aguas arriba y las estaciones DGA con datos concurrentes y disponibles. Las relaciones se desarrollaron mediante regresiones lineales como se describe a continuación:

- Los caudales mensuales de las estaciones NE-8, NE-4 y NE–2a se estimaron en base a relaciones con la estación Río Tránsito en Agostura Pinte.
- Los caudales mensuales de la estación Río Carmen en Corral fueron extendidos y completados según necesidad, utilizando la relación desarrollada con la combinación de estaciones Río Carmen en San Félix / Pte. La Majada.
- Los caudales mensuales para las estaciones VIT-2, VIT-3 y TO-6a se estimaron basándose en las relaciones con la estación Río Carmen en Corral.

Los caudales medios anuales de año normal en las diversas estaciones se muestran en la Tabla 5.22.

Tabla 5.22
Estimación de Caudales Medios Anuales en Estaciones CMN

	Estimación de Caudal Medio Anual (m³/s)						
	NE–2a	**NE–3**	**NE–4**	**NE–8**	**TO–6a**	**VIT–3**	**VIT–2**
5% prob.de excedencia	0.24	1.30	1.50	4.3	0.53	1.3	5.3
10% prob.de excedencia	0.19	0.91	1.00	3.0	0.37	0.98	3.9
Mediana (50% prob.de excedencia)	**0.089**	**0.30**	**0.35**	**0.90**	**0.12**	**0.56**	**1.87**
90% prob.de excedencia	0.059	0.11	0.13	0.25	0.033	0.41	1.13
95% prob.de excedencia	0.056	0.09	0.11	0.18	0.025	0.40	1.06

FUENTE: Golder, 2004

Los caudales medios mensuales estimados para diversas probabilidades de excedencia en las estaciones se muestran en las Tablas 5.23 a 5.29 (m³/s).

Tabla 5.23
Estimación de Caudales Mensuales Estación NE – 2

Estación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
5% prob.de excedencia	0.18	0.31	0.56	0.45	0.29	0.22	0.18	0.17	0.15	0.15	0.14	0.15
10% prob.de excedencia	0.15	0.22	0.35	0.29	0.21	0.17	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13
Mediana (50% prob.de excedencia)	**0.084**	**0.088**	**0.089**	**0.083**	**0.087**	**0.084**	**0.086**	**0.087**	**0.088**	**0.092**	**0.088**	**0.085**
90% prob.de excedencia	0.058	0.054	0.054	0.055	0.057	0.058	0.058	0.060	0.063	0.061	0.060	0.059
95% prob.de excedencia	0.054	0.051	0.051	0.052	0.054	0.056	0.054	0.056	0.059	0.057	0.056	0.055

FUENTE: Golder, 2004

Tabla 5.24
Estimación de Caudales Mensuales Estación NE – 3

Estación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
5% prob.de excedencia	0.88	1.8	3.3	2.7	1.7	1.1	0.93	0.82	0.70	0.68	0.64	0.66
10% prob.de excedencia	0.67	1.2	1.9	1.6	1.1	0.80	0.72	0.66	0.59	0.57	0.54	0.53
Mediana (50% prob.de xcedencia)	0.27	0.30	0.31	0.26	0.29	0.27	0.29	0.29	0.30	0.32	0.30	0.27
90% prob.de excedencia	0.092	0.082	0.091	0.089	0.10	0.11	0.11	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11
95% prob.de excedencia	0.075	0.063	0.069	0.068	0.081	0.092	0.084	0.099	0.10	0.10	0.099	0.092

FUENTE: Golder, 2004

Tabla 5.25
Estimación de Caudales Mensuales Estación NE – 4

Estación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
5% prob.de excedencia	1.0	2.1	3.7	3.1	1.9	1.3	1.1	0.94	0.81	0.78	0.74	0.76
10% prob.de excedencia	0.77	1.4	2.2	1.8	1.3	0.92	0.82	0.76	0.68	0.66	0.62	0.61
Mediana (50% prob.de excedencia)	0.31	0.34	0.35	0.30	0.34	0.31	0.33	0.33	0.34	0.37	0.34	0.32
90% prob.de excedencia	0.11	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.12	0.14	0.15	0.15	0.14	0.13
95% prob.de excedencia	0.09	0.07	0.07	0.08	0.09	0.11	0.10	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11

FUENTE: Golder, 2004

Tabla 5.26
Estimación de Caudales Mensuales Estación NE – 8

Estación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
5% prob.de excedencia	3.0	5.5	11	8.7	5.7	3.8	3.0	2.7	2.3	2.2	2.1	2.1
10% prob.de excedencia	2.2	3.9	6.5	5.4	3.8	2.7	2.4	2.2	1.9	1.8	1.7	1.7
Mediana (50% prob.de excedencia)	0.79	0.88	0.91	0.77	0.87	0.79	0.84	0.86	0.89	0.98	0.88	0.81
90% prob.de excedencia	0.18	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.23	0.29	0.34	0.30	0.28	0.21
95% prob.de excedencia	0.12	0.07	0.08	0.10	0.14	0.18	0.15	0.19	0.24	0.20	0.18	0.14

FUENTE: Golder, 2004

Tabla 5.27
Estimación de Caudales Mensuales Estación TO-6a

Estación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
5% prob.de excedencia	0.50	0.78	1.23	1.13	0.76	0.51	0.39	0.29	0.25	0.24	0.35	0.35
10% prob.de excedencia	0.34	0.47	0.65	0.62	0.46	0.34	0.29	0.23	0.21	0.20	0.27	0.26
Mediana (50% prob.de	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10
90% prob.de excedencia	0.029	0.025	0.021	0.021	0.023	0.024	0.029	0.037	0.048	0.045	0.037	0.035
95% prob.de excedencia	0.023	0.020	0.018	0.018	0.019	0.021	0.022	0.025	0.036	0.031	0.026	0.027

FUENTE: Golder, 2004

Tabla 5.28
Estimación de Caudales Mensuales Estación VIT– 3

Estación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
5% prob.de excedencia	1.3	1.7	2.4	2.2	1.6	1.2	1.0	0.89	0.82	0.78	1.0	1.0
10% prob.de excedencia	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	0.95	0.86	0.78	0.74	0.72	0.84	0.85
Mediana (50% prob.de excedencia)	0.52	0.54	0.54	0.56	0.56	0.54	0.54	0.56	0.55	0.55	0.56	0.53
90% prob.de excedencia	0.41	0.40	0.38	0.39	0.40	0.40	0.40	0.42	0.45	0.44	0.43	0.41
95% prob.de excedencia	0.40	0.39	0.37	0.38	0.39	0.39	0.39	0.41	0.43	0.42	0.41	0.40

FUENTE: Golder, 2004

Tabla 5.29
Estimación de Caudales Mensuales Estación VIT– 2

Estación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
5% prob.de excedencia	5.6	7.5	11	10	7.1	5.1	4.2	3.5	3.1	2.9	3.9	3.9
10% prob.de excedencia	4.0	4.9	6.4	6.1	4.8	3.8	3.3	2.9	2.7	2.6	3.2	3.2
Mediana (50% prob.de excedencia)	1.7	1.7	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.7
90% prob.de excedencia	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.97	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.1
95% prob.de excedencia	1.0	1.0	0.92	0.93	0.97	0.93	1.0	1.1	1.2	1.1	1.1	1.0

FUENTE: Golder, 2004

5.2.7 HIDROGEOLOGÍA

Para la caracterización de la hidrogeológica del área del Proyecto se procedió a realizar una recopilación y análisis de la documentación existente tanto para la hoya del Río de las Tres Quebradas como para la hoya del Río del Estrecho. Se efectuó fotointerpretación de fotografías aéreas SAF escala 1:30.000, se determinaron lineamientos fotogeológicos a partir de imagen satelital y se realizaron tres campañas de terreno en noviembre de 1997, enero de 1999 y abril de 1999, donde se observaron parámetros como porosidad efectiva, grado de fracturamiento de las distintas unidades de rocas, geometría de las unidades hidrogeológicas y presencia de vegas y vertientes.

Las unidades hidrogeológicas se definieron sobre la base de rangos estimativos de permeabilidades atribuidas a las unidades geológicas. De esta manera, varias unidades geológicas se agruparon para conformar unidades hidrogeológicas únicas. Los rangos de conductividad hidráulica aplicados de manera estimativa a cada tipo de unidad hidrogeológica definida, se indican a continuación:

- Unidades impermeables : $< 10^{-7}$ cm/s
- Unidades semipermeables : 10^{-4} a 10^{-7} cm/s
- Unidades permeables : $> 10^{-4}$ cm/s

Para caracterizar los acuíferos se utilizó información obtenida de sondajes, pozos y perfiles con registros de transientes electromagnéticos (TEM), efectuados en el área del Proyecto. Se estimó conductividad hidráulica y transmisividad de los acuíferos. En la Figura 5.9 se presenta la Hidrogeología asociada al área del Proyecto.

El área de influencia se localiza en el extremo superior de dos cuencas hidrográficas mayores: cuenca del Río Chollay y cuenca del Río del Carmen, ambos tributarios del Río Del Tránsito, que aguas abajo adopta el nombre de Huasco, específicamente el área del Proyecto se inserta en la hoya del Río del Estrecho, que es tributaria del Río Chollay, y en la hoya del Río de Las Tres Quebradas, que es tributaria del Río del Carmen.

A nivel regional, el área acuífera de importancia más cercana al Proyecto se sitúa en el valle del Río Huasco, unos 10 km aguas arriba de la ciudad de Vallenar, es decir, fuera del área de influencia del Proyecto. En dicho sector existen pozos en un acuífero contenido en depósitos sedimentarios no consolidados dispuestos en el valle del río; los pozos tienen una capacidad promedio de 6 L/s/m y sus aguas presentan un total de sólidos disueltos de 760 ppm. Los valles fluviales de los ríos del Tránsito y del Carmen también albergan pozos de alto rendimiento, los que varían entre 25 y 60 m de profundidad, con un nivel estático entre 1 y 7 m bajo la superficie. La capacidad específica de ellos es de 2 a 8 L/s/m en el valle del Río Chollay y 10 L/s/m en el valle del Río del Carmen. Ambos valles fluviales presentan anchos característicos de entre 100 y 300 m, lo que indica que se trata de acuíferos restringidos a depósitos fluviales recientes, en los que existe una fuerte interacción entre río y acuífero; así, dependiendo de la geometría del basamento impermeable y de la gradiente topográfica, se genera un aporte del acuífero al río o a la inversa.

Tanto en los acuíferos de la cuenca hidrográfica del Río del Tránsito como en los acuíferos de la cuenca del Río del Carmen, una fracción importante de la recarga proviene del derretimiento de las nieves que precipitan en sectores cordilleranos, en tanto que otra parte de la recarga se origina por la infiltración de aguas lluvia que caen sobre el área de drenaje de la hoya hidrogeológica. Del total de aguas lluvias caídas en la hoya hidrogeológica, sólo una fracción infiltra recargando los acuíferos, ya que se producen pérdidas por escurrimiento superficial y por evapotranspiración.

5.2.7.1 Límites de Hoyas Hidrogeológicas

Los límites de las hoyas hidrogeológicas no son necesariamente coincidentes con los sistemas de drenaje superficial, debido a la presencia de barreras o medios que favorecen la canalización de aguas subterráneas, representados por fallas geológicas o unidades geológicas cuya base de escurrimiento puede ser diferente a la superficie topográfica. Esto puede generar un escurrimiento subterráneo no perpendicular a la dirección de la mayor gradiente topográfica, como ocurre con las aguas superficiales.

En el caso del área de estudio (Figura 5.9), que se extiende entre el límite internacional por el Este y las confluencias de los ríos El Toro con el Río de Las Tres Quebradas y el Río del Estrecho con la Quebrada Barriales por el Oeste, existe una fuerte gradiente topográfica alrededor de las quebradas, variable entre 40% y 60%, y una gradiente general de aproximadamente 20% para toda la sección incluida en ambas cuencas hidrográficas. La cota máxima registrada en ambas hoyas es de aproximadamente 5.600 m.s.n.m., mientras que las cotas mínimas o nivel base, en el perímetro Oeste son de 3.500 m.s.n.m. y 3.600 m s.n.m. para el Río del Estrecho y el Río El Toro respectivamente.

Esta situación topográfica se suma a la presencia predominante de medios hidrogeológicos con permeabilidades muy bajas a nulas, conformados por rocas mayoritariamente intrusivas. Este contexto genera un alto grado de correlación entre los límites de los sistemas de drenaje superficial y subterráneo. En consecuencia, los sistemas de drenaje superficial y subterráneo se consideran como equivalentes.

La hoya hidrográfica del Río del Estrecho tiene una superficie drenante de 35,6 km² hasta el punto en que confluye con la Quebrada Barriales, cuya hoya es de 33,7 km² de superficie. La hoya del Río El Toro tiene una superficie drenante de 27,3 km² hasta el punto en que confluye con el Río de las Tres Quebradas.

5.2.7.2 Unidades Hidrogeológicas

A continuación se describen las unidades hidrogeológicas presentes en el área del Proyecto, las cuales se han establecido en función del grado de fracturamiento y/o permeabilidad general de los materiales que las conforman (Figura 5.9).

- **Medios Fracturados de Permeabilidad Muy Baja a Nula; MFbn**

Corresponden a rocas intrusivas con bajo grado de fracturamiento, conteniendo acuifugos[1]. Éstos no almacenan ni transmiten agua en cantidades significativas, lo cual implica que prácticamente no presentan flujos de agua subsuperficial o subterránea. Estas rocas intrusivas se caracterizan por su baja conductividad hidráulica, estimativamente asignada a menos de 10^{-7} cm/s. La sección más superficial de las rocas intrusivas (los primeros metros) puede presentar un grado de meteorización que genere una mayor permeabilidad. Sin embargo, esta situación sólo permite un escurrimiento subsuperficial, no generando acuíferos.

En el Area de Influencia Intermedia del Proyecto existen rocas plutónicas pertenecientes a tres unidades geológicas, diferenciadas por su edad de formación y composición litológica; estas unidades son las siguientes (ver Figura 5.5 Geología):

- *Unidad Chollay (PTrch)*

Las rocas de esta unidad pertenecen al ciclo intrusivo más antiguo del área (período Pérmico-Triásico). Su composición litológica es amplia, variando entre granitos y dioritas. En el área afloran predominantemente las rocas intrusivas de la Unidad Chollay, prevaleciendo los monzogranitos, aún cuando también existen pórfidos dacíticos. Estas rocas constituyen el basamento rocoso que fue reconocido en diversos sondajes realizados aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Barriales y el Río del Estrecho.

- *Unidad Colorado (Trc)*

Corresponden a rocas originadas entre el Triásico Medio y el Triásico Superior. Se compone de pórfidos cuarzo-feldespáticos y diques graníticos. En el sector septentrional del Río del Estrecho afloran intrusivos hipoabisales, domos y diques máficos de esta misma unidad, mientras que el afloramiento existente al sur del Río del Estrecho está constituido, además, por rocas volcánicas y sedimentarias. Estas últimas pueden presentar una mayor permeabilidad secundaria que las rocas intrusivas.

- *Unidades Bocatoma (Tb)*

Esta unidad está compuesta predominantemente por granodioritas, dioritas, pórfidos dacíticos y andesíticos; son rocas que datan del Terciario Inferior, específicamente del Eoceno al Oligoceno. Tienen baja importancia hidrogeológica.

[1] Los acuifugos se distinguen de los acuíferos porque éstos últimos son formaciones geológicas capaces de almacenar y transmitir agua en cantidades suficientes como para satisfacer requerimientos extractivos.

- **Medios Fracturados de Permeabilidad Moderada a Baja; MFmb**

Los Medios Fracturados de Permeabilidad Moderada a Baja están representados por rocas estratificadas, tanto de origen volcánico como sedimentario, con edades entre Paleozoico Superior-Triásico hasta Mioceno. En el área del Proyecto son rocas con moderado a bajo grado de fracturamiento, conteniendo acuífugos y acuíferos muy locales de bajo rendimiento. Estas rocas se caracterizan por una conductividad hidráulica moderada a baja, estimativamente asignada al rango 10^{-7} a 10^{-4} cm/s.

Sin embargo, existen zonas en las cuales las rocas de estas unidades presentan un alto grado de fracturamiento, que en caso de presentarse en torno a las quebradas, puede generar acuíferos locales de bajo rendimiento. Esta situación ocurre probablemente en el sector de la intersección de las Quebradas del Río El Toro y Río de las Tres Quebradas (aguas abajo del área del Proyecto). La meteorización de los primeros metros puede generar un mayor escurrimiento subsuperficial.

En el área se han identificado cuatro unidades geológicas pertenecientes a este tipo de medio fracturado de permeabilidad moderada a baja, cuyas identificaciones, composición litológica y edad se indica a continuación:

- *Secuencia Guanaco Sonso (PTrgs)*

Se compone de rocas volcánicas, principalmente lavas riolíticas a andesíticas, además de areniscas y conglomerados. Son rocas de edad Paleozoico Superior a Triásico. Se distribuyen casi exclusivamente entre las secciones superiores de los Ríos del Estrecho y El Toro y al sur de este último.

- *Secuencia Los Cuartitos (JKTc)*

Es una secuencia sedimentaria, compuesta por areniscas, conglomerados volcanoclásticos y calizas con intercalaciones de lava. Es de edad Cretácico, posiblemente hasta Jurásico a Paleoceno.

- *Formación Vacas Heladas (Tvh)*

Unidad volcánica, cuyas variedades litológicas están principalmente representadas por domos volcánicos y lavas andesíticas-dacíticas, brechas lahárica s y tobas. La edad de estas rocas corresponde al Terciario Superior, específicamente al Mioceno Medio.

- *Centros Volcánicos Explosivos (Tex)*

Agrupa rocas volcánicas, específicamente brechas de colapso y de explosión y depósitos piroclásticos. Presentan una edad Miocena.

- **Medios Fracturados de Permeabilidad Alta a Moderada; Mlam (a, b, c)**

La unidad de Medios Fracturados de Permeabilidad Alta a Moderada agrupa todos los depósitos sedimentarios no consolidados; en general, son unidades sedimentarias con permeabilidades que se estiman como superiores a 10^{-4} cm/s. Debido a la posición relativa de estas unidades, su geometría y los tipos de flujo subterráneo, se han dividido en tres subunidades, todas de edad cuaternaria. El conjunto de ellas representa aproximadamente un 10% del área total y se distribuyen exclusivamente a lo largo de los valles existentes en la zona (Figura 5.9). A continuación se presenta la descripción de cada una de ellas:

- *Depósitos no Consolidados Conteniendo Acuíferos Homogéneos, de Moderado a Bajo Rendimiento; Mlam(a)*

Esta primera subunidad es, junto a una parte de la segunda subunidad, prácticamente el único medio hidrogeológico que contiene acuíferos. Éstos son de bajo a moderado rendimiento. Se compone solamente por la unidad geológica de Depósitos Fluviales y Relleno de Quebradas (Qf), exclusivamente dispuestas en el fondo de las quebradas principales, es decir en Quebrada Barriales, Río del Estrecho, Río El Toro y en el Río de las Tres Quebradas. Este tipo de depósitos está mayoritariamente compuesto por gravas y arenas medias a gruesas, con una matriz de arena fina y limo, en promedio menor al 5%. Corresponde a las unidades geológicas que presentan mayor permeabilidad y porosidad en toda el área del Proyecto; además, coincide con ser la que topográficamente se ubica en los sectores más bajos del área de estudio. Son áreas donde ocurre predominantemente procesos de descarga, es decir, flujos subterráneos ascendentes aportando recarga a los ríos.

- *Depósitos No Consolidados Conteniendo Acuíferos Muy Locales o Acuicludos; Mlam (b)*

Esta subunidad contiene acuíferos muy locales (principalmente ubicados junto a los depósitos Mlam(a) anteriormente descritos), además de acuicludos (medios geológicos que contienen agua en su interior, con un escaso nivel de saturación). La subunidad está exclusivamente formada por Depósitos morrénicos (Qm) y Depósitos fluvio-glaciales (Qfg), los que tienen una composición granulométrica muy variable, incluyendo bolones, gravas y arenas medias a gruesas, insertos en una matriz de sedimentos finos que - en promedio - representa entre 20% y 40% del total. Esta subunidad genera áreas de tránsito para las aguas subterráneas, con flujos predominantemente laterales, hacia el cauce principal de los vales; estos flujos, debido a las altas pendientes, son relativamente rápidos y ocurren en la zona de contacto con la roca basal. En las áreas donde se generan acuíferos prevalecen los procesos de descarga.

- *Depósitos No Consolidados Conteniendo Acuicludos; Mlam (c)*

Esta subunidad se compone de medios geológicos dispuestos en laderas de fuertes pendientes y sus espesores varían aproximadamente entre 1 y 20 m. Corresponden a depósitos gravitacionales (Qg), coluviales (Qc), conos de deyección (Qd) y coalescencias de conos (Qcd). Estas unidades geológicas están compuestas por arenas, gravas y bolones insertos en una matriz de sedimentos finos de entre aproximadamente 10 y 30%. Se disponen en las faldas de los valles y a lo largo de pequeñas quebradas. Las precipitaciones mayormente se infiltran en estos depósitos, y luego escurren hacia los acuíferos situados en los sedimentos que rellenan la parte más baja de las quebradas. En este medio hidrogeológico no existe un nivel de saturación, excepto en áreas muy locales, generándose sólo áreas de tránsito de las aguas subterráneas, con flujos predominantemente laterales.

5.2.7.3 Acuíferos: Características Físicas, Hidráulicas y Geométricas

A continuación se presenta una caracterización de los acuíferos existentes en la zona del Proyecto.

- **Sector Río del Estrecho, Aguas Arriba de Quebrada Barriales**

La estratigrafía del área, observada mediante la perforación de un sondaje a diamantina en la unidad hidrogeológica Mlam (a), muestra que el relleno presenta escasos finos, menos de un 10% de arcilla, y que carece de materiales de origen glacial. Esto fue corroborado por los resultados de los perfiles con registros de transientes electromagnéticos (TEM) realizados longitudinal y transversalmente al valle; no se determinaron zonas acuíferas asociadas a lentes de arcilla (Geodatos, 1995).

En el área (Figura 5.9) existe un acuífero con tres niveles confinantes detectado a través de tres de los seis sondajes perforados en el sector del Río del Estrecho (BT-1, BT-3b y BT-4b), aguas arriba de la confluencia con Quebrada Barriales (Terramatrix, 1995). Se observaron caudales surgentes de hasta 2 L/s, generados por diferentes napas confinadas. La localización de los sondajes se presenta en la Figura 5.9, mientras que la caracterización de éstos se presenta en la Tabla 5.30.

Tabla 5.30
Caracterización Pozos sector Río del Estrecho, aguas arriba Quebrada Barriales

Pozo	Prof.	Prof. a la Roca	Estratigrafía	Caudal Surgente (Prof. Nivel
BT-4b	45,6	37	Grava limosa y arcillosa con arena.	0,3 L/s (16 m); 0,5 L/s (27 m)
BT-3a	33,0	24	Grava limosa a arcillosa con arena.	-
BT-4a	33,2	27	Grava arenosa con limos y grava	-
BT-5	27,0	21	Grava arcillosa a arenosa con grava.	-
BT-3b	50.3	31	Grava arcillosa a arenosa.	0,02 L/s (17 m); 0,3 L/s (23 m y
BT-1	27,5	-	Grava limpia, grava arenosa con limos	1,6 L/s (21 m); 2 L/s (27,5 m)

FUENTE: TERRAMATRIX, 1996

En la parte alta de la cuenca del Río del Estrecho, aguas arriba de la Quebrada Barriales, existe una serie de pozos de monitoreo en los cuales se determina nivel estático y se analiza la composición química de sus aguas. En uno de estos pozos denominado RE-6P, representativo de este sector (ver Figura 5.9), se han determinando niveles estáticos mayores de 50 m. (hasta 80 m) lo que indicaría que es un acuífero profundo, en roca, a diferencia de BT-3, que es una vertiente en aluvión/coluvio en el Río del Estrecho,

En pozos existentes en el Río del Estrecho, específicamente en la confluencia con Quebrada Barriales, se efectuaron pruebas de bombeo (pozos NEV-1, NEV-2 y NEV-3). Durante las pruebas de bombeo, de 24 horas de duración, los pozos NEV-2 y NEV-3 produjeron caudales de 1,2 y 2,0 L/s. Se calcularon conductividades hidráulicas de $1x10^{-4}$ cm/s y de $5x10^{-4}$ cm/s respectivamente. El poco NEV-1 fue bombeado sólo durante 1,2 horas, dando un caudal constante de 1,2 L/s; se le calculó una conductividad hidráulica de $4x10^{-5}$ cm/s. La transmisividad tiene, en consecuencia, valores en el rango 0,9 a 11 m^2/día. La Tabla 5.31 resume los resultados de las pruebas de bombeo.

Tabla 5.31
Pruebas de Bombeo en Pozos Sector Confluencia Río del Estrecho con Quebrada Barriales

Nombre	Ranurado (m)	N. E. (m)	Caudal (L/s)	Durac. Bombeo (h)	Abatimiento (m)	Transmisibilidad (m^2/d)	K (cm/s)
NEV-1	31 - 55	7,0	1,2	1,2	41,0	0,87	$4 x10^{-5}$
NEV-2	23 - 42; 60 - 78	10,7	1,2	24,0	12,6	4,8	$1 x 10^{-4}$
NEV-3	16 - 40	1,4	2,0	24,0	9,8	10,6	$5 x10^{-4}$

FUENTE: TERRAMATRIX, 1996

En cuanto a la geometría acuífera, de acuerdo con las descripciones estratigráficas de los pozos y las mediciones de nivel estático, el espesor saturado se estima en aproximadamente 45 m. A partir del perfil geofísico transversal TEM, realizado en la Quebrada Barriales, se deduce que el relleno morrénico oriental no sobrepasa los 30 m de espesor, por lo que se estima que el depósito morrénico situado en el sector oriental del Río del Estrecho posee un espesor similar. En base al mapeo geológico de superficie e información obtenida de los sondajes, se puede establecer que el ancho mínimo de la sección del acuífero es de unos 120 m; sin embargo, considerando los resultados de perfiles gravimétricos y de transiente electromagnético (TEM), es probable que el acuífero sea algo más ancho, extendiéndose más al norte por debajo de los depósitos morrénicos (Figura 5.9). La gradiente hidráulica se estimó en 11%, considerándola aproximadamente paralela a la pendiente topográfica.

De acuerdo con esta información, el caudal subterráneo longitudinal del valle del Río del Estrecho, aplicando la relación de Darcy[2], se estima en el orden de 5 L/s, antes de la confluencia con la Quebrada Barriales.

- **Sector Alto**

Se han realizado tres perfiles TEM sobre los depósitos morrénicos que se ubican en el sector noroccidental del área del Proyecto, en una quebrada que está en la cabecera del Río del Estrecho, sector que se caracteriza por corresponder a un ambiente de muy alta resistividad. En estos perfiles se observa que el espesor promedio del depósito morrénico es del orden de 50 m, con un rango de 40 a 70 m dependiendo de la cota. Bajo este material existe una capa de resistividad superior a 800 ohm/m, lo que se interpreta como roca fundamental indiferenciada.

El sector donde se emplazará el rajo es un área ocupada por unidades en las cuales no se ha reconocido la existencia de ningún acuífero.

Las permeabilidades de las rocas existentes en el área del rajo fueron calculadas en función del grado de fracturamiento de la roca y del espaciamiento medio de los planos de discontinuidad y de los espesores de tales discontinuidades, por lo que corresponde a una permeabilidad potencial, ya que no se indica la existencia de niveles saturados. Respecto a la presencia de agua en dicho sector, sólo se ha determinado que durante la época de deshielos podría existir una infiltración menor a través de las fracturas de las rocas.

La condición seca de las unidades hidrogeológicas del sector alto se puede corroborar también en el túnel de exploración minera, donde no se observa agua subterránea.

[2] Caudal = Permeabilidad x (Area Sección Transversal) x (Gradiente Hidráulico)

- **Sector Río El Toro y Río de las Tres Quebradas**

En la hoya hidrográfica del Río de las Tres Quebradas se construyeron tres pozos de monitoreo. Uno de ellos, denominado PM-3, se ubica pocos metros aguas arriba de la confluencia del Río El Toro con el Río de las Tres Quebradas (Figura 5.9). Este pozo muestra un nivel piezométrico de 2 m y un espesor del relleno aluvial de 39 m compuesto por gravas areno-arcillosas. El segundo pozo (PM-2), ubicado en la Quebrada Las Ortigas pocos metros antes de la confluencia con el Río de las Tres Quebradas, muestra un espesor de relleno de 40 m y un nivel piezométrico de 2,9 m. El material atravesado se compone de grava arenosa. El tercer pozo (PM-1) se sitúa al final del valle del Río de las Tres Quebradas, en la confluencia con el Río Potrerillos; el relleno es aluvial y está compuesto por gravas arenosas, posee 29 m de espesor, registrándose el nivel piezométrico a los 15,5 m.

5.2.7.4 Descripción del Escurrimiento Subterráneo

A lo largo de los acuíferos dispuestos en la Unidad Mlam (a) de las hoyas de los Ríos del Estrecho y El Toro existe una continua interacción entre las aguas superficiales y subterráneas. La magnitud del flujo subterráneo depende de las características geométricas del acuífero (expresado a través del área de su sección), su gradiente hidráulico (en este caso aproximadamente paralelo al gradiente topográfico) y la conductividad hidráulica (parámetro dependiente de la porosidad efectiva y el empaque de los materiales que constituyen el medio acuífero).

En los sectores más altos de la hoya del Río del Estrecho, es decir, en las laderas de los cerros que rodean el valle, el agua proveniente de la precipitación, el derretimiento de nieves y hielos glaciares se infiltra en la cobertura de sedimentos no consolidados compuesta por sedimentos coluviales y faldas de detritos. De este modo, el agua se desplaza inicialmente en forma subsuperficial, aproximadamente paralela a la superficie, sin alcanzar a generar un nivel de saturación en los materiales. En aquellas áreas donde la cobertura superficial desaparece por la presencia de afloramientos de roca se observan vertientes menores y pequeños flujos superficiales.

El agua que desciende por las laderas de los cerros se encuentra con el relleno aluvial al llegar al fondo del valle. Este relleno, caracterizado como Unidad hidrogeológica Miam (a), se compone de sedimentos de alta conductividad hidráulica. En su parte más alta la potencia y ancho de este relleno es significativa, lo que permite que una gran proporción del agua se infiltre e incorpore a él, escurriendo en forma predominantemente subterránea. Sin embargo, a corta distancia, en el sector donde el valle cambia de rumbo (de poniente a norponiente) se produce una significativa recuperación del caudal superficial en desmedro del flujo subterráneo. Esto es consecuencia de una menor permeabilidad de los sedimentos por una mayor presencia de matriz fina; la aparición de finos se debe probablemente a una reducción

de la energía de transporte existente durante el proceso de depositación. Esta variación granulométrica de los sedimentos aluviales se combina con la menor geometría del medio acuífero a partir de este punto, y una mayor presencia de depósitos morrénicos, todo lo cual favorece el afloramiento del agua subterránea y el consiguiente aumento progresivo del caudal superficial del río.

Por su parte, en el valle del Río El Toro el escurrimiento subsuperficial de las aguas infiltradas en los sectores de alto relieve mantiene su carácter predominantemente subterráneo a lo largo de la sección superior de este sistema de drenaje. Esto se debe a la presencia de depósitos fluvio-glaciales de alta permeabilidad rellenando dicho sector del valle. Sin embargo, este importante relleno experimenta una reducción abrupta en su sección unos 2,5 km aguas arriba de la confluencia del Río El Toro con la cabecera superior del Río de las Tres Quebradas; en este sector se presenta una vertiente que hace aflorar prácticamente toda el agua subterránea. Dicha vertiente se ubica en el extremo inferior del talud frontal de una morrena dispuesta en una garganta de roca excavada por el agua en una sección de fuerte pendiente del fondo del valle. El agua subterránea fluye al interior de los depósitos morrénicos, donde el lecho de la quebrada está formado por afloramientos de rocas de la unidad geológica Trc. Entre esta vertiente y la confluencia del Río El Toro con el Río de las Tres Quebradas, el escurrimiento es fundamentalmente superficial, debido a la presencia de depósitos morrénicos rellenando la mayor parte del valle, presentándose un reducido espesor de depósitos aluviales.

5.2.8 CALIDAD DEL AGUA

CMN ha llevado a cabo un monitoreo de las aguas, tanto superficiales como subterráneas del área de influencia del Proyecto, a fin de observar la calidad físico química de ellas a través del tiempo. Este monitoreo comenzó el año 1993, efectuándose mediciones de aguas superficiales y aguas subterráneas.

La red de monitoreo está compuesta por puntos definidos sobre la base de su representatividad del área en estudio y su consideración en la evaluación de los impactos del Proyecto hacia aguas abajo. Para el presente estudio se analizaron datos de calidad del agua para ocho estaciones de monitoreo de agua superficial y siete pozos considerando el período de medición disponible desde el año 1994 al 2003. Las estaciones de muestreo de calidad del agua superficial y subterránea que forman parte de la línea base del Proyecto se presentan en la Figura 5.10, y son las siguientes:

Agua Superficial:
- NE – 2 en Río del Estrecho, aguas arriba de Quebrada Barriales,
- NE – 3 en Río del Estrecho, aguas abajo de Quebrada Barriales,
- NE – 4 en Río del Estrecho, aguas abajo de Quebrada Agua de la Falda,
- NE – 8 en Río Chollay, aguas abajo junta Río Blanco y Río del Estrecho,
- NE – 9 en Río Chollay, aguas abajo de la Quebrada Pachuy,
- TO – 3 en Río El Toro,
- TO – 6 en Río de las Tres Quebradas, aguas arriba de Quebrada El Indio,
- VIT – 3 en Río Potrerillos, aguas abajo Río de las Tres Quebradas,
- VIT – 2 en Río del Carmen, aguas abajo río Potrerillos,

Agua Subterránea:
- RE – 6P en Río del Estrecho, aguas arriba de Quebrada La Olla,
- BT – 1 en río del Estrecho, aguas arriba de Quebrada Barriales,
- BT – 3b en Río del Estrecho, aguas arriba de Quebrada Barriales,
- NEV – 1 en Quebrada Barriales en junta con Río del Estrecho,
- NEV – 3 en Río del Estrecho aguas abajo junta con Quebrada Barriales,
- PM – 3 en Río El Toro, aguas arriba Río de las Tres Quebradas,
- PM – 1 en Río de las Tres Quebradas, aguas arriba Río Potrerillos,

A continuación se describen las principales características de la calidad de las aguas.

5.2.8.1 Agua Superficial

Los puntos muestreados se distribuyen a lo largo de las cuencas estudiadas, de manera de representar el área de influencia del Proyecto. El análisis comienza con los puntos más cercanos al área del Proyecto, alejándose aguas abajo.

El análisis de calidad se realiza para los valores promedio de los siguientes parámetros de interés relacionados con mineralización natural de las aguas: Arsénico (As), Aluminio (Al), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Fierro Total (Fe), Sulfatos (SO_4), Sólidos suspendidos totales (SST), pH y Zinc (Zn), empleando como referencia los valores establecidos en la norma de riego NCh 1.333/78.

La información resumida de calidad del agua en todos los puntos de monitoreo se presenta en las Tabla 5.32 a 5.40, en tanto que en los Gráficos 5.26 al 5.29 se muestra el comportamiento de los parámetros de interés en las estaciones de monitoreo de aguas superficiales consideradas en este análisis. En el Anexo E se presentan los registros para la totalidad de los puntos monitoreados entre los años 1994 y 2003, incluyendo parámetros totales y disueltos.

Antes de comenzar con la descripción de la calidad del agua cabe mencionar que las concentraciones de línea base a que se hace referencia en el texto, corresponden a un promedio de las concentraciones medidas en períodos normales. En situaciones de crecida (deshielos en este caso), los sólidos arrastrados aumentan, y por lo tanto, aumentan también los contenidos de elementos. Los valores máximos registrados en eventos de crecida se incluyen en el Anexo E.

- **Cuenca del Río del Estrecho**

Los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial de esta cuenca corresponden a NE-2, NE-3, NE-4, NE-8 y NE-9. En general, el agua del sector de la cabecera de la cuenca del río del Estrecho presenta una calidad deteriorada naturalmente, debido a la acidificación de las aguas en el sector del yacimiento producto de la mineralización. Esta calidad va mejorando paulatinamente aguas abajo con el aporte de nuevas quebradas.

Cerca del yacimiento (punto NE-2), el agua presenta concentraciones de aluminio, cobre, manganeso, sulfatos y zinc mayores que los niveles de referencia de la Norma NCh 1333; los parámetros arsénico y hierro están bajo esta norma (ver Tabla 5.32). El pH del agua presenta un valor bajo (ácido), confirmándose la generación natural de aguas ácidas en el sector.

El punto NE-3, que se ubica aguas abajo de la confluencia de la quebrada Barriales, presenta concentraciones de aluminio, cobre y manganeso mayores que los niveles de referencia de la Norma NCh 1333, aunque aproximadamente con la mitad de la concentración media observada en NE–2 (ver Tabla 5.33).

El punto NE-4, que se ubica aguas abajo de NE-3, presenta una mejoría de su calidad respecto al punto anterior (Tabla 5.34). Los parámetros aluminio, arsénico, cobre, hierro, sulfatos, zinc y pH presentan valores similares o menores que los niveles de referencia de la norma de calidad del agua (NCh 1333). Solamente la concentración media de manganeso es mayor que el límite establecido, pero con una concentración menor que en el punto NE-3 (ver tendencias de concentración de elementos en los Gráficos 5.26 y 5.27).

En el caso del punto NE-8 ubicado en el Río Chollay, los valores obtenidos permiten observar una mejor calidad relativa del agua. Este punto se encuentra aguas abajo del anterior, después del aporte de las aguas del Río Blanco. Sólo la concentración de manganeso aún presenta un nivel mayor al de referencia (Tabla 5.35), siendo similar a la concentración monitoreada en el punto anterior. En este punto se observa un leve aumento en el nivel de sulfatos.

El último punto de muestreo analizado, NE-9 (Tabla 5.36), ubicado en el Río Chollay, es el que se encuentra más alejado del área del Proyecto. En este punto sólo se excede el valor de referencia del manganeso; sin embargo, el valor promedio monitoreado es inferior al observado en NE–8. Los valores del resto de los parámetros medidos son inferiores a los niveles de referencia.

- **Cuenca del Río El Toro – Río de las Tres Quebradas**

Los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial de esta cuenca corresponden a TO-3, TO-6, VIT-3 y VIT-2.

El punto de monitoreo TO-3, en el cual aflora el agua que va principalmente subterránea en el tramo inicial de esta subcuenca y el más cercano al área del Proyecto, presenta una buena calidad, con concentraciones menores que los niveles de referencia de la norma NCh 1333 en todos los parámetros de interés (Al, As, Cu, Fe, Mn, pH, SO_4 y Zn) (ver Tabla 5.37).

En el punto de muestreo TO-6, que se encuentra aguas abajo del punto anterior, se aprecia un aumento en las concentraciones de algunos parámetros de interés (Al, As, Cu, Fe, Mn) los cuales, sin embargo, son menores que los niveles de referencia (NCh 1333), tal como se muestra en la Tabla 5.38).

En el caso del punto VIT-3 (Tabla 5.39), ubicado en el Río Potrerillos, la concentración de aluminio, arsénico, cobre, hierro, sulfatos presentan valores menores que los niveles de referencia de la NCh 1333. Solamente las concentraciones de manganeso son mayores que lo establecido en esta norma. Este punto se encuentra aguas abajo del punto TO-6, después de los aportes de las aguas del Río Potrerillos y del río Ortigas, que abastece de aguas al Río de las Tres Quebradas, por lo que se puede inferir que estos ríos estarían aportando niveles altos del elemento manganeso al agua.

Finalmente, el último punto de muestreo analizado (VIT-2) es el que se encuentra más alejado del área del Proyecto, en el Río del Carmen. En este punto sólo se mantiene un elevado nivel de manganeso. Si se compara con los resultados obtenidos en VIT-3, se observa que la concentración de manganeso disminuye más de la mitad (ver Tabla 5.40).

En la Tabla 5.41 se entrega un resumen con los parámetros que son mayores que los niveles de referencia de la norma de riego(NCh 1333), tanto para la cuenca del Río del Estrecho como para la cuenca del Río El Toro y de las Tres Quebradas.

Tabla 5.41
Parámetros con Niveles Mayores de la Norma de Referencia (NCh 1333)

Cuenca Río del Estrecho					
Punto de Monitoreo	**Parámetro**	**Mínima**	**Media**	**Máxima**	**NCh 1333**
NE-2	Al (mg/L)	2,9	**20**	**38.9**	5
	Cu (mg/L)	0,016	**0,50**	**1,31**	0,2
	Fe (mg/L)	0,38	**2,4**	**12**	5
	Mn (mg/L)	0.91	**6,51**	**12,2**	0,2
	pH	3,9	**4,2**	**4,7**	5,5-9,0
	SO_4 (mg/L)	142	**388**	**504**	250
	Zn (mg/L)	0.2	**3.6**	**7.3**	2.0
NE-3	Al (mg/L)	0.017	**9**	**17.4**	5
	Cu (mg/L)	0.074	**0.28**	**0.861**	0.2
	Fe (mg/L)	0.09	3.0	**21.4**	5
	Mn (mg/L)	0.003	**2.88**	**5.1**	0.2
	pH	2.7	**5.0**	8.0	5.5-9.0
	SO_4 (mg/L)	142	234	**343**	250
	Zn (mg/L)	0.01	1.4	**2.0**	2.0
NE-4	Al (mg/L)	0,29	4,8	**14,0**	5
	Cu (mg/L)	0,032	0,12	**0,33**	0,2
	Fe (mg/L)	0.08	1.4	**12**	5
	Mn (mg/L)	**0.45**	**1.29**	**2.23**	0.2
	pH	**4,3**	6,5	8,0	5,5 – 9,0
	Zn (mg/L)	0,01	0,9	**2,5**	2,0
NE-8	Cu (mg/L)	0,002	0,08	**0,5**	0,2
	Mn (mg/L)	0,22	**1,3**	**5,0**	0,2
	pH	**4,3**	6,8	8,0	5,5 – 9,0
	SO_4 (mg/L)	104	169	**330**	250
	Zn (mg/L)	0,08	0,7	**2,6**	2,0
NE-9	Mn (mg/L)	0,08	**0,28**	**0,54**	**0,2**
Cuenca Río El Toro Río de las Tres Quebradas					
TO-3	SO_4 (mg/L)	77	136	**264**	250
TO-6	Mn (mg/L)	0.003	0.07	**0.282**	0.2
VIT-3	Cu (mg/L)	0,0005	0,04	**0,29**	0.2
	Mn (mg/L)	0,06	**0,61**	**1,4**	0,2
	SO_4 (mg/L)	149	196	**253**	250
VIT-2	Mn (mg/L)	0,13	**0,28**	**0,47**	0,2
	SO_4 (mg/L)	105	221	**270**	250

FUENTE: Elaboración Propia

5.2.8.2 Agua Subterránea

El análisis de calidad de las aguas subterráneas se realiza para los valores promedio de los siguientes parámetros de interés relacionados con mineralización natural de las aguas: Arsénico (As), Aluminio (Al), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Fierro Total (Fe), Sulfatos (SO_4), Sólidos suspendidos totales (SST), pH y Zinc (Zn), empleando como referencia los valores establecidos en la norma de riego NCh 1.333/78, al igual que en el análisis de las aguas superficiales.

La información resumida de calidad del agua en todos los puntos de monitoreo se presenta en las Tabla 5.42 a 5.48. En el Anexo E se presentan los registros para la totalidad de los puntos monitoreados entre los años 2000 y 2003. El análisis de los pozos de monitoreo comienza, en ambos casos, con los puntos más cercanos al área del Proyecto.

- **Cuenca del Río del Estrecho**

La calidad del agua subterránea en esta cuenca se representa por los pozos de monitoreo RE-6P, BT-1, BT-3b, NEV–1 y NEV-3 (Tablas 5.42, 5.43, 5.44, 5.45 y 5.46, respectivamente) los cuales se encuentran cercanos al área del Proyecto.

El primer pozo, RE-6P, ubicado aguas arriba de la Quebrada La Olla, representa un acuífero profundo, ubicado a más de 50 m sobre roca. En este punto se registran niveles elevados de cobre, fierro y manganeso, por sobre el límite de referencia establecido en la norma NCh 1333, lo cual puede asociarse a la condición ácida que presentan estas aguas (pH igual a 4,6).

El pozo BT-1, que representa aguas del sector La Olla de la cuenca superior del Río del Estrecho, no presenta ningún parámetro de interés mayor que los niveles de referencia de la NCh 1333.

El pozo BT-3b, representa aguas del mismo valle del Río del Estrecho en su cuenca superior, proveniente del área del yacimiento. La química se caracteriza por niveles elevados de metales (Al, Cu, Fe, Mn, Zn) y de sulfatos (SO_4), todos los cuales son mayores que los niveles de referencia de la norma chilena de agua para riego (NCh 1333). Su pH de 3,2 indica un agua bastante ácida, interpretado como el resultado del proceso natural de drenaje ácido de roca. Estas características están reflejadas, también, en el agua superficial del punto de muestreo más cercano del Río (NE-2).

En el pozo NEV-1, ubicado en la Quebrada Barriales, todos los elementos analizados son inferiores a los niveles de referencia excepto el manganeso, a pesar que su valor promedio se encuentra bastante cercano a este límite.

En el pozo NEV-3 los parámetros de interés presentan concentraciones menores que los niveles de referencia de la Norma NCh 1333 en todos los parámetros. El pH presenta un valor más alto (agua más básica) con respecto al punto anterior del valle del Estrecho (BT-3b), debido al aporte de los afluentes de mejor calidad provenientes de los escurrimientos permanentes del sector Los Barriales, contribuyendo a la dilución y neutralización del agua.

- **Cuenca del Río El Toro – Río de las Tres Quebradas**

Los pozos de monitoreo analizados en esta cuenca corresponden a PM-3 y PM-1, los cuales se encuentran aguas abajo del área del Proyecto, en el mismo orden. En estos pozos, la concentración promedio de todos los parámetros de interés son menores que los niveles de referencia de la Norma NCh 1333.

En el pozo PM-3 los niveles máximos de cobre y manganeso son levemente superiores a los niveles de referencia. El pozo de monitoreo PM-3 se ubica cercano al punto de monitoreo superficial TO-3. En general se observa que las concentraciones de los parámetros de interés en el agua subterránea (PM-3) son menores que las presentes en el agua superficial (TO-3), a excepción del cobre, hierro, sulfato y manganeso, las cuales, sin embargo, son inferiores a los niveles de la NCh 1333.

Respecto del pozo PM-1, éste se ubica cercano al punto de monitoreo superficial TO-6. En general las concentraciones de los parámetros de interés medidas en el agua subterránea (PM-1) son inferiores a las medidas en el agua superficial (TO-6), con excepción del arsénico, sulfato y zinc, los cuales igualmente se ubican bajo los niveles de referencia de la NCh 1333.

5.2.8.3 Síntesis

En la cuenca alta del río del Estrecho existe aguas de características ácidas con elevados contenidos de aluminio, cobre, sulfatos y zinc, producto de la mineralización natural del área. Las concentraciones promedios de los parámetros de interés en los puntos monitoreados disminuyen aguas abajo, mejorando la calidad del agua en la medida que se van incorporando afluentes de buena calidad.

El manganeso es el elemento que en todos los puntos de monitoreo analizados presenta concentraciones mayores que el nivel de referencia de la norma de riego (NCh 1333), inclusive en el punto de monitoreo NE-8, aunque en forma leve. El pH de las aguas varía a medida que se incorporan afluentes de mejor calidad, pasando de un pH ácido en la cuenca alta a un pH neutro aguas abajo.

Las aguas de la cuenca del río El Toro y de las Tres Quebradas en general son de buena calidad, registrándose concentraciones en todos los parámetros de interés por bajo los niveles de referencia de la NCh 1333, exceptuando valores puntualmente medidos de cobre y sulfatos, los que superan levemente los niveles de referencia.En la parte baja de esta cuenca también existen niveles elevados de manganeso (río del Carmen y Potrerillos).

En relación a la calidad de las aguas subterráneas se observa un comportamiento similar al descrito para las aguas superficiales, evidenciándose también la condición de acidez en la cuenca alta del río del Estrecho.

5.2.9 USOS DEL AGUA

Los usos que se le otorga al agua como recurso básico para sustentar la vida depende tanto de la presencia de población que pueda utilizarla, ya sea como bebida (agua potable) o como agua para riego de cultivos, como de su facultad de sustentar vida acuática (presencia de fauna íctica). De este modo, en la Figura 5.11 se presentan los distintos usos del agua para los ríos El Tránsito y del Carmen y a continuación se detallan los distintos tipos de uso existentes.

La descripción del agua de riego tiene como área de influencia el tramo medio del Río del Carmen y la confluencia del río Chollay con el río Tránsito hasta la localidad de Alto del Carmen, lugar donde la confluencia de ambos ríos forman el Río Huasco.

5.2.9.1 Agua de Riego

La primera captación de para agua de riego se ubica en la cuenca del Río del Carmen, en el Río Potrerillos, 4.5 km aguas arriba de la confluencia de este río con el Río del Carmen y corresponde al Canal Tranca Quemada. En la cuenca del Río del Tránsito, el primer canal es el denominado Canal Huracán y se ubica en el Río Chollay 22,5 km aguas arriba de la confluencia con el Río del Tránsito.

De acuerdo a los antecedentes presentados en el Anexo E de monitoreo de calidad del agua, en el punto de monitoreo VIT-3, que corresponde al más cercano del punto de captación de agua de riego en el Río Potrerillos, la calidad del agua superficial es buena, presentando todos los parámetros valores menores que los niveles de referencia de la norma de riego NCh 1.333, excepto en manganeso y mercurio, cuyos promedios son de 0,61 y 0,003 mg/L respectivamente, siendo los valores de la norma iguales a 0,2 y 0,001 mg/L en cada caso. Esto mismo ocurre en el Río Chollay, en donde el punto de monitoreo más cercano al punto de captación corresponde al NE–4, el cual presenta valores menores que los niveles de referencia de la norma NCh 1333 excepto en manganeso, cuyo promedio es de 1,29 mg/L. También destacan los niveles

naturales de aluminio cuyo valor promedio de 4,8 mg/L es cercano al nivel de referencia de la NCh 1333 (5 mg/L) y un valor máximo de 14 mg/L. Asimismo, el pH mínimo medido es de 4,3, inferior al valor mínimo de referencia (5,5).

5.2.9.2 Agua para Consumo Humano

En la cuenca del Río del Carmen, la primera captación de agua para consumo humano se realiza en la localidad El Corral en donde este suministro es captado de pozos profundos y de canales de riego. Por su parte en la cuenca del Río del Tránsito, la primera captación de agua para consumo humano se realiza en la localidad de Chollay (Figura 5.11).

En la localidad de El Corral, el punto de monitoreo de calidad de agua superficial más cercano corresponde a VIT-2, ubicado en el río del Carmen, aproximadamente 20 km aguas arriba. Este punto de monitoreo presenta valores promedio mayores que los niveles de referencia de la Norma Chilena de Agua Potable (NCh 409) en los parámetros hierro (1,0 mg/L contra 0,3 mg/L), manganeso (0,28 mg/L contra 0,2 mg/L) y turbiedad (8 ntv contra 5 ntv), sin embargo, el Ministerio de Salud puede aceptar valores por sobre la norma para estos tres parámetros, siempre y cuando ello no signifique un peligro para la salud pública.

Respecto de la localidad de Chollay, el punto de monitoreo de calidad de agua superficial más cercano corresponde a NE-8, ubicado aproximadamente 7 km aguas arriba. Este punto de monitoreo presenta valores promedio de concentración de manganeso de 1,34 mg/L y de hierro de 0,58 mg/L, mayores que los niveles de referencia establecidos en la norma NCh 409 (0,2 mg/L y 0,3 mg/L respectivamente).

5.2.9.3 Vida Acuática

De acuerdo a lo descrito en la sección sobre Limnología, las campañas de terreno efectuadas en el área permitieron determinar los puntos de mayor altitud en los que se evidencia presencia de vida íctica. En la cuenca del Río del Carmen el punto de mayor altitud que sustenta vida íctica se ubica aguas abajo de la localidad de San Félix; por su parte, en la cuenca el Río del Tránsito, la cota superior de vida íctica se observó en la confluencia del Río Pachuy con el Río Chollay.

5.2.10 EDAFOLOGÍA

Los suelos de áreas montañosas andinas, están influenciados por factores como el relieve, la fuente de los materiales, el microclima y la cobertura vegetacional.

El área de emplazamiento del Proyecto Pascua – Lama está ubicado en la alta cordillera andina, lugar caracterizado por las fuertes pendientes, y condiciones climáticas extremas, todo lo cual condiciona una baja pedogénesis y por lo tanto, la casi inexistencia de suelos con aptitudes agrícolas.

Para establecer la línea base de esta componente se realizó un estudio en terreno, cuyos alcances consideraron el análisis de las propiedades y las condiciones actuales de los suelos presentes en el área del Proyecto, así como su uso actual y potencial. Este análisis involucró el reconocimiento de los suelos, de su morfología, ubicación en el paisaje y la evaluación de las características limitantes que poseen.

5.2.10.1 Unidades de Suelos

En la parte alta de la Cordillera de los Andes, sobre los 3.000 m.s.n.m. son prácticamente inexistentes las unidades pedológicas, debido fundamentalmente a las extremas condiciones climáticas, a lo abrupto del relieve, a la estabilidad del material parental y a la ausencia de vegetación. Los "suelos" se restringen a rellenos aluviales en el piso de pequeños valles intermontanos, en depósitos morrénicos pequeños y en depósitos aluvio-coluviales de pendientes moderadas, donde ha logrado formarse material fino y asentarse alguna vegetación menor. En ellos no existen actividades agrícolas significativas. En consecuencia, debido a la gran mezcla de materiales y a la pobre intemperización, en el caso del Proyecto Pascua – Lama, no fue posible describir series en su sentido taxonómico. En su reemplazo se describieron las unidades de suelo mostradas en la Figura 5.12 que se indican a continuación, definidas mediante sus características geomorfológicas.

- **Suelos Coluvio-Aluviales de los Valles de Altura**

Son suelos de muy escaso desarrollo, prácticamente pre-suelos, profundos, del tipo litosólicos, formados a partir de materiales coluvio-aluviales provenientes de las quebradas de los cordones de cerros que limitan su área, y se encuentran presentes en los conos de deyección de las quebradas.

La matriz es franco arenosa a franco arcillo–arenosa, con 40% a 80% de gravas y piedras angulares y subangulares de tamaño variable. Los colores varían de acuerdo a los materiales geológicos originales, siendo generalmente de colores pardo oscuros a pardo en los matices 10YR y 7,5YR. Las pendientes varían entre 3% y 30%. En general estos suelos tienen buen drenaje, el que tiende a ser excesivo dependiendo de la inclinación de los conos de deyección. La cobertura de la vegetación es muy escasa, generalmente de tipo arbustiva. Estos suelos presentan una erodabilidad potencial media a alta.

- **Suelos Morrénicos Andinos**

Estos suelos provienen de depósitos morrénicos y no presentan clasificación granulométrica. Son suelos profundos, y las texturas dominantes en el perfil son franco arcillo arenosas con un porcentaje variable de gravas hasta bloques, fluctuantes en volumen entre 40 y 80%. Las pendientes son complejas con microrelieve variando entre 3 y 9%. Los colores del perfil dependen de los materiales parentales, siendo 10YR/2, pardo oscuro, cuando predominan las rocas volcánicas y brechas y 7.5YR, pardo rojizo (eventualmente 5YR) si el material parental corresponde a granitos intemperizados. El suelo presenta buen drenaje y escasa cobertura vegetal. Por pendiente y posición son de baja erodabilidad potencial.

- **Suelos Aluviales de los Valles Andinos de Altura**

Esta unidad incluye aquellos suelos evolucionados en ambientes húmedos y los suelos desarrollados sobre materiales fluviales de fondo de quebrada sin presencia de humedad y consecuentemente, sin presencia de vegetación. Geomorfológicamente, corresponden a planicies y terrazas estrechas, con dominancia de granulometría gruesa, aún cuando en algunos suelos se reconoce mayor presencia de arcilla y limo, abundantes en pedregosidad y clastos en superficie y en todo el perfil, de formas redondeadas y subredondeadas, debido al transporte, las que se reconocen hasta 1 m de profundidad. Las partículas de suelo se presentan sueltas, sin cohesión, por lo que se puede señalar que no presentan estructuras o ésta es muy incipiente. La pendiente dominante se ubica entre 3 y 9% y presenta baja erodabilidad potencial. Son suelos no plásticos y no adhesivos, aunque cuando aumenta la cantidad de arcilla, mejoran ambas condiciones. Cercano al cauce se distinguen depósitos modernos, arenosos con abundancia de gravas y piedras.

a) Suelos fluviales

Esta subunidad corresponde a suelos minerales, que presentan drenaje moderado; los colores son pardo oscuros a pardo rojizo oscuro, de matriz franca arcillo arenosa a franca arcillosa, con 30 a 40% de gravas en superficie y hasta 80 a 90% en profundidad. En los suelos del área de estudio, se reconoce mayor contenido de arcilla que en otros suelos del mismo valle, dominando el buen drenaje. Cuando se presenta algún desarrollo de estructura, ésta es del tipo laminar. Se ubican en fondos de quebradas, sin presencia de vegetación. Son suelos poco evolucionados dadas las condiciones climáticas y la escasa humedad.

b) Suelos de vega

Los suelos de vega se ubican en fondos de quebradas, con presencia de vegetación, correspondiendo a suelos con deficiente a mal drenaje, lo que permite que la humedad se acumule en el perfil de suelo, la que puede aparecer en superficie. Dominan las condiciones anaerobias. Los colores varían del negro al gris muy oscuro y rojizo en superficie. Los colores negro y grisáceos oscuros de deben a las condiciones reductoras, por la presencia de humedad, en tanto que los colores rojizos, cuando estos se presentan, se deben a condiciones de oxidación, producto de la mayor aireación. Presentan mayor abundancia de materia orgánica, la que también influye en los colores oscuros. Se mantienen las texturas señaladas anteriormente, las que se mezclan con el material vegetal descompuesto, otorgándole características de horizontes orgánicos en superficie. Debido a la presencia de materia orgánica, presentan menores densidad que los suelos minerales de la subunidad anterior.

- **Suelos Misceláneos**

Corresponden a una agrupación de geoformas dentro de las que no ha sido posible definir series reales de suelos, sino que están constituidos por afloramientos rocosos, bordes de quebradas y en general, terrenos muy abruptos. En ellas coexisten suelos de características muy diversas que tienen en común sus limitaciones para cualquier uso productivo, por lo que se clasifican sólo como aptos para vida silvestre.

5.2.10.2 Uso del Suelo Actual y Potencial

De acuerdo a las características físicas de los suelos, el uso actual productivo es marginal. La única actividad reconocida es la ganadería la que se localiza en algunos sectores de la cuenca del Río El Toro y a lo largo de la cuenca del Río del Estrecho. En este escenario las potencialidades de los suelos del área del proyecto son escasas debido a sus características, estos mayoritariamente no tienen uso actual, sólo sustentando vida silvestre.

5.2.10.3 Capacidades de Uso de los Suelos

La clasificación de capacidad de uso, es un sistema de agrupamiento que se hace con fines de uso y conservación. En el caso de los suelos del área del Proyecto, presentan serias limitaciones de carácter topográficas, de suelo y climáticas que restringen cualquier uso productivo de ellos. Los escasos suelos que permiten algún tipo de uso se localizan en general en forma irregular en los fondos de valle bajo la cota de 4000 m s.n.m. Estos suelos soportan escasamente ganadería extensiva de temporada (suelos clase VI y VII de capacidad de uso).

5.2.11 RIESGOS NATURALES

La descripción de los riesgos naturales en el área del Proyecto, considera la caracterización de la sismología, estabilidad de taludes y volcanismo.

5.2.11.1 Sismología

El área del Proyecto Pascua – Lama se encuentra inserta dentro de una región en la que la subducción de la placa de Nazca ocurre en forma distinta a la descrita anteriormente, esto es, al llegar a una profundidad de 100 km, se flecta hacia arriba, estabilizándose. Este fenómeno tendría directa relación con la distribución de los hipocentros de los sismos que se producen en esta zona (entre los 27º Lat. Sur y los 35º Lat. Sur). Hay poca actividad sísmica asociada a actividad volcánica con epicentros someros (hasta unos 70 km).

En el contexto del desarrollo de los aspectos geotécnicos de diseño realizados recientemente, se ha determinado para el área del Proyecto, que un sismo con un período de retorno de 475 años tendría una magnitud de Richter (M_w) de 8,5 con una aceleración horizontal de 0,3 g.

5.2.11.2 Fallas y Tectonimo

El basamento rocoso más antiguo está formado por unidades metamórficas, plutónicas y volcano-sedimentarias, de edad Paleozoica a Triásica inferior, con secuencias Meso-Cenozoicas suprayacentes. Además se encuentran rocas volcánicas y formaciones sedimentarias. Las estructuras geológicas principales son familias de fallas y lineamientos asociados a las discontinuidades mayores que definen los valles. Aunque el área, como todos los Andes Centrales, es tectónicamente activo debido a la relación con los movimientos profundos de las placas tectónicas, la ausencia de volcanismo reciente es una indicación de poco tectonismo somero. La mayoría de las fallas observadas son vestigios de movimientos en épocas geológicas pasadas. Los riesgos geológicos identificables se deben a que las formaciones volcánicas se encuentran intensamente fracturadas y meteorizadas, razón por la cual experimentan caídas de bloques y deslizamientos, que da origen a la formación de conos de deyección y escombreras de falda al pie de farellones.

5.2.11.3 Estabilidad de Taludes

Los riesgos geológicos potenciales se relacionan principalmente a inestabilidad de taludes, deslizamiento y caídas de bloques. Podrían ocurrir deslizamientos en sectores donde los taludes de los suelos tienen pendientes mayores a 40°, es decir en aquellos lugares en que se encuentran diques intrusivos en contacto con volcanitas o formaciones sedimentarias afectadas por procesos de meteorización avanzada y erosión eólica. Estos fenómenos de inestabilidad también se relacionan con la actividad sísmica en el área.

5.2.11.4 Volcanismo

El área del Proyecto se encuentra alejada de volcanes activos, razón por lo cual no existen riesgos inminentes de flujos de lavas, caídas de piroclastos o flujos laháricos. Se estima que a partir del Mioceno Superior no exite actividad volcánica en la zona.

5.3 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO

Para la caracterización del medio biótico en el área de influencia del Proyecto Pascua – Lama se han realizado diversos estudios de flora y vegetación, fauna terrestre y limología, desde 1994 a la fecha, los cuales son compilados en este EIA y presentados como un solo informe consolidado.

Para el componente biótico flora y vegetación se han realizado cuatro estudios de línea de base, al que se suma tres campañas de monitoreo realizadas los años 2002, 2003 y 2004. El primer estudio incluyó la cuenca del Río del Estrecho hasta la localidad de Conay (Squeo et al. 1995a). Posteriormente se realizó una evaluación de los recursos bióticos asociados a la construcción del camino de acceso sur al Proyecto, que incluyó en su parte montañosa la Cuenca de Tres Quebradas, la parte baja del Río Potrerillos y un tramo del Río del Carmen (Squeo et al. 1995b). Este último estudio fue seguido por un monitoreo exhaustivo durante la etapa de construcción del camino (Squeo et al. 1996). Un tercer estudio de línea de base de flora y vegetación se realizó en la Cuenca de Tres Quebradas - Río del Toro asociado a la expansión del Proyecto Pascua–Lama en esa cuenca (Squeo y Arancio 1998).

Para el análisis de la fauna presente en el área del Proyecto se han realizado campañas de monitoreo los años 1994, 1995, 1997, 1999, 2002, 2003 y 2004.

Para la descripción de limnología se basa en dos estudios realizados en los Ríos del Estrecho, de Las Tres Quebradas, del Carmen y del Tránsito, en diciembre de 1997, mayo y noviembre de 1999 y marzo del 2000. Además se incluyen resultados obtenidos del "Monitoreo de Vida Acuática", realizado por la Universidad de La Serena en enero del 2002 y por Knight Piesold en mayo del 2003.

Como parte de los compromisos asumidos en la RCA Nº 039/2001 que aprueba el Proyecto Pascua–Lama, se han realizado campañas de monitoreo anuales de los componentes flora y vegetación, fauna terrestre y limnología las cuales han permitido actualizar la información contenida en los estudios realizados con anterioridad (en especial los aspectos cartográficos) y el seguimiento de los componentes bióticos.

A continuación se resumen los principales resultados de los últimos monitoreos realizados en el área del Proyecto.

5.3.1 FLORA Y VEGETACIÓN

La vegetación del área se inserta a nivel continental, en el Reino Neotropical (Cabrera, 1974), Dominio Andino – Patagónico, Provincia Alto-Andina, Subregión de los Andes Mediterráneos, estepa Alto-andina de Coquimbo (Gajardo, 1994).

Los ambientes de alta montaña de la Cordillera de Los Andes presentan una condición climática relativamente homogénea desde la Patagonia a la latitud 55º Sur, hasta Venezuela a 18º Norte (Arroyo *et al*. 1988; Squeo *et al*. 1993, 1994), lo que ha favorecido la migración de muchos taxa de plantas a lo largo de los Andes desde su levantamiento hace 3 millones de años atrás (Cleef, 1980). En adición a especies de otras latitudes, la comunidad vegetal de los Andes desérticos de Chile se ha incrementado por migración de especies desde bajas elevaciones (Villagrán *et al*. 1983; Squeo *et al*. 1993, 1994).

Actualmente existe una fuerte diferenciación florística entre los Andes desérticos con lluvia de invierno (32-25ºS) y los Andes con lluvia de verano (al norte de los 25ºS). Esta diferenciación se debe a la existencia de la diagonal árida a los 24-25ºS que limita la migración latitudinal de plantas (Villagrán *et al*. 1983, Squeo *et al*. 1993, 1994), además existen factores ambientales que reducen el flujo génico entre las poblaciones de alta montaña (Arroyo *et al*. 1988, Rozzi *et al*. 1989, Arroyo & Squeo 1990, Squeo *et al*. 1991) por lo que se ha desarrollado una rica flora endémica en los Andes desérticos de Chile (Squeo *et al*. 1994).

La flora de los ambientes de alta montaña tiene aparentemente menos problemas de conservación que otros biomas del planeta (WWF 2001). Por ejemplo, en la IV Región de Chile, la proporción de especies de plantas con problemas de conservación disminuyen desde la costa hacia la zona andina (Squeo et al. 2001). Este mejor estado de conservación también se

evidencia al nivel de eco-región. Recientemente, la WWF (2001) indica que la eco-región de la Puna Árida de los Andes Centrales (que incluye los Andes desérticos de Chile) posee un estado de conservación "relativamente estable e intacto".

La actividad humana es uno de los factores que incide fuertemente en el estado de conservación de la flora. Los Andes del norte de Chile poseen dos tipos básicos de ocupación humana: a) el habitante andino permanente del Altiplano, en el norte y, b) el trashumante estival de Los Andes del norte-centro. En los Andes de la III-IV Regiones destaca el uso tradicional de la vegetación para la alimentación estival de ganado ("veranadas"), la extracción de leña y la colecta de especies de interés medicinal (López 1979, Squeo et al. 1994). En estas regiones, sólo en los valles pre-andinos existe una actividad agrícola permanente (Jorquera 2001).

Para este estudio se realizó un análisis fisionómico y florístico de la vegetación, lo que permite la definición de pisos altitudinales de vegetación. La distribución de las unidades vegetacionales por piso de vegetación se presenta en la Figura 5.13.

Se cartografiaron las formaciones vegetacionales de ladera y fondo de quebrada en toda el área de estudio y se analizó la riqueza y abundancia de las especies para lo cual se establecieron diversos puntos de muestreo, distribuidas homogéneamente en todos los pisos altitudinales de vegetación definidos. En cada estación de muestreo se registraron las especies presentes y su abundancia como cobertura (porcentaje del área total cubierta por la especie), y se consideraron algunos de los factores que determinan la distribución y abundancia de las especies en el sector (anomalías hidrotermales, exposición, disponibilidad de agua y drenaje).

La carta de ocupación de tierras (Ver Figura 5.14, C.O.T., según Etienne y Prado 1982) fue confeccionada en base a fotografías aéreas color escala 1:30.000 y a la cobertura y composición florística obtenida en terreno.

El estado de conservación de las especies fue determinado utilizando las categorías y criterios propuesto por CONAF (Benoit 1989, Espinoza *et al*. 1994) incluyendo criterios históricos, de distribución, endemismos, hábitat y no antrópicos. Se identificaron las zonas en las que se concentran estas especies con problemas de conservación, las que se ilustran en la Figura 5.15.

5.3.1.1 Pisos Altitudinales de Vegetación

Debido a la altitud a la que se emplazarán las instalaciones del Proyecto Pascua – Lama en territorio chileno (sobre los 4.400 m s.n.m.), la vegetación del área es casi inexistente, ya que su desarrollo se encuentra limitado por condiciones climáticas muy severas, lo que determina que

el límite altitudinal superior de distribución de vegetación sea alrededor de los 4.200 m s.n.m. Por sobre estas elevaciones sólo en condiciones especiales es posible encontrar vegetación.

La vegetación que se emplaza en el área del Proyecto puede ser dividida según su hábitat en:

a) Vegetación de laderas (o vegetación zonal), y
b) Vegetación de base de los valles (o vegetación azonal, es decir, vegetación cuya presencia depende de la existencia de agua, en ella se incluye vegetación de fondo de quebrada, vegetación ribereña y vegetación de vega).

Mediante un análisis fisionómico y florístico de la flora y vegetación que crece en estos hábitats, se han definido cuatro pisos altitudinales de vegetación, los cuales se presenta en la Figura 5.13 y cuyas principales características se resumen en la Tabla 5.49.

Tabla 5.49
Pisos Altitudinales de Vegetación

	Vegetación Zonal (de ladera)	Vegetación Azonal (de fondo de valle)	Superficie en Área de estudio (ha)
Piso Preandino (PA)	< 2800 m	< 3000 m	1.368 ha
Piso Subandino (SA).	2800 – 3500 m	2900 – 3500 m	11.597 ha
Piso Andino Inferior (AI).	3500 - 4200 m	3500 - 4200 m	14.490 ha
Piso Andino Superior (AS).	4200 - 4350 m	----	15.987 ha
Límite altitudinal máximo de la vegetación.	4400 m	4200 m	

FUENTE: Geotécnica, 2000, Universidad de La Serena, 2004

Se debe destacar que el área de estudio considerado en estos trabajos es mayor que el área de influencia directa del Proyecto.

A continuación se realiza una caracterización de los pisos de vegetación de toda el área de estudio, y de las principales formaciones vegetales que lo conforman.

- **Piso Pre-Andino (PA)**

a) **vegetación de ladera (PA):** ubicado en la parte baja de las cuencas de los Ríos Tres Quebradas y Potrerillos. En la primera cuenca este piso llega por el fondo de quebrada hasta los 2.800 m, mientras que por Río Potrerillos sube hasta los 2.950 m. En las laderas de exposición norte, este piso puede subir por sobre los 3.200 m, mientras que en las laderas de exposición sur rara vez supera los 3.000 m. Este piso también se encuentra en la cuenca del Río del Estrecho, pero fuera del área de estudio, que llega hasta los 3.000 m.

La formación vegetal característica de este piso es *Adesmia aphylla - Ephedra breana*, la que tiene una cobertura absoluta de 14,34% en las 1.368 ha. Las especies acompañantes son: *Gymnophyton robustum* y *Viviania marifolia*. Algunas especies sólo están presentes dentro de ese piso vegetacional, por ejemplo: *Adesmia aphylla* y *Mutisia cana*. En algunos sectores *Adesmia aphylla* puede alcanzar hasta los 2.850 m modificando localmente el límite superior de este piso. La especie de cacto *Eriosyce aureata* (sandillón, asiento de suegra) crece en la base y la mitad de las laderas de este piso.

b) **vegetación de fondo de quebrada (FQ):** presente en la parte baja del Río Tres Quebradas y Potrerillos. En total representa 252 ha, con una cobertura vegetal del 44,8%. Estas son las únicas áreas con presencia de árboles, quienes tienen en promedio un 7,2% de cobertura. Se reconocieron 5 formaciones vegetales, entre las que destacan *Fabiana imbricata* (Fi, con 152,7 ha y 40,3% de cobertura) y *Baccharis volckmannii - Escallonia angustifolia - Discaria trinervis* (Bv-EA-DT, con 63,3 ha y 40,1% de cobertura). Otras especies importantes son: *Acaena magellanica, Juncus articus y Tessaria absinthioides*. Esta unidad vegetacional es el límite altitudinal para la *Cortaderia speciosa*.

- **Piso Sub-andino (SA)**

a) **Vegetación de ladera (SA)**: este piso que va entre los 2.800 y 3.500 m, es el límite superior para la distribución de las especies arbustivas, quienes representan el 21,5% de la cobertura vegetal absoluta. Elementos característicos son *Adesmia hystrix, Viviania marifolia, Ephedra breana y Haplopappus baylahuen*. En algunos sectores, en laderas térmicamente más favorables (Squeo et al. 1993) permiten la existencia de *Adesmia hystrix* hasta los 3.600 m. En este piso se reconocieron 8 formaciones vegetales, todas ellas tienen entre sus especies dominante *Adesmia hystrix*. En términos de superficie, las formaciones más importantes son *Adesmia hystrix - Stipa chrysophylla - Viviania marifolia* (Ah-sc-Vm con 3.568 ha y 28,4% de cobertura), *Adesmia hystrix - Ephedra breana - Gymnophyton spinosissimum* (Ah-Eb-Gs con 2.637 ha, y un 24,9% de cobertura), y *Adesmia hystrix - Adesmia aegiceras* (Ah-Ae con 2.421 ha y 4,0% de cobertura).

b) **vegetación ribereña o de vega (VSA):** en los sectores más húmedos ubicados en fondos de quebrada entre el 2.800 y 3.500 m, se desarrolla una vegetación dominada por las formas de vida arbusto (36,8%) y hierbas perennes (18,5%). La formación vegetal característica es *Acaena magellanica, Juncus articus, Eleocharis albibracteata* (Am-ja-ea posee 33,5 ha y una cobertura vegetal de 55,3%). En esta clasificación *Acaena magellanica* es tratada como arbusto (leñoso bajo) (Marticorena et al. 2001), aunque también podría ser considerada como hierba perenne, y en ese caso la forma de vida dominante seria la de hierba perenne. Entre las especies acompañantes están: *Patosia clandestina, Deschampsia cespitosa, Carex gayana y Fabiana imbricata*. Esta formación vegetal, también conocida como vega de *Juncus-Acaena*, es común en los pisos sub-andinos de la III y IV Región.

- **Piso Andino Inferior (AI)**

a) **vegetación de ladera (AIz):** entre los 3.500 y 4.200 m, se encuentra el piso de los cojines o Andino Inferior, común a lo largo de todos la cordillera de Los Andes. La parte baja de este piso se puede extender por el fondo de quebrada y la base de las laderas hasta los 3.400 m, y por otro lado puede subir en las laderas más asoleadas hasta los 4.250 m. La cobertura vegetal absoluta es del 19,9%. En este piso se reconocen 6 formaciones vegetales, siendo las tres más importantes en términos de superficie: *Adesmia aegiceras - Stipa chrysophylla* (Ae-sc con 11.827 ha y una cobertura del 19,2%), *Adesmia aegiceras - Stipa chrysophylla - Viviana marifolia* (Ae-sc-Vm con 1.733 ha y una cobertura del 27,3%) y *Azorella madreporica* (Az con 729 ha y una cobertura del 11,3%). La mayor superficie de la formación Az se encuentra en el valle del Río del Estrecho (712,7 ha de las 729 ha).

b) **vegetación de vega (AIv):** los fondos de quebrada más húmedos ubicados entre los 3.500 y 4.200 m, se desarrollan las vegas andinas, vegetación dominada por las hierbas perennes. En el área de estudio representan 199 ha, con una cobertura vegetal del 78,1%. Se reconocen 4 formaciones vegetales. La mas importante corresponde a la formación *Oxychloe andina - Deschampsia cespitosa - Patosia clandestina - Deyeuxia velutina* (oa-dc-pa-dv con 107,5 ha y una cobertura del 81,1%). Otras especies importantes son: *Eleocharis albibracteata, Carex gayana y Juncus arcticus*.

- **Piso Andino Superior**

a) **vegetación de ladera o zonal (AS)**: entre los 4.200 y hasta el límite altitudinal superior de la vegetación (límite medio 4.350 m, límite máximo 4.400 m). Piso caracterizado por una baja cobertura vegetal (0,30%), donde habitan primariamente hierbas perennes (0,27%), y en las áreas térmicamente favorables algunas especies con forma de crecimiento en cojín (0,02%). Se reconocieron 5 formaciones vegetales, siendo las más importantes en términos de superficie *Stipa atacamensis - Trisetum preslei* (sa-tp con 5.417 ha y una cobertura del 0,31%) y *Trisetum preslei - Lenzia chamaepitys* (tp-lc con 5.241 ha y una cobertura del 0,21%). Otras especies acompañantes son: *Menonvillea cuneata, Senecio segethii, S. volckmannii, Oxalis hypsophila, Chaetanthera sp., Azorella cryptantha y Junellia uniflora*.

Para el área específica donde se desarrollará el Proyecto (Cuencas altas río Estrecho y El Toro), se tienen los siguientes resultados.

Cuenca del Río del Estrecho

El área de estudio en la cuenca del Río del Estrecho correspondió a 13.211 ha, e incluye los pisos de vegetación Sub-andino, Andino Inferior y Andino Superior. Entre las particularidades de esta cuenca se encuentra:

- **Piso Sub-andino (SA) en la Cuenca del Río del Estrecho**

a) **vegetación de ladera (SA):** esta cuenca representa 677 ha (5,1% de la superficie de la cuenca). La cobertura vegetal promedio es de 29,85%. Su límite altitudinal superior está cerca de los 3.600 msnm, con alturas máximas cercanas a los 3.700 msnm. La forma de vida dominantes es la arbustiva, principalmente por arbustos por sobre los 1,5 m de altura. La especie dominante en todas las formaciones vegetales es *Adesmia hystrix*, quien es acompañada por *Viviania marifolia, Ephedra breana, Haplopappus baylahuen, Stipa chrysophylla y Azorella madreporica*. La principal formación vegetal es *Adesmia hystrix - Stipa chrysophylla - Viviania marifolia* (Ah-sc-Vm con 373 ha y 20,0% de cobertura), la que cubre más del 55% de la superficie de este piso, y le sigue en superficie *Adesmia hystrix - Ephedra breana - Haplopappus baylahuen* (Ah-Eb-Hb con 178 ha y 36,2% de cobertura).

b) **vegetación ribereña o de vega (VSA):** en el fondo de quebrada del Río del Estrecho, las vegas sub-andinas alcanzan hasta los 3.300 msnm. La formación vegetal característica es *Acaena magellanica, Juncus articus, Eleocharis albibracteata* (Am-ja-ea posee 21,4 ha y una cobertura vegetal de 35,6%).

- **Piso Andino Inferior (AI) en la Cuenca del Río del Estrecho**

a) **vegetación de ladera (AI):** entre los 3.600 y los 4.000 a 4.250 m, se encuentra el piso de los cojines o Andino Inferior. La parte baja de este piso se puede extender por el fondo de quebrada y la base de las laderas hasta los 3.400 m, y por otro lado puede subir en las laderas más asoleadas hasta los 4.250 m. La cobertura vegetal absoluta es del 10,9%. En la cuenca del Río del Estrecho la principal formación vegetal es *Azorella madreporica* (Az con 712,7 ha y una cobertura del 11,01%).

b) **vegetación de vega (VA):** los fondos de quebrada más húmedos ubicados entre los 3.300 y 4.000 msnm (localmente hasta los 4.200 m), se desarrollan las vegas andinas. En la cuenca del Río del Estrecho representan 94,7 ha, con una cobertura vegetal del 85,1%. En esta cuenca se reconocen 2 formaciones vegetales: *Oxychloe andina - Deschampsia cespitosa - Patosia clandestina - Deyeuxia velutina* (oa-dc-pa-dv con 67,2 ha y una cobertura del 90,2%) y *Deschampsia cespitosa - Deyeuxia velutina* (dc-dv con 27,5 ha y 72,7% de cobertura).

- **Piso Andino Superior en la Cuenca del Río del Estrecho**

a) **vegetación de ladera o zonal (AS):** este piso se encuentra entre los 4.200 y hasta el límite altitudinal superior de la vegetación cercano a los 4.500 msnm. En Río del Estrecho posee 5.811 ha (44% de la superficie de la cuenca). La principal formación vegetal *es Trisetum preslei - Lenzia chamaepitys* (tp-lc con 4.755 ha y una cobertura del 0,05%), seguida con *Lenzia chamaepitys - Oxalis hypsophila* (lc-oh con 906,5 ha y 0,06% de cobertura).

Cuenca del Río Tres Quebradas y El Toro

El área de estudio en la cuenca del Río Tres Quebradas y El Toro posee 24.514 ha, e incluye desde el piso Pre-andino al Andino Superior. A continuación se analizan algunas de las particularidades de esta área.

- **Piso Pre-Andino (PA) en la Cuenca del Río Tres Quebradas**

a) **vegetación de ladera (PA):** ubicado en la parte baja de la cuenca del Río Tres Quebradas. Este piso llega por el fondo de quebrada hasta los 2.800 m, en las laderas de exposición norte puede subir por sobre los 3.200 m, mientras que en las laderas de exposición sur rara vez supera los 3.000 m. La formación vegetal característica de este piso es *Adesmia aphylla - Ephedra breana*, la que tiene una cobertura absoluta de 17,9% en las 149,3 ha. La especie de cacto *Eriosyce aureata* (sandillón, asiento de suegra) crece en la base y la mitad de las laderas de este piso.

b) **vegetación de fondo de quebrada (FQ):** presente en la parte baja del Río Tres Quebradas. En total representa 124 ha, con una cobertura vegetal del 43,0%. La forma de vida arbórea tiene en promedio un 3.8% de cobertura. La principal formación vegetal es *Fabiana imbricata* (Fi, con 97,4 ha y 39,9% de cobertura), seguida de *Acaena magellanica - Fabiana imbricata - Escallonia angustifolia* (Am-Fi-EA con 13,8 ha y 68% de cobertura) y *Baccharis volckmannii - Escallonia angustifolia - Discaria trinervis* (Bv-EA-DT, con 12,3 ha y 40,1% de cobertura).

- **Piso Sub-andino (SA) en la Cuenca del Río Tres Quebradas**

a) **vegetación de ladera (SA):** este piso que va entre los 2.800 y los 3.500 msnm (aunque puede subir hasta cerca de los 4.000 m en las laderas de exposición norte). Las especies arbustivas representan el 14,6% de la cobertura vegetal absoluta. En todas las formaciones vegetales la especie dominante es el arbusto *Adesmia hystrix*. Las principales formaciones vegetales son: *Adesmia hystrix - Adesmia aegiceras* (Ah-Ae con 1.888 ha y 3,6% de cobertura) y *Adesmia hystrix - Ephedra breana - Gymnophyton spinosissimum* (Ah-Eb-Gs con 1.049 ha, y un 23,3% de cobertura).

b) **vegetación ribereña o de vega (VSA):** En este piso la vegetación ribereña fue incluida en vegetación de fondo de quebrada del piso Pre-andino, debido a la importancia de *Fabiana imbricata*, aunque el elemento *Acaena magellanica* esta presente en los márgenes del Río Tres Quebradas.

- **Piso Andino Inferior (AI) en la Cuenca del Río Tres Quebradas - El Toro**

a) **vegetación de ladera (AI):** el piso de los cojines o Andino Inferior en la cuenca de Río Tres Quebradas se encuentra entre los 3.500 y 4.200 msnm, y por el fondo de quebrada del Río El Toro hasta los 4.050 msnm. La cobertura vegetal absoluta es del 24,0%. La principal formación vegetal en términos de superficie es *Adesmia aegiceras - Stipa chrysophylla* (Ae-sc con 3.651 ha y una cobertura del 24,5%).

b) **vegetación de vega (VA):** En el la cuenca de Tres Quebradas y parte baja de El Toro área representan 36,16 ha, con una cobertura vegetal del 88,8%. Las dos formaciones vegetales reconocidas son: *Oxychloe andina - Deschampsia cespitosa - Patosia clandestina - Deyeuxia velutina* (oa-dc-pa-dv con 27,15 ha y una cobertura del 90,6%) *y Deschampsia cespitosa - Deyeuxia velutina* (dc-dv con 9,01 ha y una cobertura del 83,5%).

- **Piso Andino Superior en la Cuenca del Río Tres Quebradas - El Toro**

a) vegetación de ladera o zonal (AS): este piso se ubica entre los 4.200 y hasta el límite altitudinal superior de la vegetación ubicado cerca de los 4.500 msnm, y es interrumpido por áreas sin vegetación principalmente en la cuenca del Río El Toro. Su superficie es de 5.812 ha y posee una cobertura vegetal de 0,46%. Las principales formaciones vegetales son *Stipa atacamensis - Trisetum preslei* (sa-tp con 3.028 ha y una cobertura del 0,4%) y *Stipa chrysophyla - Menonvillea cuneata* (sc-mc con 2.626 ha y una cobertura del 0,5%).

5.3.1.2 Diversidad, Endemismos y Especies con Problemas de Conservación

La Tabla 5.50 lista la flora vascular que ha sido identificada en el área de estudio definida en torno al Proyecto Pascua Lama, indicándose en qué campaña de terreno fue identificada cada especie. A continuación se muestran los resultados de estas campañas.

- **Catastro Flora Estudio Arcadis Geotécnica 1999.**

El área de estudio sobre la cual se realizó el catastro de flora vascular presentado en el EIA del Proyecto original (Geotécnica, 2000) abarcó el área comprendida desde la confluencia del Río de Las Tres Quebradas con el Río El Toro, hasta el límite altitudinal superior de la vegetación (cuenca del Río El Toro) y desde la confluencia de Quebrada Barriales con el Río del Estrecho, hasta el límite altitudinal de la vegetación (parte alta de cuenca del Río del Estrecho).

Según los antecedentes contenidos en el EIA 2000, la riqueza específica, es decir, el número absoluto de entidades taxonómicas presentes en esta área de estudio, alcanzó a 39 especies, distribuidas en 32 géneros y 22 familias, como se puede apreciar en la Tabla 5.50.

La flora del área del Proyecto Pascua es una buena representación de la flora altoandina, lo que se desprende tanto de las especies, familias y géneros constituyentes como del porcentaje de endemismo de la flora. Éste alcanzó en el área del Proyecto Pascua–Lama a 32,6%, valor coincidente con el endemismo global de la flora de la III-IV Regiones (ca. 32%, Arroyo datos no publ.).

- **Resultados Monitoreos años 2002 y 2003.**

Las campañas de monitoreo realizadas los años 2002 y 2003 por la Universidad de La Serena comprendieron un área mayor que la considerada por Arcadis Geotécnica en el año 1999, cuestión que se debe tener presente al momento de comparar los resultados de ambos estudios.

El área en que la Universidad de La Serena realizó los estudios corresponden a la cuenca alta del Río del Estrecho, la cuenca del Río Tres Quebradas (y El Toro) y la cuenca alta del Río Potrerillos (aguas arriba de conjunción con Río Tres Quebradas), entre las UTM Norte 6.769.000 - 6.732.500 y Este 379.900 - 408.800 (o el límite con Argentina), que representan una superficie de 64.915 há. Los resultados aquí presentados no consideraron los datos colectados en la cuenca alta del Río Potrerillos, por encontrarse fuera del área de influencia del Proyecto.

En el área de estudio se han colectado 163 especies de plantas, pertenecientes a 107 géneros y 45 familias, las que se listan en la Tabla 5.50. El 60% de las especies pertenece a sólo 8 familias, estas familias con mayor número de especies son: Compositae (31 especies), Gramineae (17 especies), Cruciferae (10 especies), Cyperaceae (9 especies), Umbelliferae, Papilionaceae y Scrophulariaceae (8 especies), y Portulacaceae (7 especies). La mayoría de las especies registradas en el área de estudio (157 especies) corresponden a especies nativas de Chile, y dentro de ellas 28 son además endémicas de Chile (17,8%). Sólo se registraron 6 especies advenas (alóctonas, introducidas).

Squeo et al. (1994) mostraron que el endemismo a Chile de la flora que habita sobre los 3.000 m en la Cordillera de Doña Ana fue de un 12,3%, valor levemente menor al encontrado en este estudio. Sin embargo, Squeo et al. (1994) plantea que el endemismo a la región andina desértica con régimen de lluvia de invierno (incluyendo Argentina y Chile) es de 75,5% para la flora zonal (laderas), pero este valor fue muy inferior al considerar sólo la vegetación azonal (vegas) (i.e., 26,9%).

Squeo y Arancio (1998) indican que en el área de estudio, la diversidad de especies, medida como el número absoluto de especies, tiene un máximo en el Piso Subandino (75 especies) y disminuye a mayores alturas. En ese trabajo se indica que el número total de especies de plantas encontradas en el transepto Río el Toro - Río Tres Quebradas - Río del Estrecho - Quebrada Barriales fue de 141 especies.

- **Especies con problemas de conservación.**

En el área de estudio se ha identificado una especie incluida en el listado nacional de especies en categoría de conservación (Benoit, 1989) la que se presenta en la Tabla 5.51.

Tabla 5.51
Flora en Categoría de Conservación

Especie	Categoría de Conservación	Ubicación (Unidad de Vegetación)
Opuntia leoncito	Rara	AIz-3 / AIz-4

FUENTE: Benoit, 1989

La especie *Opuntia leoncito,* que está en categoría de conservación Rara debido a su distribución restringida, tiene una población en la unidad AIz-3 y en la unidad AIz-4 en el Río El Toro (ver Figura 5.14), fuera del área en la cual se ejecutarán las modificaciones del Proyecto Pascua Lama planteadas en este EIA.

En la RCA Nº 039/2001 se adquirió el compromiso de realizar trasplante a lugares aledaños de las especies de flora del genero *Azorella* en categoría de conservación y de la especie *Opuntia leoncito*, en el caso que alguna actividad asociada al Proyecto pudiera afectarlas. En el área del Proyecto se han identificado dos especies de *Azorella*, correspondientes a Azorella *cryptantha y Azorella madreporica*, ninguna de las cuales se encuentra en categoría de conservación.

5.3.1.3 Cobertura y Productividad de las Vegas

Las vegas del área de estudio fueron descritas para los pisos Andino Inferior (VA) y Sub-Andino (VSA). Squeo et al. (1995a) plantean que la mayor diversidad de especies se encontró en las vegas del Piso Sub-Andino (VSA) con 39 especies mientras que las vegas del andino inferior presentaron sólo 17 especies. En ese estudio, Squeo et al. (1995a) indica que los elementos dominantes para cada una de estas vegas son: a) sub-andino (vega tipo *Juncus-Acaena*): *Acaena magellanica* (18,3%), *Juncus articus* (19,8%), *Patosia clandestina* (7,5%), *Deschampsia cespitosa* (2,3%), *Carex gayana* (4,0%), *Eleocharis albibracteata* (9,5%), acompañadas en los bordes por el arbusto *Fabiana imbricata* (7,5%); b) andino inferior (vega de gramineas y *Oxychloe*): *Patosia clandestina* (40,0%), *Oxychloe andina* (29,6%), *Deschampsia cespitosa* (8,2%), *Deyeuxia velutin*a (6,0%) y *Carex gayana* (4,7%). Estos valores de cobertura coinciden con encontrados en los años 2002 y 2003.

Aún cuando las vegas andinas (198,8 ha) y sub-andinas (33,5 ha) representan poca superficie en comparación a la vegetación de laderas de los pisos andinos y subandino (42.073,8 ha), ellas concentran una parte importante de la productividad vegetal, que sirve tanto de alimento para los herbívoros, como hábitat preferencial de varias especies animales.

Una medida de productividad vegetal es la biomasa aérea, sin embargo en ningún caso este valor debe ser considerado como productividad en base anual debido a que corresponde a crecimiento acumulativo de varios años.

En las Tablas 5.52 y 5.53 se muestran los valores de biomasa aérea acumulada en el año 2004 para las vegas existentes en la quebraba Barriales y en el río Tres Quebradas y se compara con la productividad de las dos temporadas anteriores. A pesar de que se observa una tendendencia a menor productividad en la presente temporada, no hay diferencias estadísticamente significativas.

En la vega ubicada en el Río del Estrecho, cercana al campamento Barriales, de un total de 34 especies presentes, ocho especies aumentaron su biomasa total y seis especies diminuyeron en mas de la mitad en la presente temporada comparada con 2003 (Tabla 5.52). Dentro de las especies con mayor biomasa están *Oxycloe andina* (250 gr m^{-2}), *Patosia clandestina* (199 gr m^{-2}), *Eleocharis albibracteata* (57 gr m^{-2}), *Deyeuxia velutina* (45 gr m^{-2}), Musgo (47 gr m^{-2}), Carex apropicta (28 gr m^{-2}) y *Carex* sp (63 gr m^{-2}).

En la vega ubicada en el Río de las Tres Quebradas se produce una situación similar. Del total de 34 especies presentes, siete aumentaron su biomasa total y seis la diminuyeron en la presente temporada comparada con 2003 (Tabla 5.53). Dentro de las especies con mayor biomasa están *Oxycloe andina* (424 gr m^{-2}), *Deyeuxia velutina* (211 gr m^{-2}), *Carex* sp (143 gr m^{-2}), *Patosia clandestina* (139 gr m^{-2}) y *Eleocharis albibracteata* (20 gr m^{-2}).

En estudio similares de productividad de vegas andinas realizados en el sector de El Indio, se ha mostrado que existen importantes variaciones interanuales en la productividad, las que se asocian, entre otros factores, con la longitud de la estación de crecimiento y la disponibilidad de agua.

5.3.2 FAUNA TERRESTRE

Tal como se mencionó anteriormente, para la caracterización de la Fauna Terrestre en el Área del Proyecto, se han realizado diversas campañas de monitoreo en las cuales se ha prospectado el área comprendida entre la confluencia del Río El Toro con el Río de Las Tres Quebradas y la parte alta del Río del Estrecho, determinándose las especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios presentes en cada una de ellas. El presente capítulo constituye un consolidado de las últimas campañas de monitoreo realizadas en los años 1999, 2002, 2003 y 2004.

Para la determinación de la distribución y taxonomía de las especies presentes en el área de estudio se utilizó la siguiente bibliografía: Pine et al. (1979), Redford & Eisenberg (1992), Wilson & Reeder (1993), Contreras (en prensa), Cofré & Marquet (en prensa) para mamíferos; Araya & Millie (1986) y Araya et al. (1995) para aves, y Donoso-Barros (1966), y Veloso & Navarro (1988) para anfibios y reptiles.

Para determinar el estado de conservación de las especies se utilizó la información de Glade (1993) y ésta se complementó con el estudio de Rottmann & López Calleja (1992) para el caso de aves.

5.3.2.1 Fauna Avistada

A continuación se muestran los resultados de las campañas de monitoreo de fauna terrestre realizadas en el área de estudio en los años 1999, 2002, 2003 y 2004. Los resultados se presentan en función de los siguientes sectores:

- Sector I: Rio del Estrecho en sector Campamento Barriales,
- Sector II : Río El Toro y Río de Las Tres Quebradas,

- **Río del Estrecho en sector Campamento Barriales**

Se efectuaron monitoreos en los siguientes sitios:;

- Stio 1A: Área de humedales del Río del Estrecho (próximo al campamento ubicado en la confluencia de la Quebrada Barriales), además incluyó laderas aledañas a la cancha de aterrizaje.
- Stio 2A: Áreas de humedales y laderas aledañas de la Quebrada los Barriales.
- Stio 3A: Área de humedales y laderas aledañas al Río del Estrecho y al camino de acceso al área del Proyecto desde el valle del río Chollay.

La fauna avistada en este sector se muestra en las Tablas 5.54, 5.55 y 5.56, y se describe a continuación.

- *Reptiles*

Las especies de reptiles identificadas en el área de estudio se listan en la Tabla 5.54.

Este lagarto *Liolaemus lorenzmülleri* se encontró en la ladera sur del Sitio 1A y 2A en el año 2004, próximo a la cancha de aterrizaje (Cancha de Los Indios; 3.500 - 3.750 m.s.n.m.), ocupando un hábitat caracterizado por la presencia de rocas de mediano tamaño y escasos arbustos (e.g., *Adesmia hystrix)*.

La distribución geográfica de *L. lorenzmülleri* ha sido informada sólo para sectores altoandinos de la Cordillera de Nueva Elqui (2.300-3.200 m.s.n.m.) de la IV Región, Coquimbo. Los datos señalados en el estudio de la Línea de Base (enero 1994) y los obtenidos en los dos monitoreo (enero 2002 y marzo 2003), indican que esta especie presenta un rango de mayor distribución latitudinal (III Región) y altitudinal (> 3.500 m s.n.m.).

El lagarto *Liolaemus vallecurensis* presente en el Sitio 2A (Quebrada los Barriales (3.750 - 3.850 m s.n.m.), se encontró en los mismos lugares informados en enero 2002. Esta especie es de menor tamaño corporal « 10 g que *L. lorenzmülleri*. La distribución de *L. vallecurensis* informada en la literatura indica que sólo habita en los sectores altoandinos de Baños del Toro (Cordillera de Doña Ana, IV Región, Coquimbo). No obstante, datos de la Línea de Base (Cortés et al. 1994) y los monitoreos de enero 2002 y marzo 2003, indican que esta especie presenta un rango de mayor de distribución geográfica latitudinal (III Región) y altitudinal (> 3.800 m s.n.m.).

Finalmente, los presencia de reptiles en los Sitios 1A y Sitio 2A (Sector I) se encuentran en baja diversidad y escasa abundancia.

- *Aves*

En el Sector I se han identificado un total de 22 especies de aves, tal como se muestra en la Tabla 5.55, las cuales han sido avistadas de distinta manera a lo largo de las campañas de monitoreo (en 1999 se avistaron 16 especies, 20 en 2002, 13 en 2003 y 14 en 2004), pertenecientes a 4 Órdenes y 8 Familias.

El Orden mejor representado fue el de los Passeriformes con cinco familias, siendo las mas numerosas la de los Furnariidae, de los Tyranidos y la de los Fringilidos, con cinco, cuatro y tres especies respectivamente. Las especies registradas constituyen el ensamble característico del bioma altoandino, en el cual las especies que en promedio fueron más abundantes son: *Sicalis auriventris*, *Pygochelidon cyanoleuca* y *Muscisaxicola flavinucha*. Otra especie registrada en el

área fue perdicita cordillerana, *Attagis gayi*, la que se encuentra en la categoría de conservación Rara (Glade, 1988; SAG, 1998) y está señalada como una especie con densidades poblacionales reducidas (SAG, 1998).

- *Mamíferos*

Se han identificado 3 especies de roedores en el área de estudio, correspondientes a ratón orejudo (*Phyllotis vaccarum*), laucha andina (*Abrothrix andinus*) y vizcacha (*Lagidium viscacia*). En la Tabla 5.56 se muestra que estas especies fueron avistadas prácticamente en todas las campañas de monitoreo efectuadas, y en los tres sitios de observacion considerados.

Se ha registrado la presencia del guanaco, *Lama guanicoe,* zorro culpeo *Pseudalopex culpaeus* y de la liebre *Lepus capensis*.

El guanaco (*Lama guanicoe*) habita todos los ambientes hasta una altitud de 4.000 a 4.500 m s.n.m., lo que se evidencia por la presencia de huellas, fecas y defecaderos; sobre esta altitud sólo se encontraron algunos sitios utilizados como corredor entre valles.

En el Sitio 1A (Sector I), próximo a la cancha de aterrizaje (Cancha de Los Indios; 3.750 m s.n.m.), sólo se encontraron defecaderos (fecas frescas), situación similar a la ocurrida durante enero 2002, esto significa que es un visitante ocasional.

En la zona de naciente de los Río El Toro y del Estrecho, es decir, en el Area de Influencia Inmediata del Proyecto Pascua–Lama, no se registraron evidencias de la presencia de guanacos, ya que se trata de un hábitat inadecuado, ubicados a gran altitud, en donde prácticamente no existe vegetación y por ende la oferta trófica es escasa o nula. En esta área en particular, tampoco se registraron signos de que el sector sea usado como sitio o área de tránsito.

Durante la campaña efectuada en noviembre de 1997, se observaron más individuos muertos que vivos, esto ya que se produjo la muerte de un significativo porcentaje de la población durante el invierno, afectando en mayor proporción a crías y animales viejos. En relación a los individuos vivos, no se observaron crías recién nacidas, lo que podría indicar que éstas se encontraban en lugares más apartados fuera de la vista de los observadores, o que las perturbaciones climáticas de 1997 y la abundancia de nieve durante el invierno, causaron un fracaso en la estación reproductiva. La presencia de machos territoriales sin hembras indica posiblemente una disminución por muerte de hembras o la búsqueda por parte de ellas, de lugares con menor presencia humana.

En el monitoreo de los años 2003 y 2004 se registró el cánidoc *Pseudalopex culpaeus* (Zorro culpeo). Esta especie se encontró en los alrededores del vertedero existente en el campamento de exploración, donde se observó una hembra *con* tres individuos juveniles (Sitio 3A). Su presencia es importante no sólo por ser un animal predador ("carroñero"), sino que por el hecho que se está reproduciendo, lo que indica un signo positivo para la recuperación de su población.

La liebre (*Lepus capensis*) es un lagomorfo introducido al país desde Europa (Francia y España) que en Chile está ampliamente distribuida, siendo considerada como una plaga debido a su efecto perjudicial sobre la agricultura y flora nativa, razón por la cual su caza está permitida. En la zona del Proyecto con abundante vegetación (pisos más bajos) esta especie fue avistada frecuentemente.

En el Sitio 1A y Sitio 3A, se registró un número importante de vacunos en el área de humedales de dichos sitios. En el Sitio 1A, hubo un total 30 vacunos (25 adultos y 5 juveniles) y en el Sitio 3A se registraron 11 vacunos (10 adultos y 1 juvenil). Cabe mencionar que estos humedales altoandinos han sido normalmente utilizados en Chile como lugares de forraje para los animales domésticos (vacunos, caballares, caprinos y otros) a lo menos durante el período estival. Este pastoreo se realiza desde el periodo de la Colonia, y que comienza a mediados de prímavera hasta inicio del otoño, y tiene por finalidad aprovechar la abundancia de pastos como forraje, especialmente en las zonas de humedales.

- **Río El Toro y Río de Las Tres Quebradas**

Los monitoreos de la fauna del Sector II, correspondiente a la zona de confluencia del Río El Toro y Rio de Las Tres Quebradas, donde se incluyó sólo el Sitio 1B, sitio conformado por humedales y laderas de las cuencas de los ríos mencionados.

- *Reptiles*

Durante todas las campañas de mintoreo se ha encontrado el lagarto *Liolaemus vallecurensis* (Lagartija), siendo la única especie identificada al momento (Tabla 5.57).

- *Aves*

Se han identificado un total de 31 especies de aves, perteneciente a 6 Órdenes y 11 Familias, las que se listan en la Tabla 5.58.

El Orden Falconiformes esta representado por la Familia Cathartidae, con la especie *Vultur gryphus* (Cóndor), la que fue observada sobrevolando los cerros aledaños durante la campaña del año 2003. La familia Accipitridae con *Buteo polyosoma* (Aguilucho), ha sido observada los

años 2003 y 2004. Su estado de conservación no ha sido descrito, sin embargo, la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 1996), incluye a esta y a otros Falconiformes (Halcones, Águilas, Aguiluchos, Tiuques, Cernicalos, Varis, Peucos) dentro de dicho listado.

El Orden *Columbiformes* (Familia Columbidae), correspondientes a Palomas y Tórtolas, incluye dos especies que fueron registradas en el Sitio 1B, como: *M. aymara* (Tortolita de la puna), especie que se observó en lugares rocosos aledaños a los humedales, y Metriopelia melanoptera (Tortolita cordillerana).

El Orden *Passeriformes*, grupo que constituye el 67,7% del total de especies descritas para el este sector (5 Familias y 21 especies). En general, las especies de este grupo, se encontraron asociadas a plantas arbustivas y herbáceas (gramíneas) de sectores de ladera rocosa y cursos de agua (Rio de Las Tres Quebradas). Familia Furnariidae incluye a *Geositta rufipennis* (Minero cordillerano) y *Chilia melanura* (Chiricoca), esta última especie fue registrada en sectores rocosos con arbustos y aledaños a cursos de agua. Las especies del género Cinclodes registradas fueron *C. fuscus* (Churrete acanelado) y *C. oustaleti* (Churrete chico), especies altamente dependientes de los cursos de agua. *Asthenes modesta* (Canastero chico), se registró en sectores rocosos y arbustivos (e.g., Adesmia sp). La Familia Tyrannidae, incluye a *Agriomis montana* (Mero gaucho), con escasa abundancia. Dentro de esta familia también estuvo presente el género Muscisaxico/a, representado por 3 especies las que presentan abundancia escasa: *M. flavinucha* (Dormilona fraile), *M. frontalis* (Dormilona frente negra) y *M. Maculirostris* (Dormilona chica). Familia Emberizjdae (Subfamilia Emberizinae) con *Sicalis auriventris* (Chirihue dorado) que presentó abundancia regular *S. olivascens* (Chirihue verdoso) abundante y *Zonotrichia capensis* (Chincol). Familia Fringillidae con *Phrygilus gayi* (Cometocino de Gay) y *P. atriceps* (Cometocino del norte). Otras tres especies de esta misma Familia, fueron *P. Unicolor* (Pájaro plomo), *C. atratus* (Jilguero negro) y *Carduelis uropygialis* (Jilguero cordillerano).

- *Mamíferos*

En este sector se han avistado las especies indicadas en la Tabla 5.59.

Se ha observado la presencia de guanacos *(Lama guanícoe)* en todos los monitoreos realizados, variando la abundancia. En efecto, en 1999 se observaron tres ejemplares adultos de esta especie, además de abundantes huellas y fecas. En el año 2002 se observaron 20 adultos, 6 juveniles y 1 chulengo, mientras que el año 2003 se observó 19 adultos, 3 juveniles y 1 chulengo. En general, los guanacos registrados se encontraron ocupando los mismos lugares dados por zonas de humedales, laderas y próximo a la ribera del áreas de confluencia del Río El Toro y Río de Las Tres Quebradas, en general, sectores con presencia de vegetación.

Situación similar se registró con la especie *Lepus capensis* (Liebre), la cual se observó en todas las campañas de monitoreo. Debido a su condición de especie introducida se considera como un animal perjudicial o dañino, de modo que su captura o caza es autorizada (Ley N° 19.473, Articulo 6°, Cartilla de Caza, SAG 2000).

5.3.2.2 Especies en Categoría de Conservación

De acuerdo a los nuevos monitoreos realizados, en el área de estudio se registró la presencia de seis especies en categoría de conservación, tres aves y tres mamífero. Además, de acuerdo al Reglamento de la Ley de Caza (1998) el reptil presente en el área es benéfico para la mantención de los ecosistemas naturales. Estas especies se presentan en la Tabla 5.60:

Tabla 5.60
Especies en Categoría de Conservación

Especie		Categoría Conservación (Glade, 1993)	Categoría Conservación (Reglamento de Ley de Caza, 1998)
Nombre Científico	**Nombre Común**		
Aves			
Chloephaga melanoptera	Piuquén	Vulnerable	Vulnerable
Attagis gay	Perdicita Cordillerana	Rara	Rara; S
Vultur Gryphus	Cóndor	Vulnerable	Vulnerable; B - E
Mamíferos			
Lama guanicoe	Guanaco	En Peligro	En Peligro; S
Lagidium viscacia	Vizcacha	Vulnerable	En Peligro; S
Pseudalopex culpaeus	Zorro Culpeo	Inadecuadamente conocida	Inadecuadamente conocida; E
Reptiles			
Liolemus vallecurensis	Lagartija	---	E

B: Especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria
E: Especie catalogada como benéfica para la mantención del equilibrio de los sistemas naturales.
S: Especie catalogada con densidades poblacionales reducidas.
FUENTE: Elaboración Propia en base a Benoit (1993) y Reglamento de Ley de Caza (1998)

En el sitio S1A, cercano al fondo del valle del Río del Estrecho, y en el sitio S1B, Río El Toro, se registró la presencia de parejas de piuquenes, *Chloephaga melanoptera*, En la parte alta del Río El Toro, específicamente en los sitios S1B y S1A, se observó la presencia de individuos de perdicita cordillerana, *Attagis gayi*. Aunque estas especies fueron observadas en sectores determinados, es también probable su presencia en otros lugares debido fundamentalmente a su alta movilidad y a la presencia de otros sitios con hábitats propicios, por ejemplo en otras vegas del área. Se avistaron condores (*Vultur gryphus*) en la parte alta del río El Toro, en el sitio S1B. Guanacos (*Lama guanicoe*) se avistaron practicamente en todas las áreas de estudio, y en

todas las campañas de monitoreo. Vizcachas (*Lagidium viscacia*) se han avistado en en el entorno del campamento ubicado en la Quebrada Barriales, en todas las campañas de monitoreo, y zorros (*Pseudalopex culpaeus)* en los alrededores del vertedero del campamento de exploración.

5.3.3 LIMNOLOGÍA

El área de estudio de la componente limnológica corresponde a ecosistemas acuáticos de ríos cordilleranos, específicamente a los siguientes:

- Cuenca río Del Carmen: río El Toro, río de Las Tres Quebradas, río Potrerillos y río Del Carmen.
- Cuenca río Del Tránsito: río del Estrecho, río Chollay y río del Tránsito.

Estos ríos tienen origen en la zona de alta cordillera andina y presentan una directa influencia del régimen de derretimiento de nieves sobre el patrón temporal de sus caudales (CONIC-BF Ingenieros Civiles Constructores, 1998).

Con el propósito de realizar una descripción sinóptica, tanto espacial como temporal del ensamble acuático y su hábitat en el área de Influencia del Proyecto Pascua – Lama, se efectuaron seis campañas de terreno durante los meses de diciembre de 1997, mayo y noviembre de 1999, marzo de 2000, enero 2002 y mayo 2003, las cuales han considerado diversos puntos de muestreo los que se indican en la Figura 5.16 y se listan en la Tabla 5.61.

El área de estudio fue dividida en cuatro subsistemas:

- Cuenca Ríos El Toro - de Las Tres Quebradas (Puntos de Muestreo 1, 2, 3, 4 y 5).
- Cuenca Ríos Potrerillos - del Carmen (Puntos de Muestreo 6, 7, 8, 9, 10 y 11).
- Cuenca Ríos Chollay - del Tránsito (Puntos de Muestreo 12, 13, 14, 15, 16 y 17).
- Cuenca Río del Estrecho (Puntos de Muestreo 18, 19 y 20)

A continuación se muestran los resultados por cada uno de estos subsistemas.

5.3.3.1 Cuenca Ríos El Toro - de Las Tres Quebradas

- **Río El Toro (Punto de muestreo 1)**

El Río El Toro está ubicado en dirección oriente-poniente y presenta una cuenca de 27 km² con una longitud de 8,0 km. Es un sistema de tipo ritrón (Illies, 1969), con flujo correntoso, sustrato rocoso y baja profundidad. Este cauce presenta un régimen hidrológico de tipo nival, con un característico aumento del caudal durante el período de primavera, siguiendo el patrón anual de derretimiento de nieves. No se detectó flora acuática asociada a las riberas o adherida al sustrato del cauce, lo cual sugiere condiciones de hábitat subóptimas para la biota acuática.

- *Parámetros fisicoquímicos*

Se detectó una alta concentración de oxígeno disuelto a lo largo de todo el periodo de estudio, la que varió entre 7,0 y 8,0 mg/L en primavera y otoño respectivamente (Tabla 5.62). Además de constituir una condición de saturación y sobresaturación para la fauna acuática (*Mortimer, 1981*), los niveles de oxígeno disuelto en el agua superan los límites mínimos establecidos por la normativa vigente (NCh-1333). Una significativa variación estacional en la disponibilidad de oxígeno resulta probablemente como consecuencia de fluctuaciones en la carga de iones metálicos, tales como el Fe^{+2}, que capta los iones de oxígeno y controla de esta manera su biodisponibilidad.

Por otra parte, la presencia de iones metálicos genera significativas variaciones del pH del agua. En el río El Toro, los niveles de pH variaron entre 8,2 y 6,5 entre primavera y otoño respectivamente (Tabla 5.62), lo cual sugiere significativas variaciones de pH entre periodos estacionales, generadas en forma natural por la composición química que presenta el sustrato del tramo en estudio. Los niveles de pH se encuentran por sobre los valores mínimos requeridos para el desarrollo de vida acuática (NCh-1333).

Los niveles de conductividad específica fueron muy diferentes entre los periodos estacionales analizados, desde muy bajos niveles durante otoño, de 270 µSims/cm hasta un valor significativamente mayor durante primavera, de 1425 µSims/cm (Tabla 5.62). Esta diferencia es coincidente con la variación en concentración de oxígeno disuelto y de pH descrita para el Río El Toro y confirma que mecanismos de naturaleza química propios del sustrato dan cuenta de la calidad del agua encontrada en este sistema.

Finalmente, cabe señalar que la influencia que presenta el Río El Toro sobre la calidad del agua en el Río de Las Tres Quebradas es variable y asociada al periodo estacional. Durante primavera, el aporte del Río El Toro no condujo a variaciones significativas en el valor de los parámetros de calidad de agua, durante el periodo de otoño se observó una disminución del oxígeno disuelto y un aumento en el nivel de pH en el Río de Las Tres Quebradas, aguas abajo de la confluencia con éste (Tabla 5.62).

- *Parámetros Biológicos*

La fauna de macroinvertebrados bentónicos presentó 4 taxa, lo cual constituye una condición de baja riqueza taxonómica en relación con la fauna de sistemas próximos (Río de Las Tres Quebradas, Tabla 5.63). La densidad total de individuos fue la más baja entre las descritas para los sistemas del área de estudio, la que alcanzó un valor de 224 ind/m². El taxa más representativo fue el orden *Ephemeroptera*, con un significativo predominio sobre el resto de los taxa. Debido a que *Ephemeroptera* es un taxa sensible a la contaminación por materia orgánica, se sugiere escaso grado de intervención y contaminación antrópica en el Río El Toro (Tabla 5.64).

En relación con el nivel de los parámetros pH, conductividad específica y concentración de oxígeno disuelto, el Río El Toro ofrecería condiciones de hábitat favorables para el desarrollo de fauna de vertebrados acuáticos. Sin embargo, es probable que una alta concentración de iones nocivos en este sistema impida el establecimiento de fauna íctica.

la baja riqueza de especies de macroinvertebrados bentónicos aunado a la ausencia de flora acuática ribereña confirman las condiciones subóptimas para el desarrollo de poblaciones de peces.

- **Río de Las Tres Quebradas (Puntos de muestreo 2 al 5)**

El Río de Las Tres Quebradas presenta una orientación principalmente norte-sur drenando una superficie de 227 km² (CONIC-BF Ingenieros Civiles Constructores, 1998). A 2,8 km aguas abajo de su naciente, recibe el aporte de las aguas del Río El Toro. Este sistema de tipo ritrón presenta un sustrato rocoso, flujo correntoso y profundidad promedio de 10 a 20 cm al momento de la prospección. Se tomaron muestras durante los períodos de primavera y otoño en 4 puntos de muestreo, los cuales cubrieron desde el sector aguas arriba hasta aguas abajo de la confluencia con el Río El Toro (Figura 5.16).

- *Parámetros fisicoquímicos*

A pesar de la gran altura, en el Río de Las Tres Quebradas se detectaron altas concentraciones de oxígeno disuelto, los que variaron entre 8,7 y 9,8 mg/L, valores extremos encontrados durante el periodo de otoño. Estos niveles representan una condición de saturación en el agua y superan los límites establecidos por la normativa vigente para vida acuática (NCh-1333; Tabla 5.62).

El pH mostró niveles entre 8,2 y 8,4 durante la primavera y entre 7,0 y 8,2 en el período de otoño (Tabla 5.62), valores que representan una condición básica para un sistema acuático continental. Los niveles básicos de pH encontrados en el Río de Las Tres Quebradas y el patrón de aumento del pH en primavera respecto del periodo de otoño, responden al aumento de caudal que naturalmente se produce en este sector durante el periodo de primavera. Un mayor caudal genera una mayor capacidad de arrastre superficial de partículas, incrementando la carga de material inorgánico, por ejemplo, iones carbonatos, los que aumentan el nivel de pH en el agua.

Se observaron bajos niveles de conductividad específica durante ambos periodos estacionales, los que fluctuaron entre 108 y 202 µSims/cm en primavera y entre 210 y 270 µSims/cm en otoño y los que no muestran diferencias estacionales relevantes para la biota (Tabla 5.62).

- *Parámetros Biológicos*

La fauna de macroinvertebrados bentónicos presentó el mayor número de taxa entre los sistemas fluviales de esta cuenca, encontrándose ocho ordenes de macroinvertebrados (Tabla 5.63). La densidad total de individuos también fue la más alta entre los sistemas de la cuenca, alcanzando a 1.712 ind/m^2. Aguas abajo de la confluencia con el Río El Toro, la densidad de macroinvertebrados disminuyó a 528 ind/m^2 representada por 4 órdenes (Tabla 5.63). En términos de frecuencia, el taxa más representativo en el tramo superior del Río de Las Tres Quebradas fue el orden Diptera, el cual es un taxa tolerante a altos niveles de materia orgánica en las aguas. Por el contrario, Oligochaeta fue el taxa más frecuente en el tramo aguas abajo de la confluencia con el Río El Toro.

En relación con los parámetros fisicoquímicos estudiados y con la abundante y variada oferta alimentaria que constituye el ensamble de macroinvertebrados bentónicos, las condiciones de hábitat que ofrece el Río de Las Tres Quebradas serían favorables para el desarrollo de biota acuática. A pesar de lo anterior, en este sistema no hubo evidencias de fauna íctica ni de flora acuática asociada al cauce, lo cual podría ser consecuencia de una alta concentración natural de iones metálicos que impedirían el desarrollo de biota.

5.3.3.2 Cuenca Ríos Potrerillos - del Carmen

En la cuenca Ríos Potrerillos–del Carmen están incluidos los Ríos Potrerillos y del Carmen propiamente tal. Dos muestras fueron obtenidas desde el Río Potrerillo, una en la sección aguas arriba y otra obtenida aguas abajo de la confluencia con el Río de Las Tres Quebradas, durante los periodos de primavera de 1997 y 1999 y en otoño de 1999. En el Río del Carmen se tomaron cuatro muestras en cada campaña, realizadas en otoño y primavera de 1999, las cuales cubrieron el área comprendida entre la zona próxima a su origen hasta el tramo próximo a la localidad de San Félix. En el punto de monitoreo 6 se efectuó un muestreo adicional en el verano del año 2002.

- **Río Potrerillos (Puntos de muestreo 6 y 7)**

El Río Potrerillos presenta una longitud total de 40 km y el principal afluente es el Río de Las Tres Quebradas (CONIC-BF Ingenieros Civiles Constructores, 1998). De tipo ritrón, este río presenta un sustrato rocoso-arenoso, flujo correntoso y una profundidad promedio entre 20 y 40 cm al momento de la prospección. Su patrón de variación de caudal es característico de los sistemas fluviales de altura.

- *Parámetros fisicoquímicos*

La concentración de oxígeno disuelto varió entre 5,9 y 8,4 mg/L entre los periodos de primavera y otoño, respectivamente (Tabla 5.62). Además de la variación natural en la concentración de oxígeno disuelto asociada a la estacionalidad y probablemente, como consecuencia de un efecto de dilución, se observan niveles más bajos de oxígeno en el tramo inferior a la confluencia con el Río de Las Tres Quebradas. Los niveles de oxígeno disuelto representan una condición de saturación (Mortimer, 1981) y superan los valores límites establecidos por la normativa vigente para la vida acuática (NCh-1333).

El pH varió estacionalmente en un rango de valores básicos, entre 7,3 y 7,8 en primavera y otoño respectivamente, en el tramo superior a la confluencia con el Río de Las Tres Quebradas (Tabla 5.62). Sin embargo, los valores de pH en el Río Potrerillo aumentaron en forma significativa aguas abajo de la confluencia (8,2 y 8,1, respectivamente), lo cual sugiere un significativo efecto de los aportes hídricos que realiza el Río de Las Tres Quebradas sobre la calidad del agua del Río Potrerillo. Esta variación sería comparativamente mayor a las variaciones generadas como consecuencia del factor estacionalidad. Los niveles de pH cumplen con la norma para vida acuática (NCh-1333).

La conductividad específica estuvo en el rango de 424 a 630 µSims/cm en el tramo aguas arriba de la confluencia con el Río de Las Tres Quebradas durante los diferentes periodos estacionales estudiados. Aguas abajo de la confluencia con el Río de Las Tres Quebradas, la variación estacional fluctuó entre 371 y 515 µSims/cm (Tabla 5.62).

- *Parámetros Biológicos*

La fauna de macroinvertebrados bentónicos presentó cinco y tres taxa en los periodos de otoño y primavera respectivamente (Tabla 5.63), para el tramo aguas arriba de la confluencia con el Río de las Tres Quebradas. La densidad total de individuos fue de 1.328 ind/m² durante otoño, valor significativamente mayor al obtenido durante el periodo de primavera, de 240 ind/m² y al obtenido aguas debajo de la confluencia con el Río de las Tres Quebradas (176 ind/m²). En la campaña realizada en el año 1999, la taxa más abundante fue el orden *Ephemeroptera*, mostrando un significativo predominio dentro del ensamble en ambas épocas del año muestreadas. Durante la campaña del año 2002 la taxa mas abundante correspondió al orden Coleoptera con una abundancia de 1.420 ind/m².

En relación con la condición de bioindicadores de calidad de agua, la fauna de macroinvertebrados bentónicos muestra una condición sensible y consecuentemente revela un bajos contenidos de materia orgánica en este tramo del río (Tabla 5.64).

La calidad fisicoquímica del agua en el tramo de estudio constituye una condición de hábitat favorable para el establecimiento y desarrollo de biota acuática. Por otro lado, el abundante y relativamente diverso ensamble de macroinvertebrados en el bentos provee suficiente disponibilidad de ítems alimentarios para la fauna íctica. Sin embargo, a pesar de lo anterior, en los tramos anterior y posterior a la confluencia con el Río de Las Tres Quebradas, no se detectaron ejemplares de peces en el río Potrerillo.

- **Río del Carmen (Puntos de muestreo 8 a 11)**

El Río del Carmen se origina a partir de los Ríos Primero, del Medio y Apolinario, tiene una longitud de 105 km, drena una superficie de 3.020 km² y es uno de los principales afluentes del Río Huasco (CONIC-BF Ingenieros Civiles Constructores, 1998). De régimen hidrológico nival, el Río del Carmen es un sistema de tipo ritrón, con un sustrato rocoso-arenoso que presenta alto caudal y flujo correntoso al momento de la prospección. Durante los períodos de otoño y primavera de 1999, se tomaron muestras en cuatro puntos, los que cubrieron el área desde el sector de su origen (próximo al Río Potrerillos) hasta la localidad de San Félix.

- *Parámetros fisicoquímicos*

El análisis conjunto de los cuatro tramos del Río del Carmen mostró una alta concentración de oxígeno disuelto, la cual varió entre 7,0 y 9,8 mg/L entre los diferentes puntos y épocas del año (Tabla 5.62). A pesar que la menor concentración de oxígeno se observó en el punto de menor cota (Tabla 5.62), estos valores representan una condición de saturación en el agua y superan los límites establecidos por la normativa vigente para vida acuática (NCh-1333).

El pH varió en el rango de valores básicos, entre 8,1 y 8,7 durante otoño y entre 8,0 y 8,9 en primavera (Tabla 5.62). La variación de pH responde tanto a factores estacionales que siguen el mayor arrastre superficial en primavera, como a factores altitudinales, debido a un aumento progresivo del pH con la disminución en altura. Los niveles de pH en el Río del Carmen se encuentran por sobre los valores mínimos requeridos para la vida acuática (NCh-1333).

La conductividad específica varió entre 560 y 620 µSims/cm en otoño y entre 600 y 650 µSims/cm en primavera (Tabla 5.62), valores que revelan constancia espacial y temporal de este parámetro.

- *Parámetros Biológicos*

La fauna de macroinvertebrados bentónicos presentó gran abundancia y diversidad de taxa en la mayoría de los puntos prospectados. La densidad total durante el periodo de otoño fluctuó entre 464 ind/m² en el punto más cercano al río Potrerillo y 2176 ind/m² en un tramo intermedio del área estudiada. Una condición inversa fue encontrada durante la primavera, con valores entre 368 ind/m² y 2032 ind/m². La riqueza de taxa fue más bien uniforme entre los distintos tramos prospectados durante la campaña de otoño, situación que cambió radicalmente en el periodo de primavera. A diferencia de lo ocurrido en otoño, la riqueza de taxa no mostró algún patrón de distribución espacial durante primavera, periodo en que se obtuvieron valores comparativamente menores a los detectados durante el periodo de otoño (Tabla 5.63). El taxa más frecuente fue Ephemeroptera, cuya abundancia relativa fue decreciendo hacia los tramos de menor cota, detectándose además un aumento progresivo de los taxa Coleoptera, tanto en otoño como en primavera. Mientras que Ephemeroptera es un taxa sensible a niveles elevados de materia orgánica, Coleoptera es tolerante, lo cual sugiere un decrecimiento de la calidad del agua del Río del Carmen a medida que se disminuye en altitud (Tabla 5.64). Según esto, hacia los tramos inferiores del Río del Carmen, principalmente en aquel sector cercano a la localidad de San Félix, se detectaría actualmente los mayores niveles de materia orgánica.

En la campaña de muestreo realizada en el verano del año 2002 se amplio la cantidad de parámetros analizados, incluyendo algas (fitoplancton), fauna bentónica (Macrozoobentos) y Fauna Íctica (crustáceos y peces).

Los resultados de la cuantificación de organismos algales en este punto alcanzaron a casi 2.000 algas totales por litro, correspondiendo la mayoría de estos a diatomeas pennadas bentónicas, desprendidas del fondo.

Los componentes del macrozoobentos observados en el sector Pascua, fueron poco abundantes, encontrándose 6 taxas, siendo la más abundante las larvas de Elmidae y que representan el 37,50% del total de individuos para esa Estación, seguido por las ninfas de Ephemeroptera, que representan el 30,0% del total de individuos. Los otros 4 grupos tienen una menor representatividad.

- *Fauna Ictica*

Durante los periodos de otoño y primavera sólo se detectó la presencia de ejemplares de *Basilichthys microlepidotus*, en el tramo del Río del Carmen próximo a la localidad de San Felix (punto de muestreo 11). Esta especie, denominada comúnmente pejerrey chileno, es una especie nativa que presenta una distribución restringida a la III y IV Regiones (Arratia, 1981) y está considerada En Peligro de Extinción en todo su rango de distribución, ello debido a eventos de fragmentación y artificialización del hábitat (Glade, 1993).

El análisis morfométrico de una muestra de 10 individuos para el periodo de otoño, arrojó que la mayoría de los ejemplares fueron individuos machos en condiciones de inmadurez gonádica (estados 1 y 2, según clasificación de Comte & Vila, 1992). Los individuos presentaron en promedio una longitud total de 9,2 cm y un peso total de 7,2 g, lo que da cuenta de una estructura de tamaños uniforme, en el rango de tallas intermedias para la especie. Durante el periodo de primavera, los parámetros morfológicos (longitud total, peso total y peso eviscerado) y reproductivos (peso gonadal e Índice gonadosomático) mostraron un aumento en sus valores respecto de otoño, reflejando con ello, el natural crecimiento y desarrollo de los individuos hacia el periodo estival.

El análisis de contenidos estomacales mostró una alta frecuencia de taxa Gastropoda, lo cual difiere significativamente con la composición y oferta de ítems alimentarios en el ambiente. Estos resultados sugieren una estrategia alimentaria altamente selectiva de los peces sobre el ítem alimentario Gastropoda en el tramo del Río del Carmen próximo a la localidad de San Félix durante los periodos de otoño y primavera.

Las recolecciones de crustáceos y peces en este punto de muestreo, durante la campaña de verano del año 2002, resultaron negativas.

Las condiciones de hábitat que ofrece el Río del Carmen serían favorables para el desarrollo de biota acuática, en relación con la calidad química del agua y con la abundante y variada oferta alimentaria que constituye el ensamble de macroinvertebrados bentónicos.

5.3.3.3 Cuenca Ríos del Estrecho - del Tránsito

En la cuenca de los Ríos del Estrecho - del Tránsito están incluidos los ríos del Estrecho, Chollay, Conay y del Tránsito propiamente tal, en los cuales se tomaron muestras durante el periodo de primavera de 1999 y verano de 2000. Mientras que los ríos Chollay y Conay fueron muestreados en una zona próxima a sus confluencias (Figura 5.16), en el Río del Tránsito se tomaron muestras en tres puntos que cubrieron el área desde su origen (zona posterior a la confluencia entre los ríos Chollay y Conay) hasta un sector próximo a la localidad Alto Del Carmen. Durante una campaña en marzo de 2000 se tomó una muestra en el río del Estrecho, próxima al origen del río Chollay. En el verano del año 2000 se efectuó una campaña de muestreo en dos nuevos puntos ubicados aguas abajo y aguas arriba de la Quebrada Barriales.

- **Río Chollay (Puntos de muestreo 12 y 17)**

El río Chollay presenta una longitud total de 20 km, drena una superficie de 728 Km^2 aproximadamente y su origen se lo debe a la confluencia de los ríos Blanco, Estrecho y del Toro (CONIC-BF Ingenieros Civiles Constructores, 1998). De tipo ritrón, el río Chollay presenta un sustrato principalmente rocoso y flujo correntoso. Debido a que presenta un régimen hidrológico nival, el río Chollay sigue el patrón de variación de caudal característico de los sistemas fluviales de altura.

- *Parámetros fisicoquímicos*

Durante los periodos de primavera y verano se detectó una alta concentración de oxígeno disuelto, de 8,0 y 7,7 mg/L respectivamente (Tabla 5.62). Los niveles de oxígeno corresponden a una condición de saturación (Mortimer, 1981) y superan en forma significativa los límites establecidos por la normativa vigente para vida acuática (NCh-1333).

Aguas arriba de la localidad de Conay, el pH detectado en las aguas del río Chollay fue de 7,6 en la época de primavera, el que se mantuvo en 7,7 en la época de verano en este mismo sitio y aproximadamente 10 km aguas arriba, dando cuenta de una significativa estabilidad temporal de la calidad de agua en este curso de agua (Tabla 5.62). Los valores de pH detectados en el río Chollay son considerados neutros a levemente básicos para los sistemas acuáticos continentales (Horne, A. & Goldamn, C. 1994) y se encuentran por sobre los valores mínimos requeridos para la vida acuática (NCh-1333).

El nivel de conductividad específica encontrado en este río fue bajo en ambas épocas del año, alcanzando valores de a 315 µSims/cm durante primavera y de 410 µSims/cm en verano (Tabla 5.62).

- *Parámetros Biológicos*

La fauna de macroinvertebrados bentónicos mostró una baja riqueza taxonómica en relación con otros sitios de prospección, dentro de la cual se encontraron 2 taxa (Tabla 5.63). De igual modo, la densidad total de individuos fue la más baja entre los sistemas del área de estudio, con un valor de 48 ind/m². Los taxa de macroinvertebrados correspondieron a los ordenes Ephemeroptera y Coleoptera, los cuales son sensibles y tolerantes respectivamente a altos niveles de materia orgánica (Tabla 5.64).

A pesar de que durante la campaña de primavera, los muestreos de fauna íctica arrojaron resultados negativos, los muestreos realizados durante la campaña de verano del año 1999 indican la presencia de pejerrey chileno *Basilichthys microlepidotus*, aunque en menor abundancia que aquella población descrita en el río El Tránsito, motivo por el cual no se pudieron capturar ejemplares mediante pesca eléctrica.

En la campaña del año 2002 tampoco se obtuvieron resultados positivos en el muestreo de fauna íctica.

- **Río Conay (Punto de muestreo 13)**

El río Conay, de 15 Km de longitud, tiene origen en la confluencia del Río Valeriano con el Río Laguna Grande, la cual se efectúa en la localidad Junta de Valeriano (CONIC-BF Ingenieros Civiles Constructores, 1998). El Río Conay presenta un régimen hidrológico de tipo nival, un sustrato principalmente rocoso y flujo moderadamente correntoso al momento de la prospección.

- *Parámetros fisicoquímicos*

En el río Conay se detectó una alta concentración de oxígeno disuelto que alcanzó a 8,6 mg/L durante el periodo de primavera (Tabla 5.62). Este valor corresponde a una condición de saturación en el agua y representa el nivel de oxígeno disuelto más alto detectado entre los sistemas fluviales de esta cuenca. Esta concentración de oxígeno supera los límites establecidos por la normativa vigente para vida acuática (NCh-1333).

El pH detectado en la época de primavera en las aguas del río Conay fue de 8,3, valor considerado básico y que difiere del pH encontrado en el aledaño, Río Chollay (Tabla 5.62). Los niveles de pH se encuentran por sobre los valores mínimos requeridos para vida acuática (N-Ch-1333).

EL nivel de conductividad específica encontrado en este sistema fue bajo y alcanzó a 428 µSims/cm durante primavera (Tabla 5.62).

- *Parámetros Biológicos*

A diferencia de lo encontrado en el Río Chollay, tanto la riqueza de taxa como la densidad total de individuos macroinvertebrados fueron significativamente mayores en el Río Conay. Se detectaron 5 taxa de macroinvertebrados, lo cual constituye una de las más altas riquezas detectadas en toda el área de estudio (Tabla 5.63). En relación con la densidad de individuos, el Río Conay presentó 1152 ind/m^2, valor comparativamente alto, en relación con los niveles detectados para otros sitios de prospección (Tabla 5.63).

Durante la campaña de primavera, los resultados de la pesca eléctrica en el río Conay revelaron resultados negativos, sin embargo se realizaron avistamientos de dos ejemplares de B. *microlepidotus*, pejerrey chileno, lo cual indica una escasa presencia de pejerreyes en esta época.

- **Río del Tránsito (Puntos de muestreo 14 a 16)**

El Río del Tránsito presenta una cuenca hidrográfica de 4130 Km^2, está orientado en dirección este-oeste y surge de la confluencia de los ríos Conay y Chollay, cuyos cauces se unen en la localidad de Conay (CONIC-BF Ingenieros Civiles Constructores, 1998). De régimen hidrológico nival y de tipo ritrón en todos sus tramos, el Río del Tránsito presenta un sustrato rocoso que muestra el aporte variable de arena, el cual aumenta con el descenso en altitud.

- *Parámetros fisicoquímicos*

El análisis conjunto de los 3 tramos prospectados en el Río del Tránsito muestra una significativa constancia en la concentración de oxígeno disuelto, de 7,6 mg/L durante la época de primavera (Tabla 5.62). Este valor representa una condición de saturación de oxígeno en el agua y supera los límites establecidos por la normativa vigente para la vida acuática (N-Ch1333).

El pH varió en el rango de valores básicos para los sistemas acuáticos continentales, desde un mínimo de 8,1 hasta 8,8 durante el periodo de primavera, los cuales mostraron un aumento progresivo y proporcional con el descenso en altura (Tabla 5.62). Los niveles de pH se encuentran por sobre los valores mínimos requeridos para la vida acuática (NCh 1333).

La conductividad específica varió entre 430 y 540 µSims/cm entre primavera y verano respectivamente, valores que también siguen un patrón espacial que denota un aumento con la disminución en altura (Tabla 5.62).

- *Parámetros Biológicos*

La riqueza faunística de macroinvertebrados bentónicos presentó niveles constantes a lo largo de la zona de prospección en el Río del Tránsito, los cuales se mantuvieron en 4 taxa, en forma independiente de la altura y de las condiciones químicas del agua (Tabla 5.63). La densidad total de individuos durante el periodo de primavera presentó niveles intermedios en relación con el rango de densidades encontrado en los sistemas fluviales del área de estudio. La densidad varió entre 304 ind/m² en el punto más bajo, ubicado a 12 Km de la localidad Alto del Carmen y 896 ind/m² en el tramo inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos Chollay y Conay (Tabla 5.63). El taxa más frecuente en el tramo superior del Río del Tránsito fue Trichoptera, cuya abundancia relativa fue decreciendo hacia los tramos de menor cota. También y en función de la altura, se observó un reemplazo progresivo de los taxa Trichoptera por taxa Coleoptera, este último clasificado como tolerante a altas concentraciones de materia orgánica (Tabla 5.64).

- *Fauna Ictica*

Durante la campaña de primavera se detectó la presencia de ejemplares de *B. microlepidotus* en el tramo más bajo del Río del Tránsito, aproximadamente a 12 Km aguas arriba de la localidad Alto Del Carmen.

El análisis reproductivo de una muestra de 5 individuos obtenidos durante el periodo de primavera en el río del Tránsito, mostró que estos ejemplares presentaron condiciones variables de madurez gonádica (estados 1 y 3, según clasificación de Comte & Vila, 1992). La comparación entre las poblaciones de peces de los ríos del Carmen y del Tránsito mostró similares pesos de las gónadas (Mann-Whitney U-test; U = 20,5; P = 0,576; N1 = 5; N2 = 10); y de los índices gonadosomáticos (Mann-Whitney U-test; U = 35,0; P = 0,220; N1 = 5; N2 = 10). El análisis morfológico reveló que los peces del Río del Tránsito presentaron en promedio una longitud total de 8,1 cm, la cual fue significativamente menor al valor de 10,3 cm detectado entre los ejemplares del Río del Carmen (Mann-Whitney U-test; U = 4,0; P = 0,01; N1 = 5; N2 = 10). El promedio del peso total en los individuos, de 4,9 g también fue menor al promedio encontrado en el Río del Carmen (Mann-Whitney U-test; U = 5,0; P = 0,014; N1 = 5; N2 = 10). Las menores tallas encontradas en los peces del Río del Tránsito serían consecuencia de condiciones menos favorables de hábitat y específicamente, de una menor disponibilidad de ítems alimentarios, lo cual es confirmado por los más bajos Factores de Condición encontrados en este río (Mann-Whitney U-test; U = 7,0; P = 0,027; N1 = 5; N2 = 10).

- **Río del Estrecho (Puntos de muestreo 18, 19 y 20)**

El Río del Estrecho es un sistema ritrónico con un régimen hidrológico nival y con un sustrato rocoso de grandes clastos. El agua es moderadamente transparente y sus riberas son despobladas de macrófitas. Al momento de la prospección, el río del estrecho presentaba un profundidad promedio de 50 cm y un ancho de aproximadamente 3 m.

- *Parámetros fisicoquímicos*

En el río del Estrecho se detectó una alta concentración de oxígeno disuelto que alcanzó a 7,7 mg/L durante el periodo de verano (Tabla 5.62). Este valor corresponde a una condición de saturación en el agua y supera los límites establecidos por la normativa vigente para vida acuática (NCh-1333).

El pH detectado en la época de verano en el río del Estrecho fue de 7,7, valor neutro que se encuentran por sobre los valores mínimos requeridos para vida acuática (NCh-1333).

EL nivel de conductividad específica encontrado en este sistema fue bajo y alcanzó a 370 µSms/cm durante la época de verano (Tabla 5.62).

- *Parámetros Biológicos*

Durante el muestreo del año 1999, tanto la riqueza de taxa como la densidad total de individuos macroinvertebrados fueron significativamente bajas en el Río del Estrecho (Tabla 5.63). Se encontraron 3 taxa de macroinvertebrados en una densidad de 128 ind/m^2, valor comparativamente bajo en relación con los niveles detectados para otros sitios de prospección (Tabla 5.63). El ensamble presentó un predominio prácticamente absoluto de taxa tolerantes a niveles elevados de materia orgánica (Tabla 5.64).

A pesar de un significativo esfuerzo de búsqueda entre 30–40 min a lo largo de este tramo, no se detectó fauna íctica en el río del estrecho.

En la campaña de muestreo del año, en el punto 19 (ubicado aguas abajo de la Quebrada Barriales, cerca de la pista de aterrizaje) se encontró el orden Diptera con dos familias Chironomidae en abundancia alta (14.691 ind/m^2) y Tipulidae. En el punto 20 el resultado del muestreo fue negativo, no detectándose fauna bentónica.

5.4 CARACTERIZACIÓN MEDIO SOCIOECONÓMICO

En esta sección se presenta un análisis de la situación socioeconómica y sociocultural considerando tres niveles territoriales:

a) Regional (III Región de Atacama).
b) Comunal (Comuna de Alto del Carmen), y
c) Local (entidades rurales de la comuna de Alto del Carmen, ubicadas dentro del Area de Influencia del Proyecto).

Para la elaboración de esta sección se ha contado con la siguiente bibliografía:

- Censo Nacional de 2002 (Instituto Nacional de Estadística-INE).
- Encuesta Trimestral de Empleo Junio - Agosto, INE 1997.
- Estudio de Línea de Base Socioeconómica Proyecto Pascua, 1997, Centro de Investigación Minera y Metalúrgica.
- Boletín Estadístico Regional - Región de Atacama, Julio - Agosto 1999.
- Compendio Estadístico 1998, Ministerio de Educación.
- Diagnóstico Programa Superación de la Pobreza - Comuna Alto del Carmen, 1996.
- Carpeta Siterra - Comuna de Alto del Carmen.
- Indicadores de Atención de Salud Región de Atacama - Anuario 1996, Ministerio de Salud.
- Carpeta Comunal 1996 - Comuna de Alto del Carmen.
- Directorio con Nº de Establecimientos Educacionales en Jornada Escolar Completa Diurna, 1999.
- Análisis Alternativas Sistemas de Alcantarillado Localidades Rurales Comuna de Alto del Carmen, Julio 1997, Empresa de Servicios Sanitarios de Atacama S.A.

El Proyecto Pascua-Lama se encuentra ubicado en la zona andina de la comuna de Alto del Carmen, en la Provincia de Huasco, III Región de Atacama. El área de emplazamiento del Proyecto corresponde a un sector alejado de población y sólo el camino de acceso se desarrolla cercano a centros poblados como son Alto del Carmen, San Félix y Las Breas (ver Figura 5.17).

5.4.1 SOCIOECONOMÍA REGIONAL

La Región de Atacama tiene una superficie de 75.573,3 km^2 y limita con la Región de Antofagasta por el Norte, la Región de Coquimbo por el Sur; las provincias de San Juan y La Rioja de Argentina por el Este y el Océano Pacífico por el Oeste.

Las principales ciudades de la región están cercanas a la costa o adosadas a los valles transversales. Estos valles son los que determinan la división política administrativa, constituida por tres provincias: Chañaral, Copiapó y Huasco, reuniendo a un total de nueve comunas: Chañaral, Diego de Almagro, Copiapó, Caldera, Tierra Amarilla, Freirina, Huasco, Vallenar y Alto del Carmen.

A continuación se describen los aspectos socioeconómicos de la III Región, en términos de los siguientes aspectos:

- Demografía
- Actividades Económicas
- Empleo
- Vivienda
- Servicios
- Salud
- Educación
- Turismo y Hotelería

La Figura 5.17 muestra las localidades pobladas cercanas al área del Proyecto (nivel comunal y regional).

5.4.1.1 Demografía

Según datos del último Censo Nacional (2002), la III Región de Atacama presentaba una población de 254.336 habitantes, con una densidad de alrededor de 3,1 habitantes por km^2. La población de la III Región corresponde a aproximadamente el 1,68% de la población nacional.

Según estas mismas cifras, al año 2002 la Región de Atacama presenta principalmente características urbanas, con sólo un 9% de su población en asentamientos rurales.

Respecto a la distribución por sexo de la región, un total de 129.147 habitantes son hombres y 125.189 mujeres, equivalente a un Indice de Masculinidad (IM[3]) de 103,1 hombres por cada 100 mujeres.

La Tabla 5.65 se muestran las principales características demográficas de la población regional, según los resultados del INE para el año 2002:

[3] Cantidad de Hombres por cada 100 Mujeres.

Tabla 5.65
Población Regional Estimada Año 2002
por Grupos Etáreos y Población Urbana-Rural

Item	Año 2002
Población Total	254.336
Hombres	129.147
Mujeres	125.189
Indice de Masculinidad	103,1
Población Urbana	232.619
Población Rural	21.717

FUENTE: INE, 2002

5.4.1.2 Actividades Económicas

La economía regional ha mostrado un importante dinamismo a partir de la década de los ochenta, donde el Producto Interno Bruto Regional (PIBR) representaba menos del 2% del Producto Interno Bruto Nacional (PIBN). El PIBR ha crecido durante los últimos 15 años a una tasa de 4,5% anual, superando al promedio nacional de 3%. Los sectores que experimentaron un mayor crecimiento corresponden a la minería (12,4%), servicios financieros (16,6%), comercio (10,9%), construcción (6,0%) y transporte (14,5%).

Según el Indice de Actividad Económica Regional, INACER de Atacama, registrado en los meses de Agosto de los últimos siete años, la mayor señal de la expansión de la economía regional se registró en Agosto de 1995 con 23,5%, mientras que la menor se presentó en Agosto de 1999, con –4,6%. Los Sectores Económicos que evolucionaron positivo en el período Agosto 1998/Agosto 1999 son, en orden de importancia, los siguientes: Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones, Pesca, Otros Servicios y Propiedad de Vivienda. Por otro lado, los sectores que presentaron un decrecimiento en el mismo período fueron, en orden de importancia, los siguientes: Industria Manufacturera; Construcción; Electricidad, Gas y Agua; Agropecuario-Silvícola; Comercio; Minería; y Servicios Financieros. La siguiente tabla resume la actividad económica de la región:

Tabla 5.66
Actividades Económicas Regionales

Indicadores	
Comercio Exterior	
• Total Productos Exportados (ton)	179.391,1
• Valor de las Exportaciones Realizadas por los Puertos de la Región (Miles. de US$)	57.528,6
Pesca	
• Desembarque Total (ton)	2.763
Minas y Canteras: Producción Minera Metálica	
• Cobre (ton de Fino)	42.859,5
• Hierro (ton de Fino)	259.046,0
• Molibdeno (ton de Fino)	180,2
• Oro (kg de Fino)	1.381,5
• Plata (ton de Fino)	55,5
Industrias Manufactureras	
• Producción Industrial Pesquera (ton)	680,3
• Beneficio de Animales (cabezas)	175
• Producción de Carne en Vara (ton)	39,6
Electricidad, Gas y Agua	
• Generación de Energía Eléctrica (miles de KWH)	228.544
• Distribución de Energía Eléctrica (miles de KWH)	186.185
Construcción	
• Obras Nuevas Sectores Público y Privado (m^2)	7.773
• Ampliaciones Sectores Público y Privado (m^2)	349

FUENTE: INACER Atacama

5.4.1.3 Empleo

La fuerza de trabajo regional según los datos del Censo 2002 alcanzó a 182.203 personas. La descripción de esta Fuerza de Trabajo por Condición de Ocupación es la siguiente:

Tabla 5.67
Población de 15 años y más según Condición de Ocupación

Condición de Ocupación	Nº de personas
Ocupados	81.331
Cesantes	12.666
Buscan trabajo por primera vez	2.042
Quehaceres del hogar	45.215
Estudiando	19.673
Jubilado o Rentista	11.893
Incapacitado Permanente para trabajar	1.402
Otra situación	7.981
TOTAL	182.203

FUENTE: Censo 2002, INE

En el contexto nacional esta región se posiciona en el tercer lugar, en sentido de mayor a menor tasa de desocupación.

Si se analizan las estadísticas de fuerza de trabajo y la tasa de ocupación del sector minero respecto del total, se tiene que para el Censo del año 2002, la fuerza de trabajo en el sector minas y canteras fue de 21.830 personas, lo que representa un 12% del total de la fuerza de trabajo regional para el mismo período.

5.4.1.4 Vivienda

De acuerdo a los datos recogidos el año 2002, el total de viviendas de la región alcanza las 79.012 unidades, de las cuales 65.581 se encuentran ocupadas en las siguientes situaciones:

Tabla 5.68
Viviendas ocupadas con personas presentes según Tenencia de la vivienda, Región de Atacama 2002

Tipo de Tenencia	Nº de Viviendas
Propia, pagada totalmente	35.548
Propia, pagada a plazo	10.848
Arrendada	10.171
Cedida por trabajo o servicio	5.486
Gratuita	3.528
TOTAL	*65.581*

FUENTE: Censo 2002, INE

Tal como puede verse, más de la mitad de las viviendas de la Región (54.2%) se encuentran canceladas en su totalidad, siendo las personas que las habitan propietarios de ellas. Las segundas mayorías se dan en casos de personas que se encuentran en el proceso de pago de la vivienda y quienes las arriendan. La menor cantidad de personas se encuentra en situación de habitar una vivienda que no es de su propiedad, es decir, viven en ella en forma gratuita.

5.1.4.5 Servicios

Al año 2002 se detectó que el equipamiento interior de las viviendas presentaban las siguientes cifras:

Tabla 5.69
Servicios al interior de la Vivienda en la Comuna Alto del Carmen 2002

Tipo de Servicio	Nº de viviendas
Alumbrado Eléctrico	
Red Pública	62.790
Generador Propio o Comunitario	424
Placa Solar	109
No tiene Alumbrado Eléctrico	2.258
Origen del Agua	
Red Pública (Cía Agua Potable)	62.843
Pozo o Noria	1.272
Río, Vertiente Estero	1.466
Alcantarillado	
Conectado a alcantarillado	60.459
Conectado a Fose Séptica	272
Cajón sobre Pozo Negro	4.040
Cajón sobre Acequia o Canal	15
Químico	28
No tiene servicio Higénico (WC)	767
TOTAL DE VIVIENDAS	**65.581**

FUENTE: Censo 2002, INE

De acuerdo a los datos anteriormente señalados, la mayor deficiencia en la cobertura de servicios se presenta en la cantidad de viviendas que poseen un sistema conectado al alcantarillado, las cuales alcanzan a un 92.2% del total de viviendas de la región.

Por otra parte, la red pública de alumbrado eléctrico abarca un 95.7% del total de las viviendas de la región. Por otra parte, las cantidad de viviendas que no presentan alumbrado eléctrico alcanzan el 3.4% (2.258 viviendas).

Por último, la cantidad de viviendas que están conectadas a la Red Pública de Agua Potable alcanza a un 95.8% (62.843 viviendas).

5.4.1.6 Salud

Al año 1998 la región contaba en total con 50 establecimientos de atención para la salud, incluyendo: 8 Hospitales (16%), 20 Consultorios (40%), 12 Postas (24%) y 10 Estaciones Rurales (20%).

Durante el año 1998 la tasa de natalidad alcanzó a un 17,45% por mil habitantes, con un total de 4.615 nacidos vivos. Esta cifra se encuentra por debajo de la natalidad a nivel nacional para el mismo año, que fue de 19,7% por mil habitantes (279.928 nacidos vivos).

5.4.1.7 Educación

De acuerdo a los datos recabados por el INE en el Censo del año 2002, la población de 5 Años o más llegaban a los 232.838, los cuales según nivel de educación se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 5.70
Población de 5 años y más según Nivel de Educación

Nivel de Educación	Nº de Personas
Nunca asistió	6.433
Pre-Básica	10.163
Especial/diferencial	942
Básica/Primaria Media Común	93.453
Media Común	60.462
Humanidades	6.348
Media Comercial	10.014
Media Industrial	10.043
Media Agrícola	607
Media Marítima	206
Normal	523
Técnica Femenina	1.945
Centro de Formación Técnica	4.351
Instituto Profesional	7.083
Universitaria	20.265
Total de personas	*232.838*

FUENTE: Censo 2002, INE

Un 2.8% de las personas mayores a 5 años, no asiste a ningún establecimiento de educación ni posee algún nivel de educación. Por otro lado, un 8.7% de las personas que habitan la región estudian en alguna Universidad o tienen título profesional de ella. La segunda gran mayoría la ocupan las personas que presentan estudios de enseñanza básica o media, o que se encontraban cursándolas al momento de la encuesta el año 2002.

5.4.1.8 Turismo y Hotelería

A Julio de 1999, la III Región presenta una oferta de 52 establecimientos de alojamiento turístico, con un total de días cama ofrecidas equivalente a 77.438. A esta misma fecha la región presentó una llegada de pasajeros a establecimientos de alojamiento turístico equivalente a 8.008 pasajeros (93,4% chilenos y 6,4% extranjeros).

5.4.2 SOCIOECONOMÍA DE LA COMUNA DE ALTO DEL CARMEN

De acuerdo a la División Político-Administrativa nacional, la Comuna de Alto del Carmen se encuentra inserta en la Provincia de Huasco. Todas las localidades que conforman la comuna son de carácter rural.

5.4.2.1 Demografía

La comuna de Alto del Carmen fue establecida administrativamente en 1979. Según los datos del Censo 2002 recogidos por el INE, la cantidad de habitantes de la comuna sería de 4.840 habitantes (2.629 hombres y 2.211 mujeres), lo que representa el 1,9% de la población regional. Existe un predominio de la población masculina con un Indice de Masculinidad de 118,9 hombres por cada 100 mujeres. Este valor se encuentra por sobre los índices del País (98,1) y de la III Región (103,1). En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las principales características demográficas de la Comuna de Alto del Carmen estimadas para el año 2002:

Tabla 5.71
Población Estimada Comuna de Alto del Carmen Año 2002

Item	Cantidad
Población Total	4.840
Hombres	2.629
Mujeres	2.211
Indice de Masculinidad	118.9
Distribución etárea	
0-14	1.241
15-29	908
30-44	1.052
45-59	761
60-74	640
75-89	219
90 y mas	19
Población Total	*4.840*

Fuente: Censo 2002, INE

De acuerdo a la tabla anterior, se puede señalar que el 25.6% de la popblación de la comuna Alto del Carmen son menores de 14 años, mientras que el 21.7% presenta edades que van desde los 30 y 44 años de edad. La menor cantidad de personas tienen entre 75 y mas años de edad.

5.4.2.2 Actividades Económicas

Las localidades de la Comuna de Alto del Carmen presentan como principal actividad económica la pequeña agricultura y la ganadería, principalmente caprina. Algunos Jefes de Familia trabajan sus pequeños terrenos agrícolas y otros lo hacen en forma dependiente.

Las principales categorías ocupacionales corresponden a Trabajadores Asalariados y Trabajadores Independientes, siendo poco significativa la categoría de Patrón o Empleador.

De acuerdo al Censo Agropecuario del año 1997, la superficie de terreno de la Comuna bajo explotación agrícola era de 1.709 há, siendo los principales rubros agrícolas los frutales (44,75%), las viñas (23,25%) y las plantaciones de hortalizas (14,27%). Respecto a la ganadería, del total de cabezas de ganado de la comuna (13.435), el 54% comprendió caprinos, el 17% a equinos, el 16% a ovinos, el 8% a bovinos y el 5% restante a porcinos.

5.4.2.3 Población Económicamente Activa

Según EL Censo del año 2002, en la Comuna de Alto del Carmen la población económicamente activa (PEA) corresponde a 1.527 personas, que corresponde a la población mayor de 15 años (ver siguiente tabla):

Tabla 5.72
Distribución de la PEA Comuna Alto del Carmen 2002

Ocupación	Cantidad	%
Miembro del Poder ejecutivo y de los cuerpos legislativos y personal directivo de la administración pública y de empresas	49	3,21
Profesionales científicos e intelectuales	81	5,30
Técnicos y profesionales de nivel medio	85	5,57
Empleados de oficina	32	2,10
Trabajadores de los servicios y vendedores de comercio y mercado	73	4,78
Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros	524	34,32
Oficiales, operarios y artesanos de artes mecánica y de otros oficios	83	5,44
Operadores de instalaciones y máquinas y montadoras	56	3,67
Trabajadores no calificados	461	30,19
Fuerzas armadas	13	0,85
Ignorado	70	4,58
Total	**1.527**	**100**

FUENTE: Censo 2002, INE

Tal como puede apreciarse, la población se dedica mayoritariamente al trabajo de agricultores y trabajadores calificados del área agropecuaria y pesquera, lo cual abarca a un 34.32% de la PEA. La segunda mayoría en personal corresponde a los trabajadores denominados "no calificados".

5.4.2.4 Vivienda

Al año 2002 el total de viviendas construidas en la Comuna Alto del Carmen llegaban a las 2.053 unidades, de las cuales las viviendas particulares *ocupadas* por personas presentes según tenencia de la vivienda suman 1.509.

5.4.2.5 Salud

Según la encuesta CAS II la red asistencial de salud de la Comuna de Alto del Carmen está conformada por 5 establecimientos: 1 consultorio y 4 postas. Los principales programas de salud desarrollados por estas instituciones son: Programa niño adolescente, Programa materno perinatal, Programa salud del adulto, Programa odontológico, Pai, Programa de alimentación complementaria.

La comuna presentaba problemas relacionados con déficit de infraestructura, equipamiento y dotación de recursos humanos para la atención de salud. Las necesidades se referían especialmente a la carencia de Postas médicas en localidades rurales, como por ejemplo en Juntas de Valeriano y El Corral, en las cuales las estaciones médico-rurales funcionan en dependencias de las escuelas o locales comunitarios.

5.4.2.6 Educación

Al año 1997, la Comuna de Alto del Carmen contaba con una red educacional conformada por 28 establecimientos educacionales; de ellos, 23 correspondían a establecimientos municipales (sólo de educación básica), 4 a la Junta Nacional de Jardines Infantiles Junji-Integra y 1 a la categoría de "otros Jardines Infantiles". Al año 1996 el total de alumnos matriculados fue de 866.

5.4.2.7 Turismo y Hotelería

La Comuna de Alto del Carmen presenta atractivos turísticos relacionados con los Valles de los Ríos del Carmen y del Tránsito. De acuerdo a información colectada en terreno, en la zona se esta desarrollando una insipiente infraestructura turística conformada por casas de pensión, existiendo 3 en Alto del Carmen, 1 en El Tránsito, 2 en San Félix, 1 en Marquesas y 1 en Albaricoque, además de cabañas en Alto del Carmen y San Félix, y un camping en Carmencita.

5.4.2.8 Problemas Comunales

De acuerdo a lo señalado en la Carpeta Comunal de MIDEPLAN, los principales problemas de la Comuna de Alto del Carmen son los siguientes:

- Escasez del recurso hídrico para el desarrollo de la actividad agrícola y de iniciativas que promuevan el uso de riego tecnificado y la incorporación de cultivos adaptados a suelos áridos.
- Carencia de un Liceo Técnico-Agrícola y de un Internado femenino y masculino.
- Déficit en cobertura de atenciones básicas para las personas que viven en localidades más alejadas (paramédicos, ambulancias, profesionales especializados, medicamentos y falta campañas de prevención).
- Déficit de alternativas de esparcimiento y entretención sana para el grupo familiar, incluyendo déficit de infraestructura de equipamiento comunitario.

5.4.3 SOCIOECONOMÍA LOCAL: LOCALIDADES RURALES UBICADAS DENTRO DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El análisis socioeconómico local está basado fundamentalmente en información levantada en terreno en 1997 en las diferentes localidades ubicadas en el área de influencia del Proyecto y datos aportados por INE en el censo del año 2002. Para la realización de esta tarea se elaboró un cuestionario que consideraba las características demográficas y económicas más relevantes.

El ámbito local del análisis está referido territorialmente a las 10 localidades rurales emplazadas en el área de influencia del Proyecto, las cuales pertenecen todas a la Comuna de Alto del Carmen. La localización de estas localidades se presenta en la Figura 5.17. Siguiendo un sentido altitudinal y por valles, las localidades corresponden, para el Valle del Río del Carmen, a Alto del Carmen, La Majada, San Félix, Las Tinajas, El Verraco, Las Breas, La Puntilla y El Corral. Para el Valle del Río del Tránsito, las localidades corresponden a: El Tránsito, Conay y Chollay. A continuación se presentan los resultados socioeconómicos obtenidos para cada una de estas localidades, basados en las encuestas ya descritas.

5.4.3.1 Valle del Río del Carmen

- **Alto del Carmen**

Esta localidad es la capital comunal, y se ubica a 47 km de la ciudad de Vallenar. Según las cifras del Censo de Población y Vivienda del 2002, se trata de una aldea con marcadas características rurales y que cuenta con una población de 381 habitantes.

Tabla 5.73
Población Localidad Alto del Carmen

Población masculina	188
Población femenina	193
Distribución etárea	
0-14	115
15-29	88
30-44	93
45-59	59
60-74	16
75-89	10
90 y mas	0
Población Total	*381*

Fuente: Censo 2002, INE

La mayor cantidad de habitantes de Alto del Carmen tienen entre cero y menos de 15 años de edad. Las personas que tienen entre 30 y 44 años representan un 24.4% y la tercera mayoría corresponde a las personas entre 15 y 29 años, las cuales corresponden al 23.1%. El índice de masculinidad de la localidad es de 97.4%.

La principal actividad económica era la agricultura, especialmente aquella relacionada con la uva de exportación. Los principales centros productivos eran: Sociedad Agrícola Copequén, Sociedad Agrícola y Minera El Portezuelo, Cooperativa Agrícola y Pisquera Capel, La Huerta. La mayor proporción de población económicamente activa (PEA) corresponde al sector de trabajadores no calificados, con un 22%, seguido por técnicos y profesionales de nivel medio con un 14,4% y finalmente los agricultores y trabajadores calificados agropecuarios con un 13.6%.

Del total de viviendas de la localidad de Alto del Carmen (143 según el Censo del 2002), un 50% corresponden a viviendas propias, completamente pagadas, un 20,3% fueron cedidas por trabajo o servicios y un 11,9% está ocupada en forma gratuita.

De acuerdo a los antecedentes proporcionados por la encuesta en terreno de 1997, la Infraestructura educacional comprende una Escuela Básica completa, con una matrícula de 65 alumnos, y a un Jardín Familiar de la JUNJI, que entrega atención preescolar. En el sector salud está instalado el único Consultorio General Rural equipado con dos ambulancias y una camioneta. El personal comprende un doctor, un dentista, un matrón, un nutricionista y dos auxiliares paramédicos.

- **La Majada**

Esta localidad está ubicada a 21 Km de la capital comunal. Según el Censo del 2002, la población correspondía a un total de 56 habitantes y se caracterizaba como un caserío. El índice de masculinidad es de 100 hombres por cada 100 mujeres.

De acuerdo a la Tabla 5.74, se puede señalar que el 51.7% de la población se ubica entre los 45 y 74 años, siendo la población que tiene mas de 74 años muy menor. El índice de masculinidad es de un 100%. Desde el punto de vista económico, el 37.5% de la población económicamente activa (PEA, correspondiente a 21 personas) se definieron como trabajadores no calificados, y otro 37.5% son agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros.

Tabla 5.74
Población Localidad Majada

Población masculina	28
Población femenina	28
Distribución etárea	
0-14	6
15-29	9
30-44	7
45-59	11
60-74	18
75-89	4
90 y mas	1
Población Total	56

Fuente: Censo 2002, INE

En relación a la infraestructura de vivienda, esta localidad contaba con 41viviendas. Las viviendas reflejaban marcadas características rurales, debido a la construcción en base a caña y barro, adobe y otros materiales ligeros, piso de tierra y sistema de eliminación de excretas mediante pozos negros. La localidad cuenta con energía eléctrica (solo tres viviendas no poseen luz eléctrica) y agua potable (solo dos viviendas no se encuentran conectadas a red de agua potable); 7 de las viviendas se encuentran conectadas al sistema de alcantarillado y 15 poseen pozos negros.

La educación es el único Servicio Público instalado y es impartido en una Escuela Unidocente (N° G-85) que alcanza una matrícula de 9 alumnos adscrita al Programa MECE Básica Rural. Para acceder al Servicio de Salud, los pobladores deben trasladarse a la localidad de San Félix, donde existe la Posta Rural, lugar donde se entrega atención primaria y de urgencia; sin embargo, cada 15 días una ronda médica del Consultorio Alto del Carmen complementa este servicio.

- **San Félix**

Esta localidad corresponde a una aldea de 308 habitantes, alrededor de la cual gravitan los caseríos de Los Canales, Cerro Alegre y El Churcal, distantes 25 Km de la capital comunal.

La distribución etárea de la población abarca en un 61.0% a personas menores de 30 años y un 31.5% de ellas se ubican entre 30 y 59 años. El índice de masculinidad es de un 85.5%.

Tabla 5.75
Población Localidad San Félix

Población masculina	142
Población femenina	166
Distribución etárea	
0-14	139
15-29	49
30-44	56
45-59	41
60-74	15
75-89	8
90 y mas	0
Población Total	308

Fuente: Censo 2002, INE

En relación con las viviendas de la localidad, según el Censo del 2002, existían en esta localidad un total de 106 viviendas, de las cuales 46.7% es propia del habitante y se encuentra totalmente cancelada y un 30% fue cedida por motivos laborales.

De acuerdo a los antecedentes recopilados en terreno, al año 1997 existe una Escuela Fronteriza Nº E-54, con alta cobertura y matrícula hasta 8º Básico (147 alumnos matriculados desde 2° a 8° año). Adicionalmente, existe un Hogar Estudiantil que permite que los alumnos provenientes de las Escuelas Unidocentes accedan a la finalización del segundo sub-ciclo de Enseñanza Básica. En el caso de la salud, existe la Posta Rural de San Felix, la que recibe cada 15 días la visita de la ronda médica. A pesar de contar con equipamiento de antiguas características, la posta puede otorgar atención a otras localidades como Las Breas, Conay y El Tránsito.

- **El Verraco**

Según el Censo del 2002, este caserío tenía 29 habitantes y presentaba el 100% de sus construcciones y viviendas con materiales típicos como barro, caña y adobe, con piso de tierra y sistema de pozos negros. La localidad cuenta con energía eléctrica, abasteciendo a seis de las 11 viviendas del caserío. No poseía agua potable, debiendo abastecerse del agua proveniente de canales y solo dos viviendas están conectadas al alcantarillado.

El sector productivo principal era el de pequeños agricultores, el resto de la población accedía a trabajos ocasionales, redundando en escasos ingresos y mala calidad de vida. No existe manifestación de actividad comercial establecida salvo lo que logran vender los pequeños agricultores en período de cosecha.

- **Las Breas**

Esta localidad está constituida por un grupo de hijuelas y caseríos ubicados a 48 km de Alto del Carmen. Según el Censo del 2002, Las Breas contaba con una población de 87 habitantes.

Tabla 5.76
Población Localidad Las Breas

Población masculina	49
Población femenina	38
Distribución etárea	
0-14	25
15-29	18
30-44	17
45-59	8
60-74	15
75-89	4
90 y mas	0
Población Total	*87*

Fuente: Censo 2002, INE

La mayor cantidad de población en la localidad tiene menos de 14 años (28.7%), mientras que el 40.2% de la población tiene entre 15 y 44 años. El índice de masculinidad de la localidad es de 128.9%.

La actividad económica preponderante en el sector es la agricultura, con un porcentaje de 40%; sin embargo, una alta proporción de la población económicamente activa (PEA) esta dedicada a actividades de contratistas, participando con el 23%. El cultivo de minifundios y la crianza de ganado eran características principales de esta localidad; no obstante, dada su cercanía a minas de pequeño tamaño y proyectos mineros, muchos de ellos eran contratados para labores relacionadas con la minería.

La mayor parte de las viviendas y construcciones ocupaban barro, caña y adobe. El sistema de eliminación de excretas era por medio de pozos negros y se contaba con energía eléctrica. No existía sistema de agua potable por lo que la población se abastecía con agua de canal.

Existe una Escuela Unidocente que imparte educación básica de 1° a 6° año, con una matrícula de 14 alumnos. Para la atención primaria de Salud existe una Posta Rural a cargo de un auxiliar paramédico.

- **La Puntilla (La Roca)**

Este sector rural está constituido por hijuelas (parcela) y se encuentra ubicado a 75 km de Alto del Carmen. De acuerdo al Censo del 2002, tiene una población de 1 persona y 1 vivienda. La actividad económica de la persona que habita esta parcela no fue calificada y su nivel de estudio alcanza la enseñanza básica.

- **El Corral**

Esta localidad corresponde a un caserío y es la localidad más cercana al Área del Proyecto por el sector del Río del Carmen. Según el Censo del 2002, El Corral contaba con una población de 121 habitantes.

Tabla 5.77
Población Localidad El Corral

Población masculina	69
Población femenina	52
Distribución etárea	
0-14	32
15-29	23
30-44	34
45-59	15
60-74	16
75-89	1
90 y mas	0
Población Total	*121*

Fuente: Censo 2002, INE

La mayor cantidad de población en la localidad tiene menos de 14 años (26.4%), mientras que el 47.1% de la población tiene entre 15 y 44 años. El índice de masculinidad de la localidad es de 132.7%.

La actividad económica preponderante en el sector es la agricultura, con un porcentaje de 50% de las personas mayores a 15 años ocupadas (11 personas).

En la localidad El Corral existe un total de 39 viviendas, de las cuales el 82.1% (32 viviendas) son propiedad del ocupante.

En cuanto a los servicios básicos de las viviendas, un 71.8% de ellas están conectados a la red pública de electricidad, mientras que el 79.5% se abastece de agua de ríos, esteros y vertientes, siendo solo un 10.3% el total de viviendas que están conectados a la red de agua potable. Por último, el 89.7% de las viviendas de El Corral presenta como sistema de alcantarillado el pozo negro.

5.4.3.2 Valle del Río del Tránsito

- **El Tránsito**

Esta entidad rural, según el Censo del 2002, presenta una población de 461 habitantes y corresponde a una aldea.

Tabla 5.78
Población Localidad El Tránsito

Población masculina	247
Población femenina	214
Distribución etárea	
0-14	165
15-29	76
30-44	96
45-59	62
60-74	44
75-89	17
90 y mas	1
Población Total	*461*

Fuente: Censo 2002, INE

De acuerdo a la tabla anterior, un 35.8% de las personas de la localidad El Tránsito son menores de 15 años. Por otra parte, un 37.6% de la población se encuentra entre los 15 y 44 años. El índice de masculinidad de la localidad es de un 115.4%.

La actividad económica de El Tránsito estaba basada en la agricultura de uva de exportación. La proporción de la PEA dedicada a la agricultura asciende a 49%, mientras que el segundo sector productivo lo constituye el de servicios con un 30%.

Al momento de la encuesta las viviendas se observaban en regular estado, construidas de diferentes materiales, ya sea de material ligero, adobe y material sólido. Algunas de ellas contaban con fosas sépticas y otras con pozos negros. El sector contaba con servicios básicos de agua potable, energía eléctrica domiciliaria y radiotransmisor.

La localidad cuenta con una Escuela Fronteriza, incluyendo kinder y un Jardín Infantil (JUNJI). La atención de salud se realiza en la Posta con la asistencia de un auxiliar paramédico. Otros servicios públicos presentes en la localidad son: Oficina de Correos, Registro Civil, Registro Electoral y el Retén El Tránsito de Carabineros.

- **Conay**

Esta entidad se localiza a 60 km de Alto del Carmen y corresponde a un caserío con una población, de 159 habitantes, (Censo del 2002).

Tabla 5.79
Población Localidad Conay

Población masculina	87
Población femenina	72
Distribución etárea	
0-14	35
15-29	21
30-44	37
45-59	26
60-74	31
75-89	8
90 y mas	1
Población Total	*159*

Fuente: Censo 2002, INE

La distribución etárea de la población de la localidad Conay se presenta bastante homogénea desde los 0 a 74 años, abarcando desde un 13.2% a un 23.2% de la población cada uno de los cinco tramos señalados en la tabla anterior. El índice de masculinidad es de 120.8%.

La economía de esta localidad estaba basada en la agricultura, la que es realizada tanto por empresas agrícolas como por pequeños agricultores en sus minifundios. La situación laboral de la PEA presentaba una tasa de desocupación de 18%. La mayor parte de la PEA, en cuanto a grupos de ocupación, se sitúa en el sector económico de agricultura y pesca con un 61%, luego se situaba el de trabajadores no calificados con un 9% y finalmente los integrantes de las FF.AA. (Carabineros), en el mismo porcentaje.

Según la información recabada en terreno al año 1997, las viviendas se observaban en regular estado y estaban construidas predominantemente en materiales ligeros (caña y quincha) y adobes, con piso e tierra y sistema de eliminación de excretas a través de pozos negros. Adicionalmente, las viviendas contaban con servicios básicos de energía eléctrica domiciliaria, agua potable, y un apartado postal.

Respecto a establecimientos educacionales, existe una Escuela Unidocente. También cuenta con una Posta de Salud donde permanece una Auxiliar Paramédico. Otro servicio es Carabineros de Chile que se encuentra presente en un Retén de Control fronterizo, con dotación permanente.

- **Chollay**

Esta entidad corresponde a una localidad rural compuesta por hijuelas y majadas distantes a 65 km de Alto del Carmen, y que al año 2002, contaba con una población de 162 habitantes.

Tabla 5.80
Población Localidad Chollay

Población masculina	93
Población femenina	69
Distribución etárea	
0-14	36
15-29	34
30-44	43
45-59	19
60-74	22
75-89	7
90 y mas	1
Población Total	*162*

Fuente: Censo 2002, INE

La distribución de la población de acuerdo a las distintas edades presenta en su mayoría personas entre 30 y 44 años (un 26.5% de la población), en tanto que el 43.2% de la población presenta edades que van desde los cero a 29 años. El índice de masculinidad de la localidad Chollay es de 134.8%.

La PEA presentaba una tasa de desocupación de 3,8%. La mayor proporción de la PEA, en cuanto a grupos de ocupación, se situaba en el sector económico de agricultura y pesca con un 62%.

Según los antecedentes recopilados en terreno, al año 2002 existían 57 viviendas, 43 de las cuales estaban ocupadas. Las viviendas estaban construidas en material ligero (madera, quincha o barro) y adobe, en regulares condiciones, con piso de tierra y con sistema de eliminación de excretas mediante pozos negros.

La localidad cuenta con energía eléctrica domiciliaria y no cuenta con agua potable. El único servicio público disponible para la comunidad es una Escuela Básica Unidocente.

5.5 DESCRIPCIÓN RECURSOS ARQUEOLÓGICOS, ANTROPOLÓGICOS E HISTÓRICOS

La descripción de los recursos arqueológicos se realizó sobre la base de cuatro estudios de la zona; el primero se efectuó durante marzo de 1998 con el objetivo de realizar un reconocimiento de posibles sitios arqueológicos existentes en el área del Proyecto.

El segundo estudio se realizó en abril del año 2004 en el Valle superior del Río Potrerillos, que si bien no forma parte del Área de Influencia del Proyecto, incluye el sector de su influencia con el Río de Las Tres Quebradas, donde se detectó un sitio arqueológico relativamente cercano al camino de acceso al Proyecto.

Se han realizado estudios adicionales asociados a alternativas de caminos de acceso a la zona del Proyecto. A consecuencia de dichos estudios, se ha identificado un sitio denominado La Laguna ubicado en el río Del Carmen, aguas abajo de la Quebrada Laguna en el cual CMN ha desarrollado, en conjunto con el Museo Arqueológico de La Serena, acciones tendientes a proteger dicho sitio de inundaciones.

La Figura 5.18 muestra la ubicación de los sitios arqueológicos cercanos al área del Proyecto.

5.5.1 SITIO RÍO DEL ESTRECHO

Este sitio Nº1 se encuentra ubicado en la ladera de exposición noroeste del Río del Estrecho al lado de la vega existente, frente al campamento minero de exploración de CMN. Este sitio consiste en una agrupación de estructuras arquitectónicas simples, construidas con pircados de piedra, el cual está formado por dos unidades separadas físicamente. La primera de ellas es un conjunto de seis recintos construidos en solución de tres pares paralelos entre si y también en relación al eje del Río del Estrecho. La segunda unidad se ubica al lado noroeste y distante 12 m del conjunto anterior y está formada por un solo recinto de forma aproximadamente circular. En su interior se encontraron elementos diagnósticos como fragmentación cerámica, restos óseos de camélidos y basura de ocupaciones prehistóricas de filiación cultural Diaguita-Inca.

5.5.2 CERRO DE LOS AMARILLOS

Este sitio Nº2 se encuentra ubicado sobre los 4.100 m de altitud, compuesto por dos grupos de recintos pircados, separados entre si por una distancia aproximada de 20 m. El primer grupo, identificado como Unidad A, es un recinto formado por tres espacios integrados. Entre el primer y segundo espacio se observó un fogón, junto al cual se encontró fragmentación cerámica Diaguita-Inca, de superficies muy erosionadas. El segundo grupo, identificado como Unidad B, se emplaza 20 m al oriente de la Unidad A y se organiza en dos recintos de formas ligeramente elipsoidales.

El emplazamiento de estos recintos pircados de origen prehistórico en un ambiente severamente restrictivo y limitante puede explicarse en primera instancia, como un campamento base de temporada, cuya principal finalidad sería la de servir como lugar de tránsito hacia mayores alturas donde realizar rituales religiosos en un santuario desconocido hasta ahora, o para construir otro que quedó como proyecto inconcluso. En segunda instancia podría estar vinculado con actividades mineras.

5.5.3 CONFLUENCIA

El sitio Nº3 se sitúa en la terraza intermedia entre la confluencia del río Potrerillos con el de Las Tres Quebradas, y delimitado al Este por un gran y abrupto cerro. Actualmente se encuentra flanqueado por tres caminos que lo delimitan, al Norte el camino al campamento Pascua, al Sur el camino Potrerillos y al Este un camino corto que comunica los dos caminos anteriores.

Corresponde a un conjunto de a lo menos 4 estructuras túmulares mortuorias, constituidas por grandes cantos rodados, presentando diámetros de entre 6 m. y 2 m., y alturas entre 0.60 m. y 0.40 m. El sitio se sitúa en la terraza intermedia entre la confluencia del río Potrerillos con el de Las Tres Quebradas, y delimitado al Este por un gran y abrupto cerro. Las estructuras reconocidas se disponen de Este a Oeste, a lo largo de aproximadamente 40 m.

En cuanto a los materiales culturales registrados, estos corresponden a escaso material lítico, generalmente lascas espesas de gran tamaño, en materia prima local. De acuerdo con las observaciones, principalmente las características de las estructuras túmulares, se puede aseverar el carácter prehispánico de las evidencias funerarias y en particular una filiación cultural especifica al Complejo El Molle. Dadas las características de otros sitios funerarios Molle, no se puede descartar la presencia de depósitos culturales de carácter habitacional en asociación a los túmulos mortuorios.

5.6 DESCRIPCIÓN CARACTERÍSTICAS MEDIO CONSTRUIDO

5.6.1 INFRAESTRUCTURA Y VIALIDAD

En esta sección se presenta una caracterización de la oferta y demanda vial de las Ruta C-489 y C-485, que corresponden a aquellas vías que utilizará el Proyecto Pascua – Lama para el transporte de personas, insumos y productos en el lado chileno.

5.6.1.1 Oferta Vial Actual

- **Ruta C-489**

La Ruta C-489 se clasifica como camino de montaña. Gran parte de la ruta está emplazada en perfil mixto (ladera de cerro) a gran altura y se desarrolla en forma paralela al Río del Carmen.

Para los efectos de esta descripción el acceso se ha separado en dos sectores:

- *Sector camino público*

Actualmente, la carpeta de rodado es de asfalto hasta la Localidad de El Corral. Existe gran cantidad de curvas verticales y horizontales con una radio medio de 15 m. Las pendientes máximas longitudinales son de corta longitud y no superan el 15%. La velocidad de operación es de unos 50 km/hr.

Los puentes a lo largo de esta cota fueron mejorados, incluyendo las estructuras de concreto.

- *Sector camino privado*

En este tramo CMN ha construido un camino de 7 m de ancho con un diseño que permite una velocidad máxima de 50 km/h, con una carpeta de material granular tratado con cloruro de magnesio, el que permite un tránsito seguro y expedito.

- **Ruta C-485**

Saliendo de la zona urbana de Alto del Carmen, se toma la Ruta C-485 que conduce a Vallenar. El camino tiene un pavimento asfáltico de doble tratamiento superficial con una calzada de 6,60 m de ancho y bermas también pavimentadas en 1,5 m de ancho.

En Vallenar se construyó un By-Pass (El Jilguero) en el sector norte, conectando este camino con la Ruta 5.

5.6.1.2 Demanda Vial Actual y Nivel de Servicio de las Vías

Para realizar la descripción vial del Proyecto original, al carecer de datos oficiales en el área de estudio de censos de flujo vial, se realizó una medición el día 2 de octubre de 1997 en la intersección de las rutas C-485, C-489 y C-495 en Alto del Carmen, medición en la cual se utilizó la metodología establecida en el manual de Carreteras del M.O.P. y en base a la cual se estimó la capacidad de la Ruta C-485 en horario punta, correspondiente en esa ocasión a 1021 vehículos por hora para la intersección.

Posterior a la presentación del EIA del Proyecto original, se estableció un punto de control MOP en la bifurcación de Alto del Carmen (punto de control Nº 26), el cual fue contemplado en el Censo de Flujos viales del año 2003. Según los resultados obtenidos en aquel Censo, el TMDA medido en 24 horas para la Ruta C-485 alcanzó los 533 vehículos, para la Ruta C-495 se identificaron 333 y en la Ruta C-489 la cifra alcanzó a los 406 vehículos.

5.6.2 USOS DEL SUELO

Actualmente la comuna de Alto del Carmen no cuenta con un Plan Regulador Comunal, el cual se encuentra en etapa de evaluación. De este modo, el uso del suelo no está normado, correspondiendo toda la comuna a una zona rural.

CAPÍTULO 6
EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

En el presente Capítulo se identifican y evalúan los impactos ambientales de las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama descritas en el Capítulo 2, particularmente aquellas relacionadas con los efectos, características y circunstancias que de acuerdo a lo establecido en el artículo 11 de la Ley Nº19.300 y en los artículos 5 al 11 del Reglamento del SEIA determinan la necesidad de presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

La evaluación se organiza según los componentes ambientales que conforman el área de influencia del Proyecto, y que incluyen:

i. Calidad del aire
ii. Niveles de ruido y vibración
iii. Caudal de aguas superficiales
iv. Calidad de aguas superficiales
v. Geomorfología, red de drenaje y suelo
vi. Vegetación, flora y fauna
vii. Paisaje
viii. Patrimonio cultural
ix. Infraestructura Vial
x. Socioeconomía
xi. Situaciones de riesgo natural.

6.1 CALIDAD DEL AIRE

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama implican aumentar la actividad en la mina y en la planta de procesos, y por tanto tienen asociado un incremento en las emisiones atmosféricas, específicamente de material particulado respirable (MP-10) y anhídrido sulfuroso (SO_2). En las secciones siguientes se presenta una evaluación actualizada del efecto de las emisiones atmosféricas del Proyecto, y se verifica el cumplimiento de las normas de calidad del aire aplicables.

6.1.1 MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE

El aumento en el ritmo de extracción de mineral desde un promedio de 37.000 tpd (Proyecto original) hasta un promedio actualizado de 48.800 tpd, y de procesamiento en la planta desde 33.000 tpd hasta 44.000 tpd a partir del cuarto año, implicará un aumento en la tasa de emisión de material particulado. Las fuentes emisoras corresponden principalmente a las tronaduras para remover el material en la mina (mineral y estéril); carguío de camiones mineros; transporte de material por rutas internas de tierra hasta el chancador primario y los depósitos de estéril; descarga de mineral en la tolva de alimentación del chancador primario; chancado del mineral; y descarga de estéril en los depósitos.

La tasa de emisión correspondiente al nuevo ritmo de actividad minera ha sido determinada aplicando factores de emisión de la EPA de los Estados Unidos (Reporte AP-42), empleando factores actualizados por dicha agencia[1]. Los cálculos de emisión se presentan en Anexo B de este EIA. La tasa de emisión global actualizada alcanza a un valor máximo de 15,8 toneladas/día de MP-10. Este valor representa una variación de -19% respecto de la tasa de emisión estimada para el Proyecto original (EIA 2000), y la diferencia se debe básicamente a la actualización de factores de emisión EPA.

Con el propósito de determinar el efecto de las emisiones de MP-10 en el entorno del Proyecto, se aplicó el modelo de dispersión atmosférica ISC-3 de la EPA, herramienta ampliamente utilizada para estos efectos. El modelo permite determinar las concentraciones de MP-10 que las emisiones generan en el área de influencia del Proyecto. La modelación se realizó empleando información meteorológica registrada en la estación Frontera, representativa de las condiciones de viento existentes en el área de la mina, donde se generarán las principales emisiones de MP-10.

Los resultados del modelo se incluyen en el Anexo B, y se muestran en las Figuras 6.1 y 6.2 del presente Capítulo. Como puede apreciarse en dichas figuras, las mayores concentraciones de MP-10 se generarán en el área de operaciones y disminuirán de modo significativo con la distancia, sin alcanzar niveles significativos en los sectores más próximos al Proyecto donde existe vida silvestre. El efecto en la calidad del aire es similar al determinado para el Proyecto original (EIA 2000).

Dentro de los radios en que se proyectan concentraciones de 150 y 50 µg/m^3 como niveles máximos en 24 horas y promedio anual respectivamente, no existe población humana establecida, por lo que se dará cumplimiento a la norma de calidad del aire (D.S. Nº59/1998 modificado por D.S. Nº45/2001 MINSEGPRES).

[1] Algunos factores de emisión actualizados de la EPA proporcionan tasas de emisión inferiores a las determinadas en el EIA 2000, motivo por el cual se presentan ciertas diferencias.

6.1.2 ANHÍDRIDO SULFUROSO

El aumento en el ritmo de proceso del mineral desde un promedio de 33.000 tpd (Proyecto original) hasta un promedio actualizado de 44.000 tpd (a partir del cuarto año) implicará un aumento en la tasa de emisión de anhídrido sulfuroso (SO_2). La fuente emisora principal se ubica en la planta de procesos ubicada en Argentina, y corresponde a la planta de molienda seca. Las demás emisiones de SO_2, generadas básicamente por el funcionamiento de motores diesel de camiones mineros, maquinaria de apoyo, vehículos livianos y el horno de fusión de metal doré, no serán significativas.

La tasa de emisión de anhídrido sulfuroso correspondiente al nuevo ritmo de actividad en la planta de procesos ha sido estimada en 4,4 toneladas/día como promedio y en 8,3 toneladas/día como máximo diario. Este último valor representa una variación de +27% respecto de la tasa de emisión estimada para el Proyecto original (EIA 2000).

Con el propósito de determinar el efecto de las emisiones de SO_2 en el entorno del Proyecto, se aplicó el modelo de dispersión atmosférica ISC-3 de la EPA. El modelo permite determinar las concentraciones de SO_2 generadas en el área de influencia del Proyecto. La modelación se realizó empleando información meteorológica registrada en la estación Lama, Argentina, representativa de las condiciones de viento existentes en el área de la planta, donde se generarán las principales emisiones de SO_2.

Los resultados del modelo se incluyen en el Anexo B, y se muestran en las Figuras 6.3 y 6.4 del presente Capítulo. Como puede apreciarse en dichas figuras, las mayores concentraciones de anhídrido sulfuroso se generarán en el entorno de la planta ubicada en Argentina y disminuirán de modo significativo con la distancia. El efecto en la calidad del aire es similar al determinado para el Proyecto original (EIA 2000).

Hacia el lado chileno se proyectan niveles reducidos de SO_2 (<15 µg/m^3) inferiores a los límites establecidos en la normativa vigente (D.S. Nº113/2002 MINSEGPRES).

6.2 NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIÓN

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama implican aumentar la actividad en la mina y en la planta de procesos, y por tanto tiene asociado un incremento en las emisiones de ruido y vibraciones producidas por tronaduras. En las secciones siguientes se presenta una evaluación actualizada del efecto de las emisiones de ruido y vibración del Proyecto, y se verifica el cumplimiento de la normativa aplicable.

6.2.1 NIVELES DE RUIDO

En el EIA 2000 se determinó que el Proyecto original generaría niveles de ruido de hasta 70 dB(A) en los lugares de operación, disminuyendo notoriamente con la distancia a las fuentes. Fuera del área de operaciones los niveles de ruido se mantendrían por debajo de los 40 dB(A); es decir, habría un incremento reducido respecto de los niveles de línea base en el valle de los ríos del Estrecho y El Toro, que alcanzan valores entre 31 y 39 dB(A).

El aumento en el ritmo de extracción de mineral desde un promedio de 37.000 tpd (Proyecto original) hasta un promedio actualizado de 48.800 tpd, y de procesamiento en la planta desde 33.000 tpd hasta 44.000 tpd a partir del cuarto año, implicará un aumento en los niveles de ruido en el área del Proyecto y su entorno cercano.

En efecto, con el propósito de determinar el efecto producido por la mayor actividad minera del Proyecto se emplea la siguiente expresión matemática que relaciona el nivel de presión sonora (o nivel de ruido) producido por varias fuentes emisoras:

$$Lr = Lo + 10\ Log\ (N)$$

donde "Lr" es el nivel de ruido resultante (decibeles), "Lo" el nivel de ruido original generado por una sola fuente (o por la cantidad de actividad original), y "N" el número de fuentes (o cantidad de actividad respecto del caso original).

Las modificaciones del Proyecto implican aumentar en aproximadamente un 33% el nivel de actividad en la mina y consecuentemente en las fuentes emisoras de ruido. Esto equivale a un valor N=1,33. De acuerdo a la expresión matemática anterior, el nivel de ruido resultante es Lr = Lo + 1,2, es decir, se incrementa en 1,2 decibeles el nivel de ruido original generado por el Proyecto en su entorno. Este aumento, no significativo, no altera sensiblemente las proyecciones de ruido del Proyecto original.

Dada la distancia considerable que existe entre el área del Proyecto y los lugares más próximos con población humana establecida, la norma de emisión de ruido por fuentes fijas (D.S. Nº146/1997 MINSEGPRES) se cumplirá ampliamente.

6.2.2 NIVELES DE VIBRACIÓN

Las principales fuentes de vibración del Proyecto serán las tronaduras en la mina. Su efecto se propagará a través de los medios rocosos existentes en el área del Proyecto, atenuándose con la distancia desde el sitio de detonación. En el EIA 2000 se determinó que

el Proyecto original generaría niveles de vibración por tronaduras que podrían ocasionar daño estructural en un radio de aproximadamente 800 metros de la mina, y molestias en las personas en un radio de aproximadamente 1.900 metros de la mina[2].

Para establecer el efecto del mayor ritmo de extracción del Proyecto, se emplea la variable denominada "velocidad de partícula", que representa la velocidad de movimiento del terreno (la misma metodología empleada en el EIA 2000). La velocidad de partícula se determina mediante la siguiente expresión desarrollada por Devine (1962) y Duvall (1963):

$$v = 25{,}4\ K\ [D/Q^{0.5}]^{-n}$$

donde: "v" es la velocidad de partícula (mm/s); K un factor de propagación que depende de las propiedades de la roca (fluctúa típicamente entre 100 y 160); "Q" es la carga de explosivos por retardo (libras); "D" es la distancia desde la detonación (pie); y "n" un factor empírico (típicamente 1,6).

Las tronaduras del Proyecto Pascua-Lama tendrán una carga máxima de explosivos de aproximadamente 230 gramos/tonelada de material removido. Con el nuevo plan minero se considera remover un máximo estimado de 355.000 tpd de mineral y roca estéril, lo cual requiere una cantidad de explosivos estimada en 82 toneladas. Se supone que las tronaduras se realizarán con al menos cinco retardos, cada uno requiriendo un 20% de la carga total de explosivos. Se evalúan los dos escenarios previstos de explotación: una y dos tronaduras diarias.

El cálculo actualizado indica que en el escenario más desfavorable (1 tronadura/día) el Proyecto generará niveles de vibración por tronaduras que podrían ocasionar daño estructural en un radio de aproximadamente 900 metros de la mina (100 metros más que en el Proyecto original), y molestias en las personas en un radio de aproximadamente 2.200 metros de la mina (unos 300 metros más que en el Proyecto original).

No existen viviendas o estructuras expuestas cerca del Proyecto, de modo que las tronaduras no ocasionarán daños ni molestias a la población. El campamento Barriales se ubica a más de 6.000 m de la mina, en tanto el sitio arqueológico más próximo (Nº2) se ubica a 4.500 m del rajo. Por su parte, los hábitats más cercanos (vegas junto al río del Estrecho) se sitúan a partir de una distancia de aproximadamente 4.000 m del rajo. En todos los casos la distancia es mayor que los radios de posible afectación por vibraciones.

[2] Como criterios de evaluación se utilizaron los siguientes límites indicados en el Boletín 656 (1971) de la Oficina de Minas de EE.UU. (U.S.B.M.): v < 50,8 mm/s para evitar daños estructurales en edificaciones no diseñadas adecuadamente; y v < 12,7 mm/s para evitar molestias en las personas producto de las vibraciones.

6.3 CAUDAL DE AGUAS SUPERFICIALES

El Proyecto Pascua-Lama mantiene el caudal de captación de agua fresca del Proyecto original de hasta 42 l/s desde le parte alta del río del Estrecho. Sin embargo, se modifica la ubicación del punto de captación, desde aguas arriba de la confluencia con la quebrada Barriales (sector NE-2) hacia aguas abajo de dicha confluencia (sector NE-3). Además se incorpora un punto de captación para consumo potable en la quebrada Barriales, cerca de la confluencia (agua de mejor calidad natural). En el punto NE-3 se captará hasta 40 l/s, en tanto los restantes 2 l/s se captarán en la quebrada Barriales para consumo potable en el campamento. Para efectos de evaluación se considera que toda la captación (42 l/s) se efectúa en el punto NE-3.

Se hace notar que el presente Proyecto de modificaciones no incorpora cambios en la captación de agua en el río El Toro (prevista sólo para riego del camino de acceso).

En rigor, al mantenerse el caudal de captación de 42 l/s, no se modifica el efecto de reducción de caudal en el río del Estrecho aguas abajo del punto de captación, respecto de lo evaluado y aprobado para el Proyecto original. Sin embargo, se presenta a continuación un nuevo cálculo que incorpora la información hidrológica actualizada de la cuenca (línea base presentada en el Capítulo 5 de este EIA).

El cálculo actualizado se realiza para los puntos NE-4 del río del Estrecho (correspondiente al sector más próximo al Proyecto donde existen captaciones para riego) y NE-8 del río Chollay. El punto de NE-2 se reemplaza por el nuevo punto de captación NE-3, ubicado inmediatamente aguas abajo de la confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales. Los puntos de evaluación se muestran en la Figura 6.5.

El porcentaje de reducción de caudal en el río del Estrecho y cursos inferiores se determina de acuerdo a la siguiente expresión empleada en el EIA 2000:

$$\%reducción = \left(\frac{Q_{EXT}}{Q_i} \right) * 100$$

donde Q_{EXT} es el caudal a extraer por el Proyecto (42 l/s en el sector NE-3 del río del Estrecho); y Q_i es el caudal en el punto de evaluación para cada escenario hidrológico considerado. El siguiente cuadro muestra los caudales de línea base en cada punto de evaluación, para los escenarios considerados (años hidrológicos con probabilidades de excedencia de 50%, 90% y 95%):

Tabla 6-1
Caudales de Línea Base en Puntos de Evaluación (l/s)

Río	Punto	Caudal Medio Anual			Caudal Mínimo Mensual		
		Año 50%	Año 90%	Año 95%	Año 50%	Año 90%	Año 95%
Río del Estrecho	NE-3	300	110	92	260	82	63
	NE-4	350	130	110	310	90	70
Río Chollay	NE-8	900	250	180	770	130	70

Las siguientes tablas muestran, respectivamente, los caudales resultantes en los puntos de evaluación, y los correspondientes porcentajes de reducción de caudal:

Tabla 6-2
Caudales Resultantes en Puntos de Evaluación (l/s)

Río	Punto	Caudal Promedio Anual			Caudal Mínimo Mensual		
		Año 50%	Año 90%	Año 95%	Año 50%	Año 90%	Año 95%
Río del Estrecho	NE-3	258	68	50	218	40	21
	NE-4	308	88	68	268	48	28
Río Chollay	NE-8	858	208	138	728	88	28

Tabla 6-3
Porcentajes de Reducción de Caudal en Puntos de Evaluación (%)

Río	Punto	Reducción Promedio Anual			Reducción Máxima Mensual		
		Año 50%	Año 90%	Año 95%	Año 50%	Año 90%	Año 95%
Río del Estrecho	NE-3	14,0	38,1	45,7	16,2	51,2	66,7
	NE-4	12,0	32,3	38,2	13,5	46,7	60,0
Río Chollay	NE-8	4,7	16,8	23,3	5,5	32,3	60,0

Según se aprecia en las tablas anteriores, la captación de 42 l/s en el sector NE-3 del río del Estrecho equivale a un 14% y 12% del caudal medio anual en los puntos NE-3 y NE-4 de este mismo río respectivamente, y a menos de un 5% del caudal en el sector NE-8 del río Chollay. En el mes de estiaje de un año muy seco (95% de probabilidad de excedencia), la captación de 42 l/s equivale a un 60% del caudal de los ríos del Estrecho (punto NE-4) y Chollay (punto NE-8).

La captación de agua del Proyecto se ajustará a las condiciones establecidas en los estatutos de la Junta de Vigilancia del Río Huasco que regulen las captaciones de agua en este río y sus afluentes. Esto implica que el Proyecto efectuará las tributaciones necesarias conforme a sus derechos de aprovechamiento. En consecuencia, se puede establecer que el aprovechamiento de los derechos de agua de la Compañía no afectará adversamente a los demás usuarios de la cuenca.

La modalidad de captación de agua ajustada a estatutos no existía al momento de aprobarse el Proyecto original, motivo por el cual en el EIA 2000 se adoptó una medida de mitigación orientada a no afectar a los demás usuarios ubicados aguas abajo. Esta medida consideraba reducir la captación de agua en el año con 95% de probabilidad de excedencia (año muy seco) para mantener el caudal mínimo del río. A través del presente EIA dicha medida se reemplaza por la incorporación de las regulaciones establecidas en los estatutos de la Junta de Vigilancia como modalidad de ejecución de las captaciones de agua del Proyecto (ver Capítulo 7, sección 7.1). Además se adoptan los criterios de caudal ecológico establecidos por la Dirección General de Aguas, según se explica a continuación.

En relación con los caudales mínimos o ecológicos, el río del Estrecho carece de fauna íctica, lo cual se atribuye principalmente a la acidificación natural de las aguas en la parte alta de la cuenca y la presencia de metales disueltos, todo ello a consecuencia de la mineralización de esta zona. La fauna íctica se ubica a partir de la confluencia del río del Estrecho con el río Blanco, en un sector del río Chollay cercano al punto de evaluación NE-8. Sin embargo, de manera conservadora, se ha considerado la verificación del caudal ecológico en el área del Proyecto, en el punto NE-3 aún cuando en dicho punto no existe fauna íctica. Por tanto, para el punto NE-3 se ha efectuado un análisis comparativo entre los caudales resultantes producto de las captaciones del Proyecto, y los valores referenciales establecidos por la Dirección General de Aguas (DGA) como caudales ecológicos (Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, DGA, 1999). Los criterios de caudal ecológico empleados son los siguientes:

- Criterio Nº1: 10% del caudal medio anual
- Criterio Nº2: 50% del caudal mínimo de estiaje del año 95%.

La siguiente tabla muestra los caudales ecológicos que se obtienen en el punto NE-3 según los criterios DGA anteriores:

Tabla 6-4
Caudales Ecológicos en Punto de Evaluación NE-3

Punto de Evaluación	Criterio Nº1 (DGA) 10% Caudal Medio Anual (l/s)	Criterio Nº2 (DGA) 50% Caudal Mínimo de Estiaje Año 95% (l/s)
NE-3	0,1 x 300 = 30	0,5 x 63 = 31,5

En la siguiente tabla se muestran los caudales resultantes en el punto NE-3 del río del Estrecho para los años con probabilidades de excedencia de 50%, 90% y 95%, y su comparación con el caudal ecológico de 32 l/s (criterio Nº2).

Tabla 6-5
Caudales Resultantes en Punto NE-3 y Comparación con Caudal Ecológico (C.E.)

Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	C.E.
50%	228	258	268	218	248	228	248	248	258	278	258	228	32
90%	50	40	49	47	58	68	68	88	88	88	78	68	32
95%	33	**21**	**27**	**26**	39	50	42	57	58	58	57	50	32

Valores en litros por segundo (l/s)

Se puede observar que en el punto NE-3 del río del Estrecho, sólo en un año con 95% de probabilidad de excedencia (año muy seco) se produce tres meses (noviembre, diciembre y enero) con un caudal resultante inferior al caudal ecológico referencial. En otras palabras, existe la probabilidad de que durante la vida del Proyecto (20 años de operación) ocurra un año en que por un lapso de tres meses el caudal resultante sea inferior al caudal ecológico referencial. El resto del tiempo, es decir, prácticamente durante toda la vida del Proyecto, los caudales serían superiores al criterio de la DGA.

A la luz de estos resultados, el Proyecto considera mantener un programa de medición mensual del caudal del río del Estrecho en el Punto NE-3 y adoptar medidas para minimizar los consumos de agua fresca en períodos de estiaje de un año muy seco. Para ello, el Proyecto adquiere el compromiso de limitar el caudal de captación a 31 l/s cuando la medición mensual de caudal en el punto NE-3 muestre un flujo cercano al caudal ecológico y ello se deba a condiciones naturales de sequía en la cuenca. De acuerdo con el análisis de caudales presentado previamente, con este caudal de captación (11 l/s menos que el caudal de captación de 42 l/s) el flujo de agua resultante en NE-3 sería igual o superior al caudal ecológico.

6.4 CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL

Las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama no incorporan cambios que alteren la cantidad y calidad de los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte. El Proyecto considera mantener los criterios de cumplimiento de las normas de calidad del agua y de descarga de efluentes líquidos, que están contenidos en la RCA Nº039/2001 de COREMA III Región que aprobó ambientalmente el Proyecto Pascua-Lama.

Dicha Resolución establece en su numeral 4.3.18 letra f), que la planta de tratamiento de drenaje ácido será construida y operada para lograr la calidad de descarga que cumpla con la Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales (o aquella normativa vigente al momento de poner en marcha la planta de tratamiento), y a la vez proteger la calidad de riego en el río del Estrecho en el punto de monitoreo NE-4.

En el EIA 2000, la calidad de la descarga de la planta de tratamiento fue definida en función de los siguientes criterios:

- Cumplimiento de los límites de descarga establecidos en el D.S. Nº22 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, correspondiente a la Norma Provisoria de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos.

- Para aquellos parámetros que naturalmente presentan concentraciones superiores a los límites del D.S. Nº22 en el cuerpo receptor (río del Estrecho en el punto NE-2), se considera como límite de descarga el nivel de línea base en ese punto.

- Cumplimiento de la norma de riego NCh 1.333/78 en el punto de monitoreo NE-4 del río del Estrecho (sector más próximo al Proyecto en que existen captaciones o tomas de agua para riego). Específicamente se consideró no superar el 80% de los niveles establecidos en la NCh 1.333/78, con excepción de los parámetros que naturalmente exceden la norma de riego en el punto NE-4.

- Para efectos de dar cumplimiento al tercer criterio, se determinó la concentración resultante en el punto NE-4 considerando el caudal de drenaje del depósito de estéril Nevada Norte (estimado en un promedio de 8 litros por segundo (l/s), equivalente al caudal de descarga de la planta de tratamiento) y los caudales del río del Estrecho presentados como antecedente de línea base en el EIA del año 2000.

No obstante lo anterior, se presenta a continuación un cálculo actualizado del efecto de la descarga del efluente del sistema de manejo de los drenajes del depósito de estéril (8 l/s en promedio en el sector NE-2), el cual considera las siguientes situaciones que han variado respecto del EIA 2000:

- Línea base actualizada de calidad del agua en los cuerpos receptores (presentada en el Capítulo 5 de este EIA);
- Información hidrológica actualizada de la cuenca (presentada en el Capítulo 5 de este EIA);
- Reubicación del punto de captación de agua fresca del Proyecto, desde aguas arriba hacia aguas abajo de la quebrada Barriales, lo cual modifica levemente la condición de dilución del río del Estrecho;
- Puesta en vigencia del D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".

El objetivo ha sido actualizar los límites de descarga de modo de dar pleno cumplimiento a los compromisos asumidos en el Proyecto original, considerando la actualización de la normativa y de los antecedentes de línea base.

Las condiciones actualizadas que tienen relación con los criterios de definición de la calidad de descarga de la planta de tratamiento de drenajes ácidos se señalan a continuación.

6.4.1 LÍMITES DE DESCARGA ESTABLECIDOS EN EL D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES

El D.S. Nº90 establece los límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales (Tabla Nº1 del D.S. Nº90). El numeral 4.2.1 de este decreto establece que las fuentes emisoras podrán aprovechar la capacidad de dilución del cuerpo receptor, incrementando las concentraciones límites de la Tabla Nº1 de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$C_i = T_{ii} \times (1 + d)$$

en que:

C_i = Límite máximo permitido para el contaminante i.
T_{ii} = Límite máximo permitido establecido en la Tabla Nº1 para el contaminante i.
d = Tasa de dilución del efluente vertido (caudal disponible del cuerpo receptor/caudal medio mensual del efluente vertido).

La Tabla Nº2 del D.S. Nº90 establece los límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución. Si el valor de C_i es superior a lo establecido en la Tabla Nº2, entonces el límite máximo permitido para el contaminante "i" será lo indicado en dicha Tabla.

Por otra parte, el numeral 4.1.3 del D.S. Nº90 establece que si el contenido natural y/o de captación de un contaminante excede al exigido en esta norma, el límite máximo permitido de la descarga será igual a dicho contenido natural y/o de captación.

En relación a lo anteriormente señalado, en el caso del Proyecto Pascua-Lama existen las siguientes circunstancias que inciden en la definición de los límites de descarga:

- El sector de descarga (punto NE-2 del río del Estrecho) se ubica en la parte alta de la cuenca (cercano a sus nacientes), dentro del Área de Operaciones del Protocolo, aguas arriba de las captaciones de agua existentes y aguas arriba de cualquier punto en donde se han otorgado derechos de aprovechamiento de aguas. En consecuencia, no existe la posibilidad de que a futuro se incorporen nuevas captaciones de terceros aguas arriba del punto de descarga.

- Lo anterior implica que siempre existirá un caudal disponible en el cuerpo receptor para efectos de dilución de la descarga, conforme al régimen hidrológico de la parte alta del río del Estrecho. Esto permite considerar la capacidad de dilución del río y la aplicación de la Tabla Nº2 y del numeral 4.2.1 del D.S. Nº90 en la definición de los límites de descarga.

- Debido a que los drenajes del depósito de estériles Nevada Norte se producen como resultado de la infiltración de deshielos, el caudal efluente sigue prácticamente el mismo patrón de variación estacional e interanual que el caudal del río del Estrecho, el cual también se alimenta de aguas de deshielo en su cuenca alta.

- La relación entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal de drenaje del depósito se ha estimado igual a 11. En efecto, considerando el caudal promedio del río del Estrecho en el punto de descarga (89 l/s) y el caudal promedio de drenaje (8 l/s) se obtiene una relación 11, la cual constituye la tasa de dilución (d) en este caso,

conforme al numeral 4.2.1 del D.S. Nº90. Por tanto, de acuerdo a la fórmula previamente señalada, los límites de descarga de la Tabla Nº1 del D.S. Nº90 pueden aumentarse en un factor de 12 (1 + 11), manteniendo los valores de la Tabla Nº2 como límites máximos.

- La calidad natural o de línea base del río del Estrecho en el punto de descarga NE-2 presenta contenidos que exceden los límites del D.S. Nº90, específicamente los contenidos de aluminio y manganeso, por lo cual los contenidos naturales de estos parámetros constituyen los límites máximos permitidos.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, el efluente de la planta de tratamiento de drenajes ácidos tiene como límites máximos permisibles aquellos señalados en la Tabla Nº2 del D.S. Nº90, exceptuando los siguientes parámetros: aluminio y manganeso, cuyos niveles máximos corresponden a los contenidos naturales del río del Estrecho (punto NE-2); y cadmio y níquel, cuyos niveles máximos quedan determinados por la capacidad de dilución del río (12 veces los límites de la Tabla Nº1 del D.S. Nº90).

6.4.2 CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE RIEGO NCH 1.333/78 EN EL PUNTO DE MONITOREO NE-4

Sin perjuicio del cumplimiento de los límites y condiciones que establece el D.S. Nº90 para la descarga del efluente de la planta de tratamiento de drenajes ácidos del Proyecto Pascua-Lama, CMN ha comprometido de manera complementaria el cumplimiento de la norma de riego NCh 1.333/78 en el punto de monitoreo NE-4 del río del Estrecho (sector más próximo al Proyecto en que existen captaciones o tomas de agua para riego). Más específicamente, se considera no superar el 80% de los niveles establecidos en la NCh 1.333/78 para aquellos parámetros que naturalmente presentan concentraciones inferiores a dicho nivel de referencia en el punto NE-4.

Lo anterior requiere verificar en el punto NE-4 las concentraciones que genera el efluente vertido, y reducir según corresponda los niveles de descarga de aquellos parámetros que implican sobrepasar el nivel de referencia (80% de la norma de riego). Esta verificación se ha realizado a partir de la calidad de línea base actualizada en el punto NE-4, y empleando como caudales los valores promedio anuales tanto en el río como en el efluente (350 y 8 l/s respectivamente). Los resultados se presentan en la Tabla 6.6 de este capítulo.

Sobre la base de dicho análisis se ha determinado que para cumplir el compromiso de no superar el 80% de la norma de riego en el punto NE-4 es necesario reducir el límite de descarga del parámetro molibdeno y limitar la concentración de descarga de los siguientes parámetros no contemplados en el D.S. Nº90: bario, berilio, cobalto, cromo, litio, plata y vanadio. En la Tabla 6.6 más adelante se señalan los valores determinados.

6.4.3 CALIDAD DE DESCARGA ACTUALIZADA

Los análisis anteriormente presentados han permitido actualizar los límites máximos de descarga del efluente de la planta de tratamiento de drenajes ácidos del Proyecto Pascua-Lama, manteniendo los criterios y compromisos aprobados en el Proyecto original (EIA 2000). Los límites actualizados se han definido en cumplimiento de las siguientes condiciones:

A: Límite máximo de la Tabla Nº2 del D.S. Nº90: se aplica para aquellos parámetros en que la tasa de dilución del río proporciona límites máximos mayores que aquellos establecidos en la Tabla Nº2, y por tanto quedan limitados a los valores de esta última.

B: 12 veces el límite máximo de la Tabla Nº1 del D.S. Nº90: se aplica para aquellos parámetros en que la tasa de dilución del río proporciona límites máximos inferiores a aquellos establecidos en la Tabla Nº2, y por tanto quedan limitados al factor de dilución (1+d = 12) aplicado a los valores de la Tabla Nº1.

C: Contenido natural del cuerpo receptor en NE-2: se aplica para aquellos parámetros en que el contenido natural en el cuerpo receptor (sector de descarga) es mayor que el límite del D.S. Nº90, aceptándose la concentración de línea base como límite de descarga.

D: Nivel que permite alcanzar el 80% de la norma de riego NCh 1.333/78 en NE-4: se aplica para aquellos parámetros en que la aplicación de las condiciones anteriores resultan en concentraciones que superan el 80% de la norma de riego en el punto NE-4 (sector de primeras captaciones para riego). En estos casos se reduce el límite de descarga a un valor que permita obtener un 80% de la norma de riego como concentración máxima en NE-4. Esta condición también se aplica para aquellos parámetros no regulados en el D.S. Nº90.

La Tabla siguiente presenta la calidad de descarga actualizada y su comparación con los niveles máximos definidos originalmente.

Tabla 6.6
Calidad del Efluente del Sistema de Tratamiento de Drenajes del Depósito Nevada Norte

Parámetro	Unidad	Condición	Calidad Efluente (Actualizado)	Calidad Efluente (EIA 2000)	Límite D.S. N°90		Línea Base NE-2 (Actualizada)
					Tabla N°1	Tabla N°2	
Aluminio	mg/L	C	**20**	22	5	10	20
Arsénico	mg/L	A	**1,0**	1,0	0,5	1,0	0,005
Bario	mg/L	D	**170**	141	--	--	0,04
Berilio	mg/L	D	**4,4**	3,7	--	--	0,0013
Boro	mg/L	A	**3,0**	3,0	0,75	3,0	0,18
Cadmio	mg/L	B	**0,12**	0,14	0,01	0,3	0,017
Cianuro	mg/L	A	**1,0**	1,0	0,2	1,0	0,018
Cloruro	mg/L	A	**2.000**	2.000	400	2.000	4,82
Cobalto	mg/L	D	**2,0**	1,6	--	--	0,04
Cobre	mg/L	A	**3,0**	1,5	1,0	3,0	0,50
Cromo	mg/L	D	**3,5**	3,3	--	--	0,0083
Cromo VI	mg/L	A	**0,2**	0,2	0,05	0,2	0,0037
Fluoruro	mg/L	A	**5,0**	5,0	1,5	5,0	0,38
Hierro Dis.	mg/L	A	**10**	10	5	10	2,4
Litio	mg/L	D	**110**	92	--	--	0,039
Manganeso	mg/L	C	**6,5**	6,1	0,3	3,0	6,5
Mercurio	mg/L	A	**0,01**	0,01	0,001	0,01	0,0002
Molibdeno	mg/L	D	**0,12**	0,05	1,0	2,5	0,0013
Níquel	mg/L	B	**2,4**	3,0	0,2	3,0	0,039
Plata	mg/L	D	**8,3**	7	--	--	0,0008
Plomo	mg/L	A	**0,5**	0,5	0,05	0,5	0,02
PH	-	A	**6,0 – 8,5**	6,0 – 8,5	6,0 a 8,5	6,0 a 8,5	4,2
Selenio	mg/L	A	**0,10**	0,10	0,01	0,1	0,008
Sólidos Susp.	mg/L	A	**300**	300	80	300	32
Sulfatos	mg/L	A	**2.000**	2.000	1.000	2.000	388
Vanadio	mg/L	D	**4,4**	3,7	--	--	0,009
Zinc	mg/L	A	**20**	20	3	20	3,61

A: Límite máximo de la Tabla Nº2 del D.S. Nº90

B: 12 veces el límite máximo de la Tabla Nº1 del D.S. Nº90

C: Contenido natural del cuerpo receptor en NE-2

D: Nivel que permite alcanzar el 80% de la norma de riego NCh 1.333/78 en NE-4

En la Tabla anterior se observa que ha sido necesario reducir los límites máximos de descarga de los parámetros cadmio y níquel (tipo B). Esta reducción obedece a la aplicación del factor de dilución del D.S. Nº90 a los respectivos límites de la Tabla Nº1 de dicho decreto. Asimismo, se han actualizado los valores de línea base en el punto de descarga (NE-2) de los parámetros aluminio y manganeso (ambos tipo C en la Tabla 6.6). Por otra parte, aumentan los límites contemplados para los parámetros bario, berilio, cobalto, cromo, litio, plata y vanadio (tipo D en la Tabla 6.6); estos parámetros no están regulados en el D.S. Nº90, pero los respectivos límites se han actualizado para cumplir el criterio de 80% de la norma de riego en NE-4, considerando la línea base actualizada de calidad del agua. Una situación similar de aumento ocurre con el molibdeno, que si bien está regulado en el D.S. Nº90, el límite queda fijado de manera más estricta para satisfacer el criterio del 80% de la norma de riego en NE-4. Finalmente, el límite para cobre se ha actualizado conforme a lo establecido en el D.S. Nº90 (tipo A).

El efluente de la planta de tratamiento de drenajes ácidos del depósito de estéril Nevada Norte será monitoreado conforme a los procedimientos de medición y control establecidos en el numeral 6 del D.S. Nº90, según se señala en el Capítulo 8 del presente EIA.

En síntesis, los cálculos actualizados han permitido ajustar la calidad del efluente del sistema de manejo de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte para mantener inalterado el cumplimiento de las normas y compromisos conforme a lo aprobado para el Proyecto original.

6.5 GEOMORFOLOGÍA, RED DE DRENAJE Y SUELO

Las obras de mayor envergadura del Proyecto en el lado chileno (rajo abierto y depósito de estéril) experimentan modificaciones menores en su área de intervención respecto del Proyecto original aprobado. En consecuencia, no se producen cambios de consideración en el impacto sobre la geomorfología, red de drenaje y suelo, respecto del Proyecto original aprobado.

Las instalaciones menores que se incorporan (ampliación del campamento en el sector Barriales, taller de buses, relleno sanitario, y planta de tratamiento de aguas servidas) no generan cambios geomorfológicos de consideración. Estas instalaciones se ubicarán fuera de los cauces de agua y contarán con obras de arte y canales de contorno para el adecuado manejo de las escorrentías naturales del terreno.

En el área del Proyecto no existen suelos propiamente tales susceptibles de ser afectados, con excepción del sustrato de las formaciones de vegas. El Proyecto no intervendrá estas formaciones con instalaciones u obras.

En relación con la presencia de glaciares en las partes altas de las cuencas del río del Estrecho y del río El Toro, la RCA Nº039/2001 establece que la construcción del rajo de la mina requiere extraer ciertos sectores de glaciares y trasladarlos a un sector cercano conforme a un plan de manejo especial. Los glaciares involucrados se ubican específicamente en la cuenca alta del río El Toro; el Proyecto no afecta glaciares en la cuenca del río del Estrecho. La superficie total de glaciares a remover se determinó originalmente en 10 hectáreas. El resto de las superficies de glaciares, que representan cerca del 97% de la superficie de glaciares existentes en las nacientes del río El Toro y otros afluentes del río del Carmen, no serán intervenidos bajo ninguna circunstancia.

Posterior a la RCA Nº039/2001, se ha realizado una serie de estudios de los glaciares, como consta en Capítulo 5 de este EIA, que ha permitido precisar mejor el tamaño y la posición de los glaciares apoyándose en fotos aéreas y la imagen satelital del año 2001.

A raíz de la modificación del plan minero y la variación de los contornos finales del rajo Pascua-Lama, se ha llevado a cabo un cálculo actualizado de la superficie de glaciares que será necesario remover y relocalizar. Al igual que en el Proyecto original, los glaciares involucrados son los denominados Esperanza, Toro 1 y Toro 2, tal como se muestra en la Figura 6.6. El cálculo considera las superficies de glaciares obtenidas de la imagen Landsat 7 del año 2001, y la superposición del límite final actualizado del rajo, contemplando una franja de seguridad de 20, 15 y 30 metros respectivamente en los glaciares señalados.

La superficie actualizada de glaciares a remover y relocalizar es de 10,2 hectáreas, es decir, muy similar a la estimada originalmente, por lo que la modificación del Proyecto no implica cambios de consideración. El Proyecto mantiene los compromisos de manejo y monitoreo de glaciares incluidos en el EIA 2000 y que están establecidos en la RCA Nª039/2001.

6.6 VEGETACIÓN, FLORA Y FAUNA

Las obras de mayor envergadura del Proyecto Pascua-Lama en el lado chileno (rajo abierto y depósito de estéril) experimentan modificaciones menores en su geometría y área de intervención respecto del Proyecto original aprobado. La intervención de terreno producida por estas obras mayores sigue limitada a superficies sin vegetación (principalmente laderas rocosas y/o con escombros de falda) y a superficies con presencia de vegetación herbácea muy escasa en la parte inferior del depósito de estéril. Por tanto, no se producen cambios de consideración en el impacto sobre la vegetación y flora.

Las obras nuevas (incluyendo ampliación de campamento, taller de buses, relleno sanitario, y planta de tratamiento de aguas servidas) y las instalaciones de manejo de drenajes del

depósito de estéril (relocalizadas), se ubicarán en sectores en donde no existen vegas. Los lugares de emplazamiento de estas instalaciones de menor envergadura se ubican en una formación con vegetación leñosa baja muy clara y vegetación herbácea escasa a muy escasa. La superficie a intervenir se estima en 1,5 hectáreas. En esta formación dominan las siguientes especies: *Azorella madreporica* y *Calceolaria pinifolia* (leñosas bajas); *Deyeuxia velutina* y *Stipa atacamensis* (herbáceas). Ninguna de las especies presentes en esta área se encuentra en categoría de conservación. En el sector del campamento no se ha registrado la presencia de la especie *Opuntia leoncito*,

En el Proyecto original se adquirió el compromiso de realizar trasplante a lugares aledaños de las especies de flora del genero *Azorella* en categoría de conservación y de la especie *Opuntia leoncito*, en el caso que alguna actividad asociada al Proyecto pudiera afectarlas.

De acuerdo a lo anterior, para la ejecución del Proyecto no será necesario el trasplante de especies en categoría de conservación.

No se anticipan impactos significativos sobre la fauna, considerando las medidas de protección relativas a prohibición de caza, captura, intervención de terrenos aledaños, entre otros.

6.7 PAISAJE

El Proyecto se ubica en una zona sin accesibilidad visual desde lugares poblados y/o transitados por terceros, de modo que en líneas generales el impacto visual sobre el paisaje no es significativo. Sin perjuicio de ello, las obras de mayor envergadura del Proyecto en el lado chileno (rajo abierto y depósito de estéril) experimentan modificaciones menores en su geometría y área de intervención respecto del Proyecto original aprobado. Consecuentemente, no se producen cambios de consideración en el impacto sobre el paisaje local.

Por su parte, las nuevas instalaciones (incluyendo ampliación de campamento, taller de buses, relleno sanitario, y planta de tratamiento de aguas servidas) constituyen obras de menor envergadura y por tanto no generarán impactos adversos significativos sobre el paisaje.

6.8 PATRIMONIO CULTURAL

Las modificaciones del Proyecto no afectan sitios arqueológicos o de valor patrimonial. En efecto, los dos sitios reconocidos en la parte alta de la cuenca del río del Estrecho (campamento pastoril y construcción de altura, ambos Diagüita-Inca) se ubican fuera de las áreas de intervención del Proyecto.

Sin embargo, se considera instalar un cerco de protección alrededor del sitio Río del Estrecho (el cual se ubica cerca de la confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales), al igual que en el sitio Confluencia (ubicado en la confluencia de los ríos Tres Quebradas y Potrerillos). El objetivo es evitar que accidentalmente pueda ser afectado por actividades de construcción u operación.

El sitio Nº2 (construcción de altura) se ubica en un sector alejado de las obras y actividades del Proyecto, a más de 300 metros de desnivel por sobre el piso del valle del río del Estrecho (donde se habilitarán las instalaciones auxiliares del Proyecto).

6.9 INFRAESTRUCTURA VIAL

El Proyecto no experimenta modificaciones en relación con la infraestructura vial en el lado chileno, manteniéndose el acceso desde la ciudad de Vallenar, III Región, a través del camino C–485 que une esta ciudad con la localidad de Alto del Carmen; la ruta C–489 que se desarrolla a lo largo del valle del río del Carmen hasta la localidad de El Corral; y el nuevo camino construido hacia la zona del Proyecto remontando el valle del río del Carmen y los cajones de los ríos Potrerillos, de las Tres Quebradas y El Toro, hasta acceder a la parte alta de la cuenca del río del Estrecho, donde se ubica el Proyecto.

Tampoco se modifica el flujo vehicular estimado originalmente para el transporte de insumos y personal desde el lado chileno, que para la fase de operación alcanza a un promedio de 84 viajes/día incluyendo camiones, buses y vehículos livianos. A este respecto, tal como se señaló en el Capítulo 2, el aumento de insumos contemplado en la modificación del Proyecto corresponde principalmente a cal, y las fuentes más probables para su abastecimiento se ubican en Argentina. Por tal motivo se estima que el transporte de este insumo se realizará principalmente por el camino de Conconta, en Argentina.

En consecuencia, no se anticipan modificaciones significativas relacionadas con el impacto del Proyecto sobre la infraestructura vial, manteniéndose en todo caso, todos los compromisos, condiciones y exigencias establecidas en la RCA Nº039/2001 para el transporte de insumos y personal hacia el Proyecto por el lado chileno.

6.10 SOCIOECONOMÍA

Las modificaciones del Proyecto se relacionan principalmente con ubicación de instalaciones auxiliares, modificaciones menores del rajo y depósito de estéril, y un aumento en el ritmo de explotación de la mina y de procesamiento de mineral. Estas modificaciones del Proyecto no provocan cambios en los aspectos socioeconómicos respecto de la situación original, con la excepción del aumento en la dotación de personal requerido para la fase de operación. Este aumento en la demanda de empleo es del orden de 20% (de 1.370 a 1.660 personas). Si bien ello constituye un aspecto positivo, se estima que no representa una variación de consideración en los aspectos socioeconómicos respecto del Proyecto original.

6.11 SITUACIONES DE RIESGO NATURAL

6.11.1 DESESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y DESLIZAMIENTOS

Para el Proyecto Pascua-Lama se ha establecido la posibilidad de ocurrencia de desprendimientos de material y eventuales deslizamientos en el talud del depósito de estéril Nevada Norte, especialmente ante la ocurrencia de sismos de gran intensidad. El Proyecto original definió las áreas de posible afectación por este tipo de desprendimiento de material, y contempló su delimitación y señalización para evitar que se desarrollen obras o actividades dentro de dichas áreas.

El depósito de estéril Nevada Norte mantiene prácticamente el mismo diseño y geometría respecto del Proyecto original, manteniéndose el riesgo de desprendimientos de material y eventuales deslizamientos en el talud.

6.11.2 HUNDIMIENTOS, COLAPSOS Y SUBSIDENCIA FUERA Y DENTRO DEL AREA DE TRABAJO

El Proyecto original no tenía asociadas situaciones de hundimiento, colapsos y subsidencia, principalmente por no contemplar el desarrollo de labores subterráneas. Las modificaciones del Proyecto no imponen cambios a este respeto.

6.11.3 INCREMENTO O MODIFICACIÓN DE LOS PROCESOS EROSIVOS

En el Proyecto original no se identificaron situaciones que pudieran generar, incrementar o modificar procesos erosivos. El diseño de las obras considera medidas para prevenir este tipo de procesos en los materiales a ser depositados, principalmente mediante el desvío de las

escorrentías superficiales alrededor de las obras y la habilitación de obras de arte en caminos para el cruce de quebradas. Las modificaciones del Proyecto no introducen cambios en estos aspectos.

6.11.4 INCREMENTO O MODIFICACIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN

En el Proyecto original sólo se identificó el rajo abierto como un área susceptible de inundación, básicamente por la posibilidad de acumulación de aguas de derretimiento de nieve en su interior. Si bien no se anticipa una acumulación considerable de agua en el rajo, el Proyecto contempla instalar bombas para el desagüe del rajo en la medida que se requiera. Las modificaciones del Proyecto no incorporan cambios a este respecto.

Por otra parte, las piscinas de regulación de los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte se ubicarán fuera del cauce del río del Estrecho, en una posición que no esté expuesta a riesgos de inundación durante crecidas.

CAPÍTULO 7
PLAN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

7.1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Pascua-Lama incorporó originalmente un conjunto de medidas de mitigación y prevención destinadas a evitar o minimizar los impactos ambientales en su área de influencia. Estas medidas quedaron establecidas como compromisos y condiciones en la RCA Nº039/2001 de COREMA III Región.

El Plan original incluyó medidas de mitigación para controlar el drenaje de los depósitos de estéril, abatir las emisiones de material particulado y ruido, y controlar la contaminación lumínica, entre otros aspectos. Además incluyó un plan de prevención de riesgos ambientales orientado principalmente a controlar los riesgos asociados al transporte de sustancias peligrosas por el camino de acceso desde Vallenar. El plan de prevención también aborda la estabilidad de taludes de los depósitos de estéril y el rajo abierto, y el control de avalanchas, entre otros aspectos. Para tomar acciones oportunas ante la ocurrencia eventual de impactos imprevistos, el Proyecto incluyó un plan de contingencias ambientales. Como un aspecto especialmente relevante se incorporó un plan de manejo de glaciares orientado básicamente a la reubicación de los sectores de glaciar existentes en el área a ocupar por el rajo Pascua-Lama y a su monitoreo.

A raíz de las modificaciones del Proyecto Pascua-Lama presentadas en el Capítulo 2 del presente EIA, y como resultado de la evaluación de los correspondientes impactos ambientales (Capítulo 6), se han revisado las medidas de mitigación del Proyecto para incorporar las modificaciones necesarias para mantener impactos ambientales no significativos.

En el presente capítulo se describen las modificaciones introducidas a la medidas de mitigación del Proyecto Pascua-Lama, las cuales se relacionan específicamente con la modalidad de captación de agua fresca desde el río del Estrecho. Estas medidas están orientadas a no afectar a los demás usuarios de la cuenca y a contribuir a la mantención de un caudal ecológico en el Río del Estrecho durante el período de estiaje de un año muy seco.

Además se hace extensiva la medida comprometida en el Proyecto original respecto del trasplante de las especies de flora del género *Azorella* en categoría de conservación que eventualmente se ubiquen dentro de las áreas de emplazamiento de las nuevas instalaciones auxiliares.

7.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN ACTUALIZADAS

7.2.1 MODALIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUA

En el EIA 2000 CMN adoptó una medida de mitigación orientada a no afectar a los demás usuarios de la cuenca ubicados aguas abajo del Proyecto. Esta medida consideraba reducir la captación de agua en el año con 95% de probabilidad de excedencia (año muy seco) para mantener el caudal mínimo del río del Estrecho en el punto NE-2 ubicado en el área del Proyecto.

Con posterioridad a la aprobación ambiental del Proyecto original, la Junta de Vigilancia de la Cuenca del Río Huasco y sus Afluentes elaboró una propuesta de estatutos destinados a regular las captaciones de agua en los diversos ríos de la cuenca por parte de los usuarios que conforman dicha Junta. Estos estatutos básicamente establecen las modalidades de tributación que deben adoptar los usuarios según la Sección de la cuenca a la que pertenecen, y sobre la base del volumen de agua existente en el Embalse Santa Juana. Las formas de tributación comprenden básicamente la adopción de turnos (orientado al riego) y la reducción del caudal en un porcentaje preestablecido para los casos en que no se pueda interrumpir el suministro de agua. El Proyecto considera adoptar esta última modalidad de tributación, según se especifica en la Tabla 7.1.

A consecuencia de lo anterior, CMN considera pertinente incorporar las regulaciones de los estatutos de la Junta de Vigilancia como modalidad de captación de agua para el Proyecto, dejando sin efecto la medida contemplada originalmente (numeral 4.2.2 de la RCA Nº039/2001).

En la Tabla 7.1 siguiente se especifican las medidas específicas de tributación que deberá aplicar el Proyecto en función de la situación de disponibilidad hídrica en el embalse Santa Juana. Estas medidas corresponden a la Segunda Sección, donde se ubican las captaciones de agua de CMN, y aplican al total del caudal a que tiene derecho la Compañía.

Tabla 7.1
Modalidad de Captación de Agua según Estatutos de la Junta de Vigilancia

Situación de Disponibilidad Hídrica	Definición	Sistema de Tributación (Segunda Sección)	
		1º Abril – 31 Agosto	1º Septiembre – 31 Marzo
Excedencia	Embalse Santa Juana rebasando aguas excedentarias a la caja del río Huasco	Libre Disponibilidad	Libre Disponibilidad
Normalidad	Volumen embalsado en Santa Juana igual o mayor que 100 millones de m^3	Tributar un 20% del total del caudal a que se tiene derecho.	Tributar un 20% del total del caudal a que se tiene derecho.
Falla Parcial	Volumen embalsado en Santa Juana menor que 100 millones de m^3	Tributar un 41% del total del caudal a que se tiene derecho.	Tributar un 41% del total del caudal a que se tiene derecho.
Falla Total	Volumen embalsado en Santa Juana menor que 13 millones de m^3	Tributar un 42% del total del caudal a que se tiene derecho.	Tributar un 42% del total del caudal a que se tiene derecho.

7.2.2 LÍMITE DE CAPTACIÓN DE AGUA EN PERÍODO DE ESTIAJE DE AÑO MUY SECO

A la luz de los resultados de la evaluación del efecto de las captaciones de agua del Proyecto en la cuenca alta del río del Estrecho (Capítulo 6), se ha determinado que existe la probabilidad de que durante un año muy seco (95% de probabilidad de excedencia) se produzcan tres meses en que la captación de 42 l/s previsto para el Proyecto genere una disminución de flujo por debajo del caudal ecológico considerado para el punto NE-3 del río del Estrecho.

Si bien se trata de una situación de corta duración que podría darse estadísticamente una vez durante la vida del Proyecto, CMN estima pertinente asumir el compromiso de limitar la captación de agua en la cuenca alta para así contribuir a mantener un caudal en el río. Para ello CMN propone la siguiente forma de mitigación:

- Mantener un programa de medición mensual del caudal del río del Estrecho en el Punto NE-3, según se indica en el Capítulo 8 del presente EIA.

- Actualizar periódicamente el análisis de frecuencia de caudales del río, incorporando los nuevos antecedentes generados con el programa de monitoreo.

En caso que la medición mensual en NE-3 muestre un flujo cercano al caudal ecológico, entonces el Proyecto limitará el caudal de captación a 31 l/s.

Esta medida es independiente de las tributaciones que deberá efectuar el Proyecto conforme a los estatutos de la Junta de Vigilancia señalados en la sección 7.2.1.

7.2.3 TRASPLANTE DE ESPECIE DE FLORA

Como medida de mitigación, el Proyecto original asumió un compromiso en relación con las especies de flora del género *Azorella* que se encuentran en categoría de conservación, en cuanto a realizar su trasplante a lugares aledaños en el caso de que alguna actividad asociada al Proyecto pueda afectar dichas especies.

Para ello, durante los trabajos recientes de línea base (posteriores a la RCA Nº039/2001), se determinó que dentro de las áreas involucradas no existen ejemplares del género *Azorella* en categoría de conservación.

Se hace notar que en el sector del campamento tampoco se ha registrado la presencia de la especie *Opuntia leoncito*, cuyo trasplante también fue comprometido originalmente.

De acuerdo a lo anterior, para la ejecución del Proyecto no será necesario realizar el traslado de especies en categorías de conservación.

CAPÍTULO 8

PLAN DE SEGUIMIENTO DE VARIABLES AMBIENTALES

Un plan de seguimiento y monitoreo de las variables ambientales relevantes asociadas a la ejecución del Proyecto Pascua-Lama fue establecido en el marco de la evaluación del Proyecto original a través del Estudio de Impacto Ambiental del año 2000.

La revisión de los impactos ambientales asociados a las modificaciones del Proyecto (Capítulo 6 del presente EIA) permite establecer que los requerimientos de monitoreo ambiental para los aspectos modificados del Proyecto quedan cubiertos por el programa definido originalmente y no requieren parámetros y/o sitios adicionales de medición.

La excepción a lo anterior se relaciona con tres aspectos que se actualizan y/o modifican con el presente Proyecto:

a) El seguimiento del efluente del sistema de manejo de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte, en caso que éste se descargue al río del Estrecho (sector NE-2). En efecto, el monitoreo de la descarga debe dar cumplimiento a lo establecido en el numeral 6 del D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".

b) El monitoreo de material particulado respirable (MP-10) en el sector del campamento permanente que se incorpora en el lado chileno, en el sector de la quebrada Barriales.

c) El monitoreo de caudal de agua superficial en el punto NE–3, cercano al nuevo punto de captación de agua industrial considerado por el Proyecto.

En la Tabla 8.1 se presenta el programa de monitoreo para las fases de construcción y operación del Proyecto Pascua-Lama, incluyendo: a) la modificación introducida a la luz del D.S. Nº90/2000 para la descarga del sistema de manejo de drenajes del depósito de estéril; y b) el monitoreo de MP-10 en el sector del campamento permanente en Chile.

Durante el período de operación del Proyecto, los resultados del monitoreo y el conocimiento de la real evolución del medio permitirán definir los alcances precisos de monitoreo para la fase de post-cierre, en términos de parámetros, sitios, metodología, frecuencia y duración.

Se anticipa que dicho plan deberá incluir básicamente un programa de monitoreo de la calidad de las aguas, bajo un esquema similar al propuesto en el presente programa de monitoreo de construcción y operación.

TABLA 8.1
Resumen Programa Monitoreo Proyecto Pascua - Lama

Componente Ambiental	Parámetro	Sitios de Monitoreo [1]	Frecuencia/Duración
Agua Superficial	• Calidad del agua según lista parcial de parámetros (Tabla 8.2)	• TO-3; TO-6; VIT-2; VIT-3; NE-2; NE-4 y NE-8	• Mensual, durante la construcción y la operación
	• Calidad del agua según lista completa de parámetros de la norma de riego NCh 1333 (Tabla 8.3)	• TO-3; TO-6; VIT-2; VIT-3; NE-2; NE-4 y NE-8	• Trimestral, durante la construcción y la operación
	• Caudal	• TO-3; TO-6; VIT-2; VIT-3; NE-2; NE-4; NE-8 y NE-3	• Mensual, durante la construcción y la operación
	• pH y Conductividad eléctrica	• TO-3 y NE-2	• Semanal, durante la construcción y la operación
Agua que drena del depósito de estériles Nevada Norte	• Lista parcial (Tabla 8.2)	• Río del Estrecho: pie del depósito de estériles Nevada Norte (en sistema de recolección de drenajes)	• Mensual, durante la construcción y la operación
	• pH, conductividad eléctrica y caudal	• Río del Estrecho: pie del depósito de estériles Nevada Norte (en sistema de recolección de drenajes)	• Semanal, durante la construcción y la operación
Efluente de los sistemas de manejo de aguas drenadas del depósito Nevada Norte	• Lista de parámetros del D.S. Nº90/2000 MINSEGPRES (Tabla 8.4)	• Descarga del sistema de manejo de drenaje del depósito Nevada Norte en el río del Estrecho	• Mensual, durante los períodos en que se descargue el efluente al río (numeral 6.3.1 D.S. Nº90/2000)
	• pH, conductividad eléctrica y caudal	• Descarga del sistema de manejo de drenaje del depósito Nevada Norte en el río del Estrecho	• Semanal, durante la construcción y la operación
Efluente de las plantas de tratamiento de aguas servidas	• DBO_5, coliformes fecales y sólidos suspendidos	• Salida de cada una de las plantas	• Mensual, durante todo el funcionamiento de las plantas
Agua Subterránea	• Calidad del agua según lista completa de parámetros de la norma de riego NCh 1.333 (Tabla 8.3)	• Pozos de Monitoreo BT-1; BT-3; NEV-3; PM-1 y PM-3 • Pozos de monitoreo al pie del depósito de estéril Nevada Norte	• Trimestral, durante la construcción y la operación • Mensual, durante la construcción y la operación
	• Niveles Piezométricos	• Pozos de Monitoreo BT-1; BT-3; NEV-3; PM-1 y PM-3 • Pozos de monitoreo al pie del depósito de estéril Nevada Norte	• Mensual, durante la construcción y la operación • Semanal, durante la construcción y la operación

Componente Ambiental	Parámetro	Sitios de Monitoreo [1]	Frecuencia/Duración
Ruido	• Leq; Lmín; Lmáx y Ln	• Alto del Carmen • La Majada • Las Breas • El Corral	• Campañas de mediciones acústicas mensual, de dos días de duración cada una, durante el período de construcción y el primer año de operación, al cabo del cual se evaluará si es necesario continuar con el mismo programa, o modificarlo.
Limnología	• Fauna íctica, flora acuática, Tº, CE, pH y Oxígeno disuelto	• Río del Carmen aguas abajo de San Felix y Río Chollay, frente a Conay	• Dos veces al año, antes y después de la época de deshielo (Sept-Oct y Ene-Feb). Se realizará durante la construcción y primeros dos años de operación[2]
Meteorología	• Temperatura, humedad relativa, nieve y viento	• Estación Frontera	• Forma continua durante toda la operación del Proyecto
	• Temperatura, humedad relativa, radiación solar, lluvia, nieve y viento	• Estación La Olla	• Forma continua durante toda la operación del Proyecto
Flora y Fauna Terrestre	• Guanacos y hábitats asociados	• Parte Alta Cuenca Río del Estrecho • Parte Baja Cuenca Río El Toro	• Tres veces al año (Otoño, Primavera y Verano), durante la construcción y los dos primeros años de operación[2]
Calidad del Aire	• Material particulado respirable (MP-10)	• Sector del campamento en quebrada Barriales	• Muestras de 24 horas continuas cada seis (6) días, durante la fase de construcción y los dos primeros años de operación[2]

(1) Los sitios de monitoreo se muestran en la Figura 8.1

(2) Al término del período indicado se evaluará la necesidad de modificar el plan aquí presentado, en función de los resultados y la evolución observada en las componentes ambientales.

CAPÍTULO 9
FICHAS AMBIENTALES

9.1 PARTES Y ACCIONES DEL PROYECTO, SEGÚN FASES.

Fase del Proyecto	Acciones	Forma, Lugar y Oportunidad de Ejecución	Pagina del EIA donde se Describe la Obra
Fase de Operación	**Modificación del Plan Minero**	1. Aumento de Reservas Mineras: actividades de exploración han permitido verificar la existencia de mayores reservas en el yacimiento Pascua-Lama que las contempladas en el Proyecto original y la existencia de reservas explotables en un nuevo yacimiento denominado Penélope, ubicado a unos 2.5 km al sureste del yacimiento principal, en territorio argentino. Las reservas mineras actualizadas ascienden a 304 millones de toneladas (Mt), 300 de las cuales se ubican en el yacimiento Pascua–Lama y 4 Mt en Penélope, conteniendo 16,9 millones de onzas de oro, 635 millones de onzas de plata, y 250.000 toneladas de cobre. 2. Aumento de Ritmo de Explotación: El ritmo de extracción de mineral aumentará a 48.800 tpd considerando un periodo de explotación del yacimiento de 17 años en el cual se removerá alrededor de 1.808 millones de toneladas (Mt) de material, correspondiente en un 17% a mineral y en un 83% a estéril. 3. Disposición de Material Estéril: El nuevo plan minero considera remover un total estimado de 1.504 Mt de roca estéril. Este material será enviado a los dos depósitos de estéril del Proyecto original, los cuales han sido modificados (optimizados) en capacidad y geometría. El depósito Nevada Norte, ubicado en la cabecera del río del Estrecho en Chile tendrá una capacidad de 1.274 Mt, mientras que el Depósito El Morro, ubicado en la cabecera el arroyo Turbio en Argentina, tendrá una capacidad de 230 Mt. 4. Equipos Mineros: El plan minero actualizado considera operar la mina con 2 palas hidráulicas, 2 palas eléctricas, 4 cargadores frontales, 37 camiones mineros de 240 toneladas de capacidad y 5 camiones mineros de 100 toneladas de capacidad, además de los equipos auxiliares. No se contemplan modificaciones en el complejo de mantención de los equipos de la mina como tampoco en el polvorín. - Caminos Internos: En territorio chileno se modifica el tramo final del camino de acceso, a partir del sector que sube por la ladera norte del valle alto del río El Toro, ingresando al valle alto del río del Estrecho. Por otra parte, se ha modificado el camino de conexión entra las instalaciones de la mina en Chile y la planta de procesos en Argentina. Este nuevo acceso se realizará siguiendo el perímetro este del rajo Pascua-Lama y el borde oeste del depósito de estéril El Morro, bajando hacia la planta de procesos por el costado sur del valle del arroyo Turbio.	2–7 a 2–10

Fase del Proyecto	Acciones	Forma, Lugar y Oportunidad de Ejecución	Pagina del EIA donde se Describe la Obra
Fase de Operación	**Modificaciones de Procesos e Insumos**	1. Planta de Procesos: El plan minero actualizado del Proyecto Pascua-Lama considera dos fases de operación; la primera se desarrollará durante los primeros tres años, manteniendo el ritmo de procesamiento original de 33.000 tpd. A partir del cuarto año, se incrementará el ritmo de procesamiento a 44.000 tpd, para lo cual se incorporará una nueva línea de proceso en la planta ubicada en Argentina. El chancador primario ubicado en Chile aumentará su capacidad a 3.330 toneladas/hora, Cerca 45 millones de toneladas de mineral de menor ley podrán alimentar la planta de procesamiento por un periodo de tres años luego que cese la extracción del mineral. Nevada Norte en la fase de cierre del Proyecto. 2. Insumos y reactivos: El aumento en el ritmo de explotación de la mina y de proceso a partir del cuarto año de operación implica un aumento en el consumo de combustibles, electricidad y otros insumos. Los valores actualizados de consumo de combustible durante las fases de construcción (incluyendo remoción de sobrecarga) y operación del Proyecto son las siguientes: Construcción (2.550.000 litros/mes de diesel y 50.000 litros/mes de gasolina), Operación (6.600.000 litros/mes de diesel y 90.000 litros/mes de gasolina). 3. Energía Eléctrica: La potencia eléctrica requerida para la operación normal del Proyecto se mantiene en 80 MW durante los primeros tres años (para un ritmo de procesamiento de 33.000 tpd) y aumentará a 110 MW a partir del cuarto año (cuando aumente el ritmo de procesamiento a 44.000 tpd). Los consumos máximos estimados para cada período son de 92 MW y 124 MW respectivamente.	2–11 a 2–15

Fase del Proyecto	Acciones	Forma, Lugar y Oportunidad de Ejecución	Pagina del EIA donde se Describe la Obra
Fase de Construcción y Operación	**Modificaciones en Fuerza de Trabajo, Campamentos e Instalaciones Anexas**	4. Fuerza de Trabajo: Para la fase de construcción del Proyecto se mantiene la estimación de empleo planteada en el Proyecto original. Para la fase de operación se estima un requerimiento de personal de 1.660 personas aproximadamente, incluyendo personal de CMN, BEASA y contratistas. 5. Campamentos e instalaciones anexas: No se habilitará el campamento originalmente previsto en el sector del valle de Los Amarillos, Argentina. En su reemplazo, el Proyecto considera ampliar la infraestructura de campamento del Proyecto Veladero, ubicado unos 8 km al sur de Pascua-Lama, en Argentina. Además considera ampliar la capacidad del campamento existente en territorio chileno, proporcionando así instalaciones de campamento a ambos lados de la frontera. El campamento del Proyecto Veladero será ampliado para alojar a la mayoría del personal de la fase de construcción del Proyecto, y luego será readecuado para proporcionar una capacidad de alojamiento de aproximadamente 600 personas durante la fase de operación. Por su parte, el campamento existente en Chile será readecuado y ampliado para alojar aproximadamente 750 personas durante la fase de construcción del Proyecto y 500 a 600 personas durante la fase de operación. Consecuentemente, se requiere ampliar la capacidad de los siguientes servicios auxiliares en el área del campamento chileno: planta de potabilización de agua, planta de tratamiento de aguas servidas, planta de generadores diesel, relleno sanitario y un taller de mantención de buses.	2–15 a 2–17

Fase del Proyecto	Obras	Forma, Lugar y Oportunidad de Ejecución	Pagina del EIA donde se Describe la Obra
Fase de Operación	**Modificaciones en Suministro de Agua Fresca**	6. Punto de captación: El punto de captación de agua fresca en el río del Estrecho se ubicará aguas abajo de la confluencia con la quebrada Barriales, en el punto denominado NE-3. Este punto estará destinado a la captación de agua para uso en procesos y actividades de apoyo, con un caudal de hasta 40 l/s. Además se considera captar agua para consumo potable (2 l/s) desde la quebrada Barriales, junto al campamento, totalizando de esta forma 42 l/s de captación en la cuenca alta del río del Estrecho. 7. Modalidad de captación del agua: Con posterioridad a la fecha de aprobación ambiental original del Proyecto Pascua-Lama, la Junta de Vigilancia del Río Huasco elaboró estatutos para regular las captaciones de agua a través de un procedimiento de distribución operacional. Esta modificación introducida a la forma de distribución de las aguas en el río Huasco y sus afluentes, incluido el río del Estrecho, implica la necesidad de adecuar la modalidad de captación de agua del Proyecto para dar cumplimiento a lo establecido en los estatutos. Por tanto, a través del presente EIA se modifica la modalidad de captación de agua del Proyecto, incorporando en todas sus partes lo establecido en los estatutos de la Junta de Vigilancia del Río Huasco (y sus actualizaciones, si las hubiere). Teniendo presente que a través del cumplimiento de las regulaciones establecidas en los estatutos se cumplirá el objetivo de no afectar otros usuarios aguas abajo, particularmente en períodos de bajo caudal en el río, se solicita dejar sin efecto la modalidad contemplada en el Proyecto original (numeral 4.2.2. de la RCA Nº039/2001), y aplicar en su reemplazo los estatutos de la Junta de Vigilancia. La nueva modalidad de captación de agua se asume como parte de las medidas de mitigación que deberá cumplir el Proyecto en el marco de su aprobación ambiental, por lo cual en el Capítulo 7 (Plan de Medidas de Mitigación) se presentan los antecedentes principales de los estatutos referidos, así como su aplicación al Proyecto Pascua-Lama. Sin perjuicio de lo anterior, se ha determinado la necesidad de limitar la captación de agua en el nuevo punto de captación (NE-3) del río del Estrecho a un máximo de 31 l/s durante el período de estiaje de un año con 95% de probabilidad de excedencia (muy seco), para así contribuir a mantener un caudal ecológico en este punto (ver Capítulo 6). Lo anterior se incorpora como medida de mitigación en el Capítulo 7 del presente EIA.	2–17 a 2–19

Fase del Proyecto	Obras	Forma, Lugar y Oportunidad de Ejecución	Pagina del EIA donde se Describe la Obra
Fase de Operación	**Modificación del Sistema de Manejo de Drenaje del Depósito de Estéril Nevada Norte**	1. Capacidad de Almacenamiento de drenaje: El caudal estimado de drenaje del depósito de estéril se mantiene en un promedio de 8 l/s. El Proyecto considera aumentar la capacidad de acumulación del drenaje, habilitando un conjunto de piscinas con una capacidad total de 160.000 m^3. Además se considera habilitar un sistema de evaporación forzada del drenaje en las piscinas (mediante rociadores). Ubicación de piscinas: el Proyecto considera modificar la ubicación de las piscinas de acumulación del drenaje del depósito Nevada Norte, trasladando su emplazamiento hacia una cota inferior, aproximadamente 2,4 km aguas abajo de la sentina de regulación ubicada al pie del depósito. El nuevo lugar de emplazamiento de las piscinas queda fuera del cauce principal del río y fuera de la zona de alto riesgo de avalancha y de derrumbe o deslizamiento de tierra. Las piscinas contarán con carpeta impermeable (HDPE o similar) en toda su base y paredes. Asimismo, el Proyecto considera ubicar la planta de tratamiento en el nuevo sector de emplazamiento de las piscinas (más próximo al campamento), principalmente con el objetivo de facilitar su operación y mantención. El drenaje sería conducido hacia la planta a través de un ducto cerrado (tubería de HDPE o similar). El punto de descarga se ubicará en el sector del punto de monitoreo NE-2, donde se cuenta con una extensa línea base de calidad del agua.	2–19 a 2–20

9.2 NORMATIVA DE CARÁCTER AMBIENTAL APLICABLE

9.2.1 NORMATIVA GENERAL APLICABLE

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	Constitución Política de la República	Medio Ambiente General	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: La Constitución Política del Estado (CPE) de 1980 por primera vez en la historia constitucional de Chile consagra como garantía fundamental el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Dicha consagración como garantía fundamental se encuentra contenida en el artículo 19, Nº8 de la CPE, la que constituye la norma base de toda la regulación ambiental en el derecho chileno.	
✓	✓	Ley Nº 19.300/94, MINSEGPRES	Medio Ambiente en general	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: De acuerdo a lo establecido en la Ley Nº 19.300 y su Reglamento (D.S. 30/97), el Proyecto se somete al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental a través del presente Estudio de Impacto Ambiental.	Organismos del Estado que participan en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº30/97, MINSEGPRES	Medio Ambiente en general	El cumplimiento de esta norma se modifica respecto al Proyecto original, quedando este de la siguiente forma: a) El EIA del Proyecto Original señalaba: se da cumplimiento a las obligaciones establecidas en la normativa ambiental de carácter general mediante el ingreso del proyecto al SEIA y el compromiso de respetar el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. b) La actualización de cumplimiento de esta norma, radica en que la pertinencia de ingreso de las Modificaciones del Proyecto Pascua–Lama al SEIA se ha determinado a la luz de lo establecido en los artículos 2 letra d) y 3 letra i) del D.S. Nº30/97, modificado por D.S. Nº95/01,que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). El artículo 2 letra d) del Reglamento modificado del SEIA señala que por ***modificación de proyecto o actividad*** se entenderá lo siguiente: *"Realización de obras, acciones o medidas tendientes a intervenir o complementar un proyecto o actividad ya ejecutado, de modo tal que éste sufra cambios de consideración".* Dado que las Modificaciones del Proyecto Pascua–Lama corresponde justamente a la modificación de un proyecto minero previamente aprobado en el SEIA (Resolución Exenta Nº039/2001 de COREMA III Región), se procede a su ingreso al sistema de evaluación contemplado en la Ley Nº19.300.	Organismos del Estado que participan en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

9.2.2 AIRE

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº144/61, Min. Salud	Aire/Material Particulado	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: El Proyecto generará emisiones de material particulado (polvo) derivadas principalmente de las operaciones de la mina, botaderos de estéril y plantas de chancado En el EIA Original se señalan las medidas de captación o abatimiento de polvo y gases contempladas para evitar peligros, daños o molestias a la comunidad, tanto en la etapa de construcción como en la etapa de operación del Proyecto. Entre ellas destacan: • Riego de rutas de circulación de camiones y caminos de servicio; • Aplicación de compuestos estabilizadores en los caminos principales; • Filtros para capturar el polvo en la descarga de los chancadores primario y secundario; • Filtros para colectar el mineral molido y controlar el polvo en el circuito de molienda seca; y • Manejo de la distribución de los relaves desde el tranque, para mantener húmeda la superficie de relaves y minimizar la generación de polvo. Adicionalmente, en el Capítulo 6 se presentan los resultados de un modelo de dispersión atmosférica aplicado a las emisiones de material particulado y SO_2 del Proyecto, el cual demuestra que fuera del área de operaciones las concentraciones de polvo generadas no serán significativas. Al respecto, se debe señalar que no existe población cercana al Proyecto, exceptuando el campamento de construcción y operación que se ubicará en Argentina, y donde se dará cumplimiento a las normas vigentes en ese país.	Servicio de Salud Atacama

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº59/98, MINSEGPRES	Aire/ Material Particulado	El cumplimiento de esta norma se modifica respecto al Proyecto original. a) El EIA Original señalaba que: El efecto de las emisiones de material particulado del Proyecto en la calidad del aire de su área de influencia se presenta en el Capítulo 6, utilizándose para ello un modelo de dispersión atmosférica. Los resultados muestran que fuera del área de operaciones el aumento de concentración de polvo (fracción respirable) no será significativo, por lo que fuera del área de operaciones y entorno inmediato el Proyecto no tendrá incidencia en la calidad del aire. Esto se debe a la aplicación y ejecución de las medidas de mitigación y control de polvo descritas precedentemente[1], y a las buenas condiciones de ventilación atmosférica de la zona del Proyecto. b) Se actualiza el cumplimiento de esta norma, toda vez que el D.S. Nº45/01 que modifica la norma del D.S. Nº59/98, incorpora un límite de 50 µg/m3N como concentración media anual de material particulado respirable (MP-10). El cumplimiento de dicho límite ha sido verificado para el Proyecto, considerando el aumento en el ritmo de extracción y procesamiento de mineral, lo cual se traducirá en un aumento en la tasa de emisión de MP-10 del Proyecto. La emisión actualizada es de 15,8 toneladas/día. Para tal efecto se aplicó un modelo de dispersión atmosférica cuyos resultados se muestran en las Figuras 6.1 y 6.2 del Capítulo 6 del presente EIA. Dentro de los radios en que se proyectan concentraciones de 50 µg/m^3 como nivele promedio anual, no existe población humana establecida, por lo que se dará cumplimiento a la norma de calidad del aire (D.S. Nº59/1998 modificado por D.S. Nº45/2001 MINSEGPRES).	Servicio de Salud Atacama

[1] Ver medidas de captación o abatimiento de polvo indicadas en ficha de D.S. Nº144/61, Ministerio de Salud

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº4/94, Min. Transportes y Telecom.	Aire / Emisiones	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto. CMN exigirá que los vehículos que accedan al Proyecto cuenten con certificado de revisión técnica al día en cumplimiento de dicha norma.	Carabineros de Chile e Inspectores Fiscales y Municipales
	✓	D.S. Nº112/02, Minsegpres	Aire/Emisiones	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: Considerando las condiciones favorables de ventilación de alta cordillera y la significativa distancia a la que se encuentran los asentamientos humanos más próximos al proyecto (más de 30 km), se puede establecer que esta norma se cumplirá ampliamente conforme a las disposiciones por ella establecidas.	Servicio de Salud Atacama
	✓	D.S. Nº113/02, Minsegpres	Aire/Emisiones	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: El cumplimiento de dichas normas ha sido verificado para el Proyecto considerando el aumento en el ritmo de procesamiento de mineral, lo cual se traducirá en un aumento en la tasa de emisión de SO_2, cuya principal fuente se ubicará en el sector de la planta de procesos (Argentina). La emisión actualizada es de 8,3 toneladas/día como máximo diario. Para tal efecto se aplicó un modelo de dispersión atmosférica cuyos resultados se muestran en las Figuras 6.3 y 6.4 del Capítulo 6 del presente EIA. Hacia el lado chileno se proyectan niveles reducidos de SO_2 (<15 $\mu g/m^3$) inferiores a los límites establecidos en la normativa vigente (D.S. Nº113/2002 MINSEGPRES).	Servicio de Salud Atacama

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
	✓	D.S. Nº114/02, Minsegpres	Aire/Emisiones	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: Se estima que la emisión de NO2 del Proyecto será muy inferior a la emisión de material particulado respirable. Por tanto, extendiendo los resultados del modelo de dispersión presentado en el Capítulo 6, se puede establecer que esta norma se cumplirá ampliamente en el entorno del Proyecto.	Servicio de Salud Atacama
✓	✓	D.S. Nº115/02, Minsegpres	Aire/Emisiones	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: Considerando las condiciones favorables de ventilación de alta cordillera y la significativa distancia a la que se encuentran los asentamientos humanos más próximos al proyecto (más de 30 km), se puede establecer que esta norma se cumplirá ampliamente conforme a las disposiciones por ella establecidas.	Servicio de Salud Atacama

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
	✓	D.S. Nº185/91, Ministerio de Minería	Aire/Emisiones	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: El cumplimiento de dicha norma ha sido verificado para el Proyecto considerando el aumento en el ritmo de procesamiento de mineral, lo cual se traducirá en un aumento en la tasa de emisión de SO_2, cuya principal fuente se ubicará en el sector de la planta de procesos (Argentina). La emisión actualizada es de 8,3 toneladas/día como máximo diario. Para tal efecto se aplicó un modelo de dispersión atmosférica cuyos resultados se muestran en las Figuras 6.3 y 6.4 del Capítulo 6 del presente EIA. Hacia el lado chileno se proyectan niveles reducidos de SO_2 (<15 µg/m^3 como valores de 24 horas). Proyectando los valores a concentraciones máximas de 1 hora mediante factor EPA (concentración 24 h = 0,4 x concentración 1 h) se obtiene un nivel de aproximadamente 40 µg/m^{3}N, muy inferior a la norma secundaria del D.S. Nº185.	Servicio de Salud Atacama
✓	✓	D.S. Nº75/87, Ministerio de Transportes y Telecom.	Aire/Emisiones	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: En cumplimiento de estas disposiciones, el transporte de materiales del Proyecto se realizará en camiones adecuados, que eviten, según corresponda, el escurrimiento de materiales al suelo y la dispersión al aire.	Carabineros de Chile e Inspectores Municipales

9.2.3 RUIDO

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº146/97, MINSEGPRES	Ruido	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: El efecto de las emisiones de ruido sobre el nivel existente en el área de influencia del Proyecto se determina, mediante un modelo de propagación de niveles de presión sonora. En el modelo se han incorporado tanto las fuentes fijas señaladas anteriormente, como las fuentes móviles que operarán en la mina y botaderos de estéril (camiones mineros y maquinaria de apoyo). Los resultados indican que el Proyecto dará pleno cumplimiento a lo establecido en el DS 146/98, fuera de las áreas de operación minera, a una distancia reducida.	Servicio de Salud Atacama

9.2.4 CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº686/98, Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción	Contaminación Lumínica	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: El diseño del sistema de iluminación artificial ha considerado lo establecido en la normativa, por lo que se tienen contempladas las siguientes medidas: • Todas las lámparas contarán con un cono o pantalla direccional que enfocará el haz de luz hacia el suelo. • Las lámparas y luminarias serán instaladas al interior del cono o pantalla, en un ángulo tal que asegure que no se sobrepasarán los porcentajes máximos de emisión al cielo. • Entre la 01:00 y las 06:00 horas se aplicará un plan de reducción de las lámparas encendidas, a objeto de aminorar la emisión de luz; y • Se privilegiará la instalación de lámparas de sodio en reemplazo de las de mercurio.	Superintendencia de Electricidad y Combustibles

9.2.5 AGUA

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº594/00, Min. Salud	Agua Potable y Servidas	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: Se generarán aguas servidas, tanto en la etapa de construcción como en la de operación, asimismo se requerirá de la provisión de agua potable. CMN ampliará las plantas de potabilización de agua y de tratamiento de aguas servidas del campamento Barriales, y someterá a consideración de la autoridad los respectivos permisos sectoriales. En los lugares distantes de trabajo de construcción se emplearán baños químicos bajo las disposiciones de la presente norma.	Servicio de Salud Atacama

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.F.L. Nº725 Ministerio de Salud	Aguas Servidas	El cumplimiento de esta norma se modifica respecto al Proyecto original, quedando este de la siguiente forma: a) El EIA del Proyecto original señalaba: Las aguas servidas generadas en los servicios higiénicos serán tratadas y dispuestas de la siguiente forma: • Durante la etapa de construcción se mantendrá en funcionamiento la actual planta de tratamiento de aguas servidas del campamento de exploración ubicado en Chile. Además se instalarán transitoriamente baños químicos en lugares alejados en que no sea factible conectar los desagües con la planta de tratamiento del campamento (un baño cada 30 trabajadores). • Para la etapa de operación el Proyecto considera la construcción de tres plantas de tratamiento de aguas servidas con el sistema de contacto biológico rotatorio (CBR) u otra tecnología similar adecuada para tales fines. Estas plantas estarán ubicadas en el sector del rajo (en Chile), en el sector de la planta de procesos y en el sector del campamento de operación (éstas dos últimas en Argentina). • El efluente tratado de la planta de tratamiento de aguas servidas del área de la mina (en Chile) será infiltrado en el terreno adyacente. Por otra parte, el efluente tratado de la planta ubicada en el sector de la planta de procesos (Argentina) se descargará en el tranque de relaves. Finalmente, el efluente tratado de la planta ubicada en el sector del campamento de operación (Argentina) se infiltrará en el terreno. • Los residuos sólidos (lodos) generados por el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas servidas serán dispuestos en el relleno sanitario que se ubicará en el área Argentina del Proyecto, exceptuando los residuos sólidos generados en el campamento en Chile, los cuales serán enviados al relleno sanitario existente en el lado Chileno del Proyecto. • En el sector de la planta de chancado se habilitará una fosa séptica para disponer las aguas servidas.	Servicio de Salud Atacama

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
				• CMN someterá a consideración de la autoridad correspondiente las plantas de tratamiento de aguas servidas y las medidas adecuadas para el control de los factores, elementos o agentes que puedan afectar la salud de los habitantes, siguiendo las disposiciones establecida en la presente normativa b) La modificación del Proyecto y por tanto del cumplimiento de la presente norma, La ampliación del campamento Barriales existente en Chile hasta una capacidad de 750 personas para la fase de construcción y de 500 a 600 personas para la fase de operación requiere la ampliación de la capacidad de tratamiento de aguas servidas existente. Para ello se considera la habilitación de una planta de tipo contacto biológico rotatorio (CBR) u otra tecnología probada, para lograr una capacidad total para tratar aproximadamente 90 a 140 m^3/día, suficiente para la dotación de personal previamente señalada (considerando una generación diaria de 120 litros por persona). Esta planta se habilitará, junto con el campamento, en la etapa inicial de la fase de construcción del Proyecto. Los lodos de la planta de tratamiento serán dispuestos en el relleno sanitario que se habilitará en territorio chileno. En el Capítulo 3 se presentan el contenido para el otorgamiento del Permiso Ambiental Sectorial contenido en el artículo 91 del D.S. Nº95/01, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, respecto a la construcción de cualquier obra particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza.	

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
	✓	D.S. Nº 735/69, Ministerio de Salud	Agua Potable	El cumplimiento de esta norma se modifica respecto al Proyecto original, quedando este de la siguiente forma: a) El EIA del Proyecto Original señalaba que la captación de agua para consumo humano, tanto en la etapa de construcción como de operación, se efectuará mediante la extracción de agua subterránea en un pozo ubicado en el Arroyo de los Amarillos (Argentina). Antes de su distribución y uso en ambos lados de la frontera, el agua será potabilizada en una planta de tratamiento. El sistema de tratamiento contará con los procesos necesarios para garantizar la producción de agua potable según los parámetros señalados en la norma chilena de calidad de agua potable (Norma NCh 409). Se anticipa que el tratamiento incluirá filtración y cloración (ver sección 2.3.4 del Capítulo 2). CMN someterá a consideración de la autoridad correspondiente los sistemas de depuración, así como las medidas adecuadas para el control de los factores, elementos o agentes que puedan afectar la salud de los habitantes, siguiendo las disposiciones establecidas en la presente normativa. b) Conforme las modificaciones efectuadas al Proyecto Original el cumplimiento de la norma queda de la siguiente forma: Se consideran ampliar la capacidad del campamento Barriales existente en territorio chileno, para alojar aproximadamente 750 personas durante la fase de construcción y 500 a 600 personas durante la fase de operación. Consecuentemente, se requiere ampliar la capacidad de la planta de potabilización de agua. Esta planta tendrá una capacidad estimada de 2 L/s (170 m^3/día), suficiente para proporcionar un promedio de 150 litros/persona-día (113 m^3/día). La captación de agua (2 L/s) se ubicará en la quebrada Barriales, cerca del campamento.	Servicio de Salud Atacama

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	NCh 409/78, Ministerio de Salud	Agua Potable	El cumplimiento de esta norma se modifica respecto al Proyecto original. a) El EIA Original señalaba que el agua destinada para el consumo humano será agua subterránea. Antes de su distribución y uso, el agua para consumo humano será debidamente tratada y potabilizada de modo que cumpla con los requisitos de calidad estipulados en esta norma. b) Conforme las modificaciones efectuadas al Proyecto Original el cumplimiento de la norma queda de la siguiente forma: El agua requerida en el campamento chileno será obtenida de una captación en la quebrada Barriales, cerca del campamento, y potabilizada en una planta para dar cumplimiento a los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos establecidos en la NCh 409/84.	Servicio de Salud Atacama

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	NCh Nº1.333/78	Aguas	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: Con relación al control de las aguas ácidas generadas en los botaderos y la mina, las medidas de mitigación han sido definidas bajo los siguientes criterios: • Mantener el cumplimiento de las normas vigentes de calidad del agua en aquellos ríos del área de influencia del Proyecto donde actualmente se cumplen estas normas; y • En los ríos donde actualmente se exceden las normas vigentes de calidad de agua por causas naturales, el objetivo es que el Proyecto no genere aumentos de concentraciones de metales en el agua. La estrategia considerada por CMN para controlar la generación de drenaje ácido y minimizar el impacto en la calidad de las aguas se compone de cinco aspectos básicos: - Desviar los flujos de agua superficial generados en las subcuencas aportantes, alrededor de los botaderos; - Reducir la infiltración de nieve derretida en los botaderos; - Interceptar y captar los drenajes de nieve derretida proveniente de los botaderos; - Monitorear la calidad del drenaje captado; y - Tratar y disponer adecuadamente las aguas interceptadas, en caso que presenten concentraciones de metales por sobre los niveles de la línea base. En el Capítulo 6 se presenta la evaluación del efecto de la descarga del afluente tratado sobre la calidad de las aguas del Río del Estrecho, demostrándose que a partir del primer sector de uso para riego (sector del punto de monitoreo NE-4), se cumple lo anteriormente indicado. Se debe considerar que con excepción del tramo final del Río Chollay, las aguas no sustentan fauna íctica.	Superintendencia de Servicios Sanitarios

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº90/00, Minsegpres	Recursos Hídricos	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: En la sección 6.4 del Capítulo 6 del presente EIA se desarrolla la forma de cumplimiento del D.S. Nº90/00 a la descarga del sistema de manejo y tratamiento de los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte. En dicho capítulo se actualizan los límites máximos de descarga del efluente manteniendo los criterios y compromisos aprobados en el Proyecto original (EIA 2000). Los límites actualizados se han definido en cumplimiento de las siguientes condiciones: ***A: Límite máximo de la Tabla Nº2 del D.S. Nº90:*** se aplica para aquellos parámetros en que la tasa de dilución del río proporciona límites máximos mayores que aquellos establecidos en la Tabla Nº2, y por tanto quedan limitados a los valores de esta última. ***B: 12 veces el límite máximo de la Tabla Nº1 del D.S. Nº90:*** se aplica para aquellos parámetros en que la tasa de dilución del río proporciona límites máximos inferiores a aquellos establecidos en la Tabla Nº2, y por tanto quedan limitados al factor de dilución (1+d = 12) aplicado a los valores de la Tabla Nº1. ***C: Contenido natural del cuerpo receptor en NE-2:*** se aplica para aquellos parámetros en que el contenido natural en el cuerpo receptor (sector de descarga) es mayor que el límite del D.S. Nº90, aceptándose la concentración de línea base como límite de descarga. ***D: Nivel que permite alcanzar el 80% de la norma de riego NCh 1.333/78 en NE-4:*** se aplica para aquellos parámetros en que la aplicación de las condiciones anteriores resultan en concentraciones que superan el 80% de la norma de riego en el punto NE-4 (sector de primeras captaciones para riego). En estos casos se reduce el límite de descarga a un valor que permita obtener un 80% de la norma de riego como concentración máxima en NE-4. Esta condición también se aplica para aquellos parámetros no regulados en el D.S. Nº90. La Tabla 6.1 del Capítulo 6 presenta la calidad de descarga actualizada y su comparación con los niveles máximos definidos originalmente.	Servicio de Salud Atacama, Superintendencia de Servicios Sanitarios, según corresponda.

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	DFL Nº1.122 Min. Justicia	Recursos Hídricos	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente Previo inicio de las obras asociadas a la intercepción de cauces y/o ejecución de obras de represamiento, se solicitará la autorización respectiva al Director General de Aguas, en conformidad a lo establecido en los artículos 41 y 171 del Código de Aguas. En el Capítulo 3, se presentan los requisitos necesarios para el otorgamiento de los Permisos Ambientales Sectoriales contenidos en los artículos 101 y 106 , del D.S. Nº95/01, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, respecto a la construcción de obras hidráulicas a que se refiere el artículo 294 del Código de Aguas y a las obras de regularización y defensa de cauces naturales.	Dirección General de Aguas

9.2.6 RESIDUOS SÓLIDOS

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº594/00, Min. Salud	Residuos Sólidos	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: El proyecto considera la construcción y operación de un relleno sanitario en el sector del campamento Barriales. CMN presentará al Servicio de Salud Atacama un plan de manejo de los residuos generadas en el Proyecto, señalando el tipo y cantidad de los residuos, diferenciando los de carácter peligroso. La disposición de los residuos domésticos e industriales inertes se realizará en un relleno sanitarios a construir en la faena, mientras que los residuos peligrosos serán enviados para su tratamiento y/o disposición final por terceros autorizados.	Servicio de Salud Atacama
	✓	D.S. Nº148/03, Min. Salud	Residuos Peligrosos	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: CMN dará cumplimiento a esta norma a través de la presentación del plan de manejo requerido. En el Proyecto sólo existirá almacenamiento transitorio de residuos peligrosos (inferior a seis meses), para luego proceder a su envío para tratamiento y/o disposición final por terceros autorizados.	Servicio de Salud Atacama

9.2.7 MEDIO BIOTICO

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	Ley Nº4.601, Min. Agricultura	Fauna Terrestre	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: Durante las etapas de construcción y operación, CMN instruirá al personal, tanto propio como de contratistas, respecto de normas de conducta adecuadas para la protección de la flora y fauna de la zona. Esta medida se materializará a través de capacitación, publicaciones y exigencias contractuales. Estará absolutamente prohibido la caza de animales, la tala de vegetación, la construcción de huellas o caminos nuevos que no formen parte de la planificación de la compañía y en general cualquier acción que pueda poner en riesgo o pueda dañar la flora y fauna, tanto en el área de la mina como a lo largo del camino de acceso. Además se realizará un monitoreo de fauna y hábitats durante la construcción y primeros años de operación (Ver Capítulo 8). El cumplimiento de estas medidas será controlado permanentemente por un encargado de asuntos ambientales de CMN.	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº5/98, Min. Agricultura	Fauna Terrestre	El cumplimiento de esta norma se actualiza respecto al Proyecto original, quedando este de la siguiente forma: a) El EIA Original señalaba que durante las etapas de construcción y operación, CMN instruirá al personal, tanto propio como de contratistas, respecto de normas de conducta adecuadas para la protección de la flora y fauna de la zona. Esta medida se materializará a través de capacitación, publicaciones y exigencias contractuales. Estará absolutamente prohibido la caza de animales, la tala de vegetación, la construcción de huellas o caminos nuevos que no formen parte de la planificación de la compañía y en general cualquier acción que pueda poner en riesgo o pueda dañar la flora y fauna, tanto en el área de la mina como a lo largo del camino de acceso. Además se realizará un monitoreo de fauna y hábitats durante la construcción y primeros años de operación (Ver Capítulo 8). El cumplimiento de estas medidas será controlado permanentemente por un encargado de asuntos ambientales de CMN. b) Se actualiza el cumplimiento de esta norma, toda vez que el D.S. Nº53/03 que modifica el Reglamento de la Ley de Caza incorpora, entre otras modificaciones, nuevas especies cuya caza o captura está prohibida. Para el cumplimiento de esta normativa el Proyecto prohibirá la caza o captura de animales.	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.L. Nº3.557, Ministerio de Agricultura	Medio Biotico	El cumplimiento de esta norma se actualiza respecto al Proyecto original, quedando este de la siguiente forma: a) El EIA Original se señalan las medidas contempladas que permitirán evitar efectos adversos sobre el aire, agua o suelos. b) Se actualiza el cumplimiento de esta norma en el sentido que se modifica el lugar de disposición de los residuos domésticos e industriales inertes generados en el lado chileno, así como de los lodos del tratamiento de aguas servidas. Originalmente se contemplaba que los residuos generados en el lado chileno serían enviados al el relleno sanitario que se habilitaría en Argentina, cerca del campamento. Las modificaciones del Proyecto incluyen la habilitación de un relleno sanitario en un sector cercano al campamento Barriales, con capacidad para las fases de construcción y operación (aproximadamente 5.000 m^3 en total, en etapas de crecimiento sucesivas). El relleno se diseñará y operará conforme a los estándares aplicables en Chile. Por tanto, los residuos domésticos e industriales inertes, así como los lodos del tratamiento de aguas servidas generados en el lado chileno serán debidamente dispuestos en este relleno sanitario.	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

9.2.8 PATRIMONIO CULTURAL

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	Ley Nº17.288/70, Min. Educación	Patrimonio Cultural	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: Los dos sitios identificados no se verán afectados por las actividades asociadas al proyecto, tanto en la fase de construcción como en la de operación, por situarse éstos fuera del área de influencia directa del Proyecto. Además serán debidamente protegidos antes del inicio de la etapa de construcción. En caso que durante la construcción y operación del proyecto se produzcan hallazgos de sitios arqueológicos, se implementará el siguiente plan de acción: - Detención inmediata de las faenas o actividades que se estén realizando en el lugar del hallazgo. - Comunicación a las autoridades competentes. - Elaboración de un plan de acción por parte de un arqueólogo, el cual será presentado a la autoridad para su revisión y aprobación; y - Ejecución del plan aprobado por la autoridad.	Consejo de Monumentos Nacionales.
✓	✓	D.S. Nº484/91, Min. Educación	Patrimonio Cultural	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: Si bien las obras del Proyecto se construirán en lugares donde no se han registrado elementos o sitios de valor patrimonial, las disposiciones de esta normativa se aplicarán en el caso eventual de producirse algún hallazgo durante la ejecución de movimientos de tierra.	Consejo de Monumentos Nacionales.

9.2.9 VIALIDAD Y TRANSPORTE

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº298/94, Min. Transportes y Telecom.	Transporte de sustancias peligrosas	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: CMN dará cumplimiento a todas las disposiciones anteriormente señaladas, en la medida que apliquen, y velará porque los transportistas y proveedores también se ajusten a esta normativa. En el Capítulo 7 se indican las medidas preventivas que se adoptarán en el transporte de sustancias peligrosas para dar cumplimiento a lo establecido en este decreto.	Carabineros de Chile, Inspectores Fiscales y Municipales
✓	✓	D.S. Nº158/80, Min. Obras Públicas	Vialidad y Transporte	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: Los camiones a utilizar se ajustarán a los pesos límite establecidos en este decreto. No obstante, algunos de los equipos de proceso, por su tamaño y/o peso, deberán ser trasladados en camiones especialmente acondicionados, cumpliendo las exigencias de la Dirección de Vialidad en cuanto a peso total, peso por eje y gálibos permitidos. En este caso, normalmente es necesario ejecutar obras provisionales tales como badenes, refuerzo de algunos puentes, desvíos para evitar ciudades, retiro temporal de luminarias, cables eléctricos y telefónicos. Estas actividades, en caso de requerirse, se coordinarán con las autoridades municipales y policiales y con los servicios correspondientes, con los que se acordarán las medidas de seguridad a adoptar en cada caso, como es habitual en este tipo de actividades.	Carabineros e Inspectores de la Dirección de Vialidad MOP

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	Res Nº1/95, Min. Transportes y Telecom.	Vialidad y Transporte	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: Los camiones a utilizar en forma regular se ajustarán a las dimensiones límite establecidas en este reglamento, No obstante lo anterior, algunos de los equipos de proceso, por su tamaño y/o peso, deberán ser trasladados en camiones especialmente acondicionados, pudiendo excederse las dimensiones máximas citadas anteriormente. En caso de ser así, se solicitará la autorización correspondiente a la Dirección de Vialidad y se acordarán las medidas de seguridad a adoptar en cada caso, como es habitual en este tipo de actividades.	Carabineros e Inspectores de la Dirección de Vialidad MOP

9.2.10 SUSTANCIAS ESPECIALES

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº400/78, Min. Defensa	Explosivos	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: Los explosivos serán suministrados por una empresa especializada y debidamente autorizada para tal efecto. En el área de la mina los explosivos serán almacenados en un polvorín, el cual contará con las instalaciones adecuadas para el almacenamiento seguro de éstos. CMN, o bien la empresa contratista a cargo de la provisión y manejo de los explosivos, someterá a la Dirección General de Movilización Nacional la construcción y operación del polvorín y el uso de los explosivos.	Dirección General de Movilización Nacional
✓	✓	D.S. Nº77/82, Min. Defensa	Explosivos	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: Los explosivos del Proyecto Pascua-Lama serán suministrados por una empresa especializada y debidamente autorizada para tal efecto, conforme a las disposiciones del Reglamento. CMN o la empresa contratista someterá a aprobación por parte de la Dirección General de Movilización Nacional, la construcción y operación del polvorín y el uso de los explosivos.	Dirección General de Movilización Nacional

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
	✓	D.S. Nº133/84, Ministerio de Salud	Sustancias Peligrosas	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: CMN, o bien el proveedor de los sistemas, realizará los trámites para la obtención de la autorización de importación e instalación del citado sistema ante el Servicio de Salud de Atacama. También se obtendrán las autorizaciones pertinentes para el personal que opere estos sistemas, en conformidad a lo establecido en la citada normativa.	Servicio de Salud Atacama
	✓	D.S. Nº3/85, Ministerio de Salud	Sustancias Peligrosas	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: Los sistemas de medición operarán en forma automática sin intervención humana directa. Se efectuarán rutinariamente controles de los niveles de radiación en la cercanía de los sistemas de medición a fin de detectar tempranamente cualquier clase de desperfecto y riesgos de exposición a radiación ionizante. Todos los operarios asociados a la operación de los sistemas de medición estarán debidamente provistos de su Equipo de Protección Personal (EPP), que incluirá un dosímetro destinado a registrar la dosis de exposición. Estos dosímetros se enviarán trimestralmente al Instituto de Salud Pública con el objeto de controlar y registrar las dosis recibidas por el personal en el período señalado.	Servicio de Salud Atacama

9.2.11 ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº379/85, Min. Economía	Combustibles Líquidos	El cumplimiento de esta norma se actualiza respecto al Proyecto original. a) El EIA Original señalaba que CMN, o bien el distribuidor autorizado, registrará los estanques en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles de la III Región. Asimismo, CMN considera aplicar normas de diseño y de instalación de pretiles de seguridad para todos los estanques de combustibles, con 110% de capacidad de contención de derrames respecto del estanque de mayor volumen. A ello se sumará un programa de inspecciones periódicas de las instalaciones, para verificar su estado y detectar oportunamente un eventual desperfecto. b) Se actualiza el cumplimiento de esta norma en el sentido siguiente: en el área de mantención de equipos de la mina (ubicada en Chile) el Proyecto original contemplaba la instalación de estanques superficiales para almacenar 20.000 litros de gasolina y 10.000 litros de petróleo diesel, dando cumplimiento al D.S. Nº379/85. Las modificaciones del Proyecto consideran que en el sector de la mina el almacenamiento de petróleo diesel se efectuará en tres estanques con una capacidad total de 2,34 millones de litros en total (la capacidad de almacenamiento de gasolina se mantiene en 20.000 litros). Dichos estanques se construirán de acuerdo con las disposiciones técnicas establecidas en esta normativa.	Superintendencia de Electricidad y Combustibles

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.F.L. Nº1, Ministerio de Minería	Electricidad	Esta Norma no se modifica en su cumplimento respecto a lo aprobado en el Proyecto original, el cual señala lo siguiente: La SEC será debidamente informada previa puesta en marcha del sistema eléctrico en el territorio Chileno del Proyecto. El diseño del sistema eléctrico en el sector mina será sometido a la aprobación de la SEC. La energía eléctrica será abastecida por una compañía eléctrica independiente que será responsable de los permisos, la construcción y la mantención de las líneas eléctricas hasta el área del Proyecto.	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
✓	✓	D.S. Nº327/97, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción	Electricidad	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto: El diseño del sistema eléctrico en el lado chileno será sometido a la aprobación de la SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles

9.2.12 SEGURIDAD MINERA

FASE DEL PROYECTO		NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	COMPONENTE AMBIENTAL INVOLUCRADO	*CUMPLIMIENTO*	ORGANISMO FISCALIZADOR
Construcción	Operación				
✓	✓	D.S. Nº72/85, Min. Minería	Normativa general	No se encontraba en el Proyecto Original, se agrega para efectos del presente Proyecto. En cumplimiento de esta disposición, CMN enviará al Servicio las Resoluciones de Calificación Ambiental emitidas por la COREMA III Región (para el Proyecto original y la modificaciones del presente EIA) previo al inicio de la fase de construcción. Asimismo, CMN presentará el plan de cierre requerido, conjuntamente con la solicitud de autorización del método de explotación minera.	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)

9.3 PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES

9.3.1 ART. 90 DEL REGLAMENTO DEL SEIA

PERMISO	**Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros.**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 90
	Sectorial de Referencia	Artículo 71 letra b), DFL Nº 725/67
AUTORIDAD	SERVICIO DE SALUD	

Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

a) Caracterización físico-químico y microbiológica correspondiente al residuo industrial de que se trate

La caracterización del efluente del sistema de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte se presenta en la Tabla 6.1 del Capítulo 6 de este EIA, y cumple con los criterios y límites establecidos en el D.S. Nº90/02 MINSEGPRES "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".

b) La cuantificación del caudal a tratar, evacuar o disponer

El caudal medio a tratar y evacuar es de 8 litros por segundo (l/s).

c) Tipo de tratamiento de los residuos industriales y mineros

Se anticipa que los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte (infiltraciones de deshielo de nieve) tengan características ácidas y contenidos de metales disueltos. Por tanto, se considera su tratamiento en una planta convencional de neutralización con cal. Se estima un consumo anual de aproximadamente 760 toneladas de cal.

d) La evacuación y disposición final de los residuos industriales y mineros, considerando, entre otros, los olores

La evacuación del efluente de la planta de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte se efectuará en el sector NE-2 del río del Estrecho, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Barriales. El efluente no presentará olores u otros efectos indeseados.

e) El efecto esperado de la descarga sobre el cuerpo o curso receptor, identificando los usos actuales y previstos de dicho receptor

El efecto esperado de la descarga del efluente del sistema de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte se describe en el Capítulo 6 del presente EIA. Básicamente el sistema se ha diseñado con el objetivo de cumplir (además de la norma de emisión) la norma de riego NCh 1.333/78 en el punto de monitoreo NE-4 del río del Estrecho (sector más próximo al Proyecto en que existen captaciones o tomas de agua para riego). Específicamente se consideró no superar el 80% de los niveles establecidos en la NCh 1.333/78, con excepción de los parámetros que naturalmente exceden la norma de riego en el punto NE-4.

f) La identificación de existencia de lodos, su cantidad y su caracterización físico-químico y microbiológica

El tratamiento mediante neutralización con cal del efluente del sistema de tratamiento de drenajes del depósito de estéril Nevada Norte generará una cantidad estimada de 1.000 metros cúbicos al año de lodo inerte. Este lodo estable no genera lixiviados.

g) Las características del tratamiento, disposición o evacuación de los lodos

El lodo será dispuesto en piscinas de decantación ubicadas cerca del sistema de manejo y tratamiento. Luego, serán transportados para su disposición final en el depósito Nevada Norte, según lo establecido en la RCA Nº 039/2001 (Punto 4.3.18 Sistema de Control de Drenaje Ácido, letra f).

9.3.2 ART. 91 DEL REGLAMENTO SEIA

PERMISO	**Construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza.**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 91
	Sectorial de Referencia	Artículo 71 letra b) del D.F.L. 725/67, Código Sanitario
AUTORIDAD	SERVICIO DE SALUD	

Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento

En el Estudio o Declaración de impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

a) En caso de disposición de las aguas por infiltración:

a.1. La profundidad de la napa en su nivel máximo de agua, desde el fondo del pozo filtrante

a.2. La calidad del terreno para efectos de determinar el índice de absorción

a.3. La cantidad de terreno necesario para filtrar

a.4. La caracterización físico-química y microbiológica de las aguas

No se considera infiltrar directamente las aguas servidas del campamento Barriales. Las aguas serán tratadas, por lo que aplica lo señalado en la letra b) y c).

b) En caso que las aguas, con o sin tratamiento, sean dispuestas en un cauce superficial:

b.1. La descarga del efluente en el cauce receptor

La descarga de las aguas servidas tratadas se efectuará en el tramo final de la Quebrada Barriales (sector de confluencia con el Río del Estrecho), aguas abajo del punto de captación de agua potable, con un caudal estimado entre 1,1 a 1,6 litros por segundo.

b.2. La caracterización físico química y microbiológica de las aguas

Las características de las aguas tratadas se señalan en la sección c.3) más abajo.

b.3. Las características hidrológicas y de calidad del cauce receptor, sus usos actuales y previstos

El cauce receptor (Quebrada Barriales) presenta un caudal medio registrado de 0,1 l/s. Las aguas de la Quebrada Barriales presentan un pH neutro y contenidos de parámetros físico–químicos y microbiológicos que, en general, cumplen con la norma NCh 1.333/78. El tramo entre el punto de descarga y la confluencia con el Río del Estrecho (distancia menor de 200 m) no posee uso actual y no se prevé a futuro.

c) ***En casos de plantas de tratamiento de aguas servidas:***

c.1. La caracterización físico-química y microbiológica del caudal a tratar

Las aguas corresponderán a residuos líquidos domésticos. Típicamente estos residuos presentan las siguientes concentraciones medias:

Sólidos en Suspensión:	400 mg/l
DBO5:	400 mg/l
DQO:	800 mg/l
Nitrógeno Total:	60 mg/l
Fósforo Total:	12 mg/l
Cloruros:	400 mg/l
Sulfatos:	300 mg/l
Grasas:	100 mg/l
Coliformes Totales	$10^7 – 10^8$ NMP/100 ml

c.2 El caudal a tratar

El caudal a tratar se estima entre 90 y 140 metros cúbicos por día, equivalente a un caudal medio de 1,1 a 1,6 l/s.

c.3. Caracterización físico-química y bacteriológica del efluente tratado a descargar al cuerpo o curso receptor

El efluente tratado en una planta tipo contacto biológico rotatorio (CBR) u otra tecnología probada tendrá la siguiente caracterización estimada:

Sólidos en Suspensión:	80 mg/l
DBO5:	35 mg/l
DQO:	100 – 120 mg/l
Nitrógeno Total:	10 – 15 mg/l
Fósforo Total:	10 mg/l
Cloruros:	250 mg/l
Sulfatos:	250 – 500 mg/l
Grasas:	10 mg/l
Coliformes Totales	1000 NMP/100 ml

c.4. La caracterización y forma de manejo y disposición de los lodos generados por la planta

Los lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas del campamento Barriales serán dispuestas en el relleno sanitario que se habilitará en el lado chileno, cumpliendo con las condiciones de humedad necesarias para una adecuada disposición.

9.3.3 ART. 93 DEL REGLAMENTO DEL SEIA

PERMISO	**Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 93
	Sectorial de Referencia	Artículo 79 y 80 DFL Nº 725/67
AUTORIDAD	SERVICIO DE SALUD	

Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

a) Aspectos Generales:

a.1. Definición del tipo de tratamiento

Los residuos domésticos y residuos sólidos asimilables a domésticos[1] serán dispuestos en relleno sanitario del Proyecto. No se contempla un tratamiento especial previo a la disposición de los residuos.

a.2. Localización y características del terreno

El relleno sanitario se ubicará cerca del sector de confluencia del río del Estrecho con la quebrada Barriales. La ubicación del relleno sanitario cumplirá con los siguientes criterios:

- Más de 60 metros de distancia de cursos superficiales de agua
- Sitio no expuesto a inundaciones, avalanchas, remoción en masa y otros riesgos naturales
- Fuera de suelos saturados, afloramientos de agua y vegas
- Más de 300 metros de cualquier lugar habitable (campamento en este caso)
- Napa a más de 5 metros de profundidad
- Alejado del polvorín (más de 6 km)

[1] Los residuos sólidos asimilables a domésticos se definen como residuos sólidos, basuras o desperdicios generados en procesos industriales no son calificados como residuos peligrosos por la autoridad y que además, por su composición y características físicas, químicas y bacteriológicas pueden ser manejados en un relleno sanitario. Proyecto "Reglamento de Rellenos Sanitarios", documento de consulta publica, Julio de 2003.

El terreno corresponde principalmente a morrenas con altos contenidos de arcillas y limos, con espesores que permiten disponer de material de cobertura, considerando excavación para el relleno.

a.3. Caracterización cualitativa y cuantitativa de los residuos

Los residuos a disponer en el relleno sanitario corresponden a residuos domésticos, compuestos principalmente por restos de alimentos, envases y envoltorios, desechos de útiles de aseo personal, papeles, cartones, plásticos. La cantidad de residuos se estima en 750 kg/día durante la fase de construcción y de 500 a 600 kg/día durante la fase de operación. En términos volumétricos se estima un total de 5.000 metros cúbicos al cabo de la vida útil del proyecto.

a.4. Obras civiles proyectadas y existentes

No se tiene proyectada la construcción de obras civiles en el área del relleno sanitario, con excepción de las excavaciones propiamente tales del relleno, el acceso y cerco perimetral.

a.5. Vientos predominantes

Los vientos predominantes en el área de Barriales son del noroeste (soplan hacia el sureste); no existe población humana establecida a sotavento.

a.6. Formas de control y manejo de material particulado, de las emisiones gaseosas, de las partículas de los caminos de acceso e internos que se pretenda implementar, y de olores, ruidos, emisiones líquidas y vectores

Control y manejo de material particulado: Se regará periódicamente el camino de acceso a la instalación y se humedecerá el material de cobertura en la medida que se requiera.

Emisiones gaseosas y olores: Debido a las condiciones climáticas del área donde se ubica el proyecto no se generarán emisiones gaseosas ni olores. La cobertura diaria de los residuos controlará la generación de biogás y la emanación de olores.

Ruidos: El relleno se ubicará alejado de asentamientos humanos y a distancia suficiente del campamento Barriales para evitar ruidos molestos generados por el tránsito de vehículos y el funcionamiento de maquinaria para el recubrimiento de los residuos.

Emisiones líquidas: Para evitar las emisiones líquidas se considera remover la nieve caída en período de invierno, antes de iniciarse la temporada de deshielo. Además el relleno sanitario contará con canales perimetrales de desvío de escorrentías y cobertura diaria de los residuos para evitar el contacto directo de precipitaciones con los residuos.

Vectores: Mediante la cobertura de los residuos se controlará la proliferación de vectores. Además se instalará un cierre perimetral al relleno con la finalidad de evitar el ingreso de animales y personas no autorizadas. El cierre tendrá una altura mínima de 1.8 m.

a.7. Características hidrológicas e hidrogeológicas

El área donde se ubicará el relleno sanitario tiene un régimen hidrológico de tipo nival, con escorrentías generadas por derretimiento de nieve caída en el período de invierno. Las aguas tienden a canalizarse por quebradas y el cauce principal del río del Estrecho y la quebrada Barriales. Existen terrazas o sectores relativamente planos sin presencia de cursos de agua, aptos para instalar un relleno sanitario. Se trata principalmente de depósitos morrénicos que constituyen áreas de tránsito para las aguas subterráneas, con flujos predominantemente laterales hacia los cauces principales anteriormente señalados, a profundidades de 7 metros o más. La conductividad hidráulica se ha determinado en el orden de $4x10^{-5}$ cm/s.

a.8. Planes de prevención de riesgos y planes de control de accidentes, enfatizando las medidas de seguridad y de control de incendios, derrames y fugas de compuestos y residuos

El relleno sanitario se encontrará incluido en los planes generales de prevención de riesgos y control de accidentes de la faena Pascua-Lama.

a.9. Manejo de residuos generados dentro de la planta

Los residuos serán dispuestos transitoriamente en contenedores o recipientes cerrados en las áreas de generación y luego serán enviados al relleno sanitario del Proyecto para su disposición final. En el relleno los residuos serán compactados y cubiertos diariamente con una capa de tierra de aproximadamente 15 cm de espesor como mínimo. Para el cubrimiento de los residuos se utilizará el material removido durante la preparación del terreno.

b) Tratándose de una estación de transferencia, además de lo señalado en la letra a), la forma de carga y descarga de residuos, el control de material particulado, gases y olores, producto de la descarga de residuos y operación de la estación; y residuos líquidos producto del lavado de superficie, así como el escurrimiento de percolados

No aplica.

c) Tratándose de plantas de compostaje, además de lo señalado en la letra a):

c.1. Sistema de manejo de líquidos lixiviados

c.2. Sistema de manejo de los rechazos

No aplica.

d) ***Tratándose de una planta de incineración, además de lo señalado en la letra a), el manejo de los residuos sólidos, cenizas y escorias y residuos líquidos generados, el control de las temperaturas de los gases de emisión, el manejo de los gases de emisión, y control de la operación de la planta de incineración***

En caso que el Proyecto incorpore un incinerador de residuos orgánicos dentro del Área de Operaciones del Protocolo, se procederá con la respectiva solicitud de permisos ambientales y sectoriales conforme a la normativa vigente.

e) ***Tratándose de un relleno sanitario y de seguridad, además de lo señalado en la letra a):***

e.1. Sistema de impermeabilización lateral y de fondo

El documento de consulta publica "Reglamento de rellenos sanitarios", versión julio de 2003, establece los criterios de impermeabilización según las condiciones pluviométricas y rango de población servida. Por tratarse de una cantidad de personas no superior a 750 (inferior a 20.000 contemplado en el rango inferior del Reglamento), los requerimientos de impermeabilización corresponden a terreno natural con un espesor mínimo de 5 m sobre el nivel freático más alto, con una conductividad hidráulica equivalente máxima de 10^{-5} cm/s. De acuerdo a lo anterior, y considerando que en el área del Proyecto (sector campamento) el nivel freático se ubica a más de 7 m de profundidad y la conductividad hidráulica es del orden de $4x10^{-5}$ cm/s, sólo se requeriría una compactación del terreno para lograr una conductividad máxima de 10^{-5} cm/s.

e.2. Control y manejo de gases o vapores

Debido a la pequeña envergadura del relleno sanitario (para una población de hasta 750 personas) y las condiciones climáticas del lugar, se anticipan emisiones gaseosas insignificantes, no requiriéndose medidas especiales de control.

e.3. Definición del sistema de intercepción y evacuación de aguas lluvias

Se contempla la construcción de canales de desvío de escorrentías superficiales (ocasionales) para evitar el ingreso de éstas al relleno sanitario.

e.4. Calidad y espesor de material de cobertura

En el relleno los residuos serán compactados y cubiertos diariamente con una capa de tierra de 15 cm de espesor como mínimo. Para el cubrimiento de los residuos se utilizará el material removido durante la preparación del terreno, el cual consiste principalmente en morrenas con alto contenido de arcillas y limos.

e.5. Sistema de monitoreo de la calidad del agua subterránea

En el área donde se ubicará el relleno sanitario el Proyecto dispondrá de un pozo de monitoreo (NEV-3) que permitirán controlar la calidad del agua subterránea.

e.6. Control y manejo de lixiviados o percolados

Debido a la pequeña envergadura del relleno sanitario (para una población de hasta 750 personas) y las condiciones climáticas del lugar, la generación de líquidos percolados será insignificante (los criterios de impermeabilización aplican para poblaciones mayores de 20.000 habitantes). La nieve caída en el período de invierno podrá ser removida de la superficie del relleno en la medida que se requiera para evitar su infiltración al iniciarse los deshielos. Por lo tanto no se considera de sistemas de control y manejo de los mismos, con excepción de pozos de monitoreo.

e.7. Plan de cierre

El cierre del relleno sanitario contempla el recubrimiento de la superficie con una capa de tierra compactada libre de bolones de piedra u otros materiales de un espesor mínimo de 60 cm. El recubrimiento se realizará de manera de evitar grietas y afloramiento de residuos. Se mantendrá el cierre perimetral para evitar el ingreso de personas y de animales.

f) Tratándose de almacenamiento de residuos, además de lo señalado en la letra a):

f.1. Características del recinto

f.2 Establecimiento de las formas de almacenamiento, tales como a granel o en contenedores

No aplica.

9.3.4 ART. 101 DEL REGLAMENTO DEL SEIA

PERMISO	**Permiso para la construcción de las obras a que se refiere el artículo 294 del D.F.L. Nº 1.222 de 1981, Ministerio de Justicia, Código de Aguas**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 106
	Sectorial de Referencia	Artículo 294 del Decreto con Fuerza de Ley Nº 1.122, Código de Aguas
AUTORIDAD	Dirección General de Aguas	

Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas, condiciones y antecedentes que permitan comprobar que la obra no producirá la contaminación de las aguas.

El permiso a que se refiere el artículo 101 del Reglamento del SEIA aplica a las piscinas del sistema de manejo y tratamiento de los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte, cuya capacidad conjunta será de 160.000 metros cúbicos.

Las condiciones que permiten comprobar que la obra no producirá la contaminación de las aguas son las siguientes:

- Las obras (piscinas) constituyen parte del sistema de manejo y tratamiento de los drenajes del depósito de estéril Nevada Norte, cuyo objetivo es justamente evitar la contaminación de las aguas del Río del Estrecho.

- Las piscinas estarán completamente revestidas con carpeta impermeable (tipo HDPE o similar) para evitar pérdidas por infiltración que pudieren contaminar las aguas.

- El sistema de piscinas estará gravitacionalmente conectado a la planta de tratamiento de drenajes para permitir que las aguas acumuladas pasen por un proceso de depuración antes de descargarse al cauce natural.

9.3.5 ART. 106 DEL REGLAMENTO DEL SEIA

PERMISO	**Permiso para las obras de regularización y defensa de cauces naturales**	
NORMA	Reglamento SEIA	Artículo 106
	Sectorial de Referencia	Artículo 171 del Decreto con Fuerza de Ley Nº 1.122, Código de Aguas
AUTORIDAD	Dirección General de Aguas	
Requisitos para su otorgamiento y contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento		

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas ambientales adecuadas, en consideración a:

a) La presentación de un croquis de ubicación general

El permiso se requiere para las obras hidráulicas que se habilitarán en el área del depósito de estéril Nevada Norte para el desvío de las quebradas que conforman las nacientes del río del Estrecho, de tal forma de evitar que estas aguas ingresen al depósito. Los cauces naturales (quebradas) serán interceptadas por dos canales de contorno (uno en el lado norte y otro en el lado sur del depósito) para conducir los flujos aguas abajo del depósito. En la Figura 3.1 se muestra el croquis de ubicación general de las obras señaladas.

b) La presentación de un plano de planta del sector modificado que comprenda, a lo menos, cien metros (100 m) antes y cien metros (100 m) después del sector modificado

En la Figura 3.2 se muestran en planta los cauces que serán desviados alrededor del depósito de estéril Nevada Norte para evitar el ingreso de aguas a esta obra.

c) La presentación de un perfil longitudinal de todo el tramo antes indicado

En la Figura 3.3 se muestra un perfil longitudinal representativo del sector en que se desviarán los cauces superficiales.

d) La presentación de un perfil transversal de la sección típica y de la sección crítica del cauce a modificar

Los cauces a modificar corresponden a pequeñas quebradas de alta cordillera, emplazadas en pendientes abruptas de terrenos rocosos. Confluyen en el sector de nacientes del río del Estrecho, en un relleno aluvial en que el cauce aún no se encuentra desarrollado (sección somera). Por tanto, las pequeñas secciones de cauce no permiten representarlas en perfiles transversales.

e) La presentación de un perfil transversal de la sección típica y de la sección crítica del cauce proyectado

En la Figura 3.4 se presentan las secciones transversales típicas de los canales que se considera habilitar en los lados norte y sur del depósito de estéril Nevada Norte.

f) La indicación de las obras de arte, si las hubiera, en el tramo a modificar

No se requieren obras de arte en los tramos a modificar. Las obras involucradas corresponden a canales perimetrales

g) La descripción de las obras proyectadas

En el depósito de estéril Nevada Norte los caudales principales serán interceptados y desviados mediante canales perimetrales para minimizar el contacto entre el agua y la roca estéril. Estos canales se ubicarán sobre los perímetros norte y sur del depósito, cruzando varias quebradas menores. Los canales serán excavados en roca de ladera. El canal norte se construirá al inicio del Proyecto, en tanto el canal sur se requiere para la fase final del Proyecto, con el propósito de desviar agua desde el sector sur del valle antes que se infiltre en el depósito. Durante el cierre, los canales interceptores perimetrales serán adaptados para funcionar como dren Francés (tuberías HDPE perforadas colocadas dentro de los canales y relleno de los canales con roca), de manera que no sean susceptibles a bloqueos de desprendimientos de materiales de ladera en el largo plazo. El canal norte conducirá las aguas desviadas hacia una quebrada ubicada aguas abajo del depósito de estéril, donde serán descargadas. El pie de esta quebrada se habilitará una obra (piscina) de sedimentación de sólidos. El cana sur descargará directamente en el río del Estrecho.

h) La presentación de la memoria técnica que contenga los cálculos hidráulicos necesarios, incluyendo, a lo menos, el cálculo de la capacidad máxima que posee el cauce sin la modificación y el cálculo de la capacidad máxima del cauce modificado

La modificación de cauce que requiere el Proyecto consiste en el desvío de pequeñas quebradas alrededor del depósito de estéril Nevada Norte, para evitar el ingreso de aguas a esta obra. Por tanto, en su condición modificada, estos cauces no conducirán aguas, al quedar bajo el área de emplazamiento del depósito. Los canales de desvío serán diseñados para conducir el flujo generado con un período de retorno de 100 años durante la operación (con caudales de diseño de 500 L/s para el canal perimetral norte, y 210 L/s para el canal perimetral sur), y de 1.000 años para el post cierre (el caudal de diseño para esta etapa se determinará a partir de los registros de caudales colectados durante la operación de cada canal perimetral). A partir de los puntos de devolución de aguas bajo el depósito, el cauce del río del Estrecho no será modificado, y mantendrá su actual capacidad de conducción de aguas.

BARRICK

FICHA RESUMEN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

FASE	ACCIONES	COMPONENTE	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	MEDIDAS DE MANEJO Y MITIGACIÓN / FORMA DE IMPLEMENTACIÓN	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	OPORTUNIDAD Y LUGAR DE APLICACIÓN	REFERENCIA PAGINA DEL EIA
Operación	Captación de agua supercial para consumo industrial	Hidrología	Reducción de caudal de aguas superficiales	Incorporar las regulaciones de los estatutos de la Junta de Vigilancia del Río Huasco como modalidad de captación de agua para el Proyecto.	Programa de medición mensual del caudal del río del Estrecho en el Punto NE-3,	Durante toda la vida útil del Proyetco, mientras se proceda a captar agua superficial en el punto NE-3.	7-2 y 7-3
				Limitar la captación de agua en la cuenca alta para así contribuir a mantener un caudal ecológico en el punto de medición NE-3. En caso que en este punto se muestre un flujo cercano al caudal ecológico, entonces el Proyecto limitará el caudal de captación a 31 l/s.	Programa de medición mensual del caudal del río del Estrecho en el Punto NE-3,	Durante toda la vida útil del Proyetco, mientras se proceda a captar agua superficial en el punto NE-3.	7-3 y 7-4

CAPITULO 10

PARTICIPACIÓN CIUDADANA

10.1 INTRODUCCIÓN

El propósito general de un Proceso de Participación Ciudadana es generar instancias de comunicación entre el titular del Proyecto y la comunidad, para posibilitar la entrega de información sobre el proyecto y sus implicancias ambientales, recoger las opiniones de la ciudadanía y responder las observaciones que sean formuladas por ella.

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) establece un mecanismo de participación ciudadana en relación con los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), que se inicia con la publicación de un extracto del EIA. A partir de ese momento la ciudadanía puede formular sus observaciones al proyecto. La CONAMA debe ponderar dichas observaciones en su evaluación del proyecto y notificar a las personas que hayan participado. Este mecanismo no tiene carácter restrictivo, y tanto el proponente como la autoridad pueden realizar otras actividades que promuevan la participación ciudadana antes y después de la presentación del EIA.

En las secciones siguientes se señalan las actividades que tiene previsto llevar a cabo CMN para facilitar la participación ciudadana en relación con el presente Proyecto, incluyendo las acciones exigidas por ley y las actividades complementarias que permitan la mayor participación posible.

10.2 MARCO LEGAL

La participación de la comunidad en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) está regulada en el párrafo 3º de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. En él se establece que corresponderá a las Comisiones Regionales y a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (según sea el caso) establecer los mecanismos que aseguren la participación informada de la comunidad organizada en la calificación de los Estudios de Impacto Ambiental (artículo 26).

De acuerdo a lo establecido en la ley (artículo 27), dentro de los diez días de presentado un EIA, CMN publicará en el Diario Oficial y en un diario de la capital de la III Región, o en su defecto en un diario de circulación nacional, un extracto visado por la autoridad, identificando a la Compañía, la localización del Proyecto, el alcance del proyecto, el monto de la inversión, y los principales efectos ambientales y medidas mitigadoras propuestas.

Las organizaciones ciudadanas con personalidad jurídica, por medio de sus representantes, y las personas naturales directamente afectadas, podrán imponerse del contenido del EIA y del tenor de los documentos acompañados (artículo 28). Ellas podrán formular observaciones por escrito al EIA ante el organismo competente, en un plazo de 60 días hábiles desde la última fecha de publicación del extracto. La Comisión ponderará en los fundamentos de su resolución estas observaciones, debiendo notificar a quien las hubiere formulado (artículo 29).

Por otra parte, el Reglamento del SEIA establece en el Titulo III, Letra k) del párrafo 1º, que los EIA incluirán, si corresponde, la descripción de las acciones realizadas previamente a la presentación del EIA en relación con consultas y/o encuentros con organizaciones ciudadanas o con personas naturales directamente afectadas, incluyendo los resultados obtenidos de dichas iniciativas. En este contexto CMN tiene previsto llevar a cabo las actividades que se señalan en la sección siguiente.

10.3 PLAN DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

CMN llevará a cabo un proceso de Participación Ciudadana en el marco de las Modificaciones del Proyecto Pascua-Lama, cuyo objetivo principal es establecer vínculos entre las comunidades del Valle del Huasco y la Compañía, para así facilitar la comunicación y interacción mutua.

El proceso de participación ciudadana para este Proyecto se llevará a cabo a partir del mes de noviembre de 2004, abarcando las localidades de Alto del Carmen y los valles de El Tránsito y San Félix. Las actividades que se llevarán a cabo en terreno comprenden:

- Trabajo "puerta a puerta" y pequeñas reuniones "espontáneas", incluyendo líderes locales;
- Asambleas o reuniones ampliadas en diversas localidades.

El trabajo "puerta a puerta" y las pequeñas reuniones se realizarán recorriendo los valles casa a casa. Se pretende visitar alrededor del 60% de las casas del valle, que suman en total del orden de 1400. En la medida que sea requerido espontáneamente por los habitantes del valle durante el trabajo "puerta a puerta", se realizarán reuniones con pequeños grupos de personas (vecinos, agrupaciones, centros de madres, etc.).

En la medida que se vayan completando las visitas puerta a puerta en cada sector, se realizarán asambleas o reuniones ampliadas. Se ha previsto la realización de cinco asambleas en los valles, y una en la ciudad de Vallenar al finalizar el proceso. En estas asambleas participarán representantes de CMN.

A la fecha de presentación de este EIA (Diciembre 2004), se han realizado las siguientes reuniones:

- en la localidad de Crucecita, a la que asistieron 80 personas representando el Valle del Río del Carmen entre Alto del Carmen y La Majada, y
- en la localidad de San Félix a la que asistieron 120 personas representando el valle entre San Félix y El Corral.

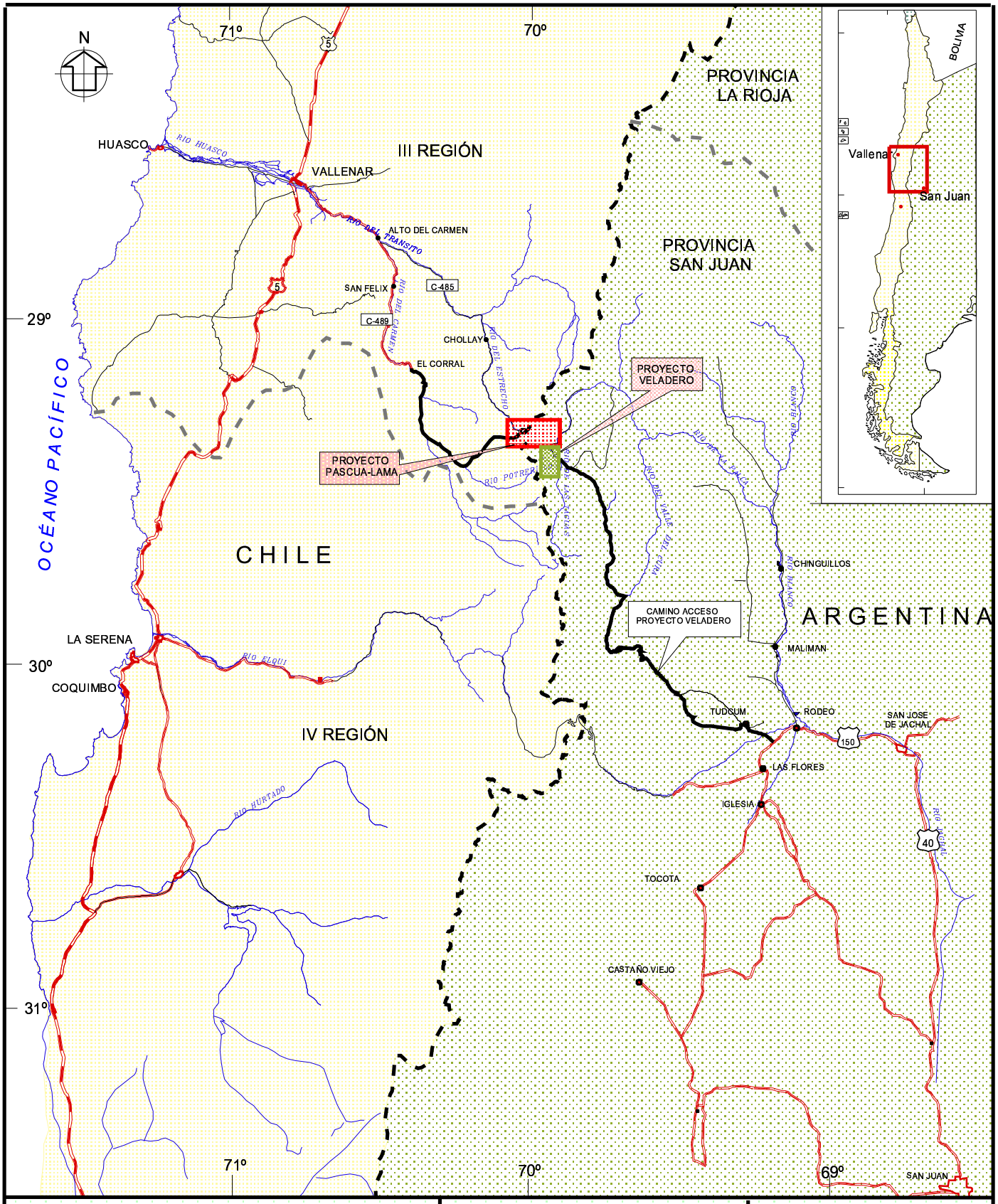
Los temas de interés de la comunidad planteados en estas reuniones son, básicamente, los siguientes:

- efecto del tránsito de camiones,
- riesgos asociados a la actividad de transporte, incluyendo accidentes que podrían contaminar el agua,
- deterioro de la calidad de las aguas debido a la actividad minera,
- reducción del caudal de los ríos debido al aprovechamiento de derechos de agua de CMN y por intervención de glaciares,
- oportunidades de empleo, y
- cambios en el estilo de vida.

Una vez terminado el trabajo "puerta a puerta" y las asambleas, se considera instalar un puesto o "stand" informativo en Alto del Carmen, y eventualmente en San Félix y El Tránsito, a fin de continuar la entrega de información sobre el Proyecto a las personas que lo requieran.

El proceso quedará documentado y la información reunida se pondrá a disposición de la autoridad.

Por otra parte, CMN manifiesta su mayor interés en participar en las instancias que defina la CONAMA III Región para interactuar con la comunidad durante el período de evaluación del Proyecto en el SEIA.



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Límite Internacional
- Limite Regional
- Caminos Pavimentados
- Caminos de Tierra
- Cursos de agua principales
- Ciudades
- Localidades
- Area de Proyecto

LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO PASCUA - LAMA

FIGURA 1

10.000 m 0 10 20 30 40 Km

1: 1.750.000

Coordenadas Geograficas

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

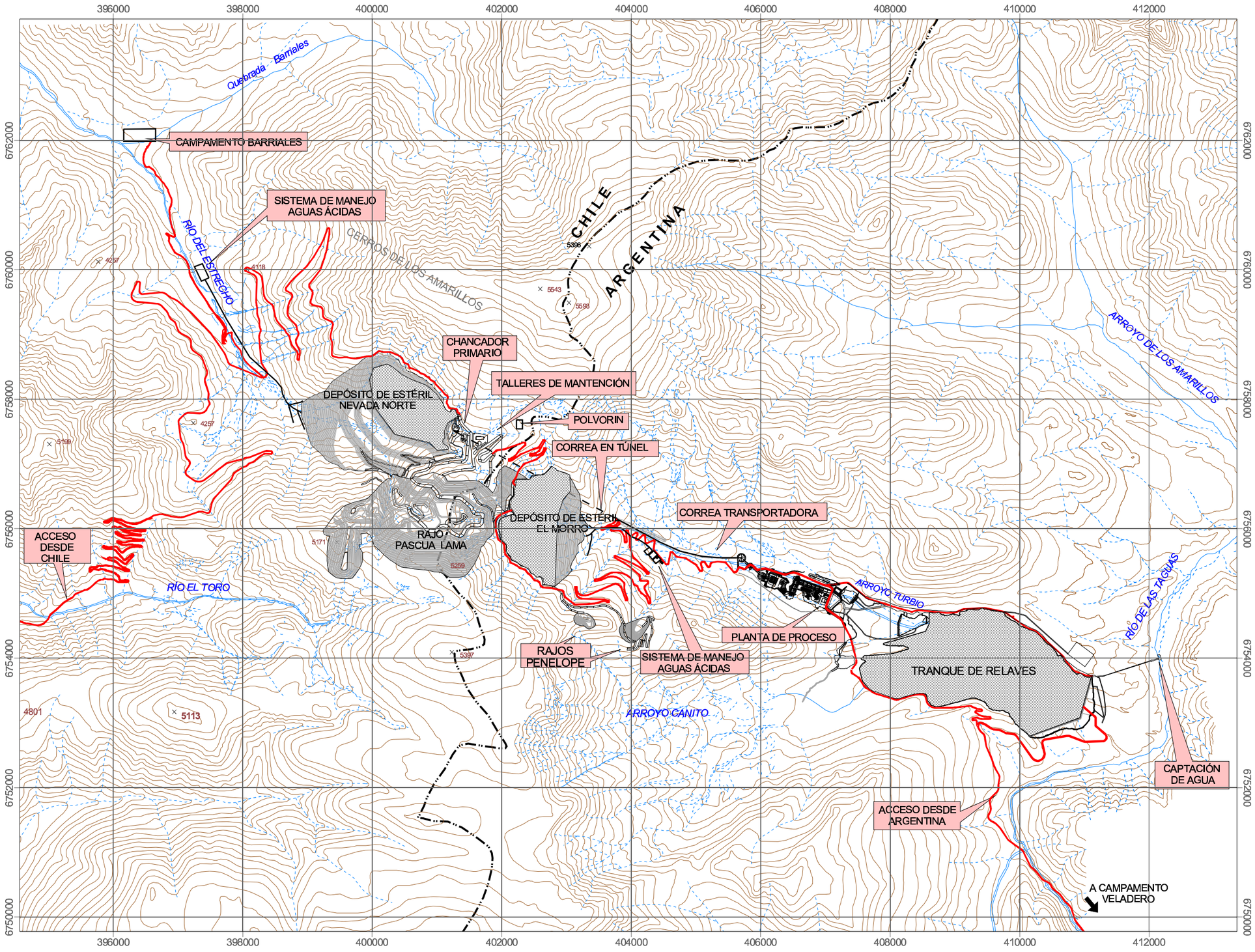
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : M. Quiroz

Dibujo : J. Moraga Fecha : Nov. 2004

2741/ Especialidad/ Apr/ Resumen/ figura1.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

1000 m 0 1 2 3 Km

1:60.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

DISPOSICIÓN GENERAL DE OBRAS
PROYECTO ACTUALIZADO

FIGURA 2

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

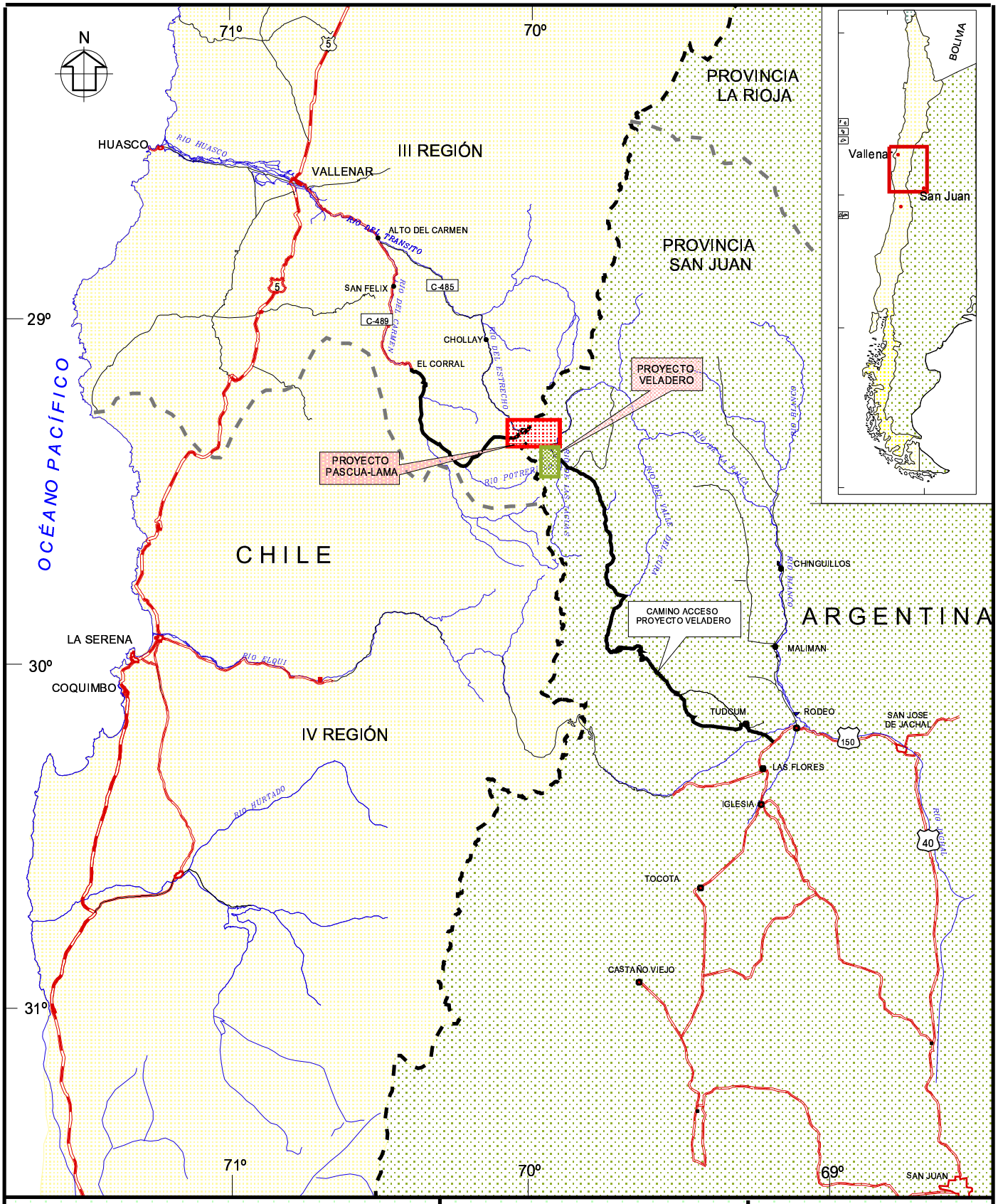
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Apr/Resumen/figura2.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Límite Internacional
- Limite Regional
- Caminos Pavimentados
- Caminos de Tierra
- Cursos de agua principales
- Ciudades
- Localidades
- Area de Proyecto

LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO PASCUA - LAMA

FIGURA 1.1

10.000 m 0 10 20 30 40 Km

1: 1.750.000

Coordenadas Geograficas

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

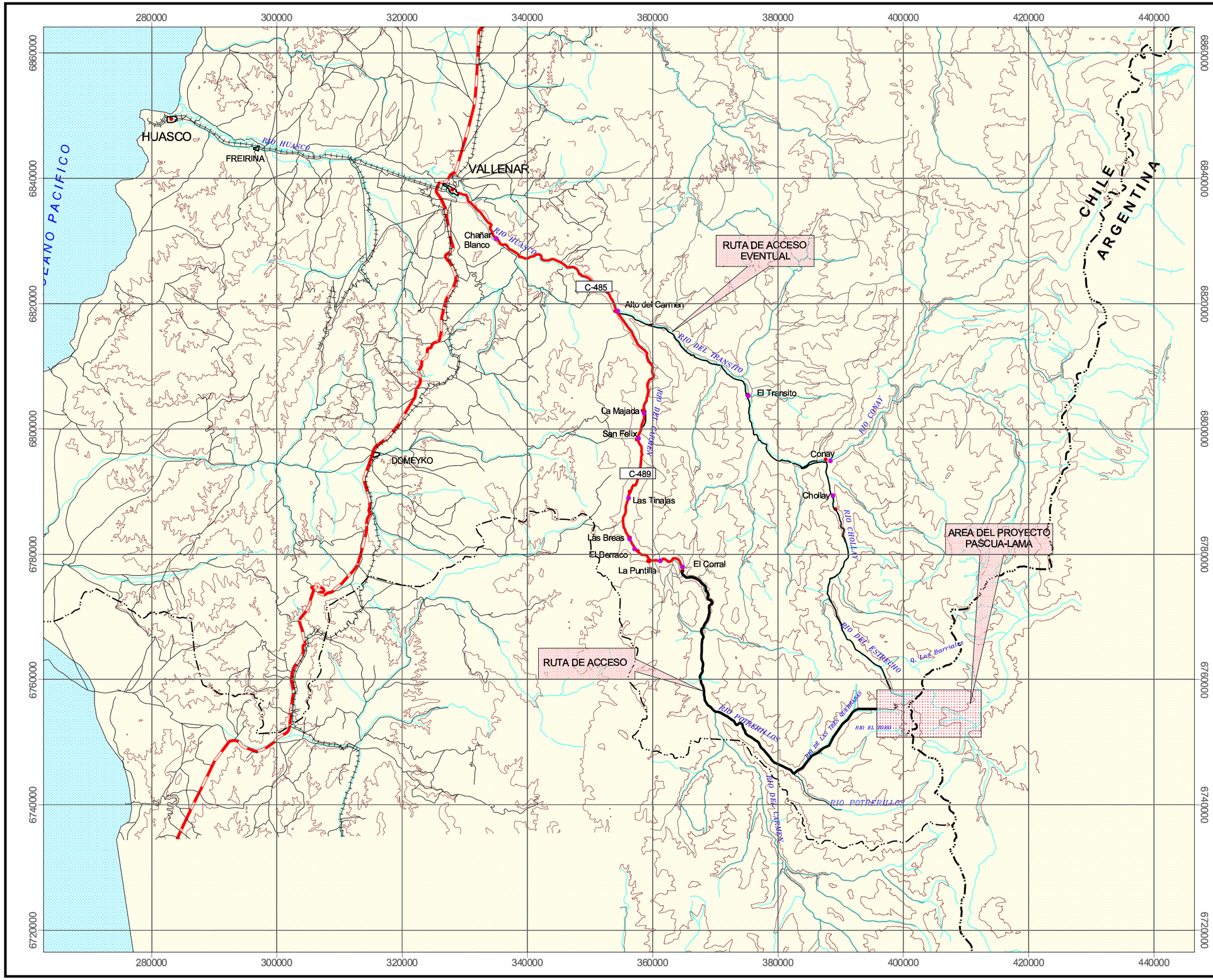
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : M. Quiroz

Dibujo : J. Moraga Fecha : Nov. 2004

2741/ Especialidad/ Apr/ Cap1/ figura11.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua
- Límite Regional
- Límite Internacional
- Área de Proyecto

LEYENDA TEMÁTICA

- Ruta 5
- Camino Pavimentado
- Ruta de acceso al Proyecto
- Camino de tierra
- Ferrocarril
- Localidades

20 Km 0 20 Km

1: 600.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

UBICACIÓN DEL PROYECTO
ESCALA REGIONAL

FIGURA 1.2

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

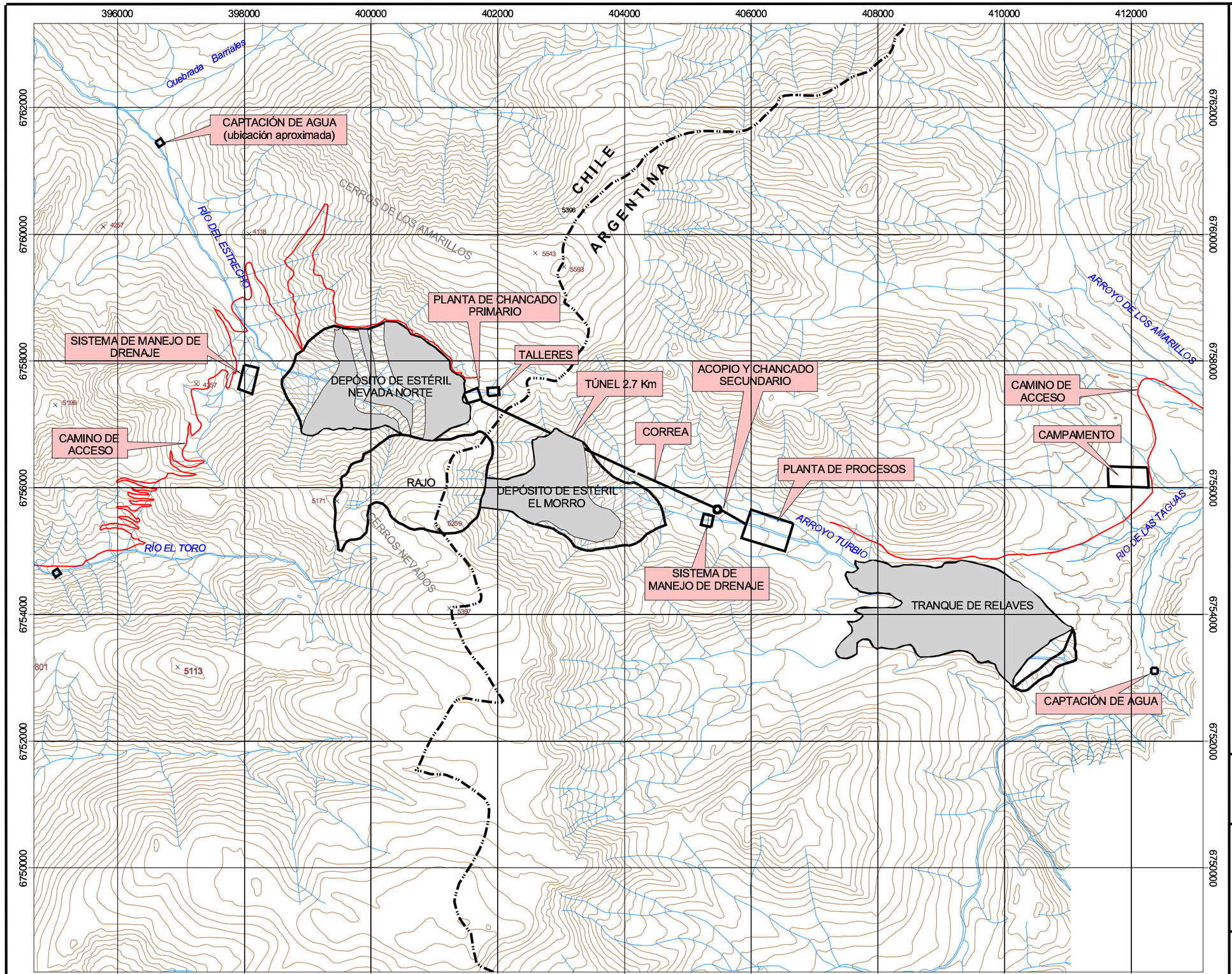
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : M.Quiroz
Dibujo : J.Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/SIG/Apr/Cap1/Figura12.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

1000 m 0 1 2 3 Km

1:60.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

LAYOUT PROYECTO ORIGINAL
EN SU ETAPA DE OPERACIÓN FINAL

FIGURA 1.3

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

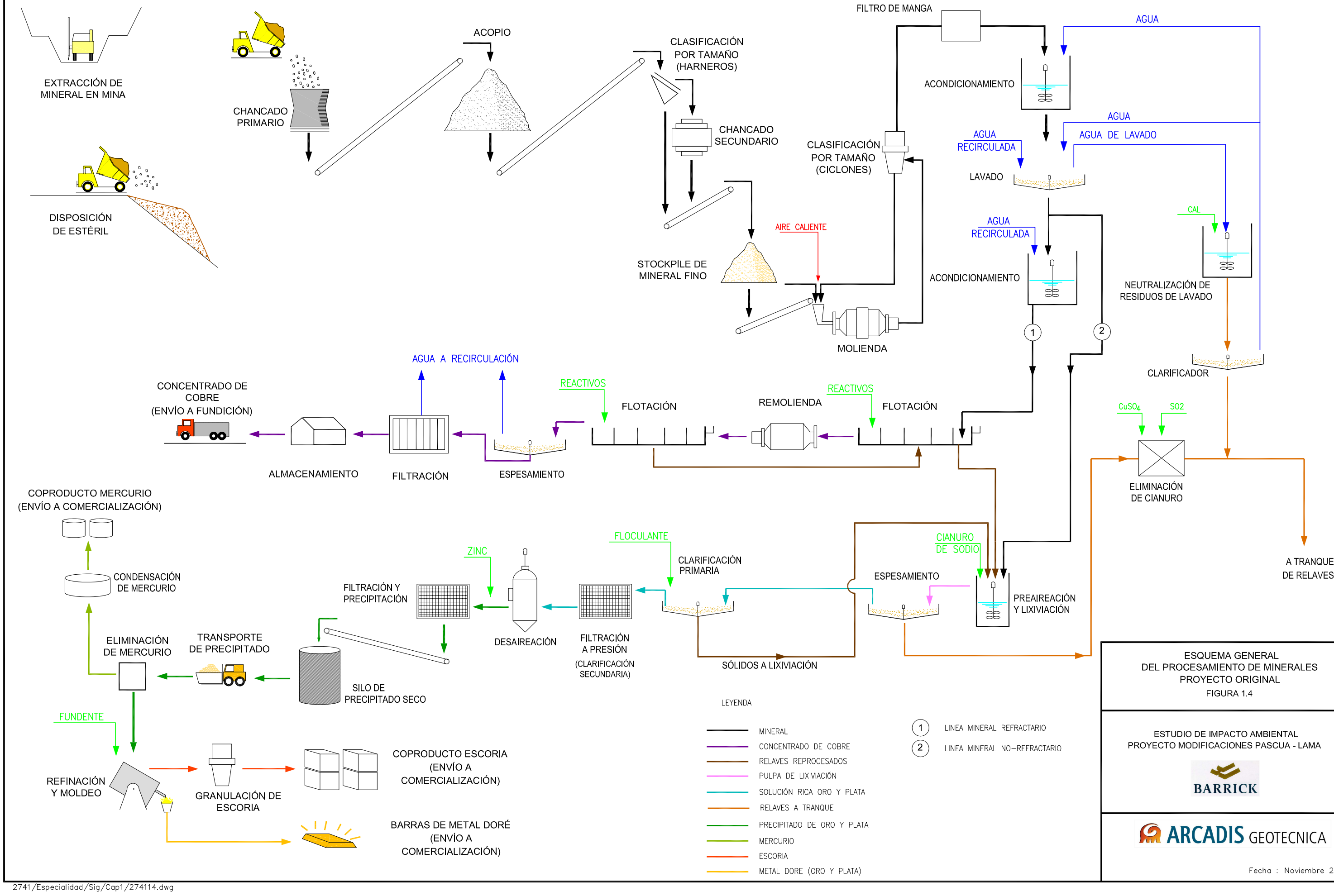
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Cap1/Figura13.apr



ESQUEMA GENERAL
DEL PROCESAMIENTO DE MINERALES
PROYECTO ORIGINAL
FIGURA 1.4

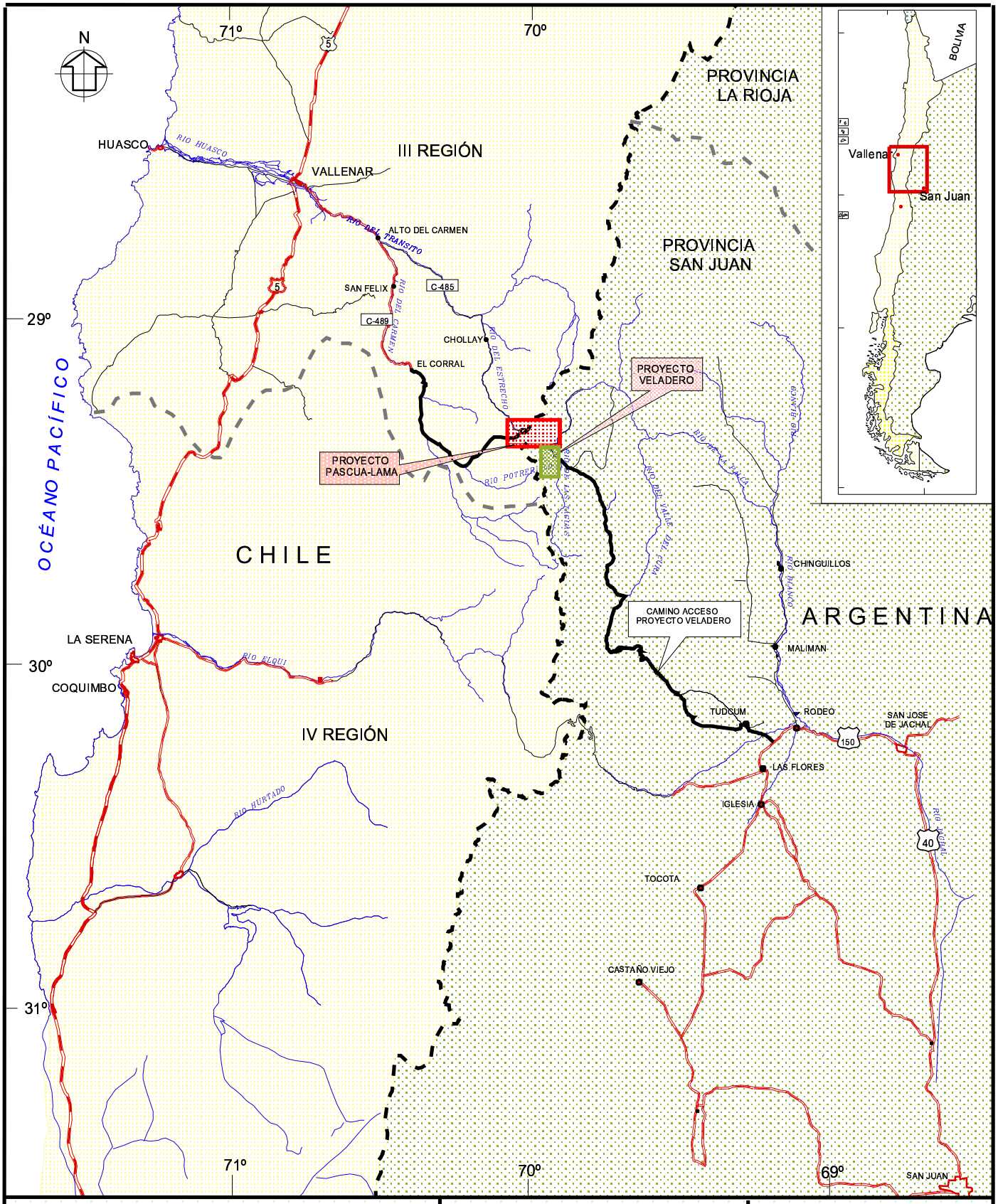
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

BARRICK

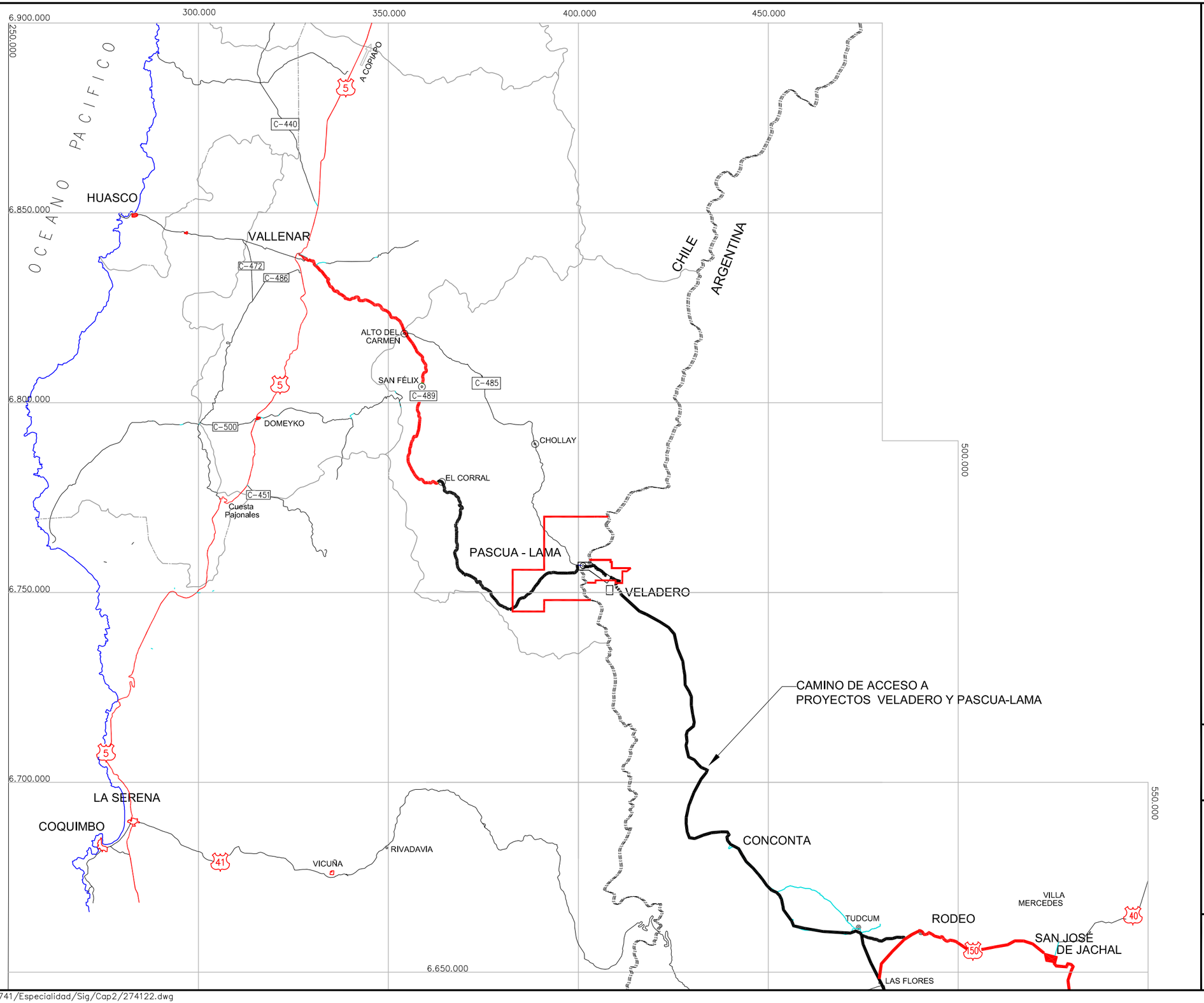
ARCADIS GEOTECNICA

Fecha : Noviembre 2004

2741/Especialidad/Sig/Cap1/274114.dwg



2741/ Especialidad/ Apr/ Cap1/ figura21.apr



LEYENDA

- AREA DE OPERACIONES DEL PROTOCOLO
- LIMITE COMUNAL
- CAMINO PAVIMENTADO
- CAMINO DE TIERRA

25000 m 0 25 Km

ESCALA: 1: 1.000.000

CAMINOS DE ACCESOS
PROYECTO PASCUA-LAMA
FIGURA 2.2

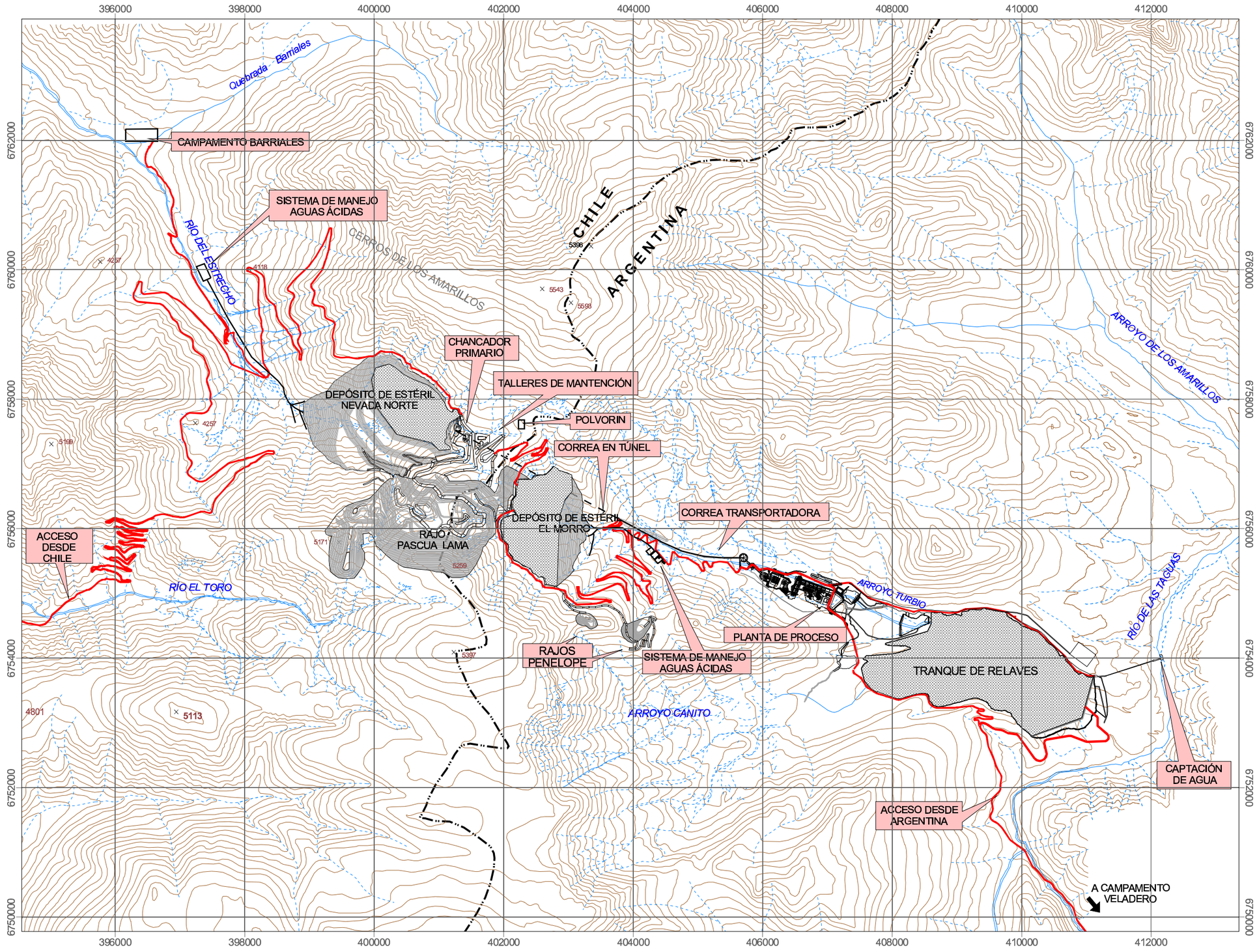
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Dibujo: J. Moraga Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Sig/Cap2/274122.dwg



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

1000 m 0 1 2 3 Km

1:60.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

DISPOSICIÓN GENERAL DE OBRAS
PROYECTO ACTUALIZADO

FIGURA 2.3

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

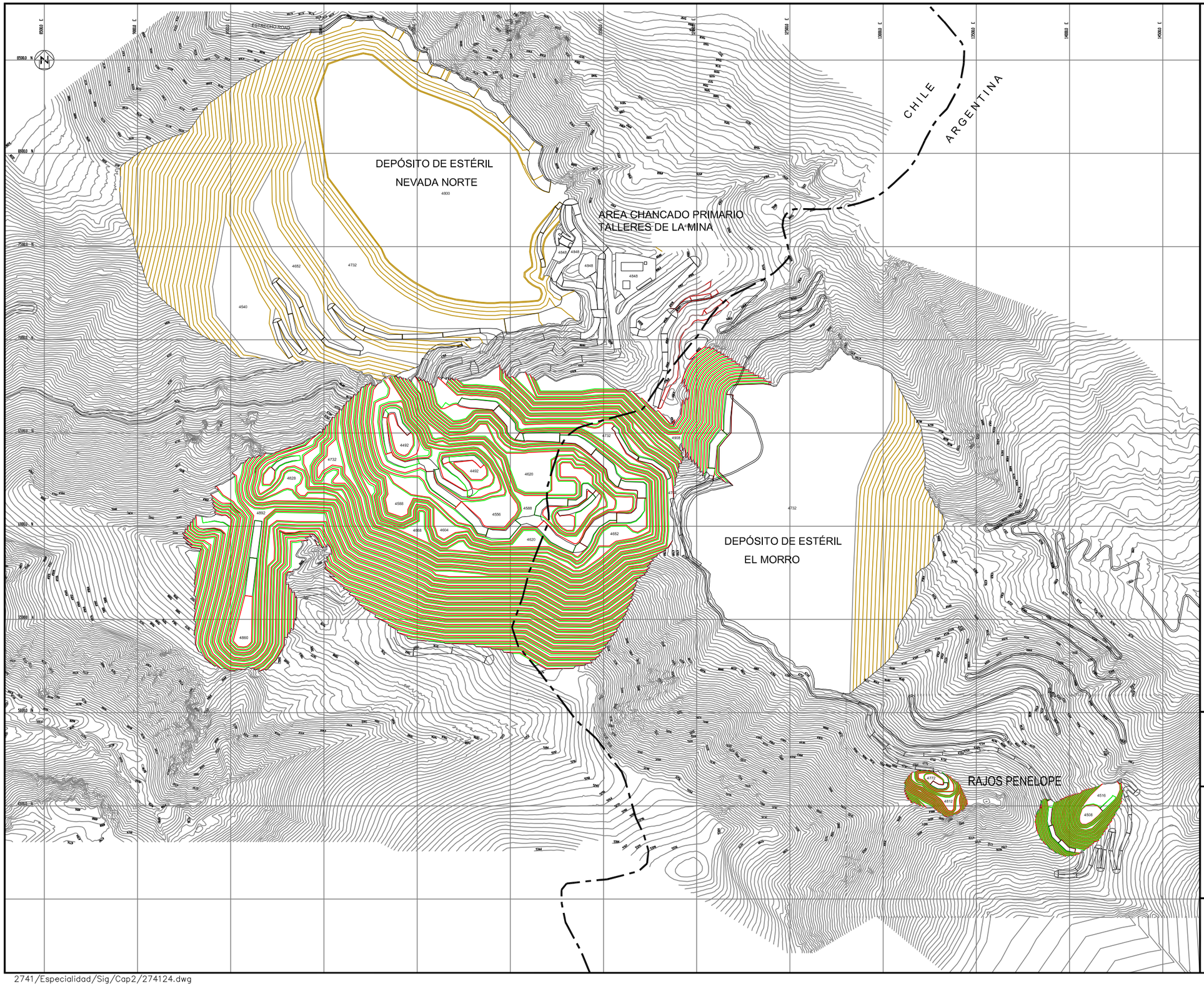
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Apr/Cap2/figura23.apr



500 m 0 500 m

ESCALA: 1: 20.000

DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RAJOS Y
DEPÓSITOS DE ESTÉRILES
PROYECTO ACTUALIZADO
FIGURA 2.4

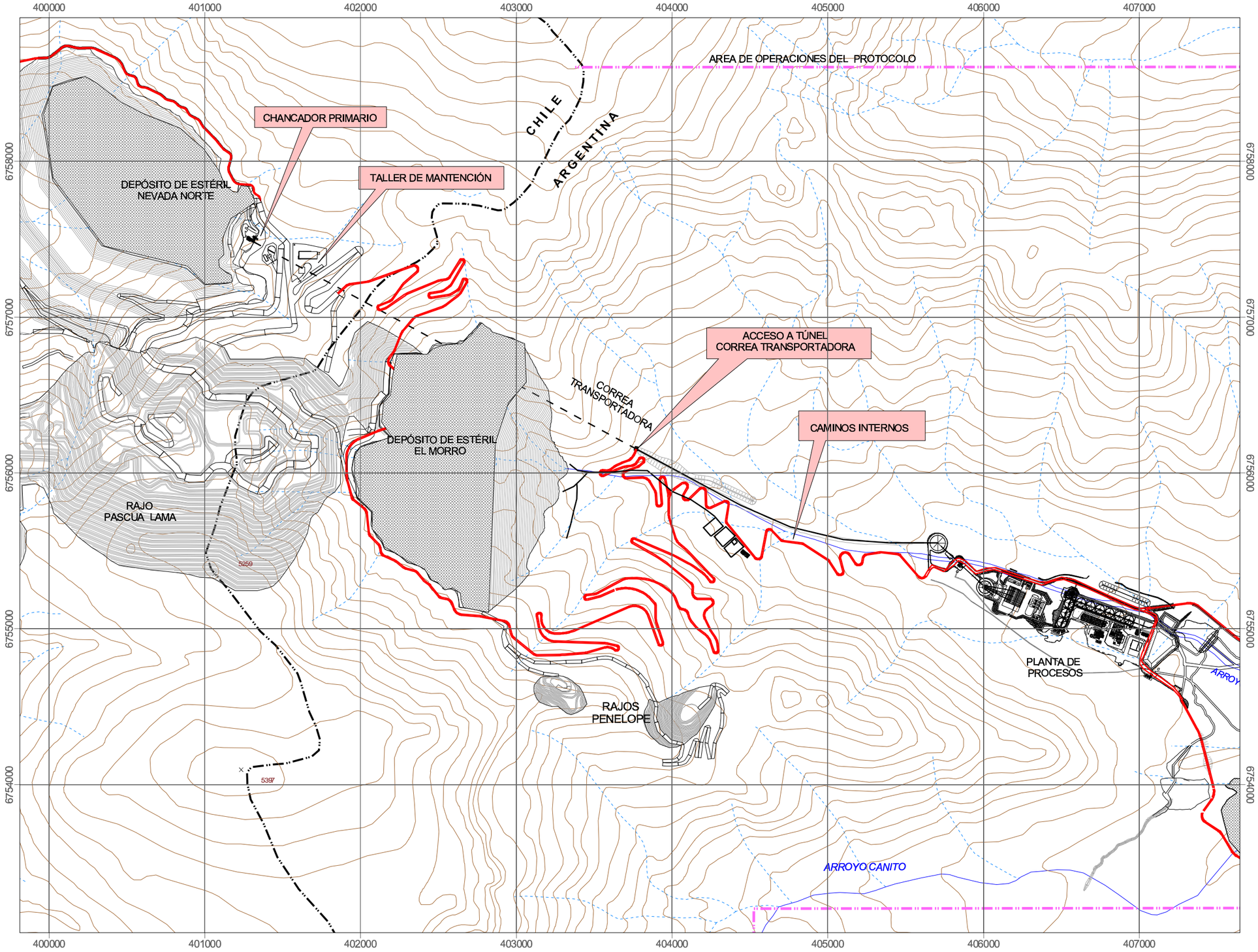
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Dibujo: J. Moraga Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Sig/Cap2/274124.dwg



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

500 m 0 500 1000 m

1:25000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

CAMINOS INTERNOS
PROYECTO ACTUALIZADO

FIGURA 2.5

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

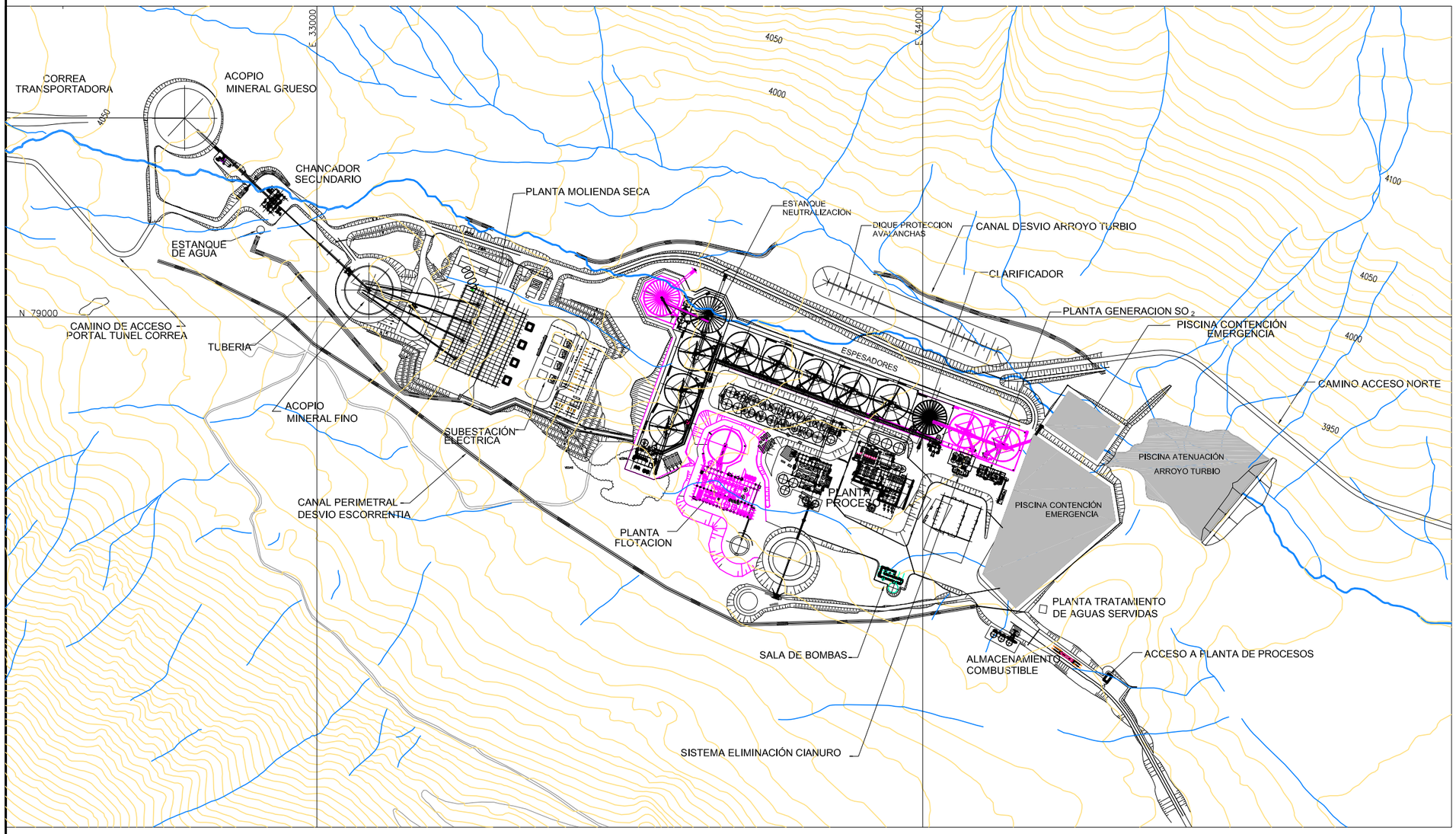
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Apr/Cap2/figura25.apr



SIMBOLOGIA

- INSTALACIONES FASE I : 33.000 TPD
- INSTALACIONES FASE II: 44.000 TPD

200 m 0 200

ESCALA 1:7.500

N

PLANTA DE PROCESO
PROYECTO ACTUALIZADO

FIGURA 2.6

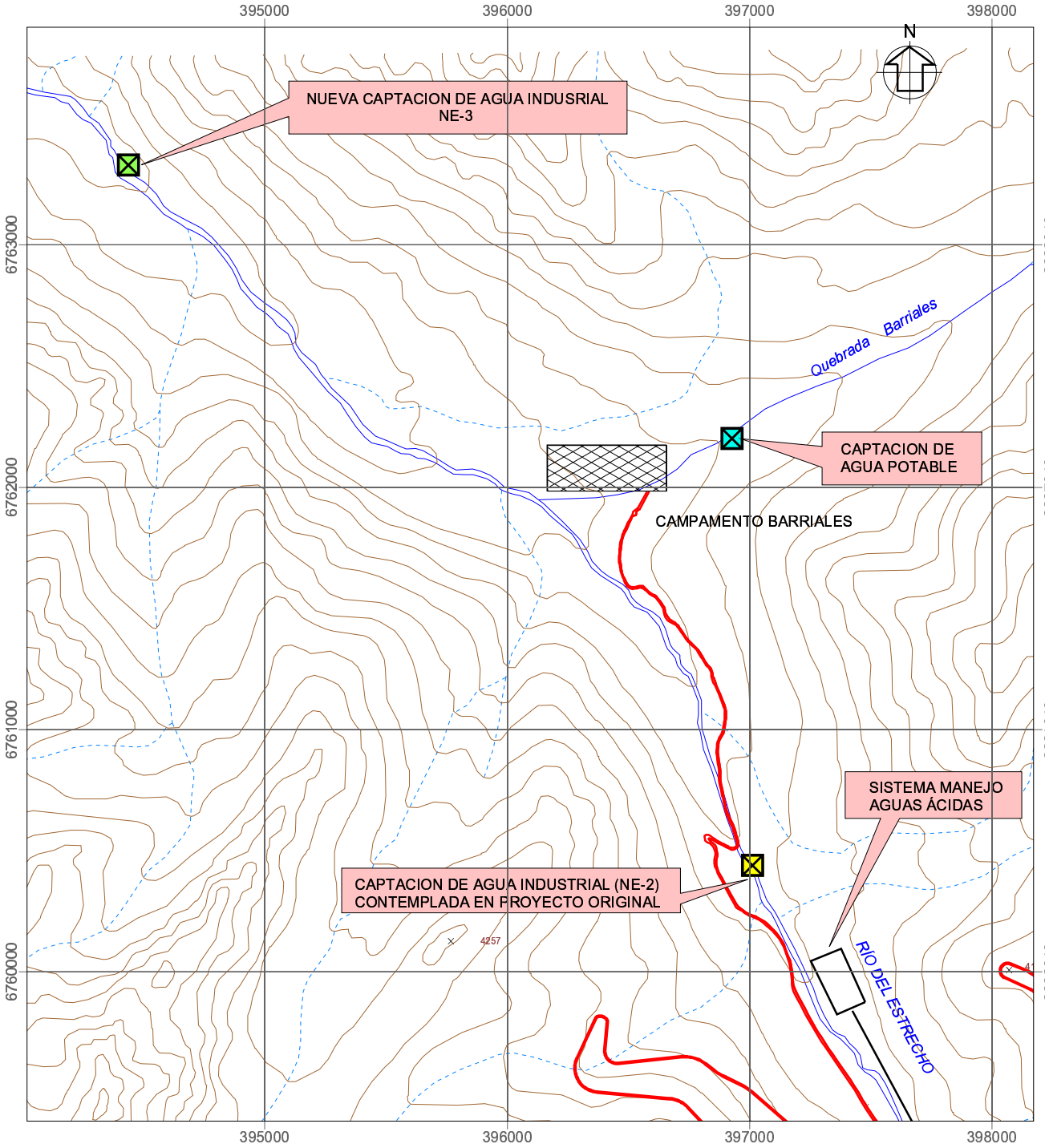
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Dibujo: J. Moraga Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Sig/Cap2/274126.dwg



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua principales
- Quebradas intermitentes
- Caminos

UBICACIONES APROXIMADAS
PUNTOS DE CAPTACIÓN DE AGUA
PROYECTO PASCUA - LAMA

FIGURA 2.7

500 m 0 500 m

1:25000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

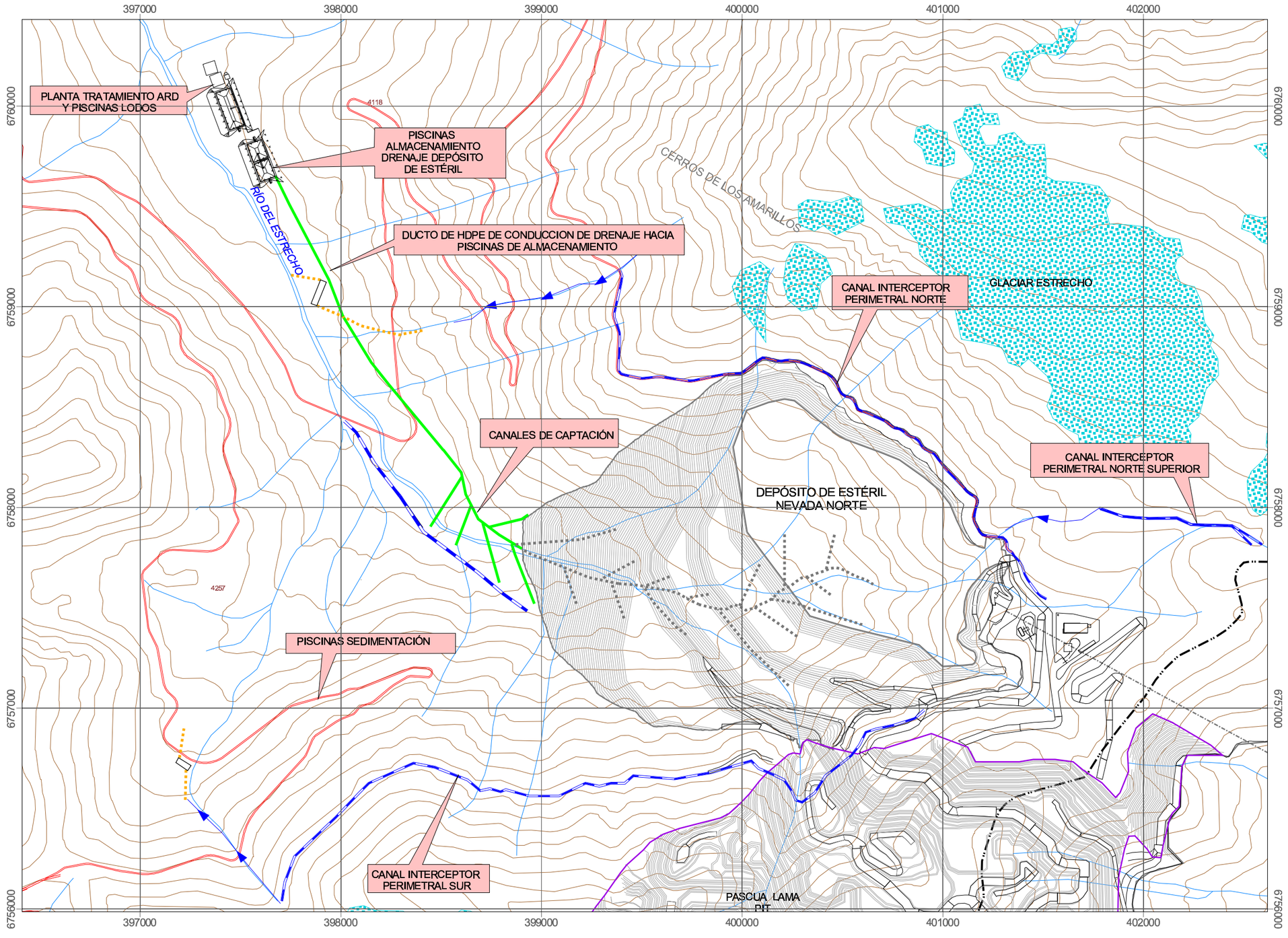
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO
MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : M. Quiroz
Dibujo : J. Moraga Fecha : Nov. 2004

2741/ Especialidad/ Sig/ Apr/ Cap2/figure27.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

500 m 0 500 m

1:20000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

SISTEMA DE MANEJO DE DRENAJE
DEPÓSITO DE ESTÉRIL NEVADA NORTE
PROYECTO ACTUALIZADO

FIGURA 2.8

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

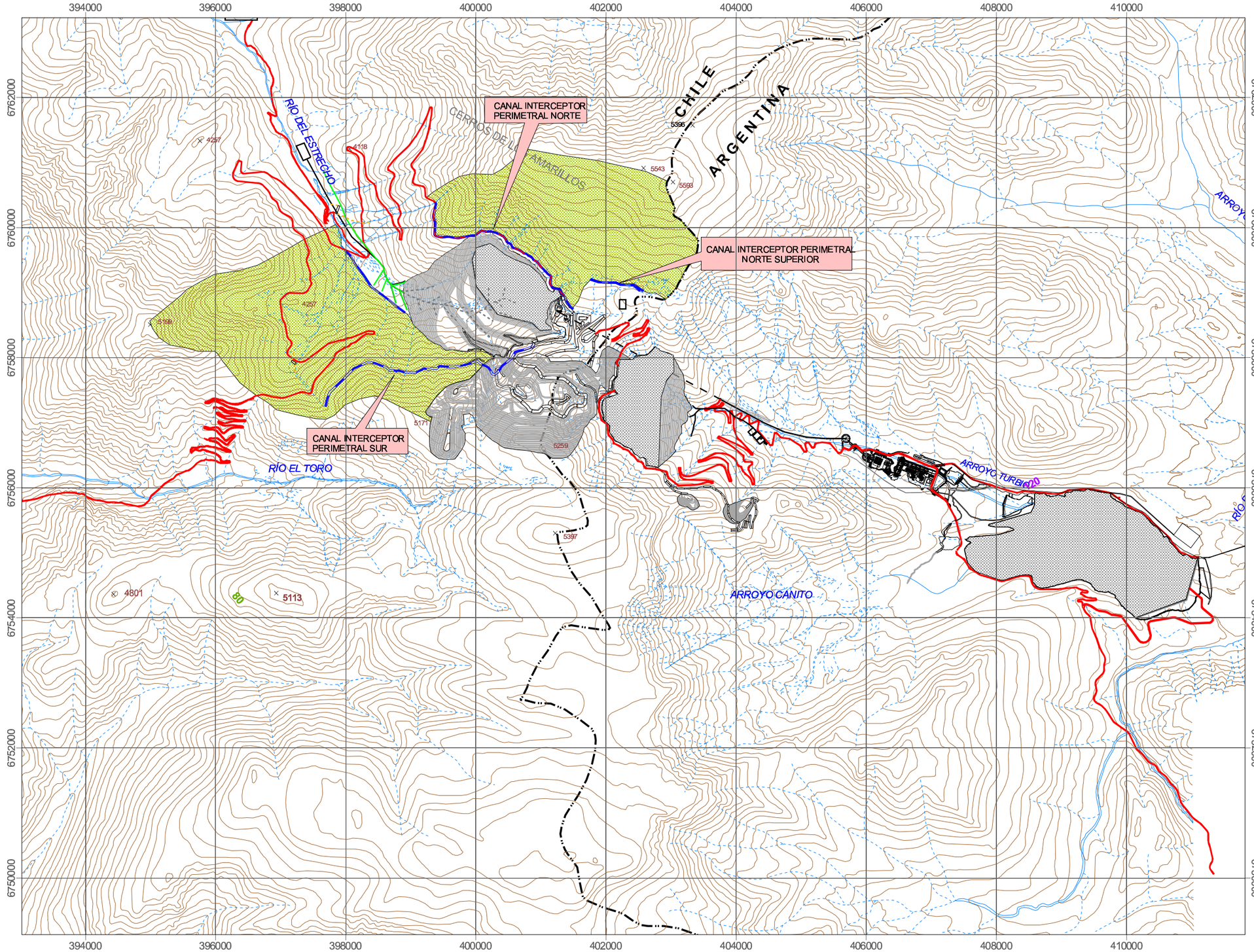
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov, 2004

2741/Especialidad/Sig/Apr/Cap2/Figura28.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

- Area aportante al sistema de canales perimetrales

1000 m 0 1 2 3 Km

1:60.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

CROQUIS DE UBICACIÓN GENERAL
DE OBRAS DE DESVIO DE ESCORRENTIA

FIGURA 3.1

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

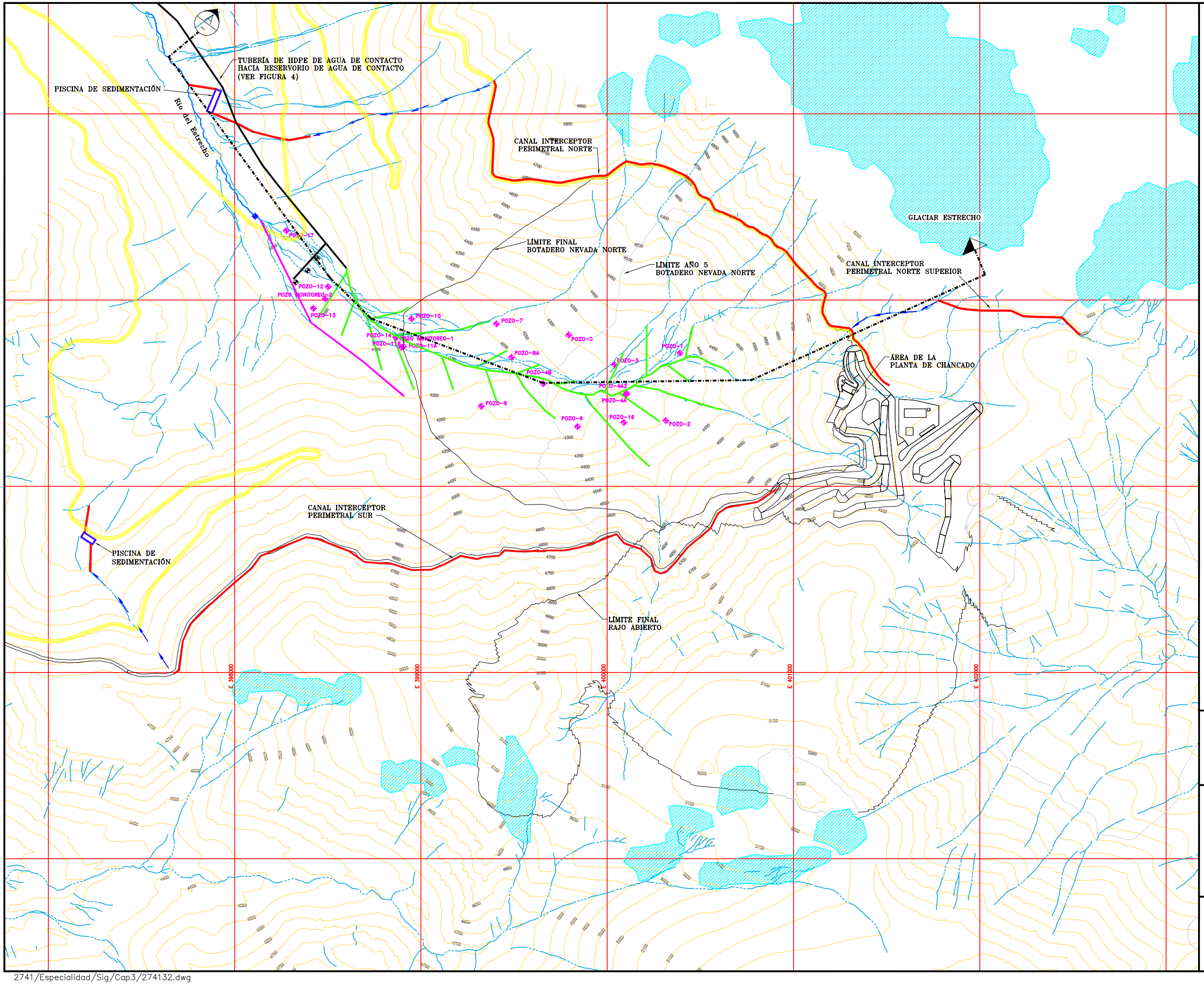
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Apr/Cap6/figura31.apr



500 m 0 500 m

ESCALA: 1: 20.000

SISTEMA DE MANEJO DE AGUAS PARA LAS OPERACIONES FINALES PARA EL BOTADERO NEVADA NORTE

FIGURA 3.2

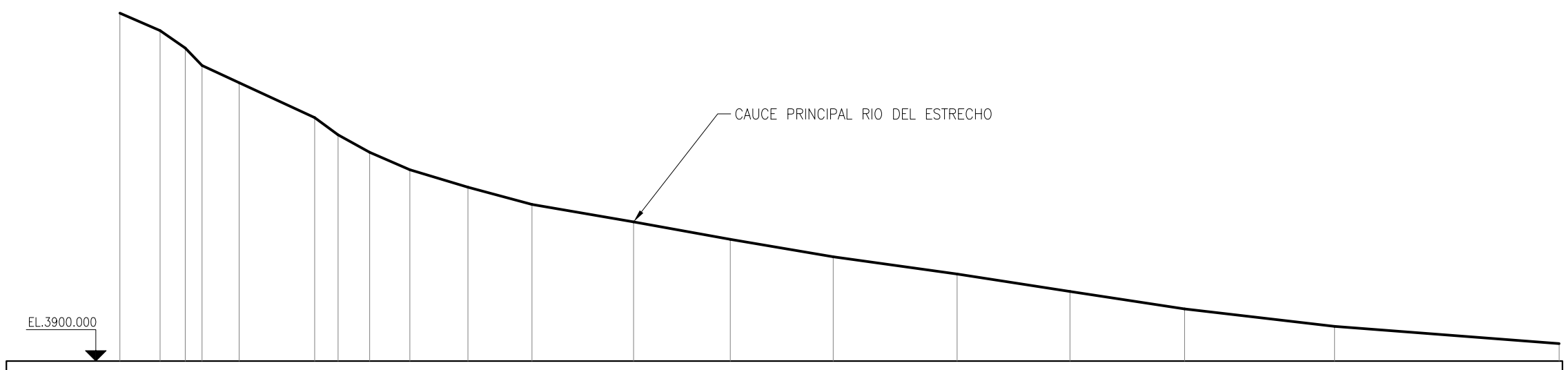
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

BARRICK

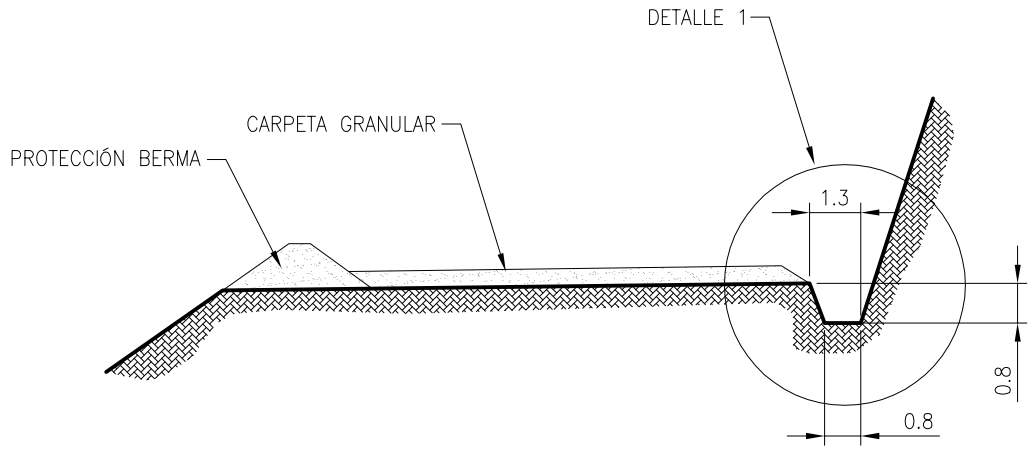
ARCADIS GEOTECNICA

Dibujo: J. Moraga Fecha : Nov. 2004

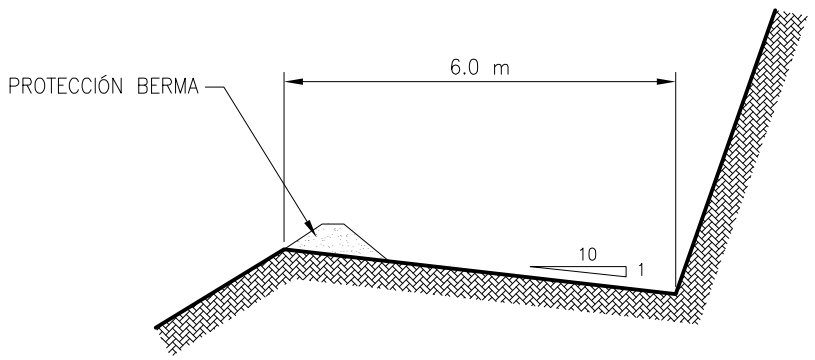
2741/Especialidad/Sig/Cap3/274132.dwg


CAUCE PRINCIPAL RIO DEL ESTRECHO
EL.3900.000

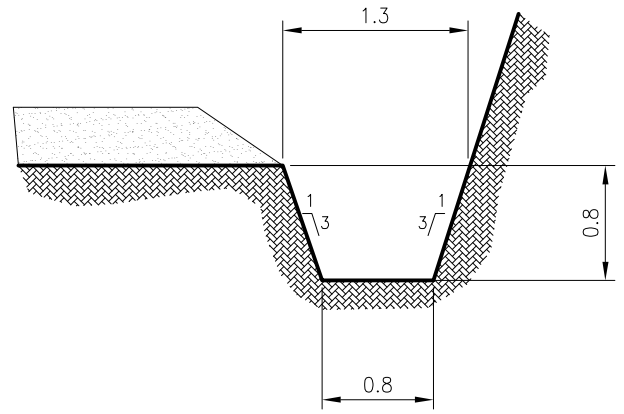
| | | |



SECCION CANAL INTERCEPTOR PERIMETRAL NORTE Y SUR



SECCION CANAL INTERCEPTOR PERIMETRAL NORTE SUPERIOR



DETALLE 1

PERFIL TRANSVERSAL DE LA SECCION
TIPICA DE LOS CANALES
FIGURA 3.4

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

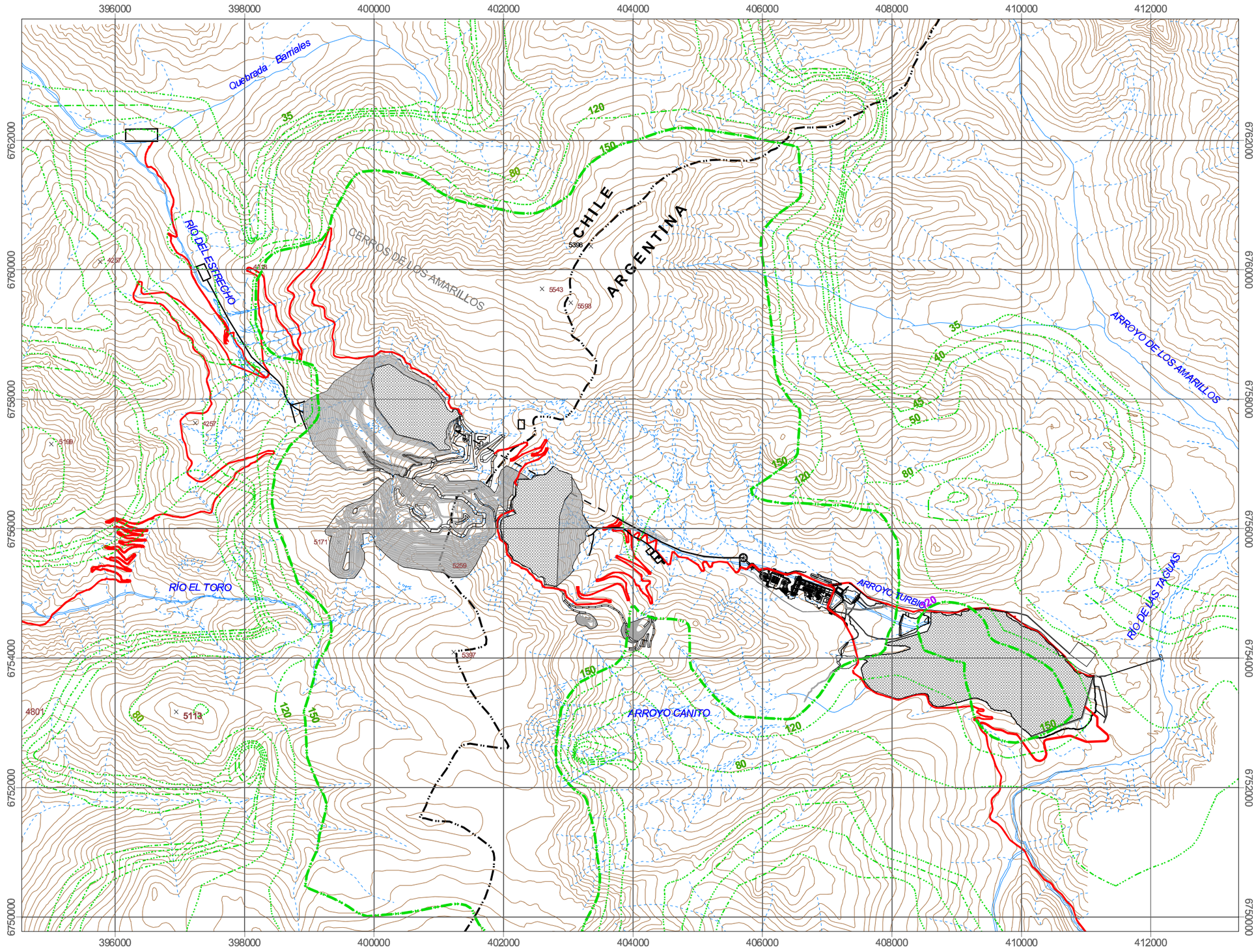
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Dibujo: J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Sig/Cap3/274134.dwg



2741/Especialidad/Apr/Cap6/figura61.apr

LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

Isolíneas de concentración en 24 horas de MP-10

Norma primaria de calidad para MP-10 150 µg/Nm3 concentración en 24 hrs, según D.S. Nº 59/1998

1000 m 0 1 2 3 Km

1:60.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

MP-10 EN 24 HORAS ETAPA OPERACIÓN

FIGURA 6.1

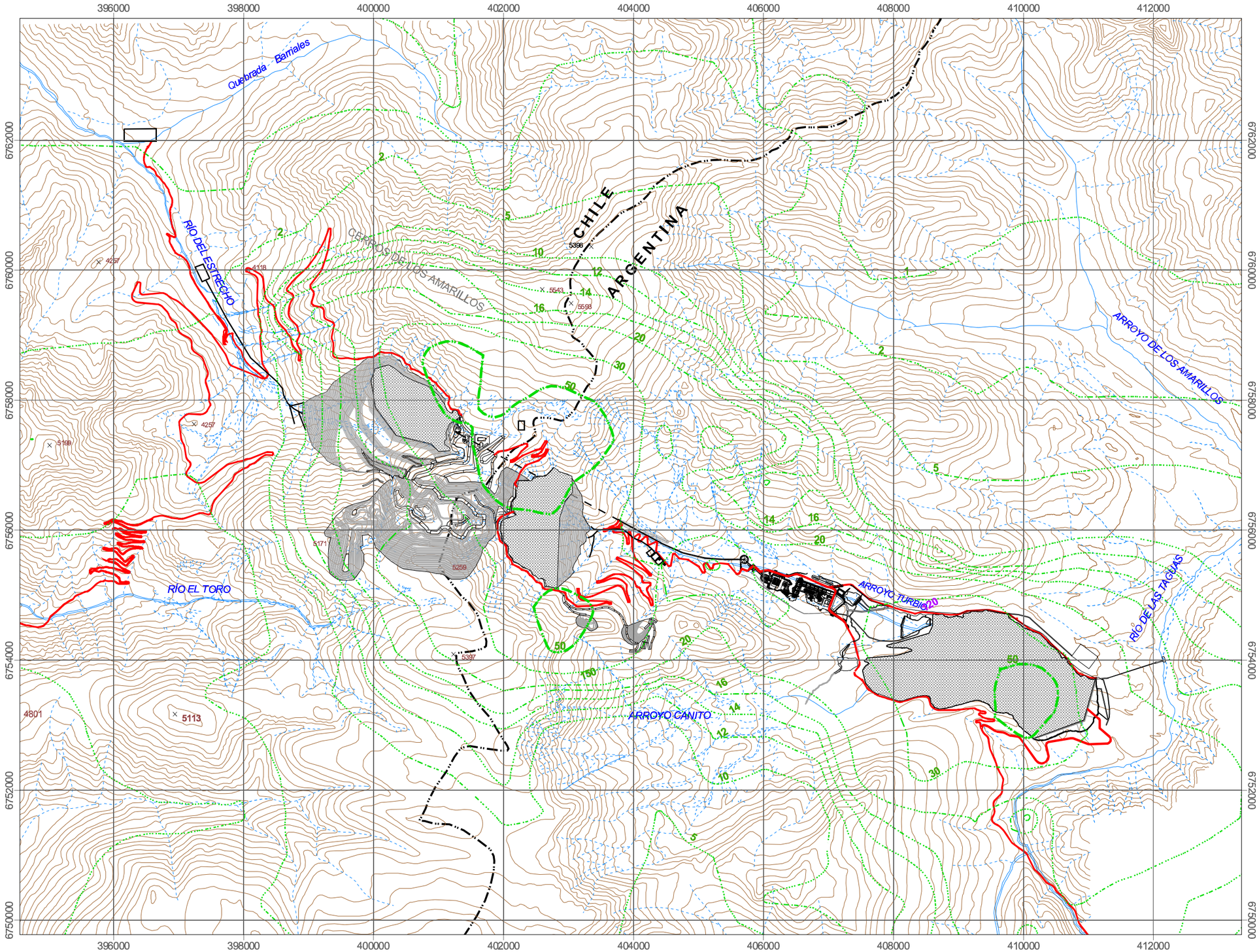
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

- Isolíneas de concentración anual de MP-10

Norma primaria de calidad para MP-10
50 µg/Nm3 concentración anual
según D.S. Nº 59/1998

1000 m 0 1 2 3 Km

1:60.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

MP-10 ANUAL EN ETAPA DE OPERACIÓN

FIGURA 6.2

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

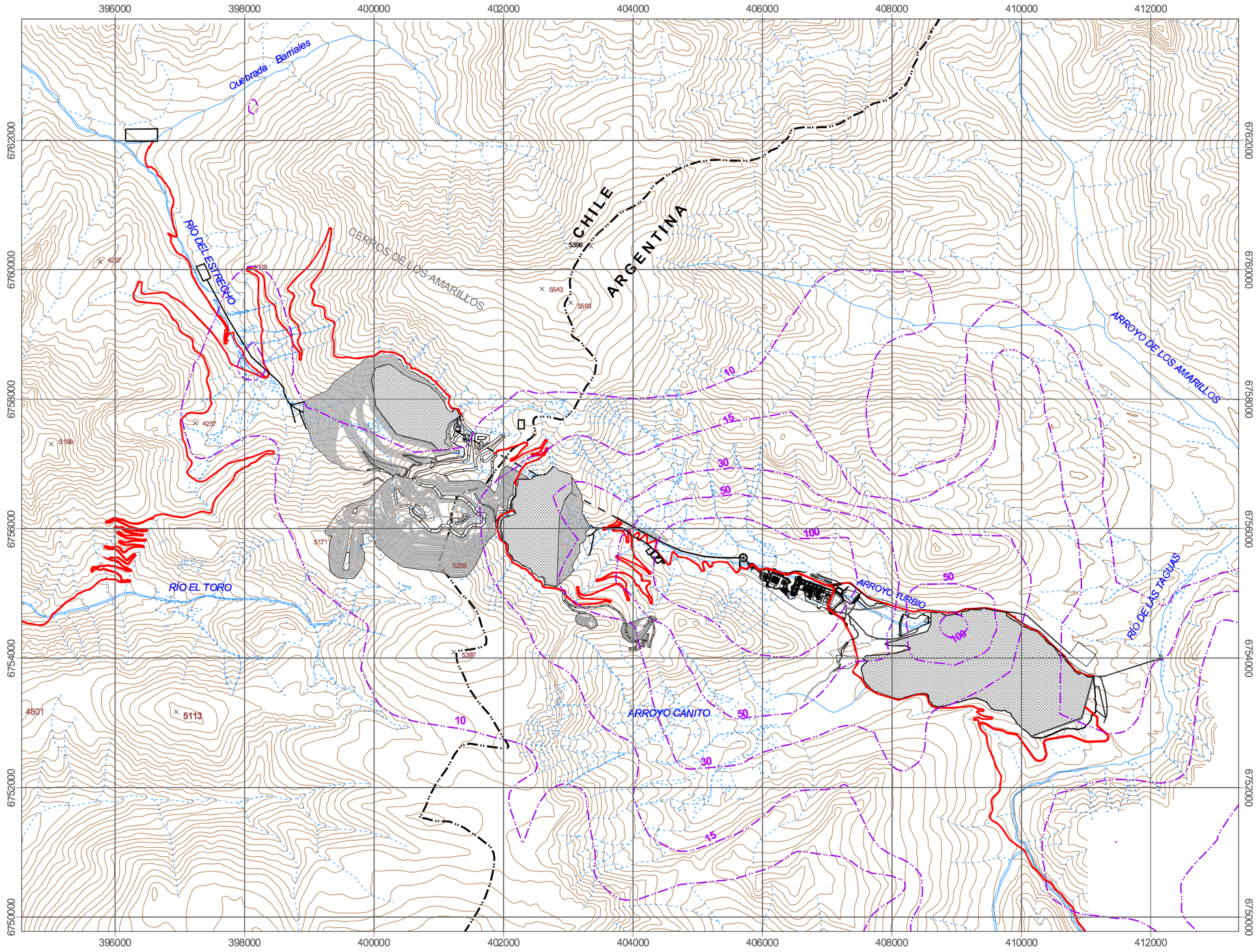
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Apr/Cap6/figura62.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

Isolíneas de concentración en 24 horas de SO_2

Norma primaria de calidad para SO_2 250 µg/Nm3 concentración en 24 hrs según D.S. Nº 113/2003

1000 m 0 1 2 3 Km

1:60.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

SO_2 EN 24 HORAS ETAPA OPERACIÓN

FIGURA 6.3

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

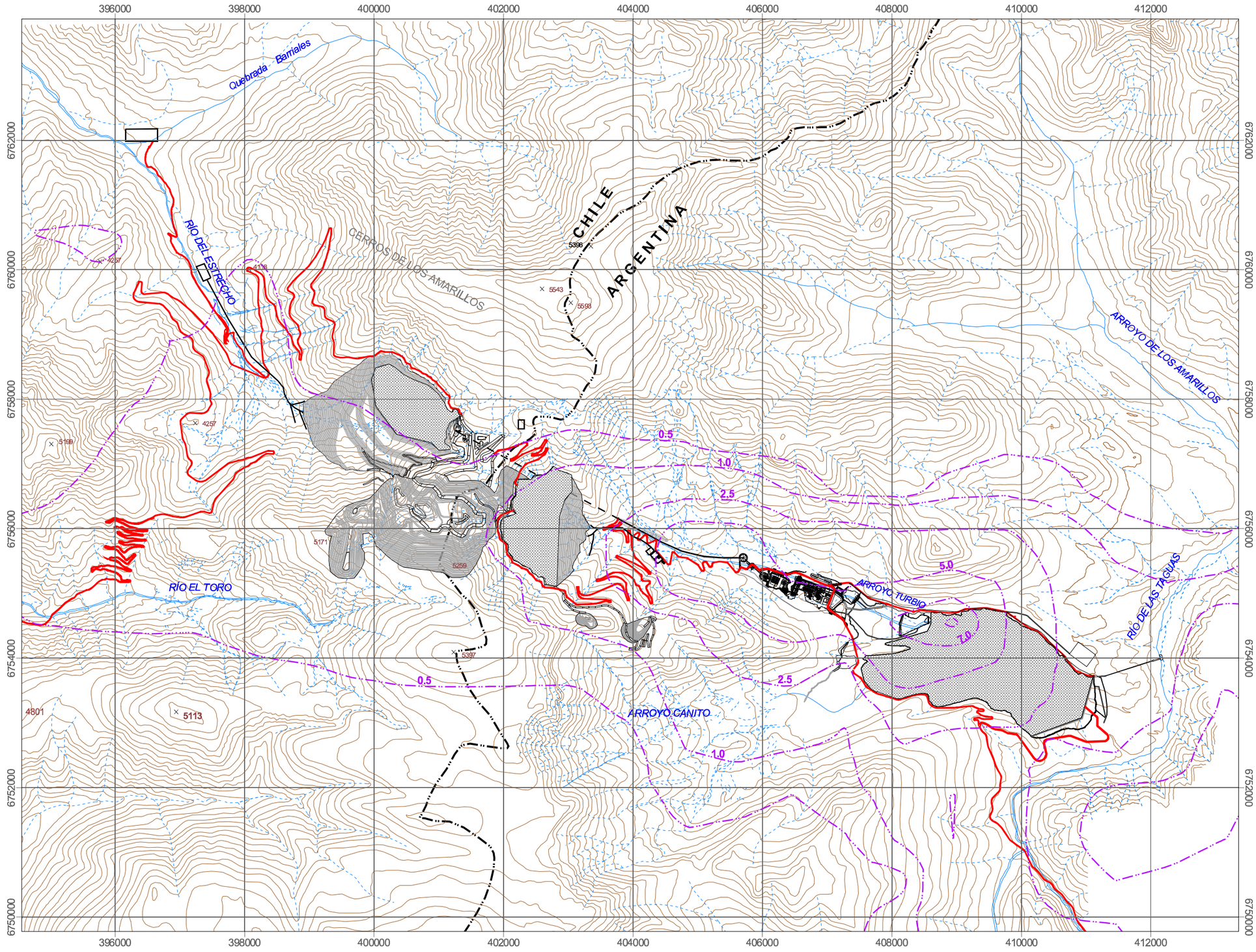
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Apr/Cap6/figura63.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

Isolíneas de concentración anual de SO_2

Norma primaria de calidad para SO_2 80 µg/Nm3 concentración anual según D.S. Nº 113/2003

1000 m 0 1 2 3 Km

1:60.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

SO_2 ANUAL ETAPA OPERACIÓN

FIGURA 6.4

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

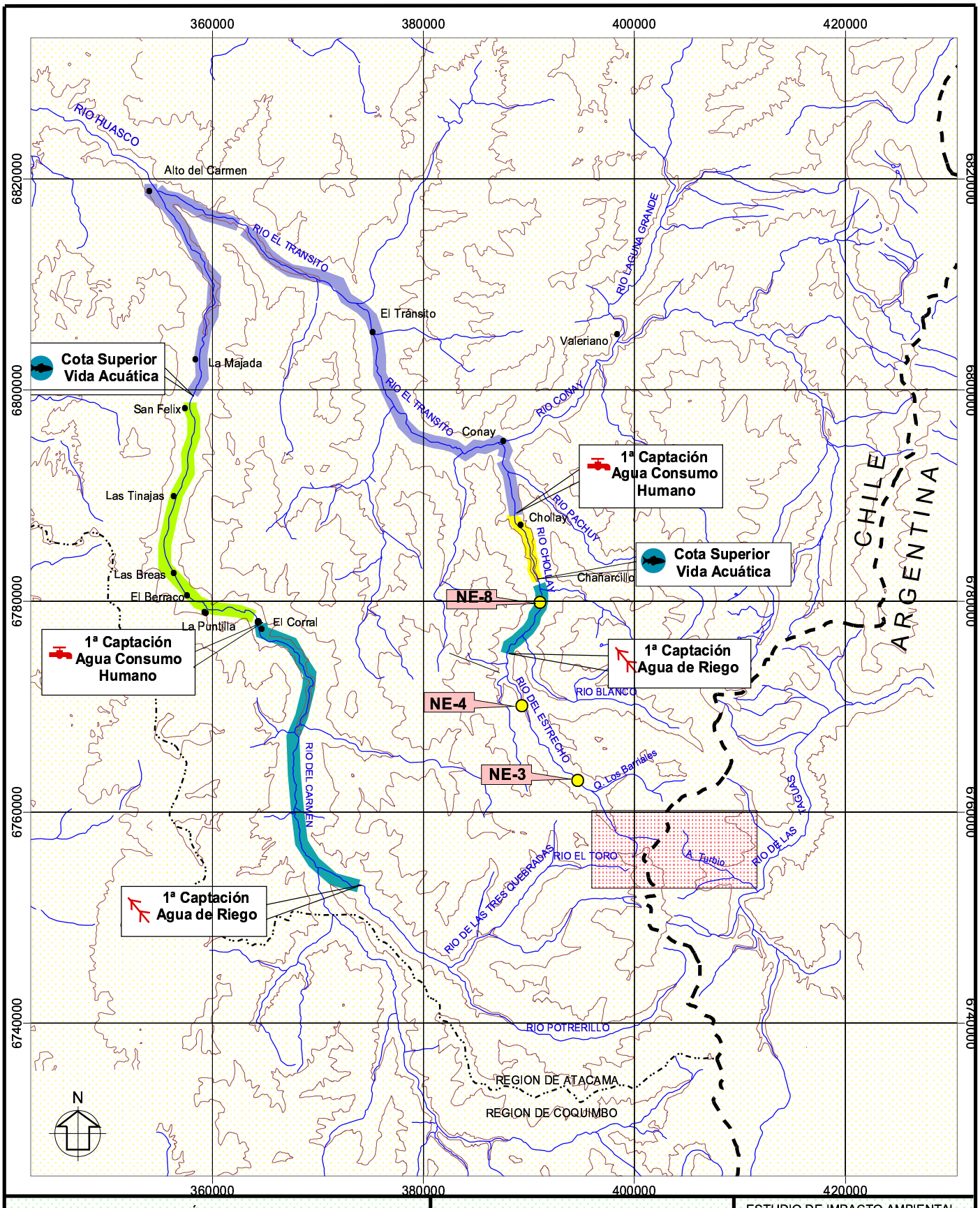
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/Apr/Cap6/figura64.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Límite Regional
- Límite Internacional
- Área de Proyecto
- Puntos de evaluacion de caudal
- Agua de Riego, Consumo Humano y Vida Acuática
- Agua de Riego y Consumo Humano
- Agua de Riego
- Agua de Riego y Vida Acuática

PUNTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO EN CAUDAL

FIGURA 6.5

0 5 10 15 20 Km

1: 500.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO
MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

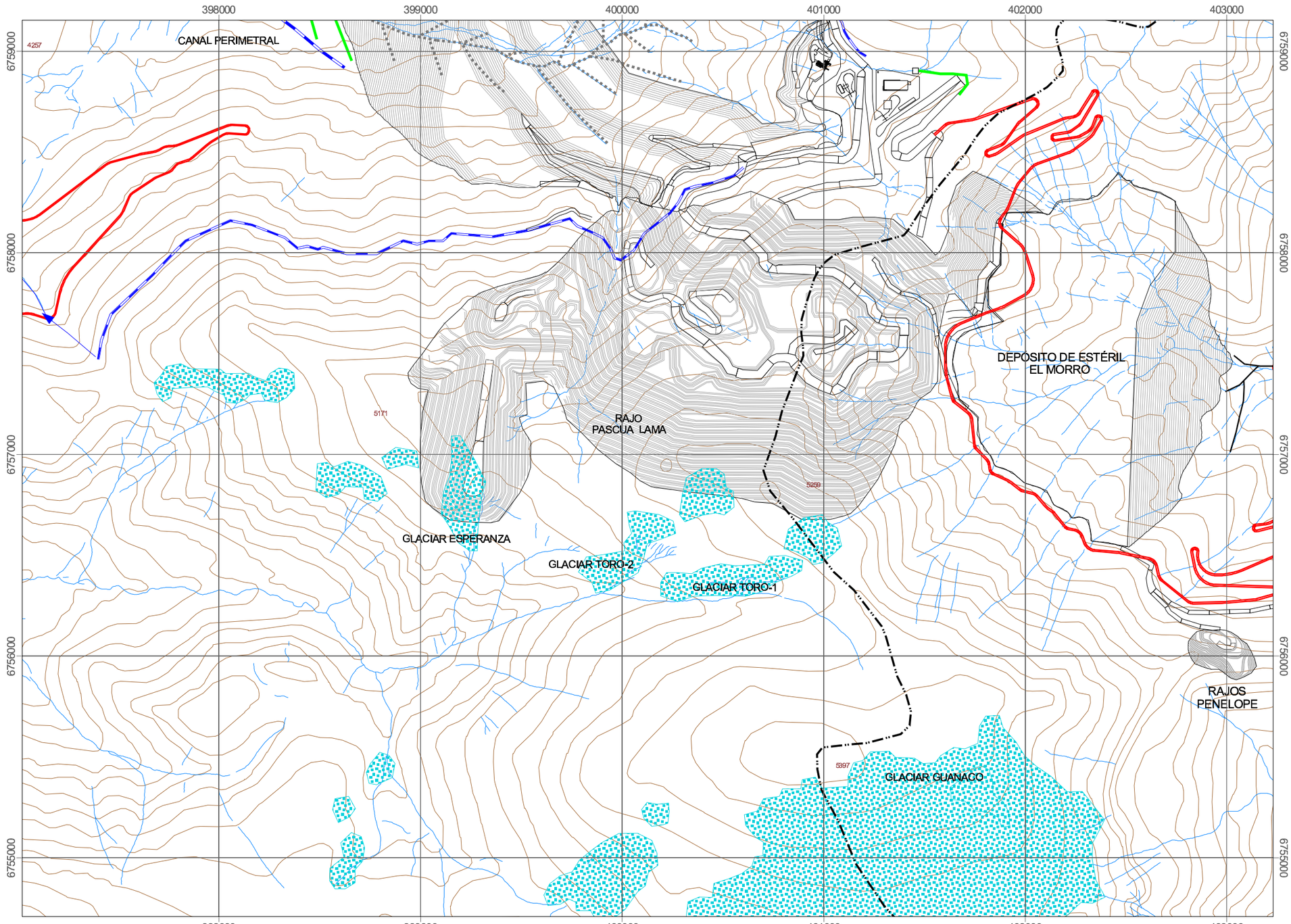
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap6/ Impact_usoagua.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua existentes
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del Proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMATICA

- Glaciares

500 m 0 500 m

1:20000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

SUPERFICIES DE GLACIARES AFECTADAS

FIGURA 6.6

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIÓN PASCUA LAMA

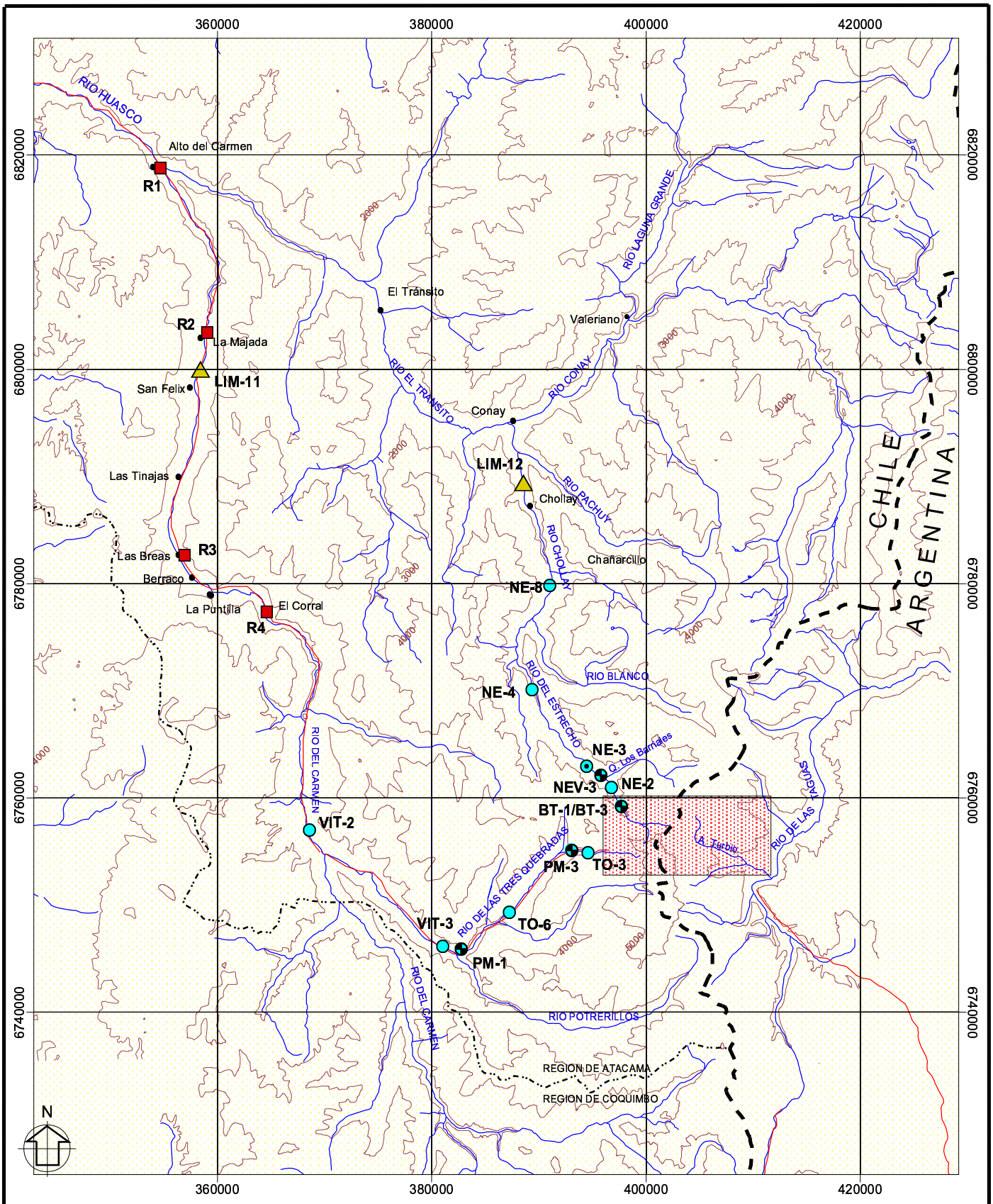
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov, 2004

2741/Especialidad/Sig/Apr/Cap6/impacto glaciares.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Camino de acceso
- Límite Regional
- Límite Internacional
- Área de Proyecto
- Limnología
- Calidad de agua subterránea y nivel piezométrico
- Calidad de agua superficial y caudal
- Caudal
- Ruido

SITIOS DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES

FIGURA 8.1

0 5 10 15 20 Km

1: 500.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

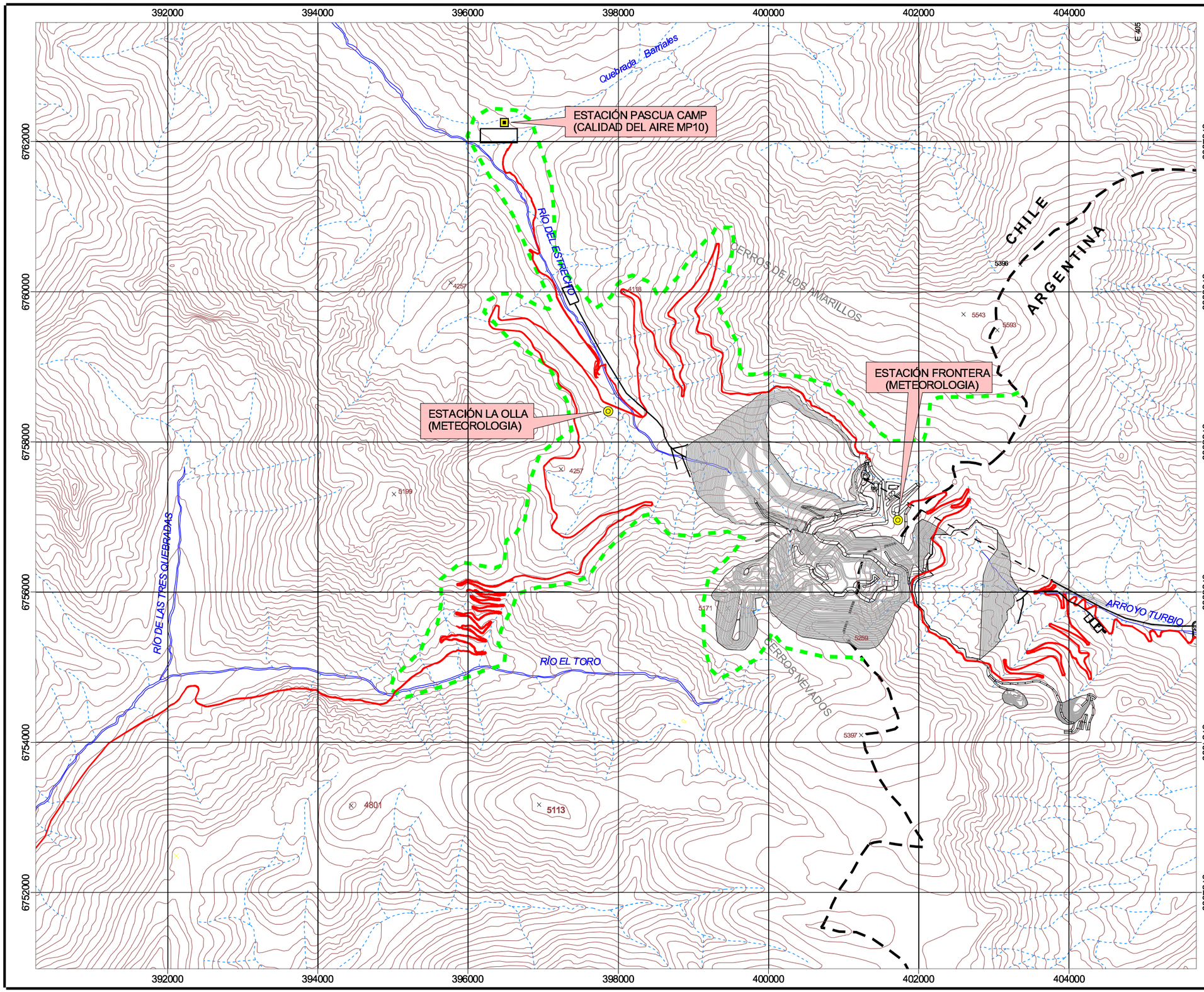
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO PASCUA

BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, Arroyos
- Quebradas
- Area de influencia del proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

- Estaciones de monitoreo de meteorologia
- Estación de calidad del aire

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD
DE AIRE Y METEOROLOGIA

FIGURA 8.2

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

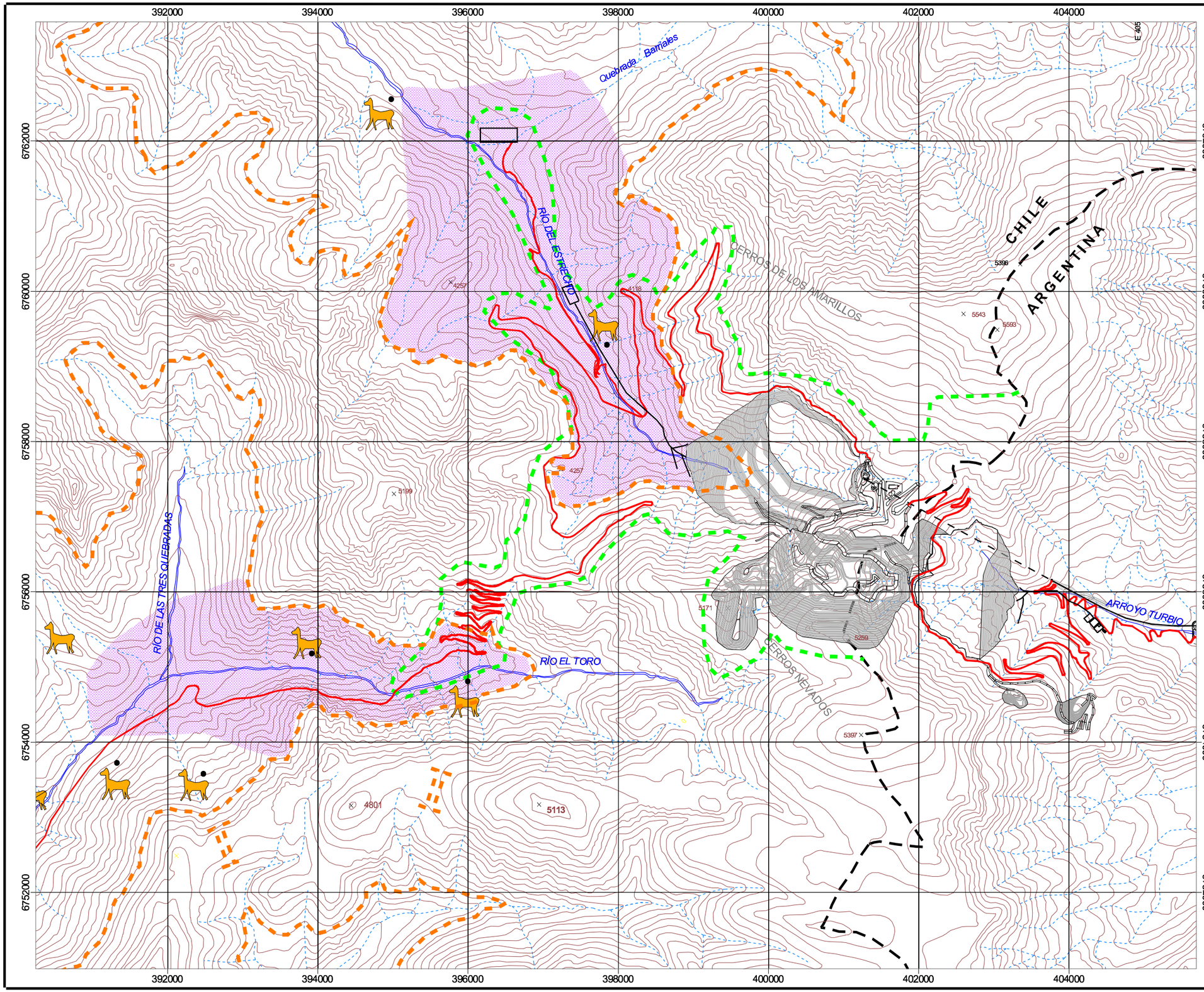
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Fauna.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, Arroyos
- Quebradas
- Area de influencia del proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

- Límite superior de distribución local de Guanaco *(Lama guanicoe)*
- Area de Monitoreo de fauna

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

AREA DE MONITOREO DE FAUNA

FIGURA 8.3

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

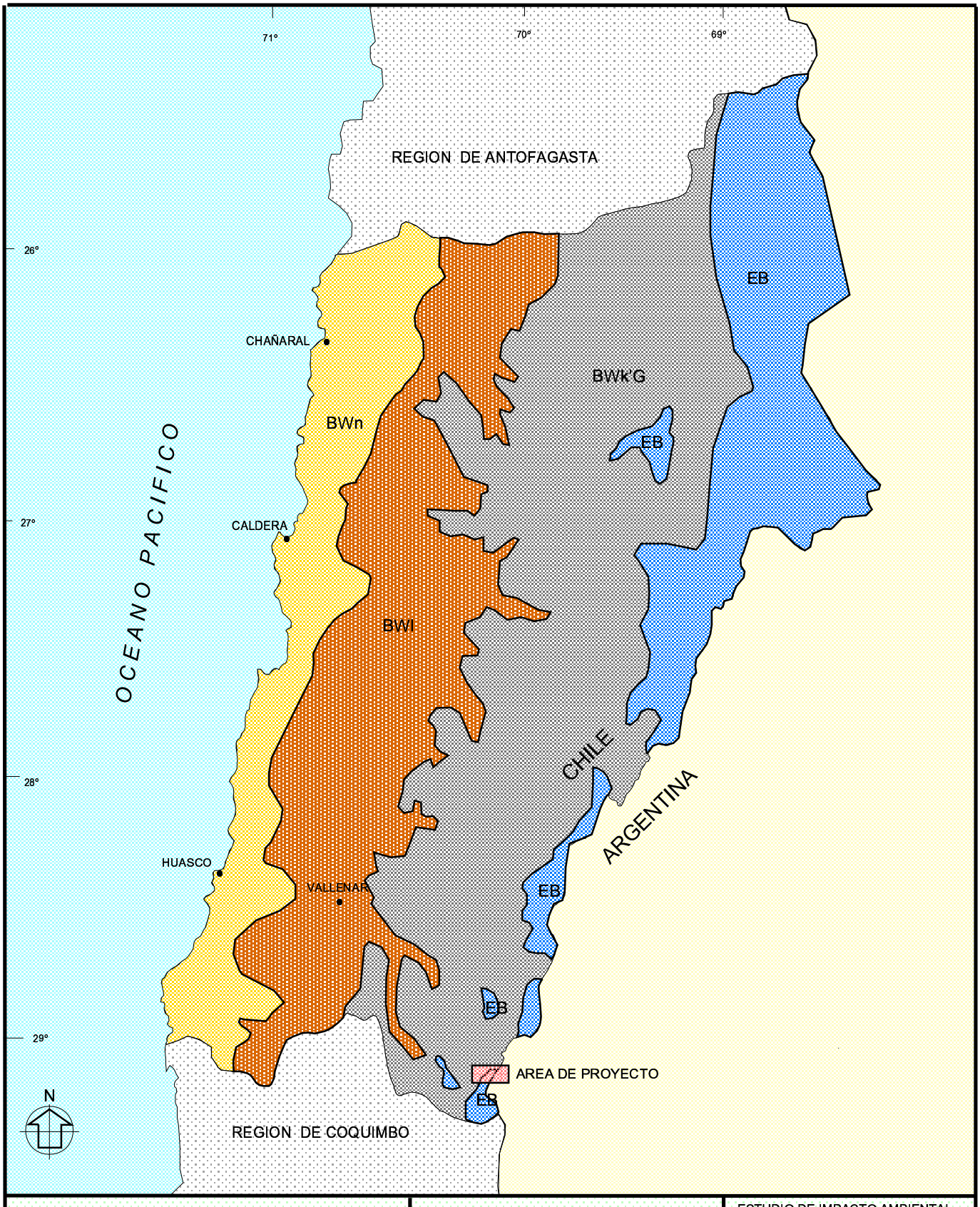
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : Y. Vilina
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Fauna.apr



LEYENDA TEMÁTICA

BWk´G	Desierto frío de montaña.
EB	Tundra de alta montaña.
BWn	Desierto costero.
BWI	Desierto interior.

ZONAS CLIMATICAS DE LA III REGION

FIGURA 5.1

30 Km 0 30 60 Km

1: 2.000.000

COORDENADAS GEOGRAFICAS

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO
MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

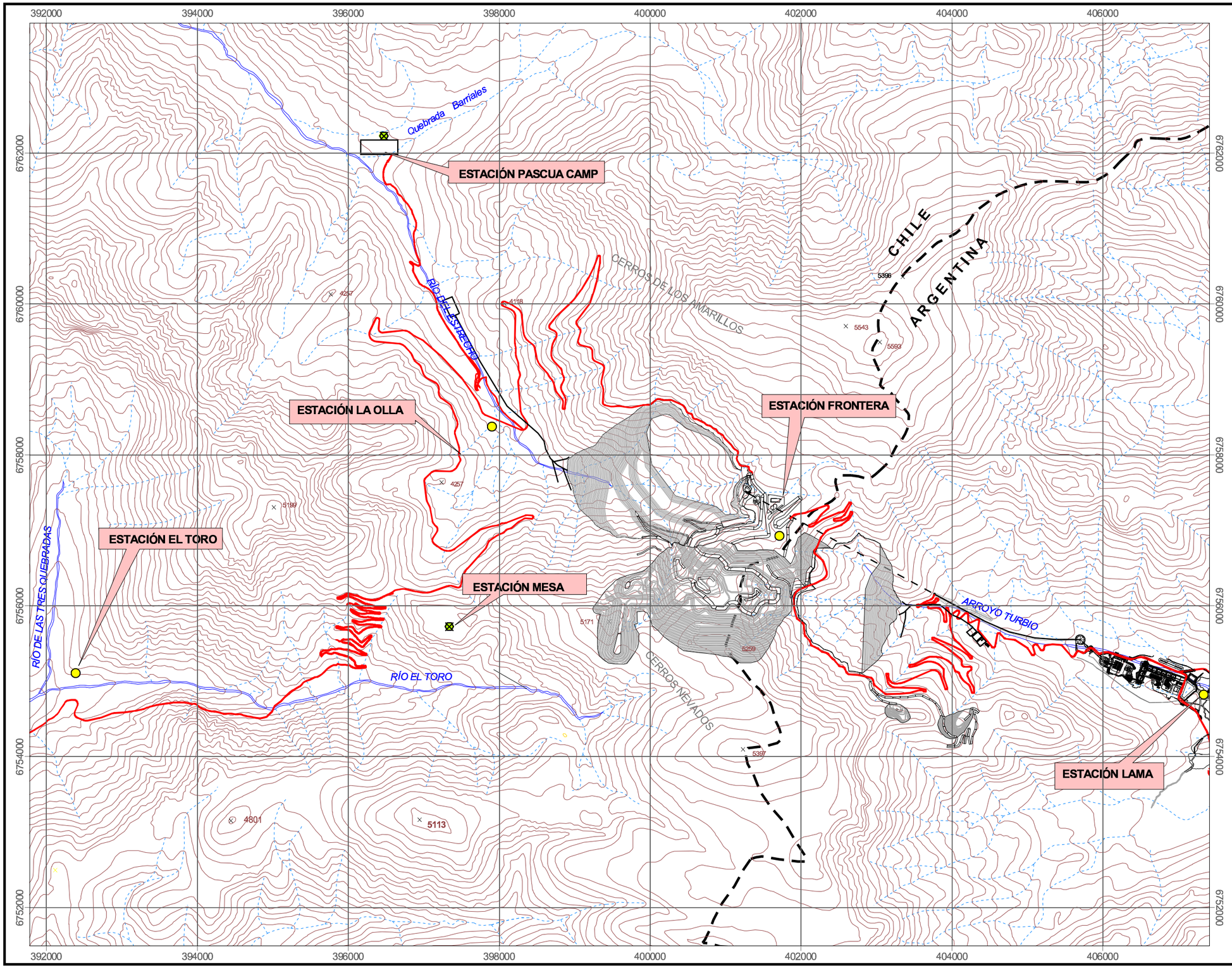
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/Clima.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, Arroyos
- Quebradas
- Caminos
- Límite Internacional
- Instalaciones del proyecto

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

- Estaciones Meteorológicas
- Estaciones Meteorológicas desmanteladas

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

ESTACIONES METEOROLÓGICAS UBICADAS EN EL ENTORNO DEL ÁREA DEL PROYECTO

FIGURA 5.2

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

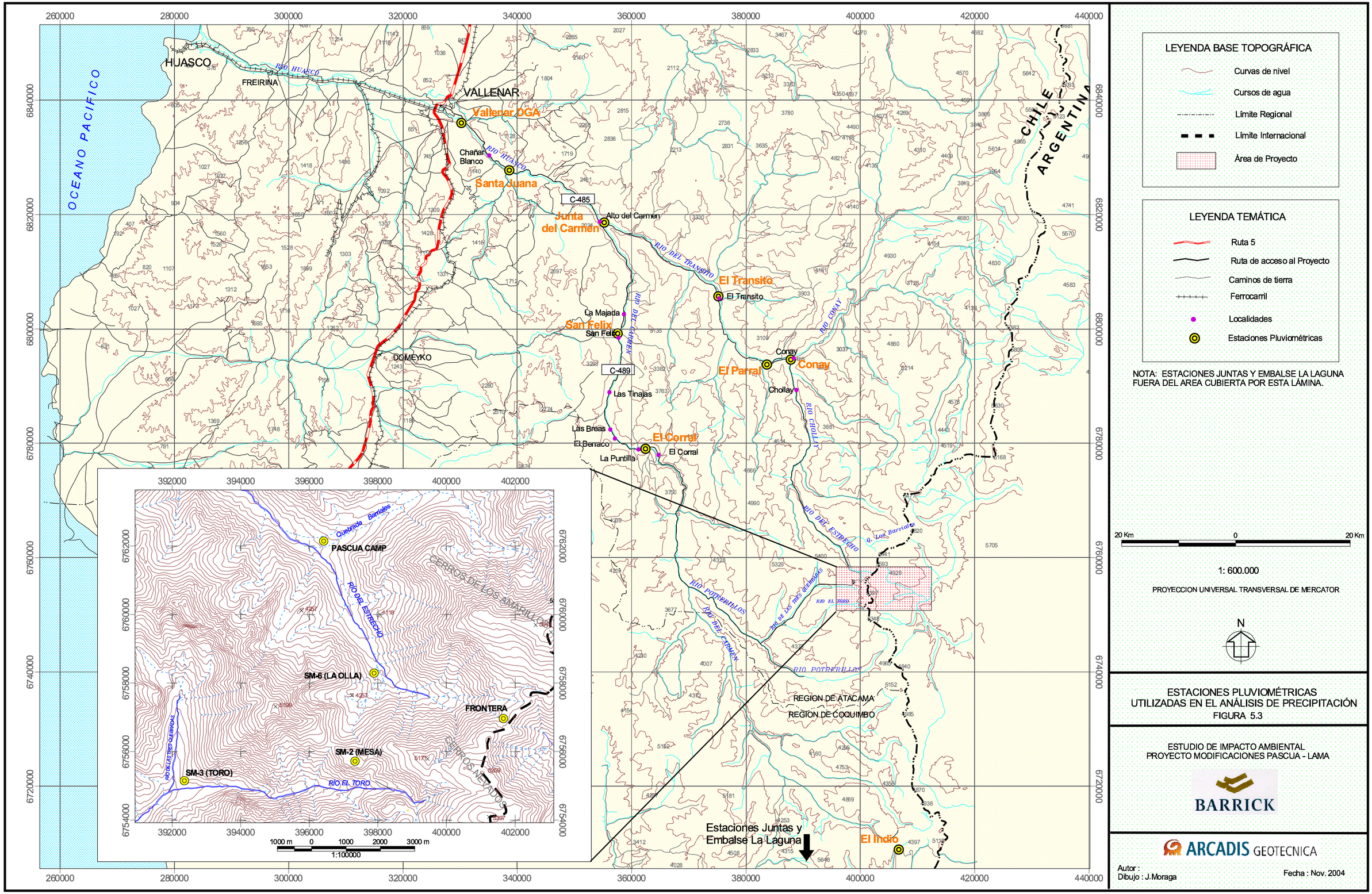
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : Jacqueline Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Meteorologia.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua
- Límite Regional
- Límite Internacional
- Área de Proyecto

LEYENDA TEMÁTICA

- Ruta 5
- Ruta de acceso al Proyecto
- Caminos de tierra
- Ferrocarril
- Localidades
- Estaciones Pluviométricas

NOTA: ESTACIONES JUNTAS Y EMBALSE LA LAGUNA FUERA DEL AREA CUBIERTA POR ESTA LÁMINA.

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN
FIGURA 5.3

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

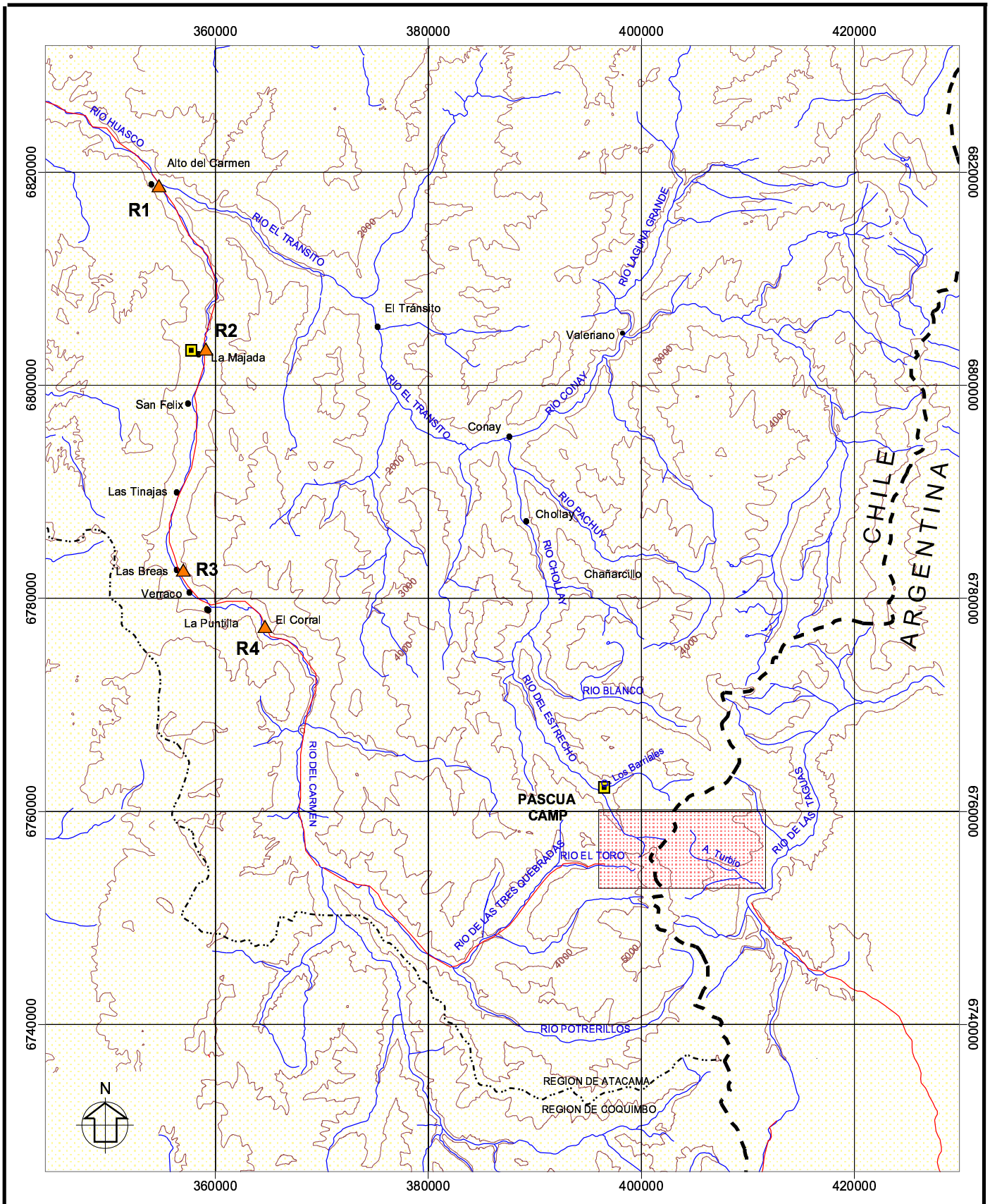
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J.Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/SIG/Apr/Cap5/meteotit.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Camino de acceso
- Límite Regional
- Límite Internacional
- Área de Proyecto
- Puntos de monitoreo de ruido
- Puntos de monitoreo de calidad del aire

PUNTOS DE MONITOREO DE RUIDO Y CALIDAD DEL AIRE

FIGURA 5.4

0 5 10 15 20 Km

1: 500.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO
MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

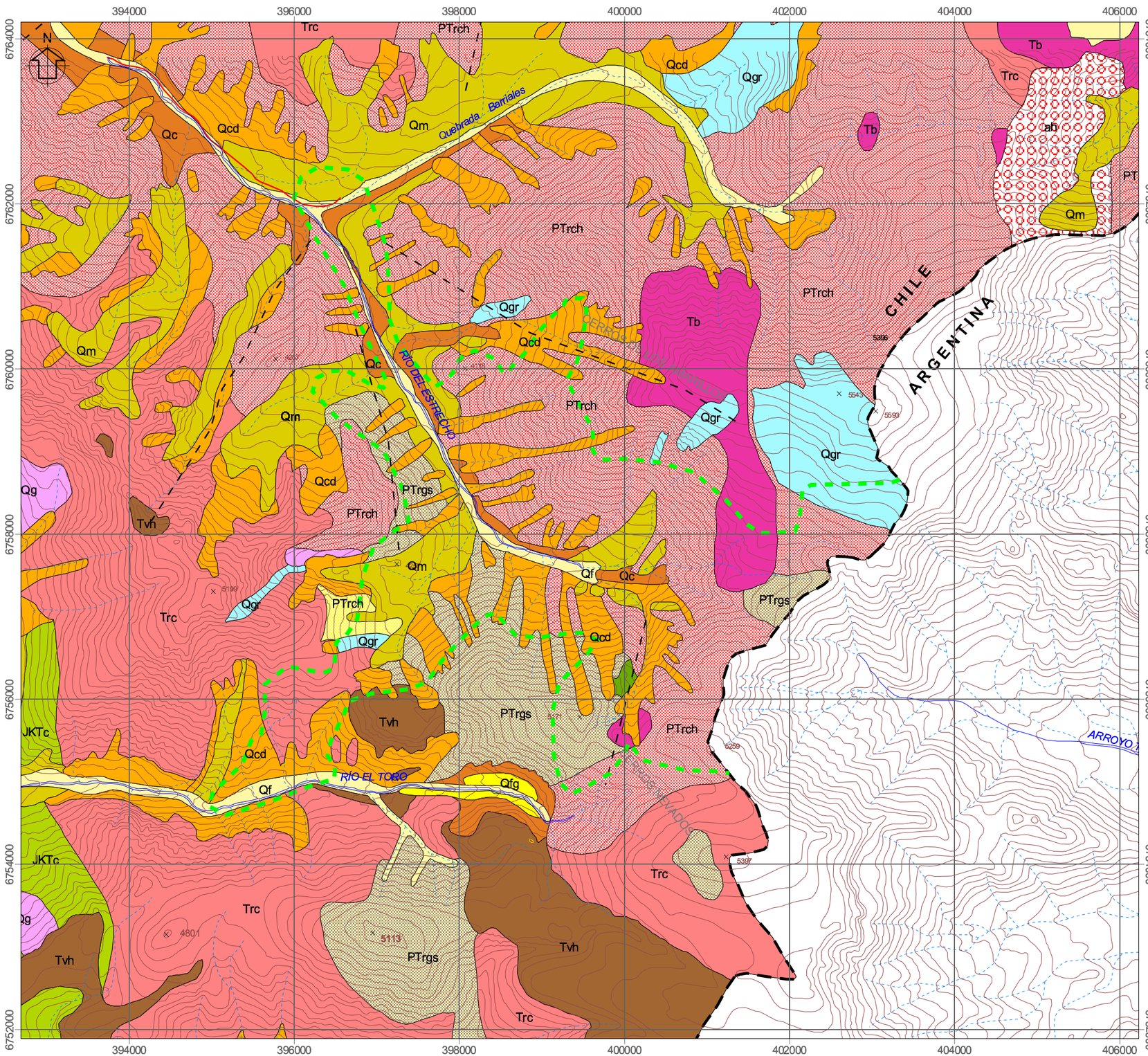
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Ruido.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, Arroyos
- Quebradas
- Area de Influencia del proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

DEPÓSITO NO CONSOLIDADO

Qgr	Glaciares de roca (Cuaternario).	
Qf	Dépositos Fluviales y relleno de quebradas (Cuaternario).	Arenas, gravas y bolones. Formados en lecho de ríos o quebradas.
Qg	Déposito Gravitacional (Cuaternario).	Depósitos de colapso compuestos principalmente por bloques caóticos de rocas.
Qc	Déposito Coluviales (Cuaternario).	Arenas, gravas, bolones y limos. Depósitos "in situ" provocados por meteorización y erosión de escaso transporte.
Qd Qcd	Cono de Deyección y coalescencia de conos de Deyección (Cuaternario)	Arenas, gravas, bolones y limos. Distribuidos en conos situados en áreas de fuerte pendiente.
Qm	Déposito Morrénico (Cuaternario).	Arenas, gravas, bolones y limos. Formados por glaciares de montaña.
Qfg	Déposito Fluvio-glaciales (Cuaternario).	Arenas, gravas, bolones y limos. Formados por glaciares de montaña, en combinación con ríos.

ROCAS ESTRATIFICADAS (SEDIMENTARIAS Y VOLCÁNICAS)

Tex	Centros Volcánicos Explosivos (Mioceno)	Brechas de colapso y de exploción, y depósitos piroclásticos.
Tvh	Formación Vacas Heladas (Mioceno Medio)	Domos volcánicos y lavas andesíticas-dacíticas ("block and ash") brechas laháricas y tobas.
JKTc	Secuencia los Cuartitos (Jurásico (?) - Cretácico-Paleoceno)	Areniscas conglomeradas volcánoclásticas y calizas con intercalaciones de lava.
PTrgs	Secuencia Guanaco Sonso (Palezolco Superior - Triásico)	Lavas riolíticas a andesíticas, areniscas conglomerados.

ROCAS INTRUSIVAS

Tb	Unidad Bocatoma (Eoceno - Oligoceno)	Granodioritas, dioritas, pórfidos dacíticos y andesíticos.
Trc	Unidad Colorado (Triásico Medio Superior)	Pórfidos cuarzofeldepáticos y diques graníticos.
PTrch	Unidad Cholay (Pérmico-Triásico)	Granitoides (intrusivos graníticos a dioríticos), principalmente monzogranitos y pórfidos dacíticos.

ALTERACIÓN HIDROTERMAL INTENSA

ah	Alteración hidrotermal intensa no se reconoce roca original.
	Fallas inferida
	Contacto geológico

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

GEOLOGIA

FIGURA 5.5

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

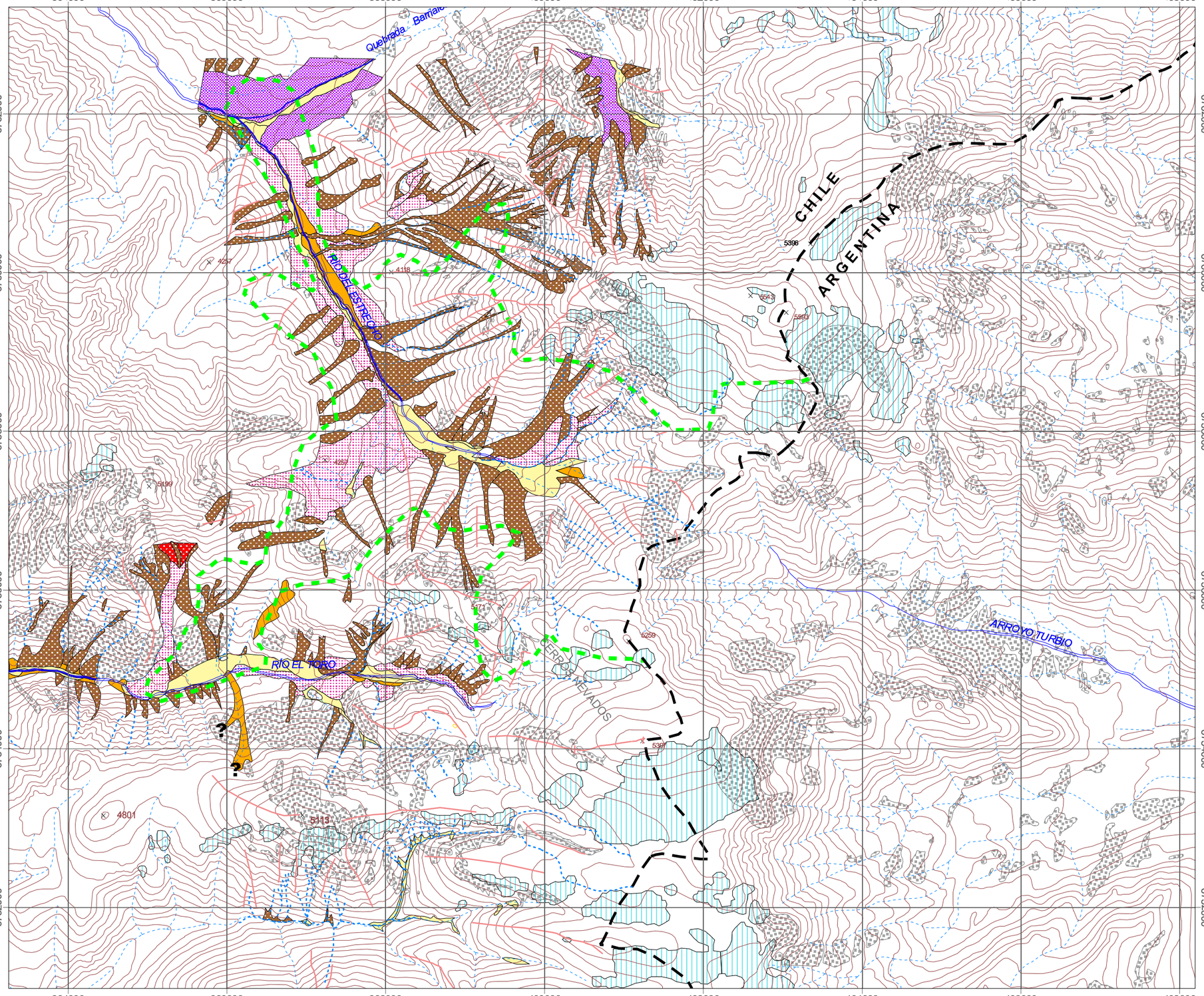
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : AQUA CONSULT
Dibujo : Jacqueline Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/Geologia.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, Arroyos
- Quebradas
- Area de influencia del proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

- LINEA DIVISORIA DE AGUAS
- ESCURRIMIENTO DE DRENAJE PERMANENTE
- ESCURRIMIENTO DE DRENAJE INTERMITENTE
- ? SECTORES DE GEOMORFOLOGIA INDETERMINADA
- GLACIARES (BASADOS EN IMAGEN LANDSAT 1986)
- ALUVION ANTIGUO (ATERRAZADOS)
- ALUVION RECIENTE
- COLUVIO
- CONOS DE DETRITOS
- DEPOSITOS MORRENICOS
- MORRENA RETRABAJADA POR ACCION FLUVIAL
- DESLIZAMIENTO DE TIERRAS
- AFLORAMIENTOS ROCOSOS

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

GEOMORFOLOGIA- MATERIALES DE FUNDACIÓN

FIGURA 5.6

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

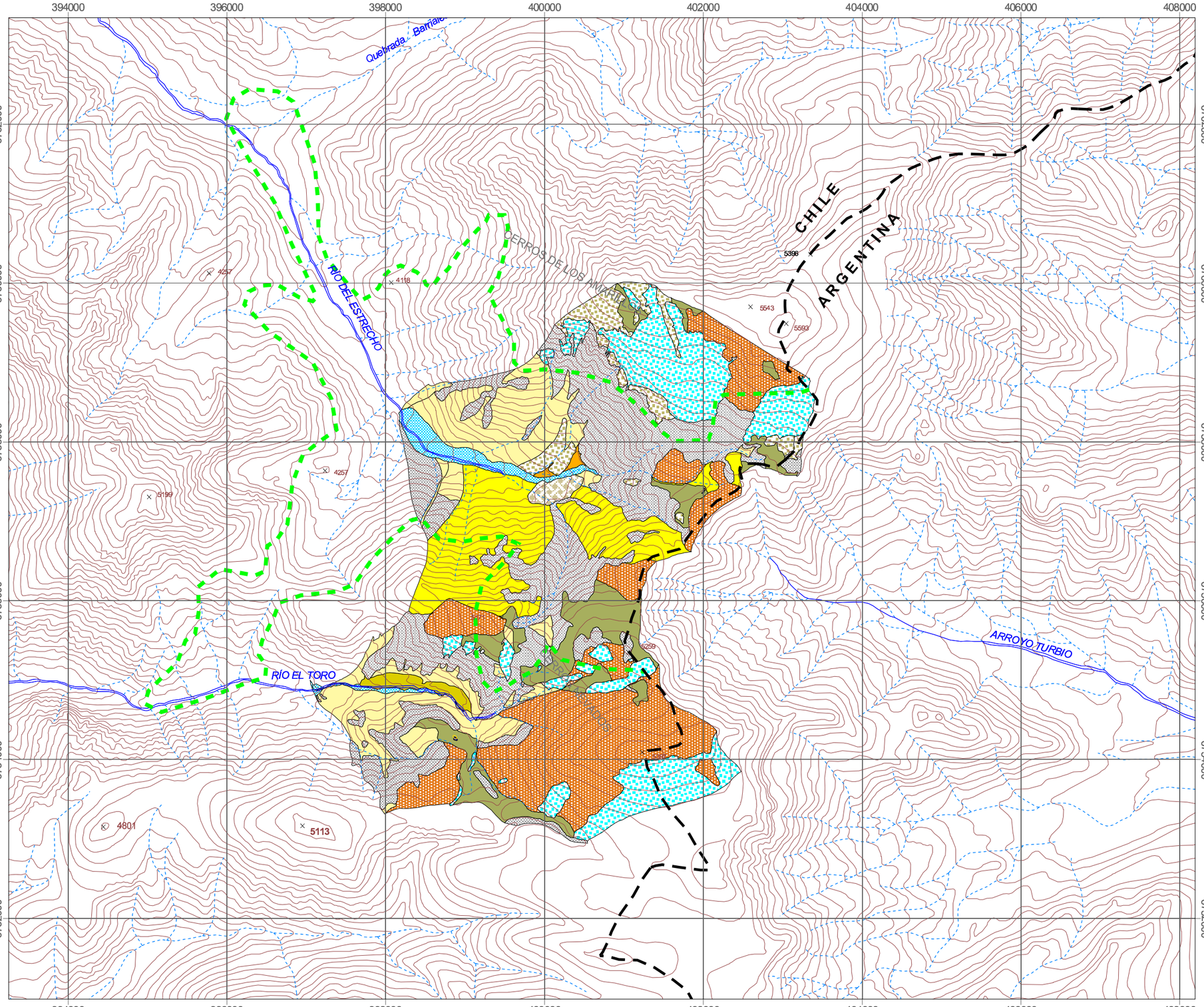
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : Jacqueline Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Geomo_riesgo.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, Arroyos
- Quebradas
- Area de influencia del proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

- GLACIAR - G (BASADO EN FOTOS AEREAS AÑO 2000)
- SOLIFLUXION - S
- GLACIAR DE ROCA - RG
- ROCA / ROCA CUBIERTA PARCIALMENTE POR COLUVIO - R/RC
- PERMAFROST - P
- MATERIAL COLUVIAL - C
- COLUVIO PERMANENTE NO DIFERENCIADO - CL
- MATERIAL ALUVIAL - D
- MATERIAL FLUVIAL - F
- DEPOSITOS DE TERRAZA - T
- MATERIAL ANTROPICO - M

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

GEOMORFOLOGIA- UNIDADES DE HIELO

FIGURA 5.7

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

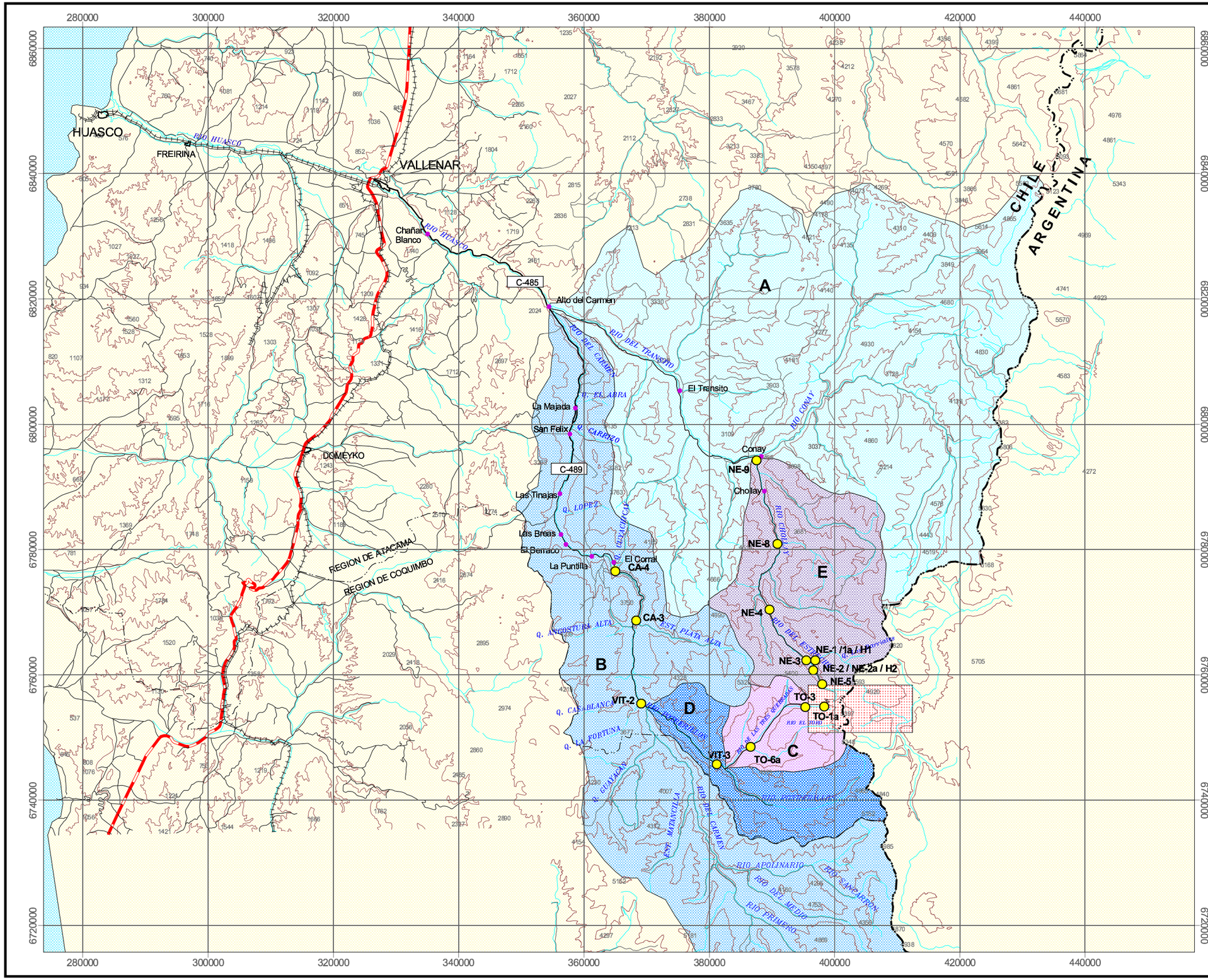
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : Jacqueline Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Geomo_hielo.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Localidades
- Limite Regional
- Límite Internacional
- Area de Proyecto

LEYENDA TEMÁTICA

- A — Cuenca Río del Tránsito
- B — Cuenca Río del Carmen
- C — Subcuenca Río El Toro - Río de las Tres Quebradas
- D — Subcuenca Río Potrerillos
- E — Subcuenca Río Del Estrecho - Río Chollay
- Secciones de determinación de caudales

20 Km 0 20 Km

1: 600.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y UBICACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS

FIGURA 5.8

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

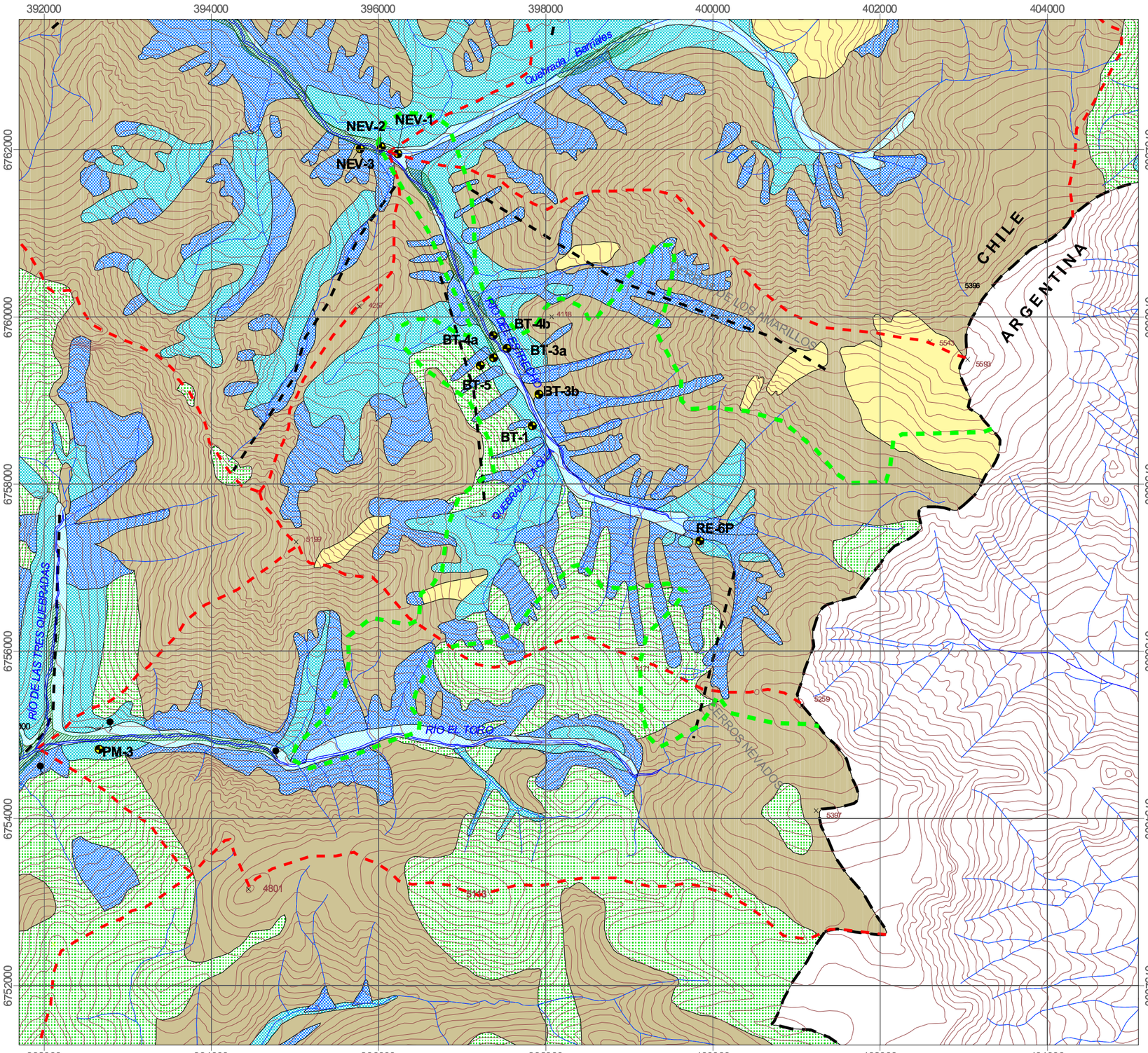
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J.Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/Especialidad/SIG/Apr/Cap5/hidrologia1.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Area de influencia del proyecto
- Limite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Glaciares de roca

Medios intergranulares de permeabilidad alta a moderada (K promedio : > 10^{-4} cm/seg.) Mlam (a, b, c)

Depósitos no consolidados conteniendo acuíferos homogéneos, de moderado a bajo rendimiento. Mla (a)
Areas de descarga (flujo subterráneo predominantemente ascendente).

Depósitos no consolidados conteniendo acuíferos muy locales o acuicludos. Mla (b)
Areas de tránsito (flujo subterráneo predominantemente lateral) y de recarga (flujo subterráneo predominantemente ascendente).

Depósitos no consolidados conteniendo acuicludos muy locales o acuicludos. Mla (c)
Areas de tránsito (flujo subterráneo predominantemente lateral) .

Medios fracturados de permeabilidad moderada a baja (K promedio : 10^{-7} a 10^{-4} cm/seg.) MFmb

Rocas estratificadas con moderado grado de fracturamiento, conteniendo acuífugos y acuíferos muy locales de bajo rendimiento.
Areas de descarga (flujo subterráneo predominantemente descendente) .

Medios fracturados de permeabilidad muy baja a nula (K promedio : < 10^{-7} cm/seg.) MFbn

Rocas intrusiva con bajo grado de fracturamiento, conteniendo acuífugos
Areas prácticamente ausentes de movimientos de aguas subterráneas.

SIMBOLOGÍA

- Pozos
- Vertientes
- Zona de Vegas
- Perímetro hoyas hidrológicas superficiales
- Falla inferida
- Contacto geológico

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

N

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

HIDROGEOLOGIA

FIGURA 5.9

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

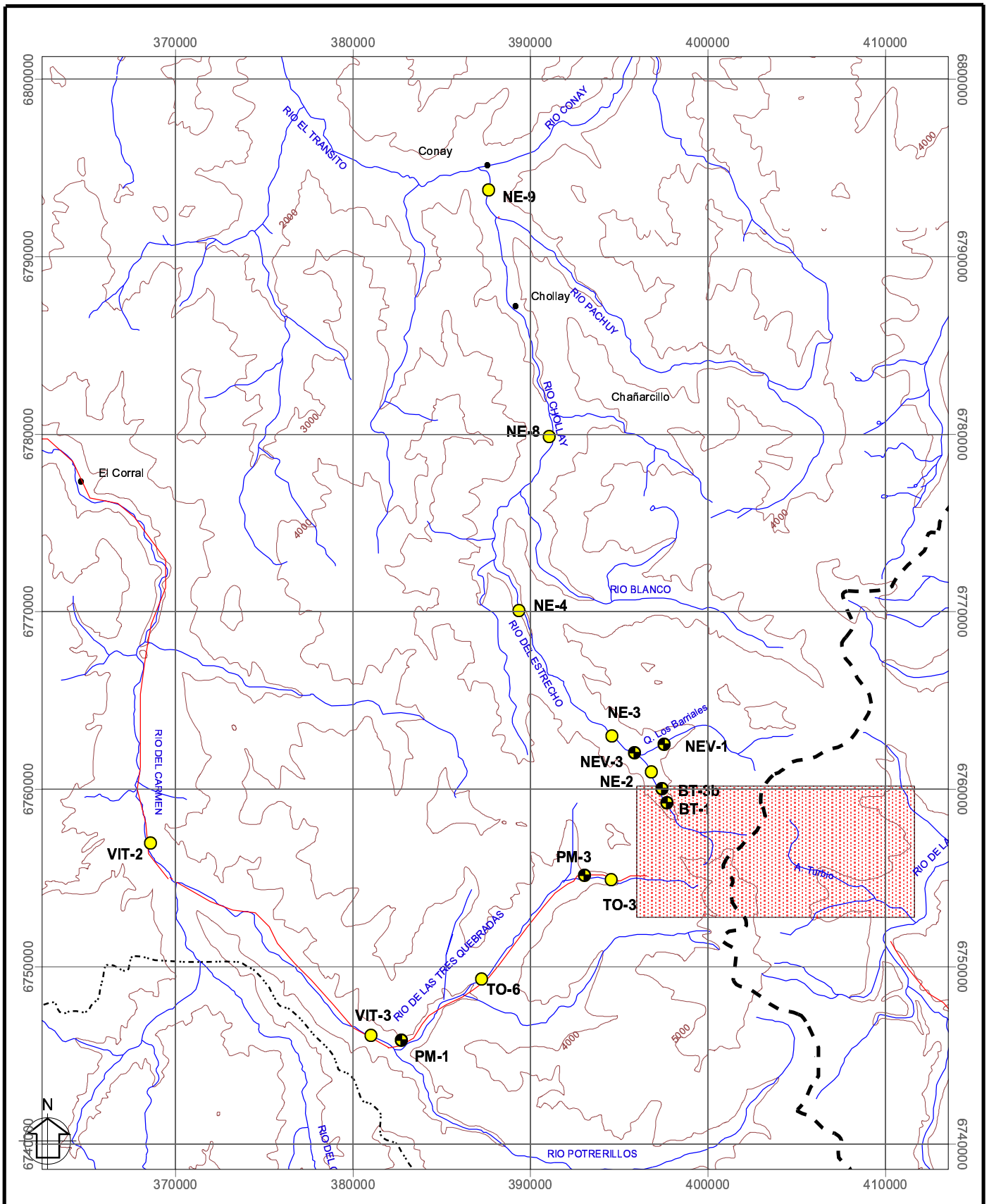
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : AQUA CONSULT
Dibujo : Jacqueline Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Hidrogeo.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Camino de acceso
- Límite Regional
- Límite Internacional
- Área de Proyecto
- Calidad de agua subterránea
- Calidad de agua superficial

ESTACIONES DE MUESTREO
DE CALIDAD DEL AGUA

FIGURA 5.10

5000 m 0 5000 10000 m

1:300000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO
MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

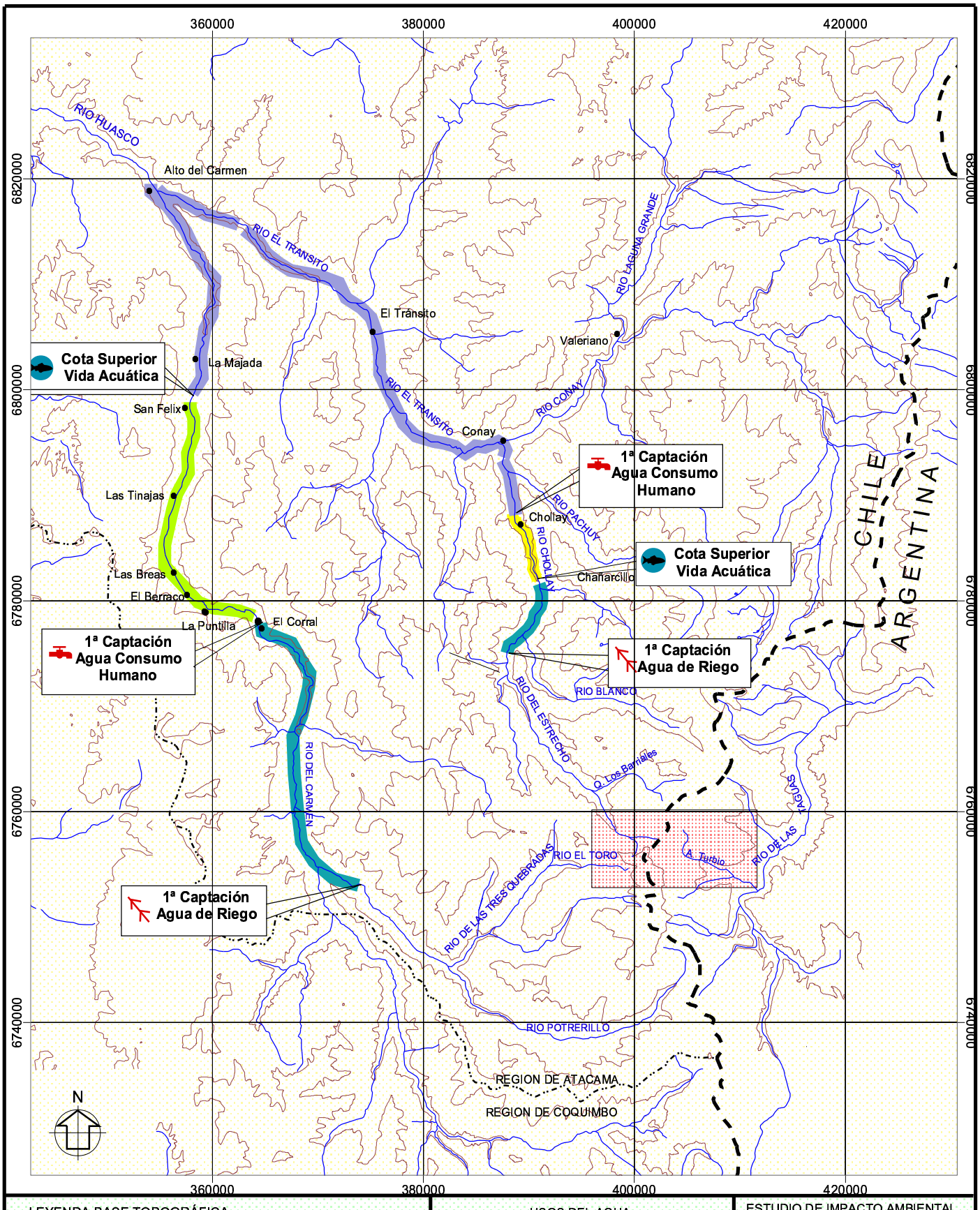
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Dibujo : J.Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/Calidad_agua.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Límite Regional
- Límite Internacional
- Área de Proyecto
- Agua de Riego, Consumo Humano y Vida Acuática
- Agua de Riego y Consumo Humano
- Agua de Riego
- Agua de Riego y Vida Acuática

USOS DEL AGUA
RIEGO, CONSUMO HUMANO Y VIDA ACUÁTICA
RÍOS EL TRÁNSITO Y DEL CARMEN

FIGURA 5.11

0 5 10 15 20 Km

1: 500.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO
MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

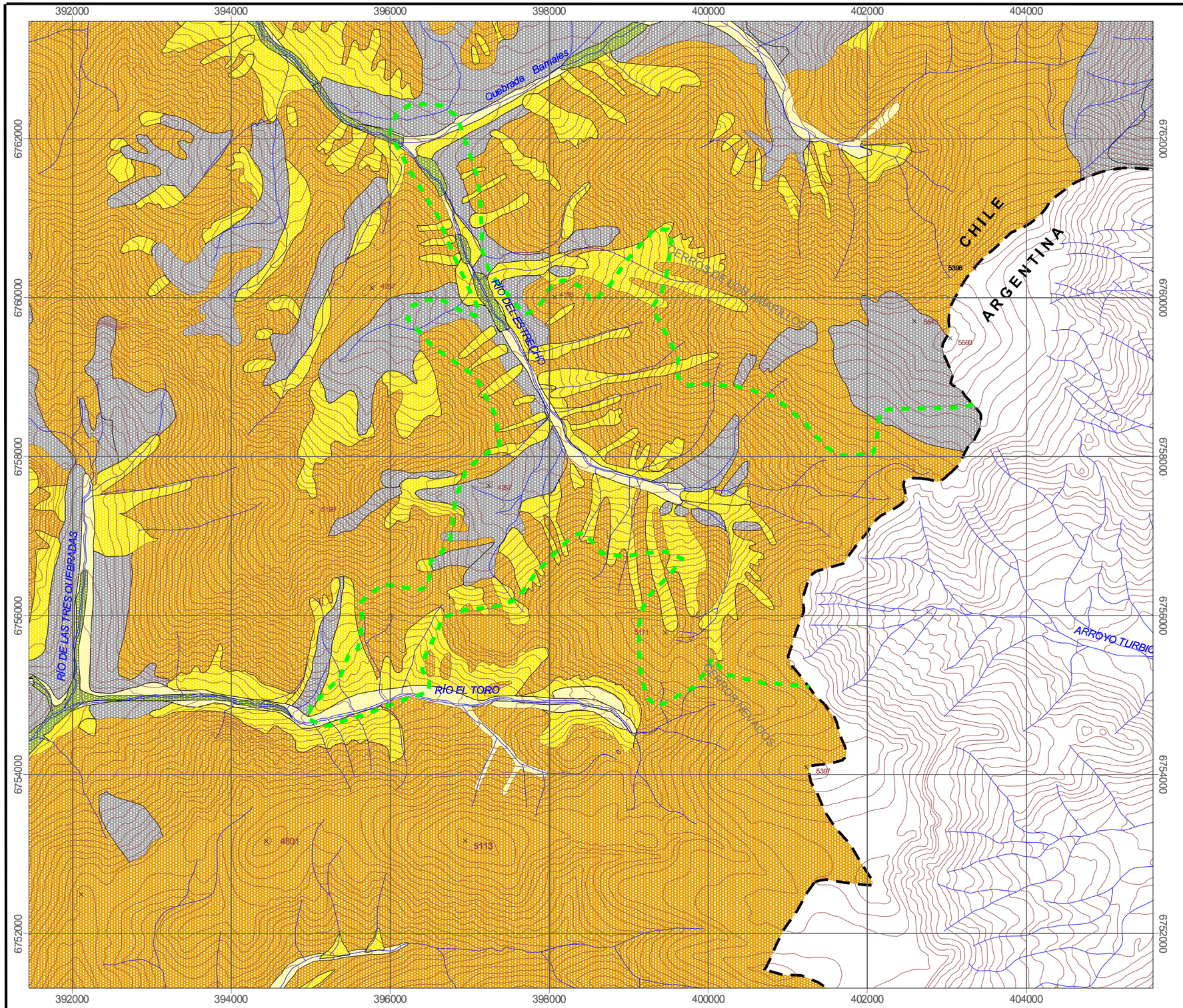
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : G. Martinez
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Oct. 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Usoagua.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Area de influencia del proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

- SUELOS COLUVIO - ALUVIALES DE LOS VALLES DE ALTURA
- SUELOS MORRÉNICOS ANDINOS
  Morrenas retrabajadas Y depósitos glaciales
- SUELOS ALUVIALES DE LOS VALLES ANDINOS DE ALTURA
  - Suelos de vega
  - Suelos fluviales
- SUELOS MISCELÁNEOS

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

UNIDADES DE SUELO

FIGURA 5.12

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : R.Caldichoury
Dibujo : Jacqueline Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/Edafologia.apr

392000 394000 396000 398000 400000 402000 404000 406000

6762000 6760000 6758000 6756000 6754000 6752000

Quebrada Barriales

RIO DEL ESTRECHO

CERROS DE LOS AMARILLOS

CHILE

ARGENTINA

RIO LAS TRES QUEBRADAS

RIO EL TORO

CERROS NEVADOS

ARROYO

4257 4118 5199 5543 5593 5396 5171 5259 5397 4801 5113

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Area de influencia del proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

PISOS DE VEGETACIÓN

- Sin Vegetación
- Andino Superior
- Andino Inferior
- Sub Andino
- Pre Andino
- Vega Andina
- Vega Sub Andina
- Fondo de Quebrada

CARTA DE PISOS DE VEGETACIÓN

FIGURA 5.13

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

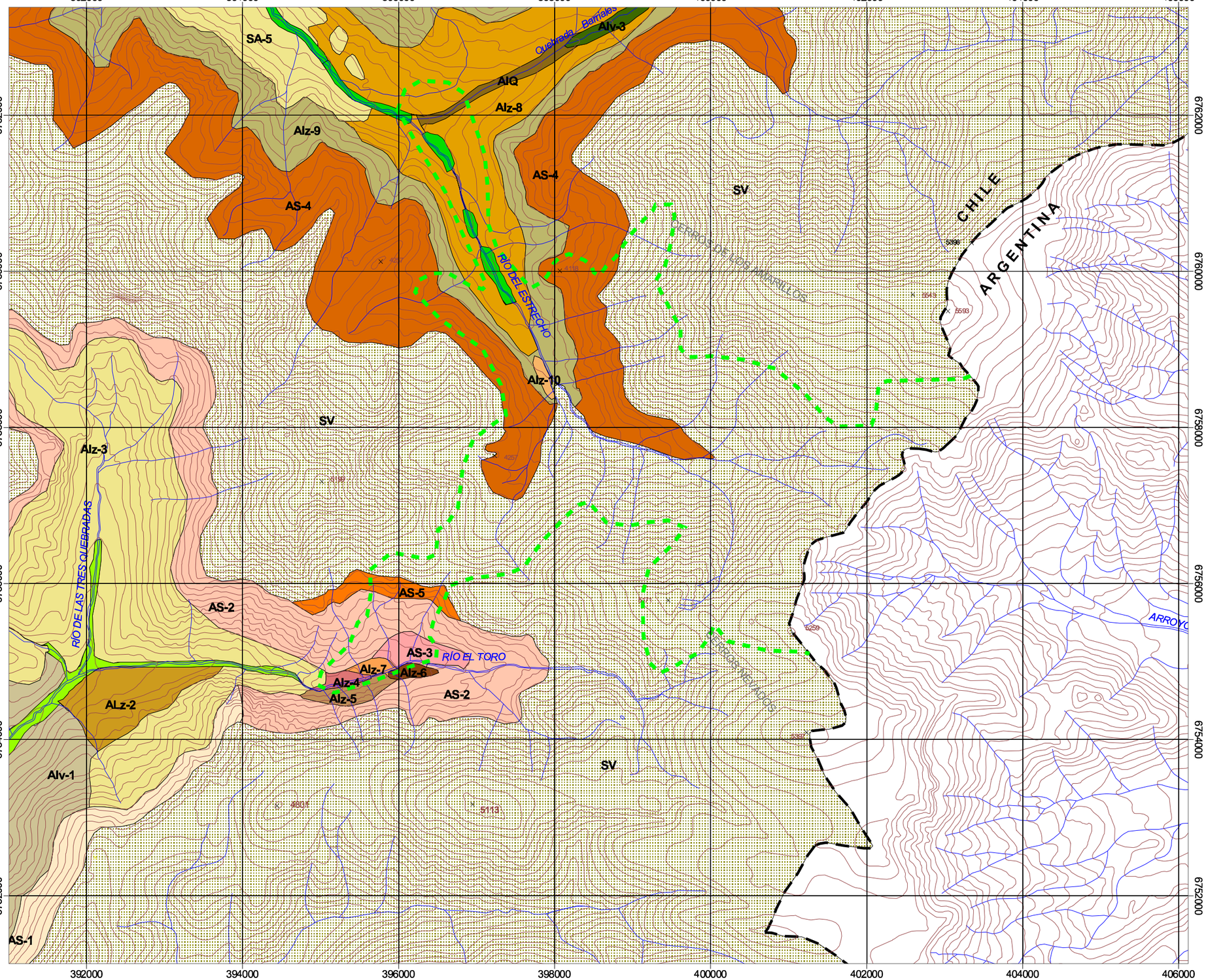
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Pisos_veget.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Area de influencia del proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

SA-1	Leñosa baja muy clara, herbácea escasa.
Alz-1	Leñosa baja clara, herbácea muy escasa.
Alz-2	Leñosa baja clara, herbácea muy escasa.
Alz-3	Leñosa baja clara, herbácea muy escasa.
Alz-4	Leñosa baja clara, con suculentas escasas y herbáceas muy escasas.
Alz-5	Leñosa baja muy escasa, herbácea muy escasa.
Alz-6	Leñosa baja muy clara.
Alz-7	Leñosa baja escasa.
Alz-8	Leñosa baja muy clara, herbácea escasa.
Alz-9	Leñosa baja escasa, herbácea muy escasa.
Alz-10	Leñosa baja escasa.
Alq	Leñosa baja muy escasa, herbácea muy clara.
Alv-1	Herbácea densa.
Alv-2	Herbácea densa.
Alv-3	Herbácea poco densa.
AS-1	Hebácea muy escasa.
AS-2	Herbácea muy escasa.
AS-3	Leñosa baja y herbácea muy escasa.
AS-4	Herbácea muy escasa.
AS-5	Herbácea muy escasa.
SV	Sin vegetación.

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

CARTA DE OCUPACIÓN DE TIERRAS

FIGURA 5.14

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Flora.apr

	FORMACION VEGETACIONAL SIMPLE	FORMACION VEGETACIONAL	ESPECIES DOMINANTES
SA-1	LB3 H2	Leñosa baja muy clara, herbácea escasa.	Ah, Eb, Vm, sc
Alz-1	LB4 H1	Leñosa baja clara, herbácea muy escasa.	Aa, Eb, Js, sc, cn
Alz-2	LB4 H1	Leñosa baja clara, herbácea muy escasa.	Aa, Ac, Js, sc
Alz-3	LB4 H2 S1	Leñosa baja clara, herbácea muy escasa.	Aa, Ae, Ac, sc, ms, oL
Alz-4	LB3 H1 S2	Leñosa baja clara, con suculentas escasas y herbáceas muy escasas.	Aa, Ac, sc, sa, oL
Alz-5	LB1 H1	Leñosa baja muy escasa, herbácea muy escasa.	Ae, sa
Alz-6	LB3	Leñosa baja muy clara.	Aa, Ac
Alz-7	LB2	Leñosa baja escasa.	Ac, Ae, Am, Aa
Alz-8	LB3 H2	Leñosa baja muy clara, herbácea escasa.	Am, Cp, dv, sa
Alz-9	LB2 H1	Leñosa baja escasa, herbácea muy escasa.	Am, sc
Alz-10	LB2	Leñosa baja escasa.	As, Am
Alq	LB1 H3	Leñosa baja muy escasa, herbácea muy clara.	Ju, oa, pc, kp, dv, ea, fw
Alv-1	H6	Herbácea densa.	pc, oa,dc, dv, cg
Alv-2	H6	Herbácea densa.	pc, oa, dv
Alv-3	H5	Herbácea poca densa.	oa, pc, dv
AS-1	H1	Herbácea muy escasa.	sc, lc
AS-2	LB1 H1	Herbácea muy escasa.	Ac, ca, mc
AS-3	H1	Leñosa baja y herbácea muy escasa.	Ju, cs, mc, sc
AS-4	LB1 H1	Herbácea muy escasa.	Ac, ca, hc, oh, sp
AS-5	H1	Herbácea muy escasa.	cs, mc
SV			

PISOS DE VEGETACIÓN

SA	Sub Andino
AI	Andino Inferior
Alz	Andino Inferior laderas
Alq	Andino Inferior quebradas
Alv	Andino Inferior vegas
AS	Andino Superior

TIPO BIÓLOGICO

LB	Leñoso Bajo
H	Herbáceo
S	Suculento

DENSIDADES

1	1-5%
2	5,1-10%
3	10,1-25%
4	25,1-50%
5	50,1-75%
6	75,1-90%

ESPECIES DOMINANTES

LEÑOSO BAJOS		SUCULENTAS		HERBÁCEOS			
Aa	*Adesmia aegiceras*	oL	*Opuntia leoncito*	ca	*Chaetanthera acerosa*	lc	*Lenzia chamaepytys*
Ac	*Azorella crypthantha*			cg	*Carex gayana*	mc	*Menovillea cuneata*
Ae	*Adesmia echinus*			cn	*Cristaria andicola*	ms	*Montiopsis sp.*
Ah	*Adesmia hystrix*			cs	*Chaetanthera sp.*	oa	*Oxychloe andina*
Am	*Azorella madreporica*			dc	*Deschampsia caespitosa*	oh	*Oxalis hipsophila*
As	*Adesmia subterranea*			dv	*Deyeuxia velutina*	pc	*Patosia clandestina*
Cp	*Calceolaria pinifolia*			ea	*Eleocharis albibracteata*	sa	*Stipa atacamensis*
Eb	*Ephedra breana*			fw	*Festuca werdermanii*	sc	*Stipa chrysophylla*
Js	*Junellia sp.*			hc	*Hordeum comosum*	sp	*Senecio pissisii*
Ju	*Junellia uniflora*			kp	*Kurzamra pulchella*		
Vm	*Viviania marifolia*						

LEYENDA TEMÁTICA
CARTA DE OCUPACIÓN DE TIERRAS

FIGURA 5.14 (Continuación)

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

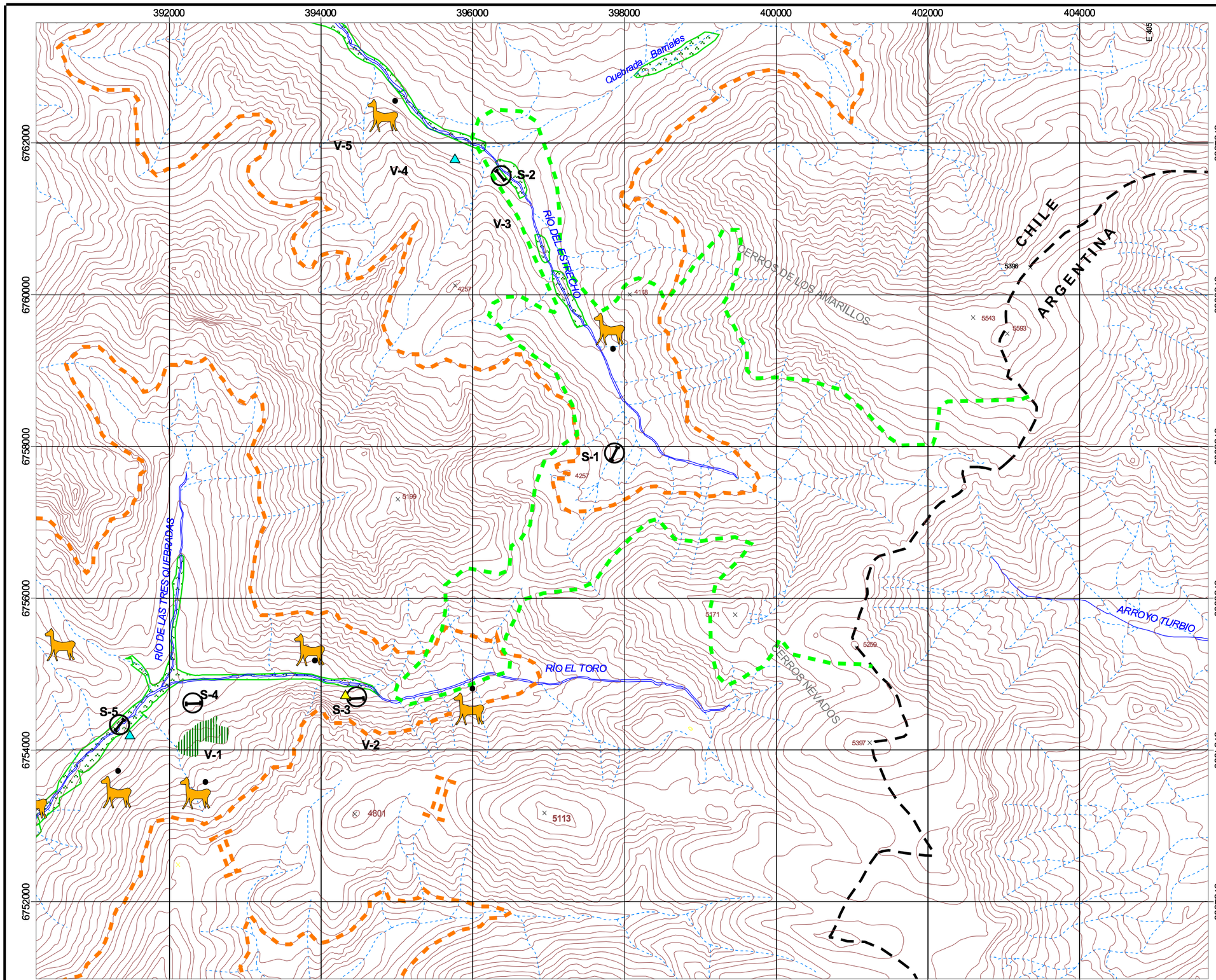
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : M. Gajardo

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Flora.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, Arroyos
- Quebradas
- Area de influencia del proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

- Límite superior de distribución local de Guanaco *(Lama guanicoe)*
- Corredores de guanacos
- Sitio / transecto de muestreo de aves, mamíferos y reptiles
- Sitio de Prospección de Vizcachas y Chinchillas
- Presencia de Vizcachas
- Vegas

ESPECIES PROTEGIDAS

- Avistamiento de Guanaco *(Lama guanicoe)*
- Avistamiento de Piuquén
- Avistamiento de Perdiz Cordillerana

1000 m 0 1 2 Km

1: 50.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

FAUNA

FIGURA 5.15

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

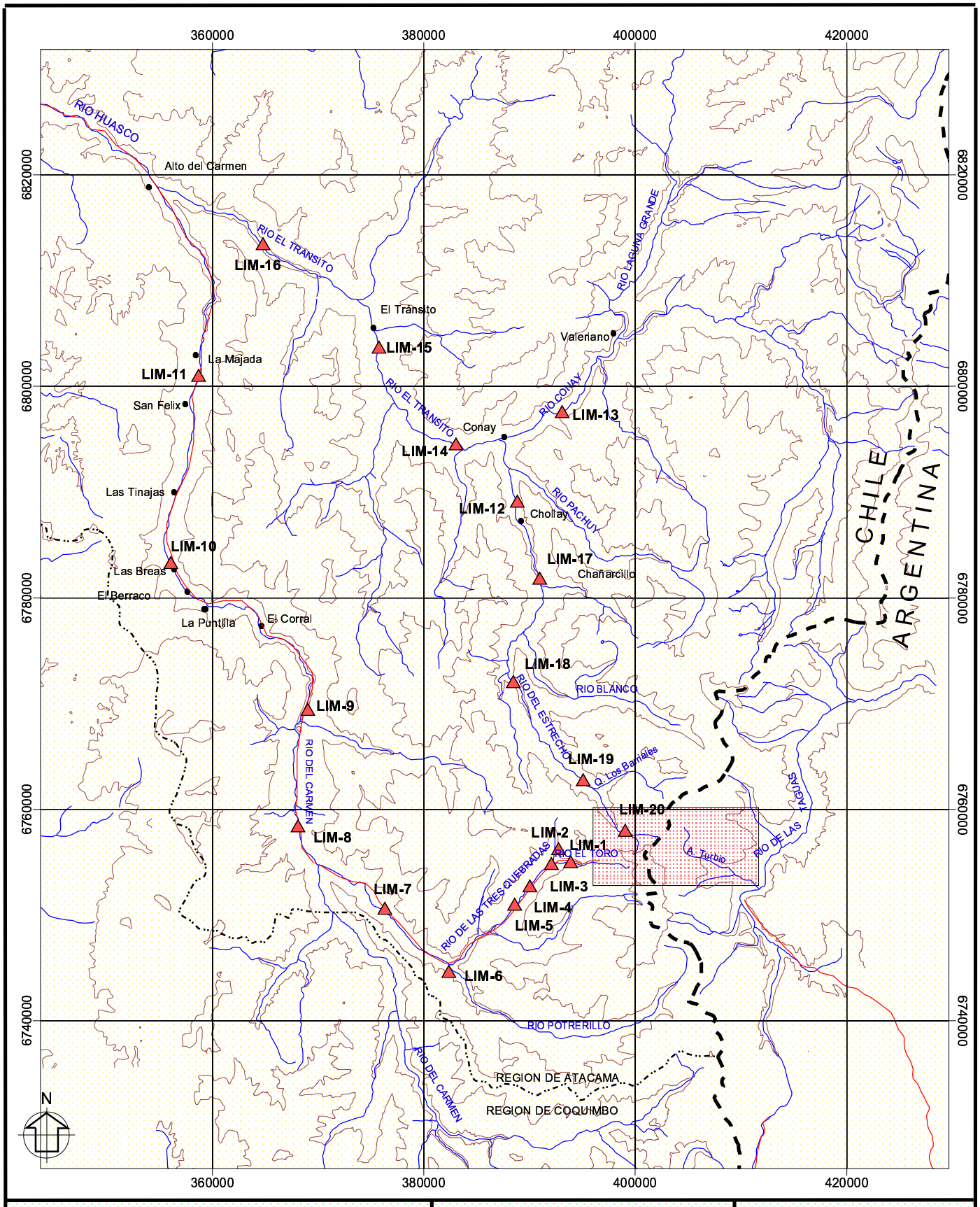
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : Y. Vilina
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Fauna.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Camino de acceso
- Límite Regional
- Límite Internacional
- Área de Proyecto
- Puntos de muestreo limnológico

PUNTOS DE MUESTREO DE LIMNOLOGÍA

FIGURA 5.16

0 5 10 15 20 Km

1: 500.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO
MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

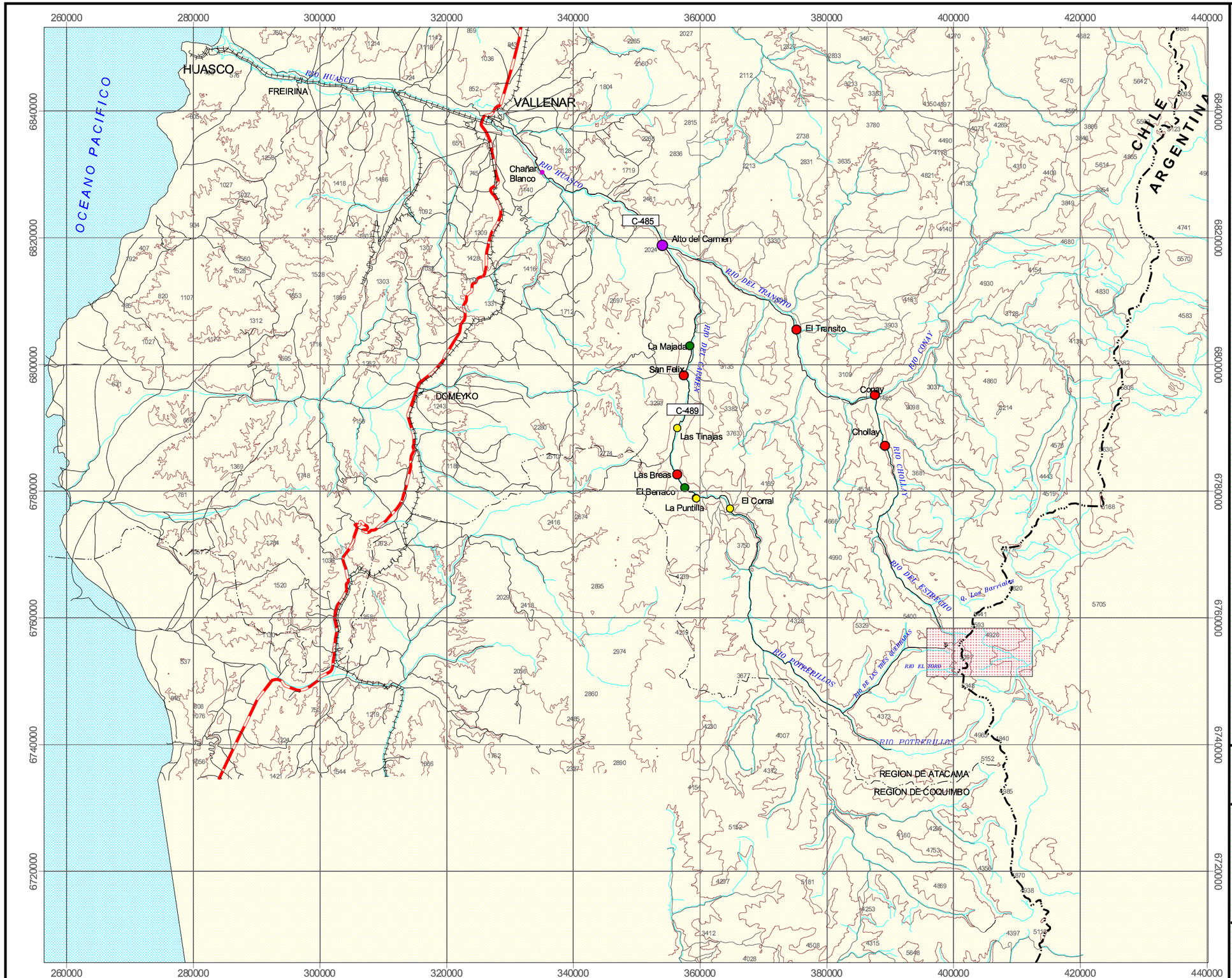
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor : G. Martinez
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Nov. 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Cap5/ Limnologia.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Cursos de agua
- Límite Regional
- Límite Internacional
- Área de Proyecto

LEYENDA TEMÁTICA

- Ruta 5
- Ruta de acceso al proyecto
- Ferrocarril

LOCALIDADES POBLADAS

- 0 - 50 Habitantes
- 51 - 100 Habitantes
- 101 - 200 Habitantes
- 201 - 400 Habitantes

20 Km 0 20 Km

1: 600.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR

N

LOCALIDADES POBLADAS
CERCANAS AL AREA DEL PROYECTO

FIGURA 5.17

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

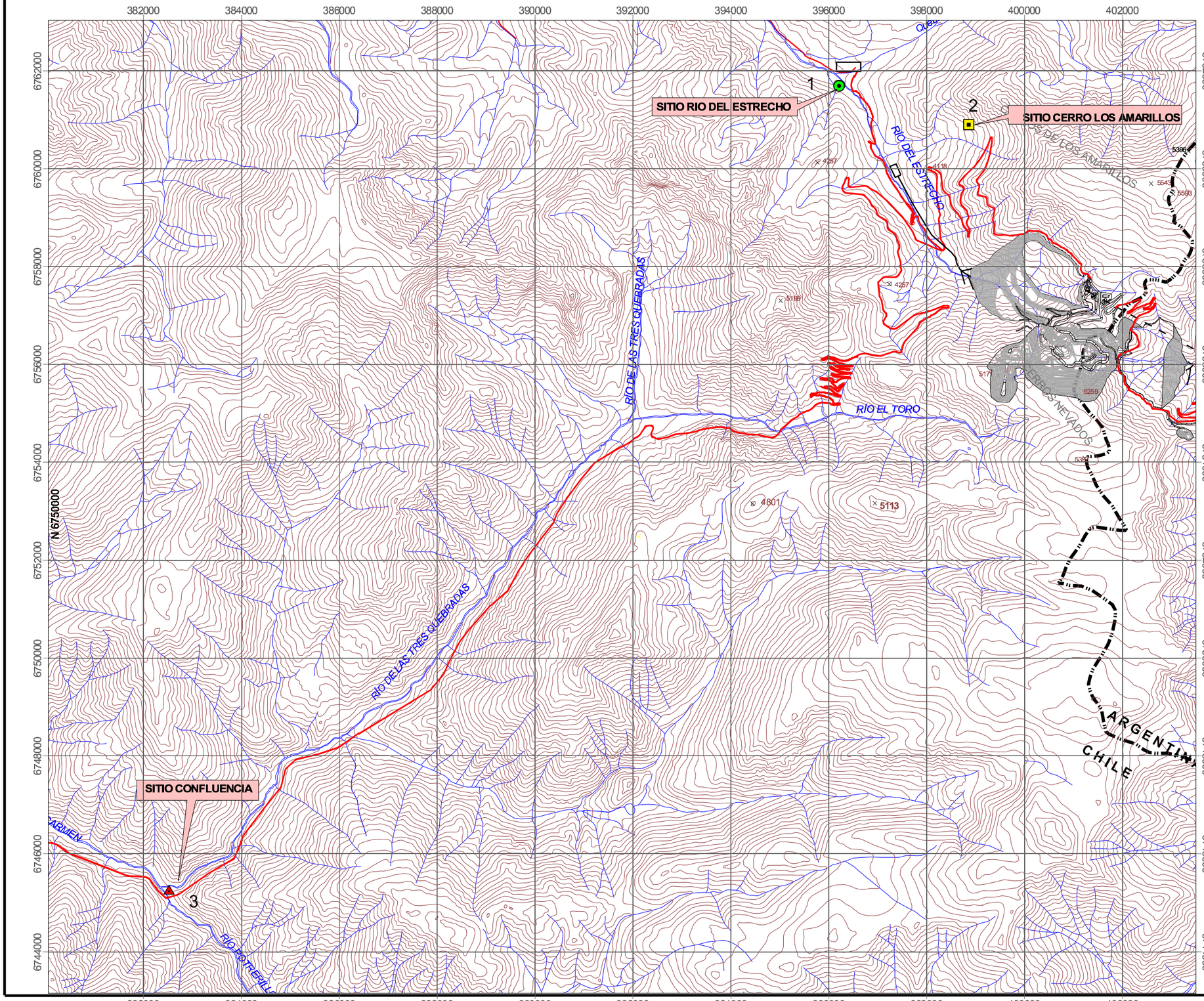
BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J.Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/Especialidad/SIG/Apr/Cap5/socioeco1.apr



LEYENDA BASE TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Ríos, esteros, quebradas
- Caminos
- Instalaciones del Proyecto
- Límite Internacional

Nota: El trazado del límite internacional no es oficial.

LEYENDA TEMÁTICA

Sitios arqueológicos previamente descritos:

SITIO RIO DEL ESTRECHO
1 Campamento Pastoril Diagüita - Inca, asociado a vega. (1470 - 1536 años d.C)

SITIO CERRO LOS AMARILLOS
2 Construcción de Altura (4300 m) Diagüita - Inca (1470 - 1536 años d.C)

SITIO CONFLUENCIA
3 Estructuras túmulares mortuarias. Complejo El Molle

1000 m 0 1000 2000 3000 m

1:80000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
PSAD 56 ELIPSOIDE INTERNACIONAL 1924

N

SITIOS ARQUEOLÓGICOS

FIGURA 5.18

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MODIFICACIONES PASCUA - LAMA

BARRICK

ARCADIS GEOTECNICA

Autor :
Dibujo : J. Moraga

Fecha : Noviembre 2004

2741/ Especialidad/Sig/Apr/ Caps/Arqueologia.apr