

**BARRICK EXPLORACIONES ARGENTINA S.A.
EXPLORACIONES MINERAS ARGENTINAS S.A.**

**PROYECTO PASCUA-LAMA
TEXTO ORDENADO
DEL INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL
EXP. ADM. N° 414-657-B-04
ETAPA DE EXPLOTACIÓN**

SECCIÓN 7.0 – METODOLOGÍA UTILIZADA

**(Ref. No. SA202-00027/3-4, Rev. 0)
Julio, 2006**

BARRICK EXPLORACIONES ARGENTINA S.A.
EXPLORACIONES MINERAS ARGENTINAS S.A.**PROYECTO PASCUA-LAMA**
TEXTO ORDENADO DEL INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL
ETAPA DE EXPLOTACIÓN**SECCIÓN 7.0 – METODOLOGÍA UTILIZADA****CONTENIDO**

SECCIÓN 7.0 – METODOLOGÍA UTILIZADA	1
7.1 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE POTENCIALMENTE AFECTADO POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO	1
7.1.1 Antecedentes y Objetivos de la Recolección de Datos de Línea de Base	1
7.1.2 Área de Influencia	2
7.1.3 Metodología Utilizada para la Recopilación de Información de Línea Base	6
7.1.3.1 Geología y Geomorfología	6
7.1.3.2 Sismología	12
7.1.3.3 Climatología	13
7.1.3.4 Ruido y Vibraciones	18
7.1.3.5 Hidrología e Hidrogeología	21
7.1.3.6 Edafología	29
7.1.3.7 Flora	32
7.1.3.8 Fauna	36
7.1.3.9 Limnología	39
7.1.3.10 Caracterización Ecosistemática	45
7.1.3.11 Estado de Conservación de las Especies	46
7.1.3.12 Áreas Naturales Protegidas en el Área de Influencia	47
7.1.3.13 Paisaje	47
7.1.3.14 Aspectos Socioeconómicos y Culturales	50
7.1.3.15 Sitios de Valor Histórico, Cultural, Arqueológico y Paleontológico	52

7.1.3.16	Descripción de las Tendencias de Evolución del Medio Ambiente Natural	54
7.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	55
7.3	DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	58
7.3.1	Impacto sobre la Geomorfología	61
7.3.2	Impacto sobre las Aguas.	62
7.3.2.1	Cantidad de Agua Superficial y Subterránea	62
7.3.2.2	Pronóstico de Impactos Potenciales sobre la Calidad del Agua	71
7.3.3	Impacto sobre la Atmósfera	76
7.3.3.1	Contaminación con gases y partículas en suspensión	77
7.3.3.2	Contaminación Sónica	80
7.3.4	Impacto Sobre el Suelo	84
7.3.5	Impacto Sobre la Flora y Fauna	84
7.3.6	Impacto Sobre los Procesos Ecológicos	85
7.3.7	Impactos Sobre el Ámbito Sociocultural	86
7.3.8	Impacto Visual	87
7.3.9	Memoria de Impactos Irreversibles de la Actividad	88
7.4	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	89
7.5	PLAN DE ACCIÓN ANTE CONTINGENCIAS AMBIENTALES	90
7.5.1	Definición de Riesgo Ambiental	91
7.5.2	Metodología para la Identificación y Evaluación de Riesgo Ambiental	92
7.5.2.1	Screening para Identificación de Riesgos Ambientales Potenciales	92
7.5.2.2	Identificación de los Modos de Falla	93
7.5.2.3	Determinación del Potencial de Falla	94
7.5.2.4	Determinación de las Consecuencias de la Falla	94
7.5.2.5	Determinación de la Clasificación de Riesgo	97
7.6	NORMAS CONSULTADAS	99

TABLAS

Tabla TO7.1	Cronología Estudios IIA Pascua-Lama
Tabla TO7.2	Cronología Estudios IIA Veladero
Tabla TO7.3	Cronología Monitoreos y Estudios Adicionales Efectuados por Barrick
Tabla TO7.4	Criterios Empleados para Determinar el Área de Influencia del Proyecto

PLANOS

Plano TO7.1	Área de Estudio Cordillera y Área de Influencia
-------------	-------------------------------------------------

APÉNDICES

APÉNDICE TO2.1	Informe de Golder Associates: Estudio Riesgos Geológicos
APÉNDICE TO2.3-1	Datos de Calidad del Agua Superficial y Subterránea
APÉNDICE TO3.1-9	Caracterización Geoambiental de Roca Estéril y Colas
APÉNDICE TO4.2-1	Análisis de Calidad de Aire
APÉNDICE TO4.3	Análisis de la Propagación del Nivel de Presión Sonoro

**BARRICK EXPLORACIONES ARGENTINA S.A.
EXPLORACIONES MINERAS ARGENTINAS S.A.****PROYECTO PASCUA-LAMA
TEXTO ORDENADO DEL INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL
ETAPA DE EXPLOTACIÓN****SECCIÓN 7.0 – METODOLOGÍA UTILIZADA**

Esta sección provee una descripción de las metodologías y procedimientos utilizados en el desarrollo del Informe de Impacto Ambiental para la Etapa de Explotación del Proyecto Pascua-Lama. El contenido del Texto Ordenado se basa en el itemizado definido en el Anexo III, del Decreto N°456/1997 de las Normas Complementarias para la Implementación de la Ley N° 24.585 de Protección Ambiental para la Actividad Minera, Requerimientos Mínimos. También ha sido considerado a modo de orientación el instructivo de la UGAMP sobre dicho Anexo. Los estudios ambientales requeridos para la descripción del medio ambiente y la evaluación de los impactos potenciales en el Área de Influencia del Proyecto han sido desarrollados utilizando estas guías, complementadas con las normas corporativas de BEASA y los lineamientos del Banco Mundial.

A continuación se presenta la información requerida según la citada Ley y se describe, donde corresponda, la metodología que se utilizó en relación a la recopilación y presentación de la información en el Texto Ordenado del Proyecto. Los requisitos legales mínimos según la Ley N° 24.585 de Protección Ambiental para la Actividad Minera, se incluyen en un cuadro al comienzo de cada sección.

**7.1 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE POTENCIALMENTE AFECTADO
POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO****7.1.1 Antecedentes y Objetivos de la Recolección de Datos de Línea de Base**

Entre 1998 y 1999 se efectuaron estudios de línea de base para el Proyecto Pascua-Lama, los cuales fueron enfocados a la caracterización de su área de influencia. Posteriormente, en el año 2000, se efectuó el Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Pascua-Lama y sus Addendum N° 1 al N° 4.

En el presente Texto Ordenado de Pascua-Lama, dicha información de línea base fue complementada con los estudios ambientales efectuados en el marco del IIA de Explotación del Proyecto Veladero.

Adicionalmente, a objeto de actualizar la línea base del distrito se incorporaron los resultados de los monitoreos ambientales del período comprendido entre el año 1999 y fines del 2003, que Barrick estaba efectuando en el contexto del cumplimiento de los compromisos ambientales del Proyecto Veladero, para su actual etapa de construcción. En las Tablas TO7.1 a la TO7.3 se presenta la cronología de los estudios de línea de base realizados para el Proyecto Pascua-Lama; Proyecto Veladero; Monitoreos Ambientales y Estudios Adicionales, los cuales han sido utilizados en su totalidad en la caracterización del ambiente.

Cabe destacar que para el desarrollo del análisis de alternativas del Proyecto, la empresa de ingeniería Vector Colorado, a cargo del desarrollo del depósito de colas ha incorporado los resultados de los estudios de línea de base a todas las fases de los estudios de ingeniería.

7.1.2 Área de Influencia

<u>Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585</u>

- | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">a) Ubicación geográficab) Plano de pertenencia minera y servidumbres afectadasc) Descripción y representación gráfica de las características ambientales |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Se entiende que el área de influencia corresponde a la porción del territorio donde el Proyecto ejerce alguna influencia. Si la influencia se ejerce directamente por las obras del Proyecto y sus acciones asociadas, como ocurre con el emplazamiento de las escombreras, nos referimos a área de influencia directa. Esto incluye un área de sacrificio que no puede ser recuperada, más un área de impacto directo en la zona de las instalaciones, pero que se puede recuperar. Aquellas áreas que pueden verse afectadas, pero que no están necesariamente ubicadas en el área delimitada por las instalaciones del Proyecto, se conocen como de influencia indirecta. Esto incluye las áreas de disminución o de amortiguación de impactos sobre los distintos medios o componentes ambientales.

La identificación de las áreas de influencia directa se efectúa por superposición de las obras del Proyecto, mientras que la identificación de las áreas de influencia indirecta es

más compleja ya que requiere la definición previa de ciertos criterios, los que se determinan por componente ambiental y cuyos límites quedan definidos generalmente por la relevancia de los efectos que puedan presentarse en ella. En la Tabla TO7.4 se resumen los criterios empleados para determinar las áreas de influencia específica por componente para el Proyecto Pascua-Lama. Aparte de los criterios, la determinación del área de influencia requiere el uso de otras herramientas, tales como superposición cartográfica y modelos de simulación. A partir de las áreas de influencia específicas de cada componente se determina el área de influencia total del Proyecto, así como la suma/intersección territorial de las áreas de influencia específicas.

De acuerdo a lo presentado en la Sección 2.1.1.3, las áreas de influencia se definieron de la siguiente manera:

El *Área de Influencia Directa (AID)* corresponde a la zona geográfica donde se emplazarán las obras del Proyecto en territorio argentino. Incluye el emplazamiento de los rajos, escombrera, planta de proceso, depósito de colas, instalaciones auxiliares, edificios de administración y campamento.

El *Área de Influencia Indirecta (AII)* corresponde a la zona geográfica que será afectada por las actividades y/o acciones del Proyecto, tales como la emisión de material particulado, generación de ruido, la extracción de agua, la contratación de personal y el requerimiento de insumo y servicios, entre otros. En síntesis, el área demarcada por el área de influencia indirecta del Proyecto, incluye las localidades y ciudad del estudio socioeconómico (las localidades de los Departamentos de Iglesia y Jáchal y la ciudad de San Juan). Con el uso del Camino Minero, también se incluye como área de influencia indirecta al área que determina el trazado del camino, como el Valle del Cura.

En el Plano TO2.2 de la Sección 2.0 se muestra el área de influencia determinada para la Etapa de Explotación del Proyecto. Dicha área, que corresponde a la “suma agregada o unión” de las áreas de influencia que se prevén para cada una de las componentes ambientales, se ha determinado sobre la base de un conjunto de criterios que se resumen en la Sección 7.3, para lo cual se ha empleado la superposición cartográfica de los impactos evaluados en la Sección 4.0 de este documento. Cabe señalar que el área de influencia del Proyecto se ha delimitado en consideración de los efectos acumulativos (ver Plano TO7.1).

A diferencia del área de influencia, el área de estudio corresponde a aquella porción del territorio donde se efectúan los estudios ambientales para la caracterización del entorno del Proyecto. Es una primera aproximación al área de influencia y se determina, mediante juicio de experto, considerando las obras y actividades que considera el Proyecto.

El Área de Estudio (AE) corresponde a la zona geográfica donde se llevaron a cabo las investigaciones y trabajos de campo para la Línea Base Ambiental y Socioeconómica del IIA del Proyecto Pascua-Lama. Conforme a su ubicación geográfica, el AE se agrupó en tres áreas a saber:

- AE Cordillera,
- AE Agua y
- AE Socioeconómico.

El Plano TO2.1 de la Sección 2.0 muestra las áreas de estudio definidas para este documento.

Para los efectos del Proyecto Pascua-Lama el Camino Minero, a través del cual se accederá al sector del yacimiento, es un área preexistente y, por lo mismo, su caracterización de línea base no se incluyó en la Sección 2.0. La misma se encuentra en el IIA del Proyecto Veladero, que ya fue aprobado ambientalmente.

a) Área de Estudio Cordillera (AE Cordillera)

Esta área de estudio comprende la zona geográfica del distrito donde se encuentra el yacimiento y donde se emplazarán las obras de proceso que requerirá la operación del Proyecto. En el Plano TO2.1 se muestra esta área de estudio, que está aproximadamente delimitada por:

- Oeste: límite fronterizo entre Argentina y Chile,
- Este: longitud que determina la cuenca del Río de Los Despoblados,
- Norte: la cuenca del Arroyo de Los Amarillos, y
- Sur: latitud de la confluencia del Río de Las Taguas con el Arroyo Veladero.

Para la descripción de las características ambientales a una escala local se definió, además, el Área de Estudio Turbio, que corresponde a la zona geográfica delimitada por la cuenca hidrográfica del Río Turbio. Como se muestra en el Plano TO2.1, el AE Turbio está comprendida en el AE Cordillera.

b) Área de Estudio Agua (AE Agua)

Esta área, que se encuentra aguas abajo del AE Cordillera, comprende la zona geográfica que determina el curso de los ríos Las Taguas y de La Palca, así como el Río Blanco, desde su confluencia con el Río de La Palca hasta el Embalse Cuesta del Viento. En el Plano TO2.1 se muestra esta área de estudio.

c) Área de Estudio Socioeconómico (AE Socioeconómico)

El Proyecto se localiza en el Departamento de Iglesia, tal como se muestra en el Plano TO2.1. Los poblados del Departamento de Iglesia insertos en el área de estudio socioeconómico corresponden a Iglesia, Las Flores, Tudcum, Colola, Angualasto, Malimán, Rodeo y Pismanta. Al Este de Iglesia se emplaza el Departamento de Jáchal, y el poblado principal de este Departamento, San José de Jáchal, también está inserto en el AE Socioeconómico. Estas localidades, como se muestra en el Plano TO2.2, están comprendidas en el Área de Influencia del Proyecto.

La vinculación que tienen los poblados señalados con el Proyecto, se genera como consecuencia de:

- El acceso al camino minero a través o cerca de estos pueblos, desde el camino público entre San Juan y Tudcum.
- Los Ríos Blanco y Jáchal cuyas aguas son usadas por los agricultores y residentes locales y tienen como cuencas tributarias el AE Cordillera del Proyecto.
- Potenciales efectos socioeconómicos del desarrollo regional dentro del área.

Los poblados vinculados al Proyecto a través del camino de acceso son los siguientes:

- Iglesia, ubicado a 202 km al sudeste del Proyecto.
- Las Flores, ubicado a 187 km al sudeste del Proyecto.
- Tudcum, ubicado a 172 km al sudeste del Proyecto.
- Rodeo, ubicado a 200 km al sudeste del Proyecto.
- San José de Jáchal, ubicado a 242 km al sudeste del Proyecto.

Poblados vinculados a través del uso de las aguas del Río Blanco en el Departamento de Iglesia y del Río Jáchal en el Departamento de Jáchal son los siguientes:

- Colola, ubicado a 197 km al sudeste del Proyecto.
- Angualasto, ubicado a 182 km al sudeste del Proyecto.
- Malimán, ubicado a 176 km al sudeste del Proyecto.

Adicionalmente, se incluyó la ciudad de San Juan, como parte del AE Socioeconómico. Esta ciudad es relevante en cuanto a su posición como centro capital de la Provincia y por su oferta de empleo, servicios e insumos que puede proporcionar al Proyecto.

7.1.3 Metodología Utilizada para la Recopilación de Información de Línea Base

7.1.3.1 Geología y Geomorfología

Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Descripción General
- b) Sismología

La caracterización de la línea base de geología y geomorfología se efectuó a escala regional como a una escala específica al Proyecto. El área considerada para el desarrollo de dicho estudio de línea base correspondió al AE Cordillera, la cual se presenta en el Plano TO2.1.

La caracterización de la geología comprendió la estratigrafía, las formaciones o unidades geológicas, la estructura y los recursos minerales presentes en el área de influencia del Proyecto. Dicha caracterización se basó en el análisis de la información disponible de la fase de exploración del Proyecto, cartografía del sector a escala 1:10.000; mapas geológicos locales a escala 1:25.000. Sobre la base de lo anterior se identificaron y describieron las unidades geológicas presentes en el área de estudio del Proyecto, donde se prepararon figuras y planos para graficar las unidades geológicas de ésta.

La caracterización geomorfológica se basó en el análisis de fotografías aéreas del Proyecto a escala de 1:30.000 del Proyecto y de la cartografía a escala 1:10.000 para generar un producto a escala 1:25.000. Las unidades geomorfológicas fueron delimitadas, clasificadas y ratificadas con observaciones de terreno. La caracterización climática, el relieve, las pendientes, la hidrología y el drenaje, las formas, los depósitos y los suelos del área de estudio fueron determinados en relación a la geomorfología. Por lo anterior, el Plano TO2.5 presenta las principales unidades geomorfológicas del área de estudio del Proyecto.

En cuanto a las Crioformas (rasgos geomorfológicos cuya cobertura presenta agua en forma de hielo o nieve), estas se encuentran en regiones o zonas donde prevalecen durante gran parte del año condiciones criólicas, es decir, donde los suelos o rocas están a temperaturas bajo cero e incluyen cubiertas de nieve, glaciares, campos de nieve permanentes, glaciares de roca, suelos congelados en forma estacional y suelos con congelamiento perenne (permafrost).

Los glaciares de roca en las cuencas de los Ríos Canito y Turbio fueron mapeados por BGC usando fotografías aéreas a una escala de 1:8.000 que fueron tomadas el 11 de marzo de 2000 (Figura TO2.1). Los glaciares de roca fueron identificados basándose en su expresión superficial. La extensión del área de estos glaciares fue transferida a un mapa de contorno base en forma manual, basándose en rasgos adyacentes (tales como caminos o flujos de agua) y el espaciamento de contorno. El mapeo se realizó a nivel de reconocimiento, estimándose una probabilidad de certeza en el proceso de transferencia de un 80%.

Gran parte de los glaciares que se muestran en la Figura TO2.1 fueron mapeados usando imágenes satelitales del 12 de marzo de 2002. No obstante, debido a limitaciones con la resolución del satélite, las imágenes no son tan útiles para el mapeo de los glaciarettes (glaciares pequeños) y los pequeños campos de nieve permanentes. Para esta tipificación, donde existía cobertura disponible, se usaron las fotografías aéreas (en una escala del 1:8.000) del año 2000. Los puntos centrales de estas fotografías aéreas se encuentran mapeadas en la Figura TO2.1. BGC estima que la incertidumbre de este mapeo es de aproximadamente un 10%.

La metodología de medición de los glaciares incluyó lo siguiente:

- Se tomaron Fotografías estéreo de los glaciares desde estaciones de control para observar los cambios a través del tiempo, utilizando reconstrucción en 3D. Esto se realizó en marzo de 2006.
- Se analizaron imágenes satelitales para observar cambios en las reservas criosféricas del área del Protocolo.
- Se realizaron mediciones de glaciares seleccionados del área del Protocolo utilizando estacas de ablación/acumulación y levantamientos topográficos sucesivos.

- Se realizaron observaciones de patrones de acumulación de nieve, utilizando cursos de nieve, estratigrafía de calicatas, perfilamiento de temperatura base de la capa de nieve y fotografía estéreo terrestre.
- Se realizaron mediciones de caudales que emanan de los Glaciares Guanaco y Los Amarillos.
- Se instalaron cadenas de resistencias térmicas en el permafrost, a profundidades de hasta 10 metros, además de registro de las fluctuaciones térmicas en la zona superior del permafrost y a través de la capa activa.

El estudio de Riesgos Geológicos Potenciales se desarrolló utilizando las herramientas del mapeo geomorfológico y una clasificación de las pendientes del modelo de elevación digital, identificándose siete tipos de riesgos naturales no sísmicos:

- Flujos de detritos
- Slumps o deslizamientos rotacionales
- Caída de rocas
- Deslizamientos de detritos
- Outwash de alta energía
- Aguas subterránea
- Avalanchas

Se realizó una evaluación de riesgos para el sitio del Proyecto Pascua-Lama, cuyo alcance del trabajo y enfoque de investigación incluyen el desarrollo de un mapa de riesgos geológicos y la evaluación de fallas activas inferidas en las cuencas de drenaje de Canito y Turbio. Este trabajo se dividió en dos fases:

- Fase 1 – recopilación, revisión y evaluación de datos sobre riesgos e interpretaciones disponibles a partir de fotografías aéreas e investigaciones anteriores; y
- Fase 2 – investigaciones de campo para verificar el mapeo de riesgos y la evaluación de fallas llevadas a cabo durante la Fase 1.

En la Fase 1 de este estudio se identificaron los riesgos geológicos potenciales a partir de informes previos, mapeos geomorfológicos realizados por Barrick y con la interpretación de fotografías aéreas. Los riesgos geológicos identificados fueron señalados en un mapa a escala 1:25.000. El mapa fue desarrollado en ArcViewTM, y

los rasgos correspondientes a riesgos fueron ilustrados sobre la base geomorfológica, señalando la topografía mediante curvas de nivel a intervalos de 10 m.

La Fase 2 del estudio fue realizada con el propósito de verificar en terreno los rasgos de riesgos geológicos identificados durante la Fase 1, identificando nuevos riesgos y asignando grados o clasificaciones de riesgo a los rasgos identificados. Las observaciones durante la evaluación en terreno fueron útiles para obtener algunas estimaciones sobre la velocidad o frecuencia de los procesos morfogénicos, lo que permitió definir algunas estimaciones cualitativas de los riesgos que se presentan.

Se han modificado los riesgos geológicos del mapa de la Fase 1, y se los ha representado en un mapa de simulación de relieve realizado en ArcViewTM, a escala 1:25.000 y con curvas de nivel con un intervalo de 10 m. (Placa 2 del Apéndice TO2.1 de este documento).

Se han asignado grados o clasificaciones de riesgo para algunos tipos de riesgo. Otros tipos de riesgo no son adecuados para que se los clasifique según grados de riesgo (por ejemplo, agua subterránea cercana a la superficie). Las estimaciones sobre la edad de los rasgos geomórficos o los intervalos de recurrencia no se basan en ninguna técnica de datación de edades, y son subjetivas.

A continuación se expone la metodología de identificación y clasificación de los riesgos identificados.

Flujo de detritos

Las zonas que presentan flujos de detritos ocurridos en el pasado se identifican como áreas proclives a futuros flujos de detritos. Las áreas de riesgos por flujo de detritos comúnmente se presentan en la base de un canal confinado de pendiente pronunciada alimentado por un drenaje relativamente importante asociado a una fuente de sedimentos, desarrollándose conos de flujos de detritos donde disminuyen las pendientes del canal. La naturaleza de la fuente de sedimentos influye sobre la posibilidad de que se produzcan dichos flujos, como así también sobre la distancia recorrida y los daños potenciales que puede causar.

La clasificación de riesgos de flujos de detritos se basa en cuán recientes sean los rastros de flujos de detritos pasados. Las edades relativas de los rastros de flujos de detritos fueron determinadas mediante el desarrollo de vegetación, el grado de desarrollo del barniz del desierto y las relaciones de depositación. Los flujos de detritos probablemente constituyen el tipo más común de riesgo geológico presente en el Sitio. Algunos conos de flujos de detritos presentan áreas de actividad reciente, mientras que otros no han tenido actividad durante muchos años. Las áreas de alto riesgo de flujo de detritos son las partes activas del cono y se puede considerar que tienen un período de recurrencia de 2 a 50 años. Las áreas clasificadas como de riesgo medio de flujo de detritos presentan algo de vegetación, y -al presente- no constituyen la parte activa del cono, pero podrían llegar a serlo si el canal sufriera alguna pequeña modificación. Los flujos de detritos de riesgo medio pueden tener una periodicidad de entre 50 y 500 años. Se ha asignado la clasificación de área de bajo riesgo a los depósitos de conos relativamente antiguos que fueron formados por eventos de flujos de detritos, pero que no muestran evidencia reciente de tal ocurrencia. Se considera que estas áreas de bajo riesgo tienen una periodicidad que se encuentra entre 500 y 5.000 años.

Slumps o Deslizamientos Rotacionales

La clasificación de riesgos de slumps o deslizamientos rotacionales se basa en la probabilidad y/o frecuencia de ocurrencia de futuros movimientos. La probabilidad de futuros movimientos se evalúa en función de cuán recientes sean sus rasgos, el nivel de inclinación en la base, nivel de filtraciones y de desmoronamiento de los bordes.

Caída de Rocas

Los riesgos de caída de roca fueron definidos mediante la identificación (principalmente mediante fotografías aéreas) de áreas con acumulaciones de bloques debajo de barrancos o riscos de sustratos rocosos. La clasificación de riesgo se basa en estimaciones subjetivas sobre la periodicidad de eventos de caída de rocas que puedan ocurrir en un área determinada. Esto implica calcular la cantidad de bloques caídos y la edad de la superficie sobre la que cayeron dichos bloques. Las áreas de afloramientos rocosos escarpados, con campos de bloques en la base de la zona de recorrido de caída, se identifican como áreas de riesgo de caída de roca. En general, el área de riesgo incluye la zona de recorrido, según se la identifica a partir de la distribución de los bloques identificados mediante fotografías aéreas.

Deslizamientos de Detritos

Las áreas que han sido identificadas como poseedoras de un potencial de deslizamiento de detritos son –en general- las laderas empinadas formadas por detritos gruesos o depósitos de coluvio no cohesivo (en particular, coluvio resultante de alteraciones, por vapores calientes). La clasificación subjetiva del riesgo se basa en las características del coluvio (tamaño de grano, cohesividad, y otros factores) y el ángulo de inclinación del talud. No hay presencia de deslizamientos de detritos de origen natural en el Sitio; por lo tanto, las estimaciones sobre los intervalos de recurrencia pasados no constituyen el criterio empleado para crear la escala de clasificación del riesgo. Se estima que los deslizamientos de detritos se originarían en áreas proclives a dichos fenómenos, como resultado de actividades mineras tales como construcciones viales, excavación o relleno. Los deslizamientos de detritos constituyen un riesgo para los caminos, tuberías y las estructuras que se encuentren en su área de influencia o en su curso.

Las zonas con elevado potencial de deslizamientos de detritos pueden estar afectadas por cortes para obras viales que requieren mantenimiento anual y, además el relleno colocado sobre estas laderas sería susceptible a deslizamientos poco profundos o superficiales. Se identifican áreas con riesgos moderados de deslizamientos en zonas donde la característica de los materiales no ha sido investigada en detalle, o en áreas que son proclives a deslizamiento en un grado medio a bajo, y áreas de alto riesgo. Las áreas de bajo riesgo fueron identificadas en base a registros de fotografías aéreas y mediante el análisis del tipo de material geofórmico y el ángulo de inclinación de los taludes. Durante la inspección de campo estos taludes fueron percibidos como estables y representan poco riesgo para obras de infraestructura o instalaciones.

Outwash de Alta Energía

La clasificación de riesgo se basa en la edad de los depósitos *outwash*. Se han otorgados grados de alto riesgo a las zonas que muestran un considerable nivel de transporte de sedimento y de modificación del canal durante un año típico. Se designaron áreas con riesgo moderado a aquellas áreas en las cuales, en base a la morfología del canal, se espera que se produzca un importante transporte o depositación de sedimentos durante años de alta precipitación (Fenómeno El Niño) con período de recurrencia de 5 a 10 años. Se han otorgado grados de bajo riesgo a las áreas que sólo experimentan crecidas durante años altamente inusuales o extremos, con periodicidad en el orden de los 50 a 100 años. Las zonas con elevado riesgo de

flujos *outwash* de alta energía no se consideran adecuadas para infraestructuras mineras.

Agua Subterránea

No se les ha asignado una clasificación de riesgo a las áreas con agua subterránea cercana a la superficie. Estas zonas podrían necesitar medidas especiales de ingeniería a fin de adecuarlas para infraestructura minera, como por ejemplo, edificios, caminos, instalaciones de cintas transportadoras u otras instalaciones mineras tales como , diques de cola, depósito de estéril, o sistema de lixiviación.

7.1.3.2 Sismología

Para cumplir con el objetivo de dicho estudio, se utilizó una metodología que involucró el desarrollo de las siguientes actividades:

- Análisis del marco sismotectónico de la zona en donde se ubica el Proyecto.
- Análisis de la sismicidad histórica del área considerando información sísmica proveniente del Instituto Nacional de Prevención Sísmica de Argentina (INPRES), complementada con información de las bases de datos del USGS (United States Geological Survey).
- Estimación del efecto de sismos históricos representativos de las distintas fuentes sísmicas sobre el área del Proyecto en términos de aceleraciones máximas. Para la determinación de aceleraciones máximas, se seleccionarán relaciones de atenuación de aceleraciones apropiadas según la región en estudio y las fuentes sismogénicas.
- Análisis sísmicos adicionales fueron incorporados en el diseño de las instalaciones y los rajes del Proyecto como parte de los estudios de ingeniería.
- Análisis sísmico del Proyecto Veladero y del IIA original Pascua-Lama.

También se estimaron las aceleraciones máximas asociadas a sismos históricos, ocurridas en el área del Proyecto Pascua-Lama, preliminarmente basándose en las siguientes relaciones de atenuación:

- Saragoni et al, 1980, para zonas de subducción:
$$a = 2300 e^{(0.71 * Ms)} * (R+60)^{-1.6}$$

- Donovan, para sismos corticales:

$$a = 1080 e^{(0.5 * Ms)} * (R+25)^{-1,32}$$

- McGuire, 1974 para sismos asociados a fallas continentales en la costa oeste de los EEUU:

$$a = 472 * 10^{(0.28 * Ms)} * (R+25)^{-1,30}$$

En todas las relaciones:

a = Aceleración de campo libre del terreno en cm/seg².

Ms= Magnitud Richter del sismo.

R = Distancia Hipocentral en km.

7.1.3.3 Climatología

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Vientos: frecuencia, intensidad, estacionalidad
- b) Precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica, temperatura
- c) Calidad del Aire
- d) Ruidos

La caracterización climatológica de los efectos atmosféricos del área de influencia del Proyecto incluyó la descripción meteorológica, de calidad del aire y de los niveles de presión sonora (ruido) en el área del Proyecto y aquellas localidades que pueden ser potencialmente afectadas por el desarrollo de éste. Como parte de los estudios de línea base del Proyecto Pascua-Lama se ha empleado la información que se registran en diversas estaciones de las áreas de estudio que opera Barrick.

a) Caracterización Meteorológica

Se utilizó información del Sistema de Manejo de Datos Ambientales (conocido por la sigla EDMS por su nombre comercial) para compilar la información meteorológica y de calidad del aire del Proyecto Veladero. Adicionalmente, se utilizó información de la Estación El Indio ubicada en Chile perteneciente a la Mina El Indio. La caracterización fue realizada utilizando los datos compilados provenientes del EDMS en relación con las siguientes variables:

- Temperatura Ambiente,
- Humedad Relativa,

- Presión de Vapor,
- Presión Atmosférica Local,
- Radiación Solar,
- Velocidad y Dirección del Viento,
- Evaporación de Tanque,
- Precipitación Líquida, y
- Altura de Nieve.

Las siguientes estaciones meteorológicas, cuatro de la cuales son operadas por Barrick, fueron utilizadas en la caracterización:

- Campamento Veladero (VM-1),
- Quebrada Potrerillo (VM-3),
- Lama (SML-1),
- Frontera (SM-1), y
- El Indio

La ubicación de todas las estaciones utilizadas para la caracterización meteorológica del Proyecto Pascua-Lama se presenta en el Plano TO2.9.

Las estaciones VM-1 y VM-3, en el AE Cordillera, han permitido obtener datos para la ingeniería del Proyecto, estudios hidrológicos e hidrogeológicos, así como para la caracterización y evaluación de los impactos asociados a las obras e instalaciones del Proyecto. Por su parte, la estación El Indio se instaló hace 23 años para apoyar la operación de la faena Minera El Indio.

La ubicación e instalación de todas las estaciones se efectuó tomando en consideración las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Además, debido a las condiciones meteorológicas extremas del área, se han tomado medidas para asegurar el registro continuo de los datos meteorológicos. Estas medidas incluyen dispositivos tales como baterías de respaldo y línea telefónica para acceder desde puntos remotos.

En general, las estaciones meteorológicas están equipadas con:

- anemómetros, para medir la dirección y velocidad del viento,
- sensores para monitorear la temperatura ambiente, humedad relativa, radiación solar y presión atmosférica,
- un pluviómetro para medir la lluvia caída,
- un tanque de evaporación,
- un sensor de altura de nieve,
- un equipo registrador de datos o *datalogger*, que permita asentar datos, y
- un panel solar para suministrar energía.

Los equipos registradores de datos o *dataloggers* captan datos cada diez segundos. Cada sesenta minutos los datos son procesados para generar una entrada de registros por hora, con valores de precipitación acumulada, de evaporación por dicho lapso de tiempo y valores promedio para las otras variables. El equipo registrador de datos también procesa datos para generar registros de 24 horas.

No obstante, no todas las estaciones están equipadas con los mismos sensores. Por ejemplo, algunas estaciones han sido equipadas con anemómetros a 2 m y/o 10 m, cuyas mediciones, debido a las diferentes alturas, sirven para diferentes aplicaciones. Los datos del viento recolectados a 10 m son requeridos para la aplicación de modelos de calidad del aire y los datos recolectados a dos o tres metros son incorporados a ecuaciones que calculan la evaporación potencial o de referencia. Un ejemplo de esto es la estación SML-1, que no está equipada con un tanque de evaporación. Por lo tanto, el registrador de datos está programado para incorporar radiación solar, humedad relativa, temperatura y velocidad del viento a 2 m, dentro de la ecuación Penman modificada, la cual calcula la evaporación potencial en esta estación.

Las estaciones meteorológicas VM-1 y VM-3 fueron equipadas con pluviómetros y tanque de evaporación en Enero de 2001. Por esta razón, fue posible determinar la evaporación horaria, para lo cual se empleó la siguiente expresión matemática:

$$\text{Evaporación, mm/hr} = h_t - h_{t-1} \quad (1)$$

Donde:

h_t es igual a la lectura en t_o

h_{t-1} es igual a la lectura en t_o menos 1 hora

Esta misma técnica fue aplicada a los datos de precipitación y de altura de nieve en todas las estaciones.

El proceso de manejo de datos meteorológicos involucra el almacenamiento de todos los datos horarios registrados de las estaciones meteorológicas en el EDMS, la cual constituye una base de datos central para el Proyecto Pascua-Lama que ha sido creada y es mantenida por BEASA. Se han recolectado las entradas de datos por hora y por mes de cada variable durante el período de registro. El proceso de análisis fue llevado a cabo sobre datos extraídos de la base de datos EDMS en planillas Excel. Con anterioridad al análisis de la información meteorológica, se realizó una validación de registros para establecer la validez de los datos.

b) Calidad del Aire

Se realizó un monitoreo de partículas de polvo suspendidas en el aire para establecer una línea base de calidad del aire en el sector de la confluencia del Arroyo Los Amarillos con el Río de Las Taguas (1999), cercano al Campamento Veladero. Adicionalmente como parte de los estudios realizados para el IIA de Explotación de Veladero también se realizaron monitoreos en el AE Cordillera y el AE Socioeconómico. Actualmente se siguen realizando monitoreos en cumplimiento a los compromisos ambientales adquiridos por Barrick.

En las distintas áreas monitoreadas la calidad del aire se caracterizó en términos de las concentraciones de material de partículas en suspensión con diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 μm (MP10) usando un dispositivo de monitoreo MP10 de alto volumen.

Los equipos fueron instalados y operan según normas de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA). El método de referencia aplicado para la determinación de material particulado (MP10) es el método de referencia establecido por la USEPA CFR 40 parte 50 (ver Apéndice TO4.2-1). Este procedimiento de medición permite que la muestra pueda ser sometida posteriormente a análisis químico.

El Plano TO2.9 muestra la ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire.

La medición de calidad del aire está a cargo de personal de Barrick y se efectúa por 24 horas consecutivas y con una frecuencia de una vez cada tres días, conforme a lo que recomienda la USEPA. Además, una vez por mes se caracteriza químicamente una muestra de MP10 para determinar el contenido de los siguientes elementos:

- Arsénico Total (As).
- Cobre Total (Cu).
- Plomo Total (Pb).
- Zinc Total (Zn).
- Sílice Cristalizada.

A partir de los resultados del análisis se determinó la concentración de MP10 con la metodología empleada que comprendió las siguientes ecuaciones matemáticas.

a) Calcular el volumen total de aire muestreado como:

$$V = Q * t \quad (2)$$

Donde,

V: corresponde al volumen total de aire muestreado a la temperatura y presión ambiente, m³.

Q: corresponde al caudal de muestreo medio a la temperatura y presión ambiente, m³/min.

t: tiempo de muestreo, min.

b) Calcular la concentración de MP10 como:

$$C_a = \frac{m_f - m_i}{V} 10^{-6} \quad (3)$$

Donde,

C_a: corresponde a la concentración de MP10, a la temperatura y presión ambiente, µg/m³.

m_f, m_i: corresponde al peso final e inicial del filtro empleado para retener el MP10, g.

10⁻⁶: factor de conversión de g a µg.

c) Calcular la concentración de MP10 normalizada como:

$$C_N = C_a \frac{760}{P_{bar}} \frac{T}{298,15} \quad (4)$$

Donde,

C_N : corresponde a la concentración de MP10 normalizada, $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$

T: corresponde a la temperatura ambiente local media registrada durante el muestreo, $^{\circ}\text{K}$

P_{bar} : corresponde a la presión atmosférica local media, mm Hg

760 y 298.15: corresponden a los valores de presión y temperatura, respectivamente, para las condiciones normales.

La temperatura media que requiere el procedimiento anteriormente descrito se determinó a partir de los registros de temperatura de la estación meteorológica que se localiza junto al equipo de monitoreo de MP10 próximo en el área. Los datos de presión atmosférica local también han sido determinados a partir de los registros de dichas estaciones meteorológicas.

Se emplearon los siguientes criterios para eliminar datos del monitoreo:

- Tiempo de funcionamiento fuera del rango: 24 +/- 2 hr, lo que significa tiempo de funcionamiento inferior a 22 horas y superior a 26 horas son eliminados.
- Filtros utilizados como blanco para verificar análisis del laboratorio.

7.1.3.4 Ruido y Vibraciones

Los estudios de los niveles de presión sonora (ruido) y vibraciones terrestres del área de influencia del Proyecto se elaboraron usando resultados de muestreo efectuados como parte de los estudios de línea base para el IIA Pascua-Lama original, y complementados con los estudios efectuados para el IIA Veladero y los monitoreos ambientales de seguimiento que esta realizando Barrick, en el marco del Proyecto Veladero.

Las áreas que se incluyen en esta caracterización son:

- AE Cordillera, y
- a Ruta 436.

La Ruta 436 constituye la vía de conexión entre las localidades de Iglesia, Las Flores y Tudcum. Por lo mismo, los registros de ruido y vibraciones terrestres se han efectuado al interior de estas localidades.

Los niveles basales de ruido se establecieron sobre la base de un total de 19 puntos de medición, los cuales se ubicaron en dos áreas de estudio específico:

- AE Cordillera (8 puntos), y
- AE Socioeconómico (11 puntos, 9 regulares y 2 eventuales).

La ubicación de estos puntos de medición se describe en la Tabla TO2.12 y TO2.13 y se presenta en el Plano TO2.9.

a) Ruido

La caracterización de esta componente se efectuó en términos del nivel de presión sonora equivalente, L_{eq} . El estudio de los niveles de ruido incluyó además determinaciones de niveles de presión sonora ponderados en otros períodos (L_{10} , L_{90} , $L_{máx}$ y L_{min}). A continuación se detallan los parámetros empleados.

- ***Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (L_{eq}):***

Es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A (dB A), que en los mismos intervalos de tiempo, contienen la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.

- ***Nivel de Presión Sonora Máximo (L_{max}):***

Corresponde al nivel de presión sonora máximo absoluto registrado durante el período de medición.

- ***Nivel de Presión Sonora Mínimo (L_{min}):***

Corresponde al nivel de presión sonora mínimo registrado durante el período de medición. Es posible considerarlo como el nivel de ruido de fondo, en ausencia de eventos sonoros.

- ***Nivel Percentil L_n :***

Es el nivel de presión sonora en dB(A), que excede el porcentaje “n” del intervalo de referencia “T”. Así se tiene:

L₁₀: Es el nivel de presión sonora que es excedido durante un 10% del tiempo total de muestreo.

L₉₀: Es el nivel de presión sonora que es excedido durante un 90% del tiempo total de muestreo.

Las mediciones de nivel de ruido se tomaron de acuerdo con el protocolo establecido por la Organización de Normas Internacionales (ISO 1996/1-1982). Se utilizó un medidor de nivel de sonido integrado Quest Tipo II modelo 2800, el cual cumple con los niveles de exactitud y precisión establecidos por las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), de las publicaciones 651 de 1979 (Medidores de Nivel de Sonido) y 804 de 1985 (Integrando – Promediando Medidores de Nivel de Sonido Integrating – Averaging).

b) Vibraciones

Para este estudio se utilizaron antecedentes del IIA Explotación Veladero, en el cual analizaron 6 puntos de medición en Iglesia, Tudcum y Las Flores en una campaña de terreno entre los días 26 y 27 de Abril de 2002. Para cada localidad se consideraron dos puntos de muestreo. Dichos puntos de muestreo se describen en la Tabla TO2.14 y se presentan en el Plano TO2.9.

Para cada punto se efectuaron mediciones de nivel de aceleración existente. Además, se efectuaron pruebas de propagación de las vibraciones en el terreno, para lo cual se contó con un vehículo tipo camioneta, el cual simulaba las fuentes de vibración naturales en la ausencia de éstas. Cada medición tuvo una duración de 20 minutos.

Para evaluar los niveles de vibración obtenidos se utilizó la normativa internacional respecto a máximos permisibles de nivel de vibración que es la norma ISO 2631-2. Los descriptores elegidos corresponden a curvas espectrales de nivel de vibración en bandas de tercio de octava desde la banda de 1 Hz hasta la banda de 80 Hz, de acuerdo al rango de frecuencia especificado por la propia norma ISO.

El nivel de aceleración (N_a) se define como:

$$Na = 20 \times \text{Log} \left(\frac{a}{a_{ref}} \right) [\text{dB}] \quad (5)$$

Donde:

$a =$ aceleración medida en $[m/s^2]$

$a_{ref.} = 10^{-6} [m/s^2]$

La medición se realizó con el analizador en Tiempo Real LARSON•DAVIS modelo 2900, configurado para medir vibraciones, con un acelerómetro piezoeléctrico modelo 353m198 Larson Davis, con respuesta 0.8 Hz. a 4 Khz.

Adicionalmente se utilizaron los siguientes equipos:

- Pre-Amplificador de Micrófono LARSON•DAVIS modelo PRM 902.
- Cables de extensión LARSON•DAVIS.
- Software de modelación Acústico-Ambiental *Soundplan* ver. 4.12.

El tiempo de medición se eligió de forma que se estabilizara la lectura del analizador, nunca por menos de 5 minutos.

7.1.3.5 Hidrología e Hidrogeología

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Caracterización de cuerpos de agua superficiales y subterráneos en el área de influencia del proyecto
- b) Uso actual y potencial
- c) Estudio piezométrico estático para cuerpos de agua subterránea
- d) Estudio piezométrico dinámico para fuentes de agua subterránea si correspondiere

Desde Diciembre de 1998 se ha estado realizando de manera continua una caracterización exhaustiva de línea de base del agua superficial y subterránea para el área de estudio. Los estudios hidrológicos realizados como parte de la caracterización de línea de base fueron desarrollados por Barrick Exploraciones Argentina S.A. y Water Management Consultants (WMC). La siguiente sección es un resumen de la metodología utilizada para la caracterización de los recursos de agua superficial y subterránea en el Área del Proyecto Pascua-Lama.

a) Agua SuperficialLa Red de Monitoreo

El programa de línea de base desarrollado para caracterizar los recursos de agua superficial en el área del Proyecto incluye la recolección de datos sobre la calidad y/o cantidad de agua de 13 estaciones en el AE Cordillera. Como parte de este programa se recolectaron mensualmente mediciones del flujo y muestras de calidad de agua superficial de cada una de las estaciones listadas en el Cuadro 2.9 (Sección 2.4), SW-2, SW-1, SW-4, SW-5, SW-6, SW-10, LA-3, LA-1, LA-8, LA-7, SW-9, SW-17 y LA-16, cuando fuesen accesible. Además de la red de monitoreo del AE Cordillera, se han instalado siete estaciones adicionales en cuencas que aportan a los ríos aguas abajo, según se grafican en el Plano TO2.12 de la Sección 2.0 de este documento.

- Dos de estas estaciones fueron instaladas aguas abajo del área del Proyecto, en el Río de Las Taguas (LA-29) y en el Río de La Sal (LA-30), para evaluar la calidad y cantidad de agua justo debajo del área de influencia del Proyecto.
- Se instalaron dos estaciones para monitorear la calidad y cantidad de agua en el Valle del Cura (ZN-1 y VDC-1).
- Se incorporaron tres estaciones adicionales a la red de monitoreo para evaluar la calidad y cantidad de agua, aguas abajo del área del Proyecto; en el Río de La Palca antes de su convergencia con el Río Blanco, en el Río Blanco (PAL-1), aguas abajo del Río de La Palca (BLA-2) y en el Río Jáchal aguas abajo del embalse Cuesta del Viento (JA-1).

El Cuadro 2.9 de la Sección 2.0 de este documento señala la ubicación de estas estaciones de monitoreo y el período de registro para las estaciones de monitoreo incluidas en la caracterización de línea de base.

Caudales

Se recolectaron mensualmente datos de mediciones manuales de caudal en todos los sitios y se instalaron estaciones hidrométricas automáticas en sitios seleccionados. Los caudales manuales fueron medidos de acuerdo a los siguientes procedimientos:

- Se colocó una cinta métrica cruzando la corriente en ángulo recto a la dirección del flujo, se midió el ancho de la corriente y se dividió en segmentos.
- Para cada segmento se midió la distancia desde la orilla de la corriente, la profundidad del agua y la velocidad de la corriente (a una profundidad equivalente al 60% de la profundidad total).

- Se utilizaron datos de velocidad y área de sección transversal para calcular la descarga como un producto de las dos variables.

Se instalaron canaletas tipo Parshall construidas con fibra de vidrio en las estaciones SW-5, SW-6, SW-9, LA-3, LA-7 y LA-8.

Se instalaron transductores de presión en las estaciones mencionadas anteriormente para obtener información de la altura del caudal en forma continua para su uso en: a) la calibración de las mediciones manuales y b) extrapolación de grupos de información de flujo durante el período de invierno en base a la relación etapa-descarga desarrollada durante períodos de monitoreo manuales y automáticos. Se utilizó el siguiente procedimiento operacional:

- Se instaló un tubo de encaje de PVC de 2 pulgadas verticalmente en el lecho del caudal a unos metros aguas arriba o aguas abajo de la sección utilizada para medición manual del flujo. Este tubo se diseñó para proteger los registradores y también para actuar como un pozo amortiguador para condiciones de flujo turbulento.
- Se colgó un transductor de presión dentro del tubo amortiguador debajo del nivel de agua.
- Se instaló un registrador modelo Slinst 3001LT M5 en la estación SW-5 en el año 2001. En todas la estaciones de monitoreo automáticas LA se instalaron registradores Campbell.
- Se anotó la altura del registrador debajo de la parte superior del pozo amortiguador y se activó el transductor para medir la presión y la temperatura en intervalos de 15 minutos o una hora en la columna de agua superyacente.
- Se bajó la información de la unidad de memoria de los registradores, ésta se inspeccionó y se volvió a instalar, en intervalos de un mes.
- Se corrigió la información debido a las variaciones de la presión atmosférica usando procedimientos de aseguramiento y control de calidad.

Calidad de Agua

También se recolectaron mensualmente datos químicos del agua en estas mismas ubicaciones. Los análisis de agua consistieron en mediciones de campo y análisis químicos de muestras de aguas según el protocolo de muestreo descrito en el Plan de Monitoreo para el Distrito de Lama-Veladero (Barrick, 2002). Las mediciones de campo incluyeron: conductividad eléctrica (CE), pH, oxígeno disuelto (OD),

temperatura (T), turbidez (turb), y potencial redox (Eh). Las muestras de agua fueron tomadas tanto para análisis de los principales aniones y cationes totales y para elementos disueltos. Los parámetros utilizados se muestran en la Tabla TO2.17 de la Sección 2.0 de este documento. Las muestras fueron conservadas mediante la adición de preservantes, según los parámetros a analizar. En el Cuadro 7.1 se resumen los procedimientos de muestreo y preservación.

Cuadro 7.1
Resumen de los Procedimientos de Muestreo y Preservación para las
Muestras de Agua Superficial

Botella	Volumen	Preservantes	Filtrado	Análisis
1	1 litro	Ninguno	No	CO ₃ , HCO ₃ , TDS, Cl, F, SO ₄ , NO ₃ , NO ₂ , pH, EC, Alcalinidad
2	1 litro	H ₂ SO ₄	No	NH ₃ , P(total), COD, Fenoles
3	100 ml	HNO ₃ & KMnO ₄	No	Hg
4	500 ml	NaOH	No	TSS, CN (Total, WAD, Libres), H ₂ S
5	500 ml	HNO ₃	No	Metales totales
6	500 ml	HNO ₃	Sí	Metales disueltos

Los análisis químicos fueron realizados en los laboratorios Knight Lakefield, (KL), Centro de Investigaciones Mineras y Metalúrgicas (CIMM) de Santiago de Chile y en el Grupo Induser (GI) en Argentina, usando técnicas estándares reconocidas por la USEPA, principalmente por Absorción Atómica y Plasma Acoplada por Inducción. El Cuadro 7.2 lista los laboratorios que realizaron los análisis de las muestras para las estaciones específicas.

Cuadro 7.2

Laboratorios Utilizados para el Análisis Inorgánico de Muestras de Aguas Superficiales para la Línea Base del Proyecto Pascua-Lama

Estación	CIMM	KL	GI
SW-1	Diciembre 1999-Enero 2004	Octubre 2000-Abril 2002	Diciembre 2002-Enero 2004
SW-2	Agosto 1999-May 2000	Octubre 2000-Abril 2002	Diciembre 2002-Enero 2004
SW-4	Febrero 2000-May 2000, Abril 2002	Noviembre 2000-Abril 2002	Noviembre 2002
SW-5	Febrero 2000-May 2000	Octubre 2000-May 2002	Diciembre 2002-Diciembre 2003
SW-6	Diciembre 1999-May 2000	Octubre 2000-Abril 2002	Enero 2003-Diciembre 2003
LA-7	May 1999-May 2002	Diciembre 2001-May 2002	Diciembre 2002-Enero 2004
SW-10	May 2000	Noviembre 2000-Abril 2002	Noviembre 2002-Enero 2004
LA-3	Diciembre 1998-May 2002	Febrero 2002-May 2002	Noviembre 2002-Diciembre 2003
LA-1	Diciembre 1998-May 2002	Febrero 2002-May 2002	Noviembre 2002-Diciembre 2003
LA-8	May 1999-May 2002	Febrero 2001-May 2002	Diciembre 2002-Enero 2004
SW-9	Febrero 2000-May 2000	Noviembre 2000-Diciembre 2001	Septiembre 2003-Enero 2004
SW-17	-	Diciembre 2000-May 2002	Noviembre 2002-Enero 2004
LA-16	Julio 1999-May 2002	Febrero 2002-May 2002	-
LA-29	Marzo 2002	Marzo 2002	Febrero 2003-Diciembre 2003
LA-30	Marzo 2002	Marzo 2002	-
PAL-1	Agosto 1999-Agosto 2002	Diciembre 2001-Abril 2002	Agosto 2003-Noviembre 2003
BLA-2	Agosto 1999-October 2002	Febrero 2002-Abril 2002	October 2002-Enero 2004
JA-1	Agosto 1999-October 2002	Enero 2002-Abril 2002	Septiembre 2002-Diciembre 2002
ZN-1	-	Marzo 2002-Abril 2002	Noviembre 2002-Diciembre 2003
VDC-1	-	Enero 2002-Abril 2002	Noviembre 2002-Diciembre 2003

Los resultados de la caracterización de línea de base del agua superficial están resumidos en la Sección 2.4.5, donde la estadística de los análisis incluye los resultados obtenidos de los tres laboratorios, después de los controles de calidad. Los resultados completos de los análisis se presentan en el Apéndice TO2.3-1.

b) Agua Subterránea

Red de Monitoreo

En forma conjunta con el programa de monitoreo de agua superficial, se desarrolló también un programa de monitoreo para caracterizar el régimen de agua subterránea en el área del Proyecto. La red de monitoreo de agua subterránea incluyó 16 pozos de monitoreo, los cuales se listan en el Cuadro 7.3. Este programa incluyó la recolección de muestras de agua subterránea para su análisis químico y la medición de niveles de agua en los pozos de monitoreo. El período de registro para cada una de las estaciones

de monitoreo se incluye en el Cuadro 7.3. Este Cuadro también entrega un resumen de los laboratorios que realizaron los ensayos químicos de las muestras de agua subterránea.

Cuadro 7.3

Laboratorios que realizaron Análisis Inorgánico para las Estaciones de Monitoreo de Agua Subterránea de las Estaciones de Monitoreo del Distrito Lama-Veladero

Estación	CIMM	KL	GI
PM-DE1	Enero 2000-Abril 2002	Julio 1999-Abril 2002	Febrero 2003-Enero 2004
Camp – Well	Mayo 2000	Octubre 2000-Abril 2002	Diciembre 2002-Enero 2004
GWQ-1A	-	Febrero 2002-Mayo 2002	Noviembre 2002-Enero 2004
GWQ-1B	-	Febrero 2002-Mayo 2002	Noviembre 2002-Enero 2004
GWQ-2A	-	Febrero 2002-Mayo 2002	Diciembre 2002-Enero 2004
GWQ-2B	-	Febrero 2002-Mayo 2002	Diciembre 2002-Enero 2004
GWQ-3A	-	Febrero 2002-Mayo 2002	Noviembre 2002-Enero 2004
GWQ-3B	-	Febrero 2002-Mayo 2002	Noviembre 2002-Enero 2004
GWQ-6A	-	Febrero 2002-Mayo 2002	Noviembre 2002-Marzo 2003
GWQ-6B	-	Febrero 2002-Mayo 2002	Noviembre 2002-Marzo 2003
LA-5	Diciembre 1998-Mayo 2002	Febrero 2002-Mayo 2002	Noviembre 2002-Diciembre 2003
PM-TU1	Mayo 1999-Abril 2002	Febrero 2002-Abril 2002	Noviembre 2002-Diciembre 2003
PM-LT1	Mayo 1999-Abril 2002	Marzo 2002-Abril 2002	Diciembre 2002-Enero 2004
PM-LT2	Mayo 1999-Abril 2002	Febrero 2002-Abril 2002	Noviembre 2002-Enero 2004
PM-LT3	Mayo 1999-Mayo 2002	Febrero 2002-Mayo 2002	Noviembre 2002-Enero 2004
PM-AM	Mayo 1999-Mayo 2002	Febrero 2002-Mayo 2002	Noviembre 2002-Enero 2004

Los parámetros químicos y físicos analizados para el programa de monitoreo de agua subterránea son los mismos que aquellos evaluados para el programa de monitoreo de agua superficial, con excepción de la turbidez y el potencial re-dox. En la Sección 2.4.5 se encuentran resumidos los resultados de la caracterización de línea de base de agua subterránea.

Niveles Freáticos

La caracterización de los acuíferos en el AE Cordillera incorporó los resultados de las mediciones manuales de nivel de agua recolectadas durante la campaña de monitoreo. Además de los 16 pozos identificados en el programa de monitoreo de línea de base, se incorporaron pozos adicionales a la evaluación hidrológica general del sitio. Estos datos fueron validados e ingresados a la base de datos maestra para el proyecto. Los datos del nivel de agua subterránea fueron incorporados a un estudio piezométrico

para evaluar la dirección general del flujo de agua subterránea en el AE Cordillera. Asimismo, se realizaron pruebas de bombeo en el área cercana al depósito de colas y el Campamento Veladero. Los datos de agua subterránea estática y dinámica fueron incorporados al modelo de balance de agua del Proyecto, según se describe en la Sección 2.4.

Se realizaron estudios adicionales para evaluar la geometría de llenado de las cuencas aluviales en el AE Cordillera utilizando métodos geofísicos (TEM y VES), para complementar la información obtenida de los pozos. Los estudios geofísicos se concentraron en la Cuenca del Río Turbio y en el área del depósito de colas. Los resultados de la caracterización de línea de base del agua subterránea se encuentran resumidos en la Sección 2.4.5.

c) Aseguramiento de Calidad/Control de Calidad de los Datos Químicos

Los procedimientos de aseguramiento de calidad/control de calidad (AC/CC) para calidad de aguas incluyeron la recolección de duplicados de campo y blancos durante cada período de muestreo (es decir, mensualmente). Los procedimientos de campo para asegurar la calidad de los datos están delineados en el “Plan de Monitoreo de Agua para el Distrito Lama-Veladero” (Barrick, 2002) desarrollado para el Proyecto Pascua-Lama.

Los procedimientos de aseguramiento de calidad/control de calidad (AC/CC) que fueron aplicados para evaluar la calidad de los datos analíticos correspondientes a los datos de agua superficial y agua subterránea están resumidos más adelante. La validación de los datos incluyó la comparación de las planillas de datos originales proporcionadas por el laboratorio analítico con los datos digitales suministrados por el laboratorio. Se identificaron las discrepancias y se contactó al laboratorio para confirmar o rectificar dichas incongruencias. Se ha creado un registro de los cambios de datos para referencia futura. Con posterioridad a la validación de los datos iniciales, se incorporaron los datos recolectados de las estaciones de monitoreo de agua superficial y subterránea al Sistema de Manejo de Datos Ambientales, que es la base de datos del Proyecto desarrollada y mantenida por Barrick.

Se realizó un control secundario de procedimientos de aseguramiento y control de calidad utilizando una ecuación de equilibrio catión-anión ajustada de acuerdo al pH, la conductividad y TSD, según se identifican en los Métodos Estándares para Análisis

de Agua y Agua Residual (Asociación Americana de Salud Pública, 1998). Los datos que no cumplían el equilibrio inicial catión-anión fueron discriminados en la base de datos EDMS.

Se revisaron los datos de monitoreo de la línea base para detectar valores que pudieran representar errores en la obtención de datos o en su procesamiento. Una vez que los datos erróneos fueron identificados, fueron eliminados del análisis de la línea base. Un ejemplo de estos errores ocurrió en la obtención de datos de conductividad los que resultaron incompatibles con las lecturas de los días antes y después de su lectura. Nuevamente, estos datos fueron discriminados en la base de datos EDMS. Todos los valores reportados por los laboratorios con un valor menor al límite de detección (LDD) fueron convertidos a $0,5 \times \text{LDD}$ para calcular las estadísticas de resumen.

Los datos discriminados no fueron incluidos en los análisis estadísticos de caracterización de línea de base de los recursos hídricos, aunque los valores están reportados en las tablas de datos en el Apéndice TO2.3-1.

Los análisis de duplicados de campo y blancos fueron evaluados utilizando los mismos métodos descriptos anteriormente con respecto al AC/CC inicial. Luego, los datos comparativos fueron evaluados con respecto a las diferencias porcentuales, se identificaron los valores fuera de rango y se los re-analizó cuando fue necesario. Se estimó que una diferencia máxima aceptable del 20 por ciento resultaba adecuada para evaluar el nivel de precisión del laboratorio para las muestras de campo y de duplicado de laboratorio. Se consideró que los blancos estaban contaminados si tenían más de 50 mg/l de TSD. En los casos en que no fue posible conciliar las diferencias, los datos fueron discriminados en la base de datos EDMS.

Se calculó la desviación estándar relativa (DER, %) para Na, Zn y As entre los resultados de las muestras duplicadas y enviadas a los diferentes laboratorios para así evaluar las diferencias de inter-laboratorio. La mayoría de los análisis de duplicado inter-laboratorio involucró los laboratorios CIMM y KL. En general, la DER era menor a 20% entre las muestras. La mayoría de los valores que sobrepasaron la DER de 20% provenían de muestras cuyos valores estaban cerca de los límites de detección. Generalmente, los límites de detección que usó KL fueron más altos que el de los otros laboratorios (ver Tabla TO2.17). Por lo tanto, se utilizaron los valores

reportados por CIMM cada que vez que las muestras eran analizadas por ambos laboratorios.

Se evaluó la variante inter-laboratorio calculando la DER entre los resultados de las muestras duplicadas de Na, Zn y As realizadas por los laboratorios CIMM, KL y GI. En general, la DER para Na, Zn y As era menor a 10% exceptuando las muestras cuyos valores estaban cerca de los límites de detección. Se consideró que la frecuencia y magnitud de casos donde los valores tienen una precisión baja ($DER > 10\%$) no altera la caracterización de la línea base. Se utilizaron los resultados de las muestras originales y se descartó la muestra duplicada, en los casos en que las dos muestras se enviaron al mismo laboratorio.

Los datos de nivel estático de agua y las mediciones manuales y automáticas de flujo manual fueron sometidos a un control manual de AC/CC a fin de identificar los valores fuera de rango. Los datos de campo originales fueron comparados con los datos almacenados en la base de datos EDMS. Los valores fuera de rango fueron identificados utilizando gráficos de cada una de las estaciones de monitoreo. En aproximadamente el 90% de los casos de valores fuera de rango, el error normalmente fue de naturaleza tipográfica. En dichos casos, se corrigió la base de datos. Si la planilla de datos de campo parecía contener un error, el dato era discriminado pero no eliminado de la base de datos.

7.1.3.6 Edafología

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Descripción y croquis con las unidades de suelo en el área de influencia del proyecto
- b) Clasificación
- c) Uso actual y potencial
- d) Nivel de degradación en el área de influencia (bajo, moderado, severo, grave)

Para la caracterización de esta componente se utilizó un estudio de suelos realizado en el contexto del desarrollo del IIA del Proyecto Veladero. Dicho estudio ofreció una descripción de los suelos en el AE Cordillera, que incluye una clasificación de los tipos de suelos, su uso actual y potencial, y el nivel de degradación de los mismos.

La caracterización de esta componente incluyó relevamientos de campo, y una revisión y análisis de la información bibliográfica disponible. Inicialmente se utilizaron datos obtenidos en un estudio realizado para el IIA, que se desarrolló para la fase de exploración del Proyecto Veladero. Estos datos se complementaron con campañas de campo adicionales con el fin de desarrollar mapas de suelos y uso de la tierra para todo el sitio para el AE Cordillera. Un estudio de campo realizado en el tercer trimestre del año 2001 incluyó el análisis de 69 puntos de observación, que a su vez incluyeron la descripción de 57 calicatas y trincheras de observación y 12 cortes a lo largo de los caminos. Se ubicaron 12 puntos de observación en el Valle de Despoblados, 11 en Las Taguas y 46 en Potrerillo. Para el Valle de Potrerillo se obtuvo información adicional de los estudios geotécnicos realizados para el diseño de ingeniería en este valle.

El material extraído de las calicatas ubicadas en vegas se almacenó en plataformas de protección a fin de reducir el daño a la vegetación de la zona. Una vez que se registraron las observaciones en cada una de las calicatas se llenaron nuevamente, se repuso el material extraído y toda la vegetación se restituyó a las condiciones previas. Para los cortes de los caminos se extrajo una capa de material superficial antes de registrar las observaciones. Se puso especial énfasis en definir las características del suelo en las áreas de vegas, con un total de 20 calicatas en estas áreas.

Las muestras en las calicatas se tomaron en cada uno de los horizontes identificados y se colocaron en bolsas plásticas selladas herméticamente. Parte importante de las muestras (30) se analizaron in situ. Para este efecto, se registró información de pH, conductividad eléctrica, potencial de óxido-reducción y temperatura. Estos análisis consideraron la preparación de mezcla de suelo en solución acuosa 1:2,5 y posterior filtrado de la solución.

La metodología utilizada en el reconocimiento, clasificación y taxonomía de suelos, corresponde a los métodos propuestos por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en especial las pautas de clasificación definidas en la 7ª Aproximación publicadas por dicho servicio (USDA, 1967) y actualizadas recientemente (USNRCS, 1998). Esta clasificación se presenta en el Cuadro 7.4.

Cuadro 7.4

Clasificaciones Interpretativas: Capacidad de Uso de los Suelos

Clase de Suelo	Definición
Tierras Adaptadas para Cultivos	
I	Suelos planos o casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de agua y la fertilidad natural es buena o responden en muy buena forma a las aplicaciones de fertilizantes. Los suelos se adaptan para cultivos intensivos.
II	Suelos planos o con ligeras pendientes; profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje; presentan texturas medias, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que la Clase anterior. Presentan algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación.
III	Presentan severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren de prácticas especiales de conservación o de ambas. Los suelos de esta Clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo.
IV	Suelos pueden usarse para cultivos, praderas, frutales, praderas de secano, etc. Los suelos de esta clase pueden estar adaptados sólo para dos o tres de los cultivos comunes y los rendimientos pueden ser bajos en relación a las inversiones sobre un período de largo tiempo.
Tierras de Uso Limitado; Generalmente No Adaptadas para Cultivos	
V	Suelos tienen escaso o ningún riesgo de erosión, pero presentan otras limitaciones que no pueden removerse en forma práctica y que limitan su uso a empastadas, praderas naturales de secano (range) o forestales. Son casi planos, demasiado húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados. Están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.
VI	Suelos inadecuados para los cultivos. Su uso está limitado a pastos y forestales. Los suelos tienen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, tales como: pendientes pronunciadas, susceptibles a severa erosión; efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, zona radicular poco profunda, excesiva humedad o anegamientos, clima severo, baja retención de humedad, alto contenido de sales o sodio.
VII	Suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para los cultivos. Su uso fundamental es pastoreo y forestal.
VIII	Suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

Las unidades de suelo fueron definidas a un nivel de categorías generales de suelos, considerando los taxones de Orden, Sub-Orden, Gran Grupo y Sub-grupo. El trabajo consistió en identificar horizontes de diagnóstico que permitieran clasificar taxonómicamente las categorías de suelos de primer nivel como Orden, Sub-orden y Gran Grupo. En la identificación de los Sub-grupos correspondientes se identificaron

además tanto condiciones o caracteres especiales del suelo que constituyeran propiedades muy especiales o aberrantes para el taxón identificado.

7.1.3.7 Flora

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley 24.585

- a) Caracterización fitosociológica de la vegetación
- b) Mapa de vegetación

Para la caracterización de esta componente se ha utilizado información de cuatro campañas de campo efectuadas como parte de los estudios de línea base del Proyecto Pascua-Lama y de seis campañas de campo que se desarrollaron en el marco del IIA de Explotación del Proyecto Veladero. Dichas campañas se detallan a continuación.

Campañas Estudios de Línea Base IIA Pascua-Lama:

- Campaña N° 1 Marzo 1998,
- Campaña N° 2 Noviembre 1998,
- Campaña N° 3 Enero 1999, y
- Campaña N° 4 Enero 2000.

Campañas Estudios de Línea Base IIA Explotación Veladero:

- Campaña N° 1 Febrero 2000,
- Campaña N° 2 Diciembre 2000,
- Campaña N° 3 Enero 2001,
- Campaña N° 4 Julio 2001,
- Campaña N° 5 Noviembre 2001, y
- Campaña N° 6 Febrero 2002.

Campañas de Monitoreos efectuadas por Barrick

- Campaña N° 1.

Para obtener una descripción global de este componente para el AE Cordillera del Proyecto Pascua-Lama se han utilizado todas las campañas y la información existente ha sido complementada a fin de integrar, analizar y comparar todos los antecedentes disponibles.

En los estudios anteriores se realizaron observaciones sistemáticas y eventuales de la presencia de flora. Durante los recorridos, además de la aplicación de métodos sistemáticos de cuantificación, se revisaron quebradas y laderas para la identificación de *vegas*.

Las comunidades vegetacionales se evaluaron cuantitativamente, aplicando itinerarios entre parcelas de censo de 4 x 4 metros (16 m²). Para aplicar estos itinerarios se identificaron en un mapa topográfico del área del Proyecto las quebradas, ríos y riachuelos a ser relevados. Las parcelas de censo fueron seleccionadas según una base estadísticamente aleatoria dentro de áreas vegetadas, con el objetivo de medir la abundancia y diversidad de especies y de desarrollar áreas que permitan llevar a cabo un monitoreo sistemático en el futuro.

Para determinar a qué provincia fitogeográfica pertenecen las especies censadas se utilizó el trabajo de Cabrera (1957) y para corroborar la nomenclatura de las especies se utilizó Zuloaga (1999). La nomenclatura de las especies sigue a Kiesling (1994) y Zuloaga y Morrone (1994, 1999). Los nombres comunes en el texto fueron citados a partir de Hunziker (1952), Ruiz Leal (1972) y Kiesling (1994).

Para el análisis de las formas de crecimiento de las plantas se consideraron los tipos:

- Arbustos,
- Suculentas,
- Hierbas perennes,
- Hierbas anuales.

Además, dependiendo del régimen hídrico que sustenta las especies de flora, sus asociaciones (comunidades vegetacional) se clasificaron como “Zonal” y “Azonal”.

Los principales parámetros de análisis de la flora y vegetación fueron los siguientes:

- Riqueza florística (número de especies en una localidad),
- Similitud,
- Diversidad, y
- Homogeneidad.

El análisis de la riqueza y similitud del AE Cordillera, consideró tres sub-áreas: Norte/Centro, Norte/Sur y Centro/Sur: Por lo tanto, el análisis de similitud empleó el coeficiente de Söhrensen (So), que se determina mediante la siguiente relación matemática:

$$So = 100 \frac{2C}{A + B} \quad (6)$$

Donde

- So : coeficiente de Similitud de Söhrensen
A y B : corresponden al número de especies de los sectores analizados
C : corresponden al número de especies comunes entre ambos sectores.

Para el análisis de similitud de las vegas, en lugar del número de especies comunes, se utilizó la suma de la cobertura relativa de las especies comunes.

Para el análisis de diversidad se empleó el índice de diversidad de Shannon para el ensamble comunitario o taxocenosis de cada vega. Dicho índice se determina mediante la siguiente expresión matemática (Begon et al., 1986):

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (7)$$

Donde

- H' : es el Índice de Diversidad de Shannon
Pi : es la fracción decimal del número de individuos que pertenecen a la especie i.
Ln : es el logaritmo natural (se puede aplicar también el log10 o log2).

La Diversidad Máxima fue calculada, según el mismo autor, mediante la siguiente expresión matemática:

$$H' \text{ max} = \ln S \quad (8)$$

Donde

- S : es número total de especies consideradas en el análisis comunitario.

H' max: corresponde al máximo valor de diversidad que esa comunidad puede alcanzar con el mismo número de especies, pero los individuos repartidos equitativamente entre ellas.

Para evaluar la efectiva diversidad de cada ensamble, sobre la base de los índices anteriores, se estimó la Equitatividad (J') de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$J' = \frac{H'}{H' \max} \quad (9)$$

Este indicador toma valores entre 0 y 1, según el valor de H' sea muy bajo o igual a H' max. Entrega una idea del grado de equitatividad en que se reparten los individuos en las diferentes especies consideradas en el análisis.

La Heterogeneidad o Dominancia se estimó según el siguiente razonamiento (Zar, 1984):

$$1 - J' \quad (10)$$

Es el complementario al valor de J' para alcanzar 1, que indica que las densidades o los números de individuos de las especies están heterogéneamente distribuidos.

También se determinó la Tasa de Acumulación de Especies. Esta evalúa la eficacia de la colecta de flora y se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{Tasa de Acumulación} = \frac{NE/CE}{NC} \quad (11)$$

Donde

NE: es el número de especies nuevas colectadas el día n.

CE: es el número de especies colectadas el día (n + 1).

NC: es el número de personas que participa en la colección.

La caracterización de las comunidades vegetales y su cartografía se obtuvo mediante la metodología de la elaboración de las Cartas de Ocupación de Tierra (Etienne y Prado, 1982). En ella se caracterizan las unidades de vegetación según criterios de dominancia y fisonomía. La abundancia de las especies se estimó visualmente y las unidades cartografiadas se denominaron “formaciones de vegetación”.

Para la campaña en el AE Agua la abundancia y cobertura vegetal fue estimada mediante la escala de Braun-Blanquet modificada por Westhoff et van der Maarel (1978).

La cobertura de la vegetación se estimó visualmente con la siguiente escala:

1-5%	: muy escasa
5-10%	: escasa
10-25%	: muy clara
25-50%	: clara
50-75%	: poco densa
75-90%	: densa
90-100%	: muy densa

7.1.3.8 Fauna

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley 24.585

- Identificación y categorización de especies
- Listado de especies amenazadas
- Localización y descripción de áreas de alimentación, refugio y reproducción

Para la caracterización de esta componente se utilizó información de cuatro campañas de campo efectuadas como parte de los estudios de línea base del Proyecto Pascua-Lama y de seis campañas de terreno que se desarrollaron en el marco del IIA de Explotación del Proyecto Veladero. Dichas campañas se detallan a continuación.

Campañas Estudios de Línea Base IIA Pascua-Lama:

- Campaña N° 1 Marzo 1998,
- Campaña N° 2 Noviembre 1998,
- Campaña N° 3 Enero 1999, y

- Campaña N° 4 Enero 2000.

Campañas Estudios de Línea Base IIA Explotación Veladero:

- Campaña N° 1 Febrero 2000,
- Campaña N° 2 Diciembre 2000,
- Campaña N° 3 Enero 2001,
- Campaña N° 4 Julio 2001,
- Campaña N° 5 Noviembre 2001, y
- Campaña N° 6 Febrero 2002.

La abundancia de animales se estima mediante la cuantificación de los ejemplares recorriendo transectas en faja de largo variable (de 0,5 a 3 km de largo) y ancho fijo de 50 metros. En el Plano TO2.22 se presenta la ubicación de las transectas de las campañas de estudio de fauna.

Para obtener una descripción global de este componente para el AE Cordillera del Proyecto se utilizaron todas las campañas y la información existente ha sido complementada a fin de integrar, analizar y comparar todos los antecedentes disponibles.

Durante cada una de las campañas, se realizaron observaciones sistemáticas de la presencia de fauna. Durante los recorridos, además de la aplicación de métodos sistemáticos de cuantificación, se revisaron quebradas y laderas lejanas en busca de especies mayores como guanacos (*Lama guanicoe*) y zorros (*Pseudalopex spp.*). Estas observaciones se realizaron mediante binoculares 10 X 50, y eventualmente con uso de telescopio (Baush & Lomb 60 mm). Para determinar la presencia de mamíferos se utilizaron métodos directos, como avistamiento de especies, trampeo de captura viva utilizando trampas Sherman (para el caso de los micromamíferos); y métodos indirectos como la búsqueda de fecas, huellas y cuevas. Para las aves, se anotó a las especies avistadas o escuchadas, utilizando diversas guías. La presencia de reptiles fue detectada capturando manualmente al ejemplar avistado, fotografiado y liberado en el área. Se revisaron los escondrijos de anfibios en aquellos hábitats donde su presencia pudo ser posible (vegas, quebradas, borde de lagunas y ríos).

Para cada una de las cuatro clases de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) y para cada período de muestreo, se registró su presencia y abundancia, además de la utilización de diferentes hábitats. En algunos períodos de muestreo las estaciones fueron agrupadas en gradientes altitudinales.

Para el análisis del estado de conservación de las especies detectadas en las áreas de estudio, se revisó el Libro Rojo de los Mamíferos y Aves Amenazadas de la Argentina (1997), la Lista Roja de la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2000), y los Apéndices del CITES, complementado para el caso local con el estudio de Ojeda et al. (2002) para los mamíferos, y Lavilla et al. (2000) y Ubeda & Grigera (2003) para anfibios y reptiles.

El Apéndice II de CITES es un listado de especies, las cuales no están necesariamente en peligro de extinción, pero que pueden adquirir tal estado si su comercio no es controlado.

Debe destacarse que la finalidad de CITES es asegurar que el comercio internacional de especies de flora y fauna silvestre no constituya una amenaza para su supervivencia (CITES, 2001). Clasificar el estado de conservación de las especies, como el Libro Rojo de la Argentina y la UICN, no forma parte de su función.

En el caso de los análisis comunitarios, se estimaron índices primarios, como riqueza (número de especies) y abundancia, e índices secundarios, tales como diversidad y homogeneidad comunitaria.

Cabe destacar que los índices primarios, tales como abundancia por especie y la riqueza específica que se presentan en la Sección 2.0 de este informe, pueden ser empleados directamente en el monitoreo de largo plazo propuesto. Por su parte, los índices secundarios que complementan la descripción de las comunidades animales pueden ser recalculados a partir de los individuos contabilizados en terreno, de acuerdo a la metodología de estimación que se acuerde, si ello fuese necesario.

7.1.3.9 Limnología

Materiales y Métodos

La caracterización del medio biótico acuático se realizó sobre la base de campañas efectuadas a lo largo de 5 años para constituir un estudio de línea base y una línea de seguimiento. En primera instancia en el marco del desarrollo del Proyecto Pascua-Lama, y en segunda para el Proyecto Veladero, complementandola con monitoreos.

Se efectuó un total de 11 campañas de reconocimiento para el ambiente acuático, de las cuales 7 se efectuaron en el AE Cordillera (Marzo y Noviembre de 1998, Enero de 1999, Febrero y Diciembre de 2000, Marzo y Noviembre de 2003) y 4 en el AE Agua (primavera de 1999, Febrero de 2002, Marzo a Agosto y Noviembre de 2003).

El Cuadro 7.5 resume las campañas realizadas en las dos áreas de estudio.

Cuadro 7.5
Resumen de las campañas realizadas para el Medio Acuático.

Año/Campaña	1998		1999		2000		2002	2003		
	Mar.	Nov.	Ene.	Prima.	Feb.	Dic.	Feb.	Mar.	Ago.	Nov.
Mina- Planta	X	X	X		X	X		X		X
Ríos Taguas- Palca-				X			X	X	X	X
Estación del año	Verano	Primav.	Verano	Primav.	Verano	Verano	Verano	Verano	Inv.	Primav.

Localidades, Estaciones de Muestreo, Actividades de Campo

En relación con las nueve campañas realizadas para el estudio del Medio Acuático en el área de estudio de los proyectos Pascua-Lama y Veladero, señaladas en el Cuadro 7.5, se agregaron un total de 43 estaciones de muestreo en 2 grandes grupos: AE Cordillera cuyas estaciones se ubican en la zona occidental del Proyecto y AE Agua cuyas estaciones se ubican en la zona oriental del Proyecto.

En los Cuadros 7.6 y 7.7 se indican algunas características generales de las estaciones de monitoreo. Estas se han ordenado por proyecto y su posición geográfica de Norte a Sur. Se incluye información de la clave, la localidad, los años de muestreo y la altitud en los casos en que la información se encuentra disponible.

Cuadro 7.6
Estaciones de Monitoreo Limnológico - Área de Estudio Cordillera

Estación N°/ Proyecto	Clave	Localidad	Año	Altitud m.s.n.m
1	AS-18	Arroyo del Soberado	98-99	3.650
2	RY-17	Arroyo de Las Yaretas 17	98-99	3.750
3	RT-16	Río de Las Taguas 16	98-99	3.650
4	RA-15	Arroyo de Los Amarillos	98-99	3.700
5	RA-14	Río de Las Taguas 14	98-99	3.680
6	QC-10	Zona de Bofedal 10	98-99	4.100
7	AT-11	Arroyo Turbio 11	98-99	3.900
8	AT-13	Arroyo Turbio 13	98-99	3.720
9	QC-12	Arroyo Quebrada. Canito	98-99	3.900
10	RT-9b	Río de Las Taguas 9b	98-99	3.700
11	QP- 8	Río Potrerillo 8	98-99	3.800
12	RT-7b	Río de Las taguas 7	98-99	3.650
13	QG-6	Arroyo del Guanaco Zonzo 6	98-99	3.775
14	RT-5	Río de Las Taguas 5	98-99	3.840
15	RD-4	Terma de Los Despoblados 4	98-99	4.000
16	RD-3	Arroyo de Los Despoblados 3	98-99	3.900
17	RD-2	Bofedal de Los Despoblados 2	98-99	3.900
18	RT-8A	Río Las Taguas	00-03	3.725
19	RT-18	Río de Las Taguas 18	98-99	3.500
20	QT-3	Quebrada Turbio3	2000	
21	RT-2	Río de Las Taguas 2	2000	
22	QP-4	Río Potrerillo 4	2000	3.832
23	QP-5	Río Potrerillo 5	2000	
24	RT-6 (1,2,3)	Río de Las Taguas 6	2000	3.846
25	QG-7	Arroyo del Guanaco Zonzo 7	2000	3.848
26	RD-8	Arroyo de Los Despoblados 8	2000	
27	RD-10	Arroyo de Los Despoblados 10	2000	3.880
28	RT-9a	Río de Las Taguas 9a	2000	
29	RT-1	Río de Las Taguas 1	2000	

Cuadro 7.7

Estaciones de Monitoreo Limnológico - Área de Estudio Agua

Estación N°/ Proyecto	Clave	Localidad	Año	Altitud m.snm	
1 (03)*	P.	LP-20	Río de La Palca 20	1999	2.190
2 (04)		LP-23	Río de La Palca 23	1999	2.260
3 (06)	L	RB- 25	Río Blanco 25	1999	2.450
4 (07)	A	RB-26	Río Blanco 26	1999	2.100
5 (13)	M	AV-21	Arroyo de Las Vizcachas 21	1999	2.200
6 (14)	A	RL-22	Río Lavadero 22	1999	2.290
7 (15)		RG-24	Río San Guillermo 24	1999	3.550
1 (01)	V	LP-1	Río de La Palca 1	02-03	
2 (02)	E	LP-4	Río de La Palca 4	02-03	
3 (08)	L	VC-3	Río del Valle del Cura 3	02-03	
4 (09)	A	AO-5	Arroyo de La Ortiga 5	02-03	
5 (10)	D	RS-6	Río de La Sal 6	02-03	
6 (11)	E	RT-7D	Río de Las Taguas 7a	02-03	
	R	RB-2	Río Blanco	2003	
	O				

* N° entre paréntesis indica numeración correlativa de estaciones en archivo Biología Acuática de 23.04.04

Actividades de campo para las campañas de monitoreo: En general en las campañas se obtuvieron muestras de agua y fondo (sedimentos, piedras), así como de plantas acuáticas destinadas al análisis de las comunidades biológicas, como también para análisis químico. In situ se midió la temperatura y el pH. En algunas de las campañas se midió además: velocidad de corriente, transparencia, ancho y profundidad del cauce, concentración de oxígeno disuelto en el agua, conductividad, conductividad específica y salinidad.

Materiales y Métodos para los Parámetros Físicos y Químicos

Para determinar la calidad del agua, en cada una de las campañas y estaciones se realizaron mediciones in situ de temperatura y pH. El pH fue medido en algunas campañas con papel pH y en otras con un medidor de pH. Cabe consignar que las mediciones realizadas con papel pH solo pueden ser usadas como referencia gruesa del valor del parámetro pH. En algunas campañas se midió salinidad con un salinómetro, conductividad y conductividad específica con conductímetro, expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$. La concentración de Oxígeno disuelto en el agua se midió mediante el método de Winkler, expresado en mg l^{-1} .

Tipo de sustrato Para la clasificación del tipo de sustrato se adoptó la escala de Wentworth, la cual se muestra a continuación:

Cuadro 7.8
Escala de Wentworth

Unidades (mm)	Nomenclatura
>4	Guijarro- pedregullo
4 a 2	Grava
2 a 1	Arena muy gruesa
1 a 0.5	Arena gruesa
0.5 a 0.25	Arena mediana
0.25 a 0.125	Arena fina
0.125 a 0.063	Arena muy fina
< 0.06	Fango - arcilla

Materiales y Métodos para la Flora Acuática

Fitoplancton. El muestreo se llevó a cabo ubicando a contracorriente en el río, una red de fitoplancton HydroBios Kiel de 55 micrones de abertura de malla y copo metálico con igual abertura y con diámetro de boca de 25 cm., durante un período de tiempo determinado. Paralelamente, se midió la velocidad de la corriente del río con un flujómetro General Oceanics Inc. para calcular el volumen total de agua filtrado.

Las muestras obtenidas de cada estación fueron trasladadas al laboratorio en botellas plásticas de 125 ml con solución de formalina al 4%. Una vez en el laboratorio, se procedió a identificar al microscopio, las microalgas presentes y con ayuda de una cámara de Neubauer (hematocitómetro) se cuantificó, realizando 8 recuentos para cada muestra de fitoplancton y expresando los resultados en organismos algales por litro (ind./l).

Las muestras destinadas a la cuantificación del fitoplancton fueron obtenidas mediante arrastre de red de 20 μ m de poro y conservación con formol al 4%. Para el análisis cuantitativo se tomaron por triplicado 100 ml de agua fijadas con Lugol, (APHA, 1995). El recuento de fitoplancton y fitobentos se llevo a cabo en cubetas de sedimentación mediante el uso de microscopio invertido. Los resultados de abundancia se expresaron en células por mililitro (cél/ml) para el fitoplancton y células por centímetro cuadrado (cél/cm²) para el fitobentos.

Fitobentos. Para el estudio de las comunidades fitobentónicas se tomaron muestras de los primeros 5 a 10 mm de la capa superficial de los sedimentos del fondo, considerada la porción fotosintéticamente activa, (Gómez, 1999; Descy & Coste, 1990). En el caso de suelo rocoso se realizó el raspado de superficie conocida. La conservación de las muestras se realizó con formol a 14% en un recipiente de 100 ml.

La identificación taxonómica se efectuó a nivel específico, para lo cual se consultó la bibliografía específica por grupos: Rotíferos (Ruttner Kolisko, 1974), Copépodos (Bayly, 1992; Dussart, 1979, Reid, 1985); Diatomeas (Patrick y Reimer, 1966; 1975; Germain, 1981), Cianobacterias (Geitler, 1967) Clorofitas y otras (Bourrelly; 1968, 1970, 1972).

Materiales y Métodos para la Fauna Acuática

Zooplankton. El material biológico fue recolectado con una red de zooplankton Hydrobios de 150 μ de abertura de malla y de 50 cm. de diámetro de abertura de boca, con tiempos de permanencia de la red sumergida de 60 segundos, en función del caudal del río, el cual fue medido con la ayuda de un flujómetro. En algunas campañas se filtraron 50 a 100 l de agua a través de una red de 80 μ m de abertura de malla. Las muestras fueron conservadas con formol al 4% o solución de formalina al 5%, neutralizada. Los recuentos de zooplankton se realizaron con cámaras de Sedwick-Rafter de 1 ml de capacidad, en microscopio binocular hasta alcanzar un coeficiente de variación de 20% (APHA, 1995). Los resultados se presentan en número de individuos por litro. En el laboratorio, dependiendo de la concentración de individuos, las muestras fueron divididas con un sub muestreador Folsom y analizadas por separado para después integrarlas y obtener el total de individuos correspondiente a cada taxa. Los resultados se expresan en ind./m³.

Macrozoobentos. Para la recolección de las muestras cuantitativas del macrozoobentos en el sector de Veladero del sustrato pedregoso del lecho del río se utilizó una red Surber Hydrobios, provista de un marco de aluminio de 33 x 33 cm., con una red de poliéster de 250 μ m de abertura de malla y 100 cm. de longitud. Las muestras recolectadas fueron fijadas con una solución de formalina neutralizada al 5%. Se obtuvieron muestras de la vegetación ribereña en contacto con el cuerpo de agua. En el laboratorio fueron lavadas y se aisló el sedimento con tamiz de 300 μ m de apertura de malla para posterior identificación y recuento con lupa estereoscópica. Se

cuantificó el total de la muestra, se reconocieron las taxa, se determinó la densidad de individuos por unidad de superficie, cuyos resultados se expresan en ind./m².

Crustáceos. En cada una de las Estaciones, se realizó una búsqueda exhaustiva de crustáceos, especialmente en las zonas de hoyas de cada río, removiendo piedras y vegetación cuando existía y en lugares de mayor corriente. La recolección de los “cangrejos” o “piñachas” se realizó en conjunto con los peces, es decir, con redes de cerco y con redes manuales. Los ejemplares recolectados fueron fijados con formalina neutralizada al 10%, para el posterior análisis morfométrico y taxonómico.

En el laboratorio, a cada ejemplar se le midió el largo del cefalotórax, ancho máximo del cefalotórax, longitud del rostro, distancia entre las espinas orbitales, ancho y espesor máximo de la pinza.

Fauna Ictica. La captura de los peces se efectuó utilizando redes de cerco y redes de mano, a excepción de las campañas 1998-99 en que se utilizó un equipo de pesca eléctrica. Los peces una vez capturados, fueron fijados con formalina neutralizada más una inyección de formalina en la cavidad abdominal para el posterior análisis de sus variables morfológicas y de los contenidos estomacales. En el laboratorio, cada pez fue pesado entero y luego sin el estómago. Posteriormente se midió su longitud total (LT) con un ictiómetro.

Análisis ecológico: De todos los grupos de invertebrados analizados (fitoplancton, zooplancton, fitobentos y macrobentos) se elaboraron matrices con las abundancias absolutas (cél./ml, ind./l, cél/cm² e ind./m², respectivamente) y matrices cualitativas de presencia - ausencia.

Con el objeto de determinar características estructurales de las comunidades, se calcularon los índices de diversidad específica de Shannon & Weaver (H') y de Dominancia de Simpson (?) (en Brower and Zar, 1977).

Se analizaron características autoecológicas de algunas de las especies identificadas con el objeto de:

- Identificar especies planctónicas y bentónicas (perifíticas).
- Identificar especies con requerimientos ambientales particulares (bioindicadores). Entre las diatomeas se identificaron las especies según su

grado de tolerancia a la polución: sensibles, tolerantes y muy tolerantes (Gómez, 1990). Se caracterizó los ambientes según el estado trófico, siguiendo la descripción de Lowe, (1974): Eutrófico - Mesotrófico - Oligotrófico y según el requerimiento de oxígeno de las especies de diatomeas presentes mediante la clasificación de un sistema saprobio: Polisapróbico - Mesosapróbico - Oligosapróbico.

Se analizaron características auto-ecológicas de algunas de las especies identificadas con el objeto de:

- Identificar especies planctónicas y bentónicas (perifíticas).
- Identificar especies con requerimientos ambientales particulares (bioindicadores).

7.1.3.10 Caracterización Ecosistemática

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Identificación y delimitación de unidades ecológicas
- b) Evaluación del grado de perturbación

Se determinó la función y relevancia de las vegas identificadas en el AE Cordillera. “Vegas” se definen como formaciones vegetacionales asociadas a cursos de agua superficiales permanentes o desembocaduras/fuentes de agua subterránea.

La función de las vegas se determinó a partir de las funciones que define RAMSAR¹ para las vegas. Estas se presentan a continuación:

- Control de las inundaciones,
- Retención y exportación de sedimentos y nutrientes,
- Depuración de aguas,
- Contribución al control del cambio climático,
- Reservorio de biodiversidad,
- Reposición de agua subterránea,

¹ Extractado del documento “Funciones y Valores de Humedales”, RAMSAR
http://www.ramsar.org/values_intro_e.htm

- Estabilización de las costas y la protección contra las tormentas,
- Producción agropecuaria; y
- Recreación y turismo.

La relevancia de las vegas se determinó en términos de la función de “reservorio de biodiversidad”. Para ello, se emplearon los siguientes indicadores biológicos:

- Riqueza de la flora,
- Cobertura,
- Diversidad de la flora,
- Riqueza de la fauna,
- Diversidad de la fauna,
- Extensión (ha), y
- N° de especies en categorías de conservación.

Posteriormente se efectuó una calificación relativa al valor que toman cada uno de los indicadores en las distintas vegas. En cada caso se asignó uno (1) si el valor del indicador indica que la vega es la más relevante, cero (0) si es medianamente relevante y menos uno (-1) si es el menos relevante. Finalmente, las calificaciones se ponderaron de la siguiente forma: si el resultado es mayor que cero se asigna un signo más (+), si el resultado es igual a cero se asigna el símbolo más/menos (+/-), y si el resultado es menor que cero se asignó el signo menos (-).

7.1.3.11 Estado de Conservación de las Especies

No se conoce ninguna lista de especies de flora y fauna en estado de conservación oficialmente reconocida para la Provincia de San Juan, ni para la Argentina. Sin embargo, se ha revisado la lista de especies de flora que proporciona el autor Chebez (1994), el documento preparado por FUCEMA, el Libro Rojo de los Mamíferos y Aves Amenazadas de la Argentina (1997) y distintos listados internacionales, para determinar el estado de conservación de los individuos de flora y fauna que serán intervenidas por las obras e instalaciones del Proyecto.

En particular se utilizó la “Lista Roja de Especies Amenazadas”, publicada por la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (UICN) el año 2000, la cual permite verificar el estado de conservación de las especies identificadas, según las siguientes categorías:

- Extinto (EX)
- Extinto en Estado Natural (EW)
- En Peligro Crítico (CR)
- En Peligro (EN)
- Vulnerable (VU)
- Bajo Riesgo (LR)
- Datos Deficientes (DD)
- No Evaluado (NE)

También se consultaron los apéndices con la lista de especies protegidas por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Dichas listas están disponibles en la dirección de Internet: www.cites.org.

7.1.3.12 Áreas Naturales Protegidas en el Área de Influencia

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Ubicación y delimitación
- b) Categorización

Como parte de los estudios de línea base del Proyecto Veladero, se llevó a cabo una investigación sobre la ubicación y delimitación de las áreas naturales protegidas en el área de influencia del Proyecto. La información fue obtenida a partir de una revisión bibliográfica y desde instituciones locales y nacionales, tales como Universidades, organizaciones de turismo y Departamento de Recursos Naturales.

7.1.3.13 Paisaje

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Descripción

Para determinar las características del paisaje de las áreas del Proyecto Pascua-Lama se utilizó información obtenida en un trabajo de campo efectuado como parte de los estudios de línea base del Proyecto en Noviembre de 1999. Esta información fue complementada con la descripción del paisaje contenida en los estudios de Línea base del Proyecto Veladero. Estos consistieron en tres visitas a terreno, las que se llevaron a cabo durante Enero del 2000, Julio y Noviembre del 2001, con el objetivo de reconocer el territorio involucrado en el Proyecto y obtener el máximo de información posible.

En general se realizaron las siguientes actividades para cada una de las campañas de terreno con apoyo de fotografías y cartas topográficas a escala 1:50.000:

- Delimitación de las "Cuencas Visuales", entendidas como la zona visible desde uno o más puntos de observación.
- Definición de los puntos de observación basándose en la accesibilidad física y visual (condiciones de intervisibilidad) del territorio, favoreciendo tanto la posición del observador superior como inferior.
- Determinación de los puntos de observación.
- Anotaciones de campo basándose en un esquema de trabajo que considera la organización espacial de los principales componentes del paisaje (Morfología, Superficie del Suelo, Cursos de Agua y Actuación Humana), para determinar las "Unidades de Paisaje" dentro de cada cuenca visual, definidas como porciones del territorio con características propias.
- Evaluación del Paisaje mediante las herramientas de análisis de "Calidad" y "Fragilidad Visual" mediante fichas evaluativas. Por medio de un modelo de integración de éstas herramientas se determinaron zonas visualmente sensibles y vulnerables a las perturbaciones que generarán las obras del Proyecto minero. De esta manera, se pueden considerar los valores paisajísticos a la hora de conservar o proteger el ambiente, o si este puede ser promovido para la realización de intervenciones antrópicas.

Además de los estudios de terreno, se desarrolló un modelo computacional tridimensional que simula las condiciones actuales del paisaje y la situación futura durante las etapas de operación y cese del Proyecto.

Los aspectos de la cuenca visual se analizaron según las siguientes características visuales:

- La forma,
- Los tipos de vista,
- El grado de focalización,
- El tamaño de la cuenca,
- La posición del observador en relación al territorio, y
- La compacidad de la cuenca.

La interacción de estas características permitió definir otros aspectos de importancia en relación a cada cuenca visual, principalmente el grado de dominancia visual y las condiciones de intervisibilidad.

La descripción de las Unidades de paisaje se efectuó en términos de los componentes:

- **Físico-Espaciales:** constituyendo la morfología del paisaje, cursos de agua, espacialidad y otros (ej. Glaciar).
- **Bióticos:** comprendiendo cubierta vegetal y fauna.
- **Antrópicos:** que incluye la actuación humana con relación a las actividades humanas en el paisaje ya sean extensivas o puntuales.

La valoración del paisaje se efectuó a través de la Calidad y Fragilidad Visual del territorio. Mediante este método de valoración indirecta se le asignaron valores de mayor o menor dominancia visual a los principales componentes del paisaje.

Para determinar la calidad visual se desarrolló una ficha evaluativa en la cual los componentes del paisaje definieron el grado de dominancia (alta, media, baja y ausente), de acuerdo a un patrón estético dado por la forma, textura, color, línea, dominancia, escala, diversidad y continuidad.

Para la determinación de la fragilidad visual se desarrolló una ficha evaluativa donde se estimó el grado de influencia que ejercen los elementos que componen los Factores de Visualización, Singularidad y Accesibilidad en cada unidad de paisaje.

Tanto para la calidad visual como para la fragilidad visual se emplearon las mismas tablas de valoración. Como resultado se tiene un valor cuantitativo, para lo cual se ha empleado la siguiente escala de valores:

- Valor = 3 Dominancia Visual Alta
- Valor = 2 Dominancia Visual Media
- Valor = 1 Dominancia Visual Baja

7.1.3.14 Aspectos Socioeconómicos y Culturales

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Centro/s poblacional/es afectado/s por el proyecto
- b) Distancia. Vinculación
- c) Población. Cantidad de habitantes. Grupos etarios. Nivel de instrucción
- d) Estructura económica y empleo
- e) Vivienda. Infraestructura y servicios
- f) Infraestructura para la atención de la salud
- g) Infraestructura para la educación
- h) Infraestructura para la recreación
- i) Infraestructura para la seguridad pública y privada
- j) Sitios de valor histórico, cultural, arqueológico y paleontológico

La línea base social desarrollada para el Proyecto Pascua-Lama se basó en una actualización de los estudios de línea base socioeconómica efectuados para el IIA de Explotación del Proyecto Veladero (2002).

La descripción de los aspectos demográficos, sociales y económicos de las áreas de influencia del Proyecto Pascua-Lama que se describen en este documento corresponden a:

- **Nivel Nacional** - descripción de la macroeconomía Argentina y antecedentes demográficos nacionales.
- **Provincia de San Juan** - descripción de aspectos demográficos y económicos.
- **Departamento Capital** - descripción detallada de aspectos demográficos, económicos, sociales e infraestructura de acceso a servicios.
- **Departamento Jáchal** - descripción detallada de aspectos demográficos, económicos, sociales e infraestructura de acceso a servicios. La investigación abarcó estilos de vida y temas de interés.

- *Departamento de Iglesia* - descripción detallada de aspectos demográficos, económicos, sociales e infraestructura de acceso a servicios. La investigación abarcó estilos de vida y temas de interés.

La línea base socioeconómica se elaboró a partir de información secundaria, la cual se obtuvo de estadísticas censales, proyecciones del Instituto de Estadística y levantamientos propios de instituciones locales.

La revisión bibliográfica involucró la revisión de los datos estadísticos a nivel nacional, provincial y departamental. Para ello se contó con la información disponible en el Instituto de Investigaciones Económicas y Estadísticas (IIEE), de la provincia de San Juan.

Para la caracterización de las comunidades se utilizó la información proveniente de entrevistas, reuniones y del análisis de documentos bibliográficos revisados. La información secundaria se presentó en cuadros de síntesis. De esta manera, se presenta en forma comparativa la información estadística.

Como parte de la caracterización de la infraestructura vial, se han utilizado los resultados de tres campañas de mediciones de flujos vehiculares efectuados por Barrick. La última se efectuó en Junio-Julio del 2003 en contexto del actual Programa de Monitoreo de Veladero y las dos primeras los años 2001 y 2002 para los estudios de línea base del IIA del Proyecto Veladero.

Cada estación se censó en dos sentidos de tránsito. En cada una de las estaciones se llenaron tablas con el tráfico vehicular de acuerdo a las siguientes categorías: motocicletas (y coches), auto stations, camionetas, camionetas simples de 2 ejes, camionetas simples de más de 2 ejes, semiremolques, buses, autobuses y convoys.

El horario de los turnos de conteo fue el siguiente:

- 08:00 – 16:00,
- 16:00 – 24:00, y
- 24:00 – 08:00.

Las estaciones de control fueron las siguientes:

- Las Flores: Casa de Comunicaciones BEASA (oeste-este y este-oeste)
- Las Flores: Salida a San Juan (norte-sur y sur-norte)
- Iglesia: Salida a Bellavista (norte-sur y sur-norte)
- Iglesia: Salida a San Juan (norte-sur y sur-norte)
- Tudcum: Salida a Pismanta (norte-sur y sur-norte)
- Tudcum: Calle Aguilera (oeste-este y este-oeste)

La ubicación de estas estaciones se presenta en el Plano TO2.9.

Además de la recopilación de información socioeconómica, se ha desarrollado e implementado un Plan de Participación Ciudadana. Este plan tiene por finalidad integrar temas de interés, preocupaciones y oportunidades de los grupos de interés (stakeholders) en el proceso de diseño y operación del Proyecto, así como desarrollar un proceso de relaciones positivas entre BEASA y la comunidad o grupos de interés de las localidades del área de influencia del Proyecto Pascua-Lama. Dichos grupos de interés consisten principalmente en los residentes de los pueblos del área de influencia del Proyecto, incluida la ciudad de San Juan.

Entre Septiembre y Octubre del año 2004, se realizó un Plan de Participación Ciudadana para el Proyecto Pascua-Lama. Dentro de esta etapa, entre el 27 de Septiembre y el 7 de Octubre se realizaron talleres de presentación del Proyecto en los departamentos de Jáchal e Iglesia. En Iglesia se realizaron 9 talleres y en Jáchal se realizaron 10 talleres.

7.1.3.15 Sitios de Valor Histórico, Cultural, Arqueológico y Paleontológico

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Sitios de Valor Histórico, Cultural, Arqueológico y Paleontológico

Para la caracterización de los recursos arqueológicos se ha utilizado la información generada en dos campañas de campo efectuadas como parte de los estudios de línea base del Proyecto Pascua-Lama y tres campañas de campo efectuadas durante el desarrollo del Proyecto Veladero.

Las campañas efectuadas por el Proyecto IIA Pascua-Lama son:

- Campaña N° 1 realizada en Marzo del 2004
- Campaña N° 2 realizada en Mayo del 2004

Las campañas efectuadas por el Proyecto IIA Explotación Veladero son:

- Campaña N° 1 realizada en Febrero del 2000
- Campaña N° 2 realizada en Enero del 2001
- Campaña N° 3 realizada en Julio 2001

Adicionalmente, se realizó un análisis de la información bibliográfica disponible. La información de la cual se dispuso fue proveniente de publicaciones de artículos, de información del Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo de la Universidad de San Juan (IIAM) e incluyó además un estudio realizado para el Proyecto de Exploración Veladero IIA.

Las prospecciones de Marzo y Mayo del 2004 permitieron relevar y efectuar la delineación de todos los sitios y hallazgos de interés arqueológico en el AE Cordillera, que se describen a continuación:

Las prospecciones arqueológicas cubrieron los siguientes sectores:

- Arroyo y Río Turbio y Arroyo Canito.
- Arroyo de Los Amarillos.
- Río de Las Taguas, entre la desembocadura del Río Turbio y Río de Los Amarillos.
- Río de Las Taguas, entre el acceso a la Mina Veladero y la confluencia con el Río Turbio.

Las áreas de estudio para el relevamiento arqueológico se muestran en el Plano TO2.27.

Durante el trabajo de campo se realizaron las siguientes actividades:

- Se ubicaron por prospección directa y georeferenciaron (mediante GPS) sitios arqueológicos, áreas de interés arqueológico y, en algunos casos, artefactos aislados.
- Sobre los sitios que incluían estructuras de piedra (pircados) se tomaron medidas mediante teodolito, brújula y cinta métrica que permitieron realizar planimetrías y/o planialtimetrías de las mismas y de parte de su entorno.
- Se definieron los límites de algunos de los sitios arqueológicos en base a diferencias en la densidad del material superficial.
- Se efectuaron, in situ, estudios del material superficial con la intención de establecer cronologías aproximadas, definir áreas de actividades específicas y ubicar tentativamente en un marco cultural los contextos arqueológicos observados.
- Se generó un registro documental y fotográfico de las estructuras y parte del material superficial hallado.

En gabinete se procesaron los datos obtenidos durante el relevamiento, mediante la información recopilada en terreno se procedió a generar una base cartográfica, y se generó la descripción arqueológica en la Sección 2.13.

7.1.3.16 Descripción de las Tendencias de Evolución del Medio Ambiente Natural

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Descripción de las tendencias de evolución del medio ambiente natural

En ambos escenarios se analizaron las tendencias de las componentes ambientales y socioeconómicas relevantes del área del Proyecto, en base a los resultados de los estudios de línea base de cada componente. De particular importancia en la evaluación son los estudios de línea base, relativos al uso de suelo, calidad del suelo, paisaje y aspectos socioeconómicos, que brindaron una base para el desarrollo de escenarios para la posible evolución de actividades dentro del área del Proyecto no relacionadas con el Proyecto Pascua-Lama.

7.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.685

- a) Localización del Proyecto
- b) Descripción general
- c) Memoria de alternativas analizadas de las principales unidades del proyecto
- d) Etapas del proyecto. Cronograma
- e) Vida útil estimada de la operación
- f) Explotación de la mina. Planificación y metodología. Transporte del mineral. Método y equipamiento
- g) Descripción detallada de los procesos de tratamiento del mineral. Tecnología, instalaciones, equipos y maquinarias. Diagramas de Flujo de materias primas, insumos, efluentes, emisiones y residuos Balance hídrico
- h) Generación de efluentes líquidos. Composición química, caudal y variabilidad
- i) Generación de residuos sólidos y semisólidos. Caracterización, cantidad y variabilidad
- j) Generación de emisiones gaseosas y material particulado. Tipo, calidad, caudal y variabilidad
- k) Producción de ruidos y vibraciones
- l) Emisiones de calor
- m) Escombreras y Diques de colas. Diseño, ubicación y construcción. Efluentes. Estudios y ensayos Predicción de drenaje ácido. Estudios para determinar las posibilidades de transporte y neutralización de contaminantes
- n) Superficie del terreno afectada u ocupada por el proyecto
- o) Superficie cubierta existente y proyectada
- p) Infraestructuras e instalaciones en el sitio del yacimiento
- q) Detalle de productos y subproductos. Producción diaria, semanal y mensual
- r) Agua. Fuente. Calidad y cantidad. Consumos por unidad y por etapa del proyecto. Posibilidades de reuso
- s) Energía. Origen. Consumo por unidad y por etapa del proyecto
- t) Combustibles y lubricantes. Origen. Consumo por unidad y por etapa del proyecto
- u) Detalle exhaustivo de otros insumos en el sitio del yacimiento (materiales y sustancias por etapa del proyecto)
- v) Personal ocupado. Cantidad estimada en cada etapa del proyecto. Origen y calificación de la mano de obra
- w) Infraestructura. Necesidades y equipamiento

Nivel de Ingeniería

La descripción del Proyecto se desarrolló utilizando los diferentes informes de ingeniería de factibilidad de las obras del proyecto incluyendo las fases de construcción, operación y cese de la Etapa de Explotación del Proyecto. Se incluyó una descripción de la infraestructura y de las actividades principales que abarca el Proyecto, con énfasis sobre aquellos aspectos que pudieran representar fuentes o

causas de impacto ambiental (tanto positivos como negativos). Si bien la descripción se presentó utilizando un lenguaje adecuado para una amplia audiencia, la misma incluye la información técnica necesaria para que las autoridades puedan realizar una evaluación de la factibilidad técnica y ambiental.

Dado que el manejo ambiental representa un componente esencial en el diseño del Proyecto Pascua-Lama, las secciones Descripción del Proyecto, Evaluación de Impacto y Manejo Ambiental se desarrollaron en forma simultánea, lo cual requirió un alto nivel de interacción entre los profesionales involucrados. Se evaluaron diferentes escenarios del Proyecto y distintos criterios de manejo, los que se modificaron y reevaluaron en relación a los impactos ambientales y los riesgos. El Texto Ordenado presenta la configuración del Proyecto a nivel de estudio de factibilidad, previo a la ingeniería básica. Se incluyó además una descripción de alternativas del Proyecto que fueron consideradas en el diseño. Si bien los aspectos de manejo ambiental están desarrollados en la Sección 5.0, los aspectos claves de diseño relacionados con la protección ambiental y la prevención de riesgos se encuentran particularmente destacados en la Sección 3.0 Descripción del Proyecto.

Organización del Capítulo

En atención a facilitar la comprensión de las obras y actividades que comprende el Proyecto, se reestructuró el índice de contenido que señala la Ley N° 24.585. Si bien cubre todo lo indicado por la referida Ley, se han incluido dos puntos: Seguridad y Medioambiente y Consideraciones de Cese y Post-cese, en donde se describen los procesos y obras mineras mayores del Proyecto.

Para cubrir el tema del potencial drenaje ácido, se ha incluido en la Sección 3.13.6 toda la caracterización geoquímica de los residuos mineros y de otros materiales geológicos, para así determinar la calidad de los efluentes que se podrían generar. Estos temas están tratados en la Sección sobre efluentes líquidos. Sin embargo, el análisis de la evolución de los efluentes y sus efectos potenciales en el ambiente han sido tratados en la Sección 4.3.

Cálculo de caudales de agua subterránea

Se diseñó un modelo que contempla el contacto de aguas superficiales y subterráneas para la región debido a interacciones significativas entre ellas. Se incluyeron en el modelo la topografía, el mapeo geológico, los datos meteorológicos, el caudal de

aguas superficiales, los niveles de aguas subterráneas y los ensayos de bombeo del acuífero, calibrándose así el modelo. La última actualización concluyó en Abril del 2004 e incorporó los caudales de aguas superficiales y los niveles de aguas subterráneas desde 2002 hasta principios del 2004 (Jones, 2004)

Evaluación de Potencial de Drenaje Ácido

Como parte de la caracterización de los residuos mineros masivos (Sección 3.13.6) se efectuó un programa de pruebas para caracterizar el comportamiento geoquímico del material estéril que provendrá de los rajos, del material procesado, y de los potenciales materiales de construcción del Proyecto. Los resultados de estas pruebas han sido utilizados para caracterizar la calidad de los drenajes.

El objetivo específico del programa de caracterización geoquímica fue el de desarrollar una estimación del potencial de drenaje ácido de la roca (DAR) y caracterizar el lixiviado resultante de la meteorización de materiales de roca estéril y mineral procesado.

Los resultados de las pruebas han sido utilizados en un modelo hidro-geoquímico, desarrollado para cuantificar el potencial efecto del drenaje/filtración que provenga de las obras mineras (escombrera, depósito de colas), sobre el agua superficial y subterránea, tanto en la operación como durante el cese y abandono del Proyecto.

A fin de evaluar el potencial de DAR de los materiales estériles y procesados, se identificaron unidades geoquímicas individuales en base a la geología y los tipos de alteración de los materiales. A objeto de simplificar el programa de caracterización del estéril, las asociaciones tipo de roca/alteración fueron divididas en las siguientes siete categorías:

- Sílice penetrante,
- Sílice selectivo,
- Steam heated,
- Argílica avanzada (cuarzo-alunita oxidado),
- Argílica avanzada (cuarzo-alunita no oxidado),
- Argílica alterada (cuarzo-alunita – kaolinita), y
- Alteración propilítica.

La Sección 3.13.6 describe en detalle la cantidad de muestras tomadas de cada tipo de alteración y la cantidad de residuos que se espera cada uno generaría.

Se tomaron muestras representativas de cada unidad geoquímica para realizar las pruebas estáticas y cinéticas. Estas muestras se tomaron de los cortes (*cuttings*) provenientes de los sondajes con perforadoras con circulación de aire reverso (CR). La caracterización geoquímica de residuos incluyó aquellos producidos por las escombreras El Morro en Argentina y Nevada Norte en Chile. Adicionalmente se caracterizaron muestras del depósito de colas.

Las pruebas realizadas para evaluar el potencial de generación de ácido fueron las siguientes:

- Conteo ácido base (ABA – método Sobek y pH en pulpa),
- Generación neta de ácido (NAG),
- Procedimiento de movilidad de agua meteórica (MWMP),
- Prueba de lavado,
- Celdas de humedad (formato MEND),
- Prueba de batea (“cribs”), y
- Análisis Total de Roca y de Metales.

La metodología de estas pruebas se incluye en la Sección 3.13.6 y en el Apéndice TO3.1-9 de este documento.

7.3 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La identificación y evaluación de los efectos ambientales del Proyecto Pascua-Lama se detallan en la Sección 4.0. La evaluación analizó las etapas de construcción, operación, cese y post-cese del Proyecto y consideró cada uno de los componentes ambientales en el área de influencia, tanto desde una perspectiva individual como interactiva. Se abordaron cada una de las alteraciones especificadas en el Anexo III de la Ley N° 24.585 de Protección Ambiental para la Actividad Minera, e incluye, siempre que ello sea posible, la evaluación o determinación de la magnitud de cada una de las alteraciones, aplicando para ello, una metodología que considera los cuatro pasos secuenciales siguientes.

Etapa I – Selección de las Obras y Actividades para la Evaluación

La metodología comenzó con la identificación de las obras y actividades de cada una de las fases del Proyecto (construcción, operación, cese y post-cese) que podrían, potencialmente, ocasionar las alteraciones definidas por la Ley N° 24.585. Las obras y actividades han sido tipificadas según las áreas del proceso descritos en la Sección 3.0, y están identificadas en la fila superior de la Tablas TO 4.2, TO4.3 y TO4.4.

Etapa II – Identificación Preliminar de las Relaciones Causa - Efecto

En esta etapa de la evaluación se determinó, mediante el análisis de experto, de qué manera las distintas obras y actividades identificadas en la Etapa I de la evaluación podrían ocasionar las alteraciones que especifica la citada Ley. Las relaciones causa-efecto que se determinan se resumen en una matriz tipo Leopold, donde la primera columna corresponde a las alteraciones ambientales a evaluar y la primera fila a las obras y actividades que las ocasionarían. La relación causa-efecto de impactos potenciales queda definida a través de la letra “I” en el casillero de intersección correspondiente. También, en esta matriz se han identificado la relación causa-efecto asociada a riesgos ambientales, en cuyo caso se encuentra definido mediante la letra “R” en el casillero de intersección correspondiente.

Cabe señalar que la matriz resultante de esta etapa sólo establece la “relación causa-efecto”, sin determinar la significancia, magnitud o carácter de las alteraciones.

Etapa III – Evaluación de los Impactos Ambientales

Los impactos identificados en la Etapa II, y designados con la letra “I” en la matriz causa-efecto, prosiguen a una etapa de evaluación, utilizando cuando fue posible, medios cuantificables para predecir su magnitud, tales como: modelos matemáticos, simulaciones computacionales y sistemas de información geográfica.

En las Secciones 4.2 a 4.9 se presentan los resultados del proceso de evaluación realizado para el escenario final del Proyecto. Se determinó este escenario después de un proceso repetido de evaluación y reevaluación que considera distintas medidas de mitigación, criterios de manejo y/o alternativas del Proyecto, así como las observaciones de la comunidad recogidas durante el proceso de participación ciudadana que se detalla en la Sección 2.0 y Sección 5.0 de este documento. En la Sección 4.10 se presenta la memoria de impactos irreversibles.

Etapa IV – Evaluación de los Impactos Acumulativos del Área

Como parte del análisis de los impactos ambientales del Proyecto, se incluyó una evaluación de los efectos acumulativos de los Proyectos Pascua-Lama y Veladero.

Argentina no cuenta con un procedimiento o guía que proporcione los lineamientos para llevar a cabo un proceso de evaluación de los efectos acumulativos (EEA). No obstante ello, se ha recurrido a la experiencia y práctica que poseen Canadá y Estados Unidos sobre la materia, de manera de aplicar las metodologías que emplean estos países.

Cabe señalar que la literatura especializada se refiere a los impactos o efectos acumulativos de una acción en particular como a los “cambios en el ambiente que son causados por la acción en combinación con otras acciones, sean estas pasadas, presentes o futuras”. Estas acciones pueden superponerse en el tiempo y/o espacio, y pueden ser aditivas o interactivas (sinérgicas o compensatorias). Los efectos son sinérgicos cuando el efecto neto acumulativo es mayor que la suma de los efectos individuales, y compensatorios, cuando el efecto neto acumulativo es menor que la suma de los efectos individuales. Cuando el efecto neto acumulativo de las acciones/efectos combinados es igual a la suma de los efectos individuales decimos que el efecto acumulativo es aditivo o agregado.

Las acciones consideradas en la EEA vienen determinadas por el Proyecto Pascua-Lama y Veladero, cuyo desarrollo está proyectado en áreas próximas unas de otras. No se identificaron otras actividades/acciones adicionales que pudiesen interactuar con las acciones del Proyecto, que incidan en la magnitud de los efectos agregados en el ambiente. Las acciones consideradas para ambos proyectos, así como efectos agregados que se prevén, se resumen en la Tabla TO4.1; cada una de las acciones se detalla en relación a la componente y efecto esperado.

Las acciones del Proyecto Veladero han sido tomadas de su IIA, mientras que las del Proyecto Pascua-Lama, han sido definidas en consideración de las actividades y obras que éste contempla, descritas en el presente documento.

A partir de la EEA, se identificaron los siguientes efectos cuyos impactos se acumularán con las obras y actividades del Proyecto Veladero:

- Modificación del paisaje general
- Modificación del caudal de agua superficial
- Impacto sobre la calidad del agua
- Alteración de escorrentía o de la red de drenaje

- Contaminación con partículas
- Contaminación sónica
- Grado de afectación de la Flora y Fauna
- Procesos ecológicos
- Población (demografía/estilo de vida)
- Uso de infraestructura pública
- Economía local y regional

7.3.1 Impacto sobre la Geomorfología

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Alteraciones de la topografía por extracción o relleno
- b) Escombreras. Diques de colas
- c) Desestabilización de taludes. Deslizamientos
- d) Hundimientos, colapsos y subsidencia fuera y dentro del área de trabajo
- e) Incremento o modificación de los procesos erosivos
- f) Incremento o modificación del riesgo de inundación
- g) Modificación paisajística general
- h) Impactos irreversibles de la actividad

Los impactos potenciales sobre la geomorfología se evaluaron en relación a los efectos de las alteraciones geomorfológicas asociadas con las actividades y las instalaciones del Proyecto. Se evaluaron los riesgos en relación al diseño durante la fase de ingeniería del Proyecto, en cuanto a estabilidad de taludes y crecidas, y los mismos se incluyeron en el presente documento. Además de determinar la probabilidad de falla de talud, se evaluaron las consecuencias de dichos eventos en relación a temas ambientales y de seguridad. Se desarrollaron, además, zonas de riesgos en el mapa geomorfológico. Se determinaron los efectos irreversibles principalmente en relación a los trabajos del Proyecto que incluyen la remoción masiva de tierra o deposición. Se consideraron los efectos ocasionados por estos eventos en relación con otros componentes ambientales, tales como paisaje, vegetación, hidrología y uso de la tierra.

7.3.2 Impacto sobre las Aguas.

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Modificación del caudal de aguas superficiales y subterráneas
- b) Impacto sobre la calidad del agua en función de su uso actual y potencial
- c) Modificación de la calidad de cursos de agua subterránea
- d) Modificación de la calidad de cursos de agua superficiales
- e) Alteración de la escorrentía o de la red de drenaje
- f) Depresión del acuífero
- g) Impactos irreversibles de la actividad

7.3.2.1 Cantidad de Agua Superficial y Subterránea

Se desarrollaron modelos hidrológicos para analizar los efectos de las actividades del Proyecto sobre el régimen hidrológico. Se desarrollaron dos tipos de modelos para el Proyecto Pascua-Lama.

- Modelo hidrológico de la cuenca del Río Jáchal
- Modelo hidrogeológico de la cuenca del Río de Las Taguas en SW-17.

A continuación se describen los dos modelos hidrológicos, conjuntamente con una descripción de cómo los modelos están integrados con los datos geoquímicos, para evaluar los impactos potenciales que resulten del desarrollo del Proyecto.

Modelo hidrológico de la Cuenca del Río Jáchal

El modelo hidrológico define una función objetiva que simula los volúmenes que entrega el sistema para riego del Río Jáchal y considera la operación del Embalse Cuesta del Viento.

Descripción del modelo

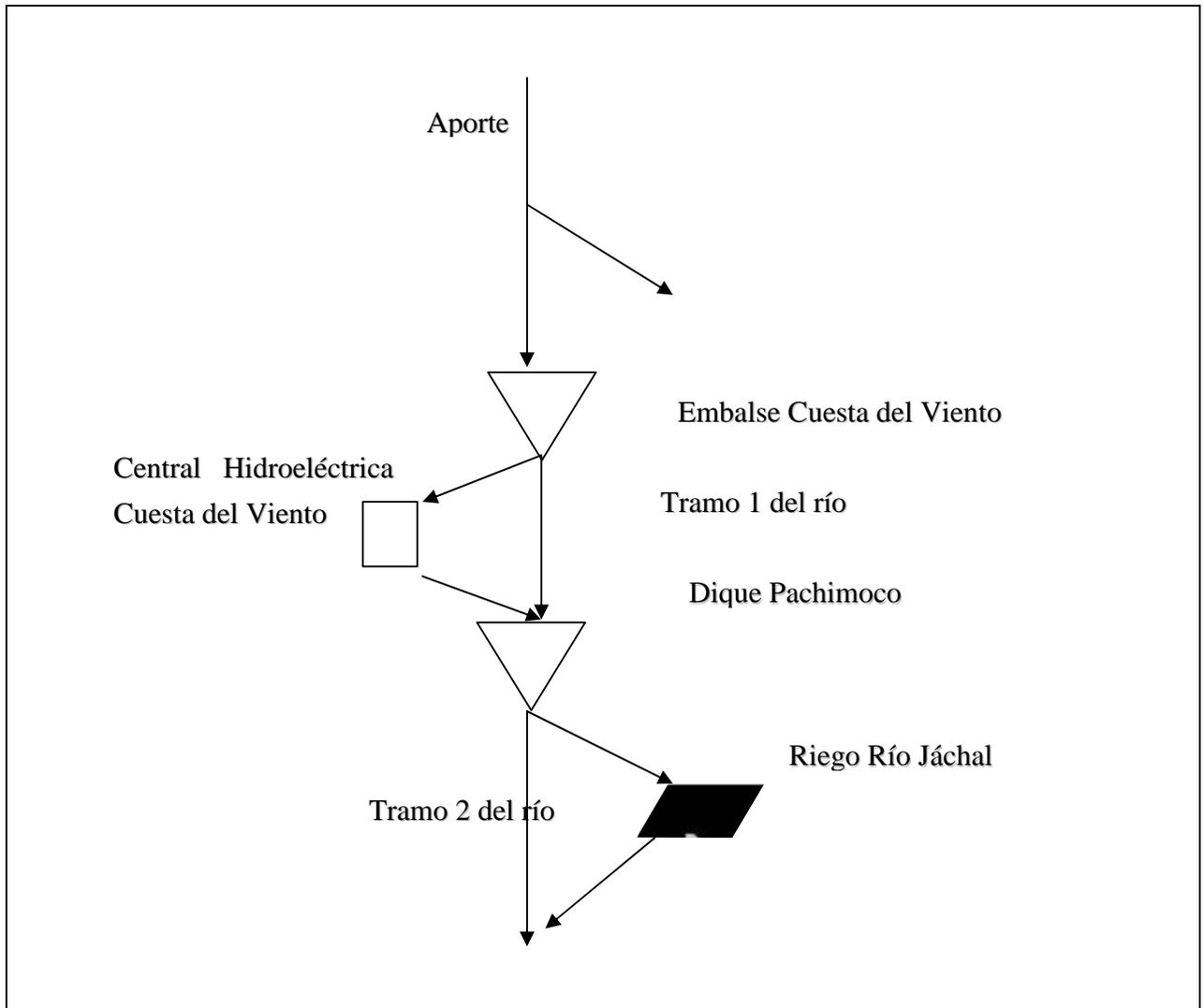
El Esquema 7.1 presenta un modelo del sistema hidrológico, desarrollado con el fin de evaluar el impacto de extracción de agua por el Proyecto Pascua-Lama.

Datos del sistema modelado

Los datos que se utilizaron para el modelo incluyeron:

- Caudales medios mensuales del Río Jáchal, aforados en el Dique Pachimoco, correspondientes al período 1936-2000.

Esquema 7.1
Modelo del Sistema Hidrológico



- Presa de Embalse Cuesta del Viento: características de área y volumen por etapas y volúmenes máximos y mínimos (200 Hm^3 y 20 Hm^3 , respectivamente).

Volumen Anual de Riego: Estos datos se basan en mediciones mensuales de los caudales derivados para riego realizados por el Departamento de Hidráulica de la Provincia de San Juan, para el período 1992-2004. Se plantean varias hipótesis de volumen anual de riego con el fin de realizar un análisis de sensibilidad del modelo para las variables seleccionadas.

Hipótesis adoptadas para las corridas del modelo

Con el objeto de estimar los efectos de la extracción de agua desde el Embalse Cuesta del Viento y el volumen de agua disponible para riego en la zona del Distrito de Riego Jáchal bajo distintos escenarios hidrológicos, se plantearon las siguientes hipótesis:

Se consideró la situación actual, sin Proyecto, y luego la situación con valores de extracción de 110 l/s, 350 l/s y 460 l/s. El Proyecto requiere una cantidad de 350 l/s de agua.

Para evaluar la respuesta del sistema ante diferentes demandas de riego, el estudio evaluó el volumen anual de riego para la zona del Río Jáchal, correspondiente a 128, 157, 230, y 510 Hm³/año (95%, 85%, 50% y 10% de excedencia del registro histórico de caudales del Río Jáchal). Además, se evaluó una quinta opción con un valor de 300 Hm³/año, que corresponde a la hipótesis de aumentar la zona cultivada del Río Jáchal a 10.000 ha. El estudio deduce que el caudal mínimo histórico fue de 191 Hm³/año, el caudal medio fue de 225 Hm³/año y el caudal máximo fue de 264 Hm³/año.

Se producen diferentes resultados de la simulación a partir de la combinación de cada uno de los volúmenes anuales de riego propuestos a tres diferentes tasas de abastecimiento de agua.

Para cada simulación, teniendo en cuenta el volumen anual objetivo de riego, se calcula el déficit de riego para cada año hidrológico de la siguiente forma:

$$Deficit_i = \left(1 - \frac{Vol\ anual\ entregado_i}{Vol\ anual\ objetivo_i} \right) \%$$

Ecuaciones del modelo

El sistema de ecuaciones que se usó para el modelo es el siguiente:

Función Objetivo

$$\text{Maximizar } wrVr + we Vefin + wc Vc - \sum_{k=1}^2 wt_k Vtr_k$$

Sujeto a las ecuaciones:

$$Va_t - V_{EXP} + Veini_{1,t} - Vefin_{1,t} - Vtr_{1,t} - Vc_t - Vev_{1,t} = 0$$

$$Vtr_{1,t} + Vc_t + Veini_{2,t} - Vefin_{2,t} - Vr_t - Vtr_{2,t} - Vev_{2,t} = 0$$

$$Ve, min_1 \leq Vefin_{1,t} \leq Ve, max_1$$

$$Ve, min_1 \leq Veini_{1,t} \leq Ve, max_1$$

$$Ve, min_2 \leq Vefin_{2,t} \leq Ve, max_2$$

$$Ve, min_2 \leq Veini_{2,t} \leq Ve, max_2$$

$$Vc_t \leq Vturb, max$$

$$Vr_t \leq a_t Vr \text{ anual obj}$$

$$Vev_{1,t} = Area_{1,t} Evap_t$$

Donde hay que tener en cuenta que:

wr	Coefficientes de ponderación del volumen de riego para el Río Jáchal
wc	Coefficiente de ponderación de los volúmenes de la Central Hidroeléctrica.
we	Coefficiente de ponderación de los volúmenes del Embalse Cuesta del Viento.
wtr_j	Coefficiente de ponderación de los volúmenes en cada tramo de río.
Vtr_1	Es el volumen en el tramo de río aguas abajo del Embalse Cuesta del Viento, antes de la restitución de la Central Hidroeléctrica.
Vtr_2	Es el volumen en el tramo de río aguas abajo del Dique Pachimoco.
Vr	Volumen derivado para riego del Río Jáchal.
$Vr \text{ anual obj}$	Volumen anual de riego objetivo.
a_t	Coefficiente de distribución mensual del volumen anual de riego objetivo.
$Vefin_1$	Volumen de embalse final Embalse Cuesta del Viento.

V_{fin_2}	Volumen de embalse final Dique Pachimoco.
V_a	Volumen de aporte del Río Jáchal.
V_{EXP}	Volumen extraído por el Proyecto.
V_{eini_1}	Volumen de embalse inicial Embalse Cuesta del Viento.
V_{eini_2}	Volumen de embalse inicial Dique Pachimoco.
V_{e,max_1}	Volumen de embalse máximo Embalse Cuesta del Viento.
V_{e,max_2}	Volumen de embalse máximo Dique Pachimoco.
V_{e,min_1}	Volumen de embalse mínimo Embalse Cuesta del Viento.
V_{e,min_2}	Volumen de embalse mínimo Dique Pachimoco.
V_c	Volumen derivado a Embalse Cuesta del Viento.
$V_{turb,max}$	Volumen máximo de generación Embalse Cuesta del Viento.
$Area_1$	Área correspondiente al Embalse Cuesta del Viento [Ha].
$Area_2$	Área correspondiente al Dique Pachimoco [Ha].
V_{ev_1}	Volumen evaporado en el Embalse Cuesta del Viento.
V_{ev_2}	Volumen evaporado en el Dique Pachimoco.
$Evap_t$	Evaporación media mensual [mm/mes].
N	Número de meses de la simulación.

Todas las variables son mensuales y vienen expresadas en Hm^3/mes .

La función objetivo está definida para maximizar los volúmenes que el sistema entrega para riego del Río Jáchal y maximizar además el volumen del Embalse Cuesta del Viento para los requerimientos de generación de éste. Adicionalmente, se requiere que el sistema minimice los volúmenes vertidos aguas abajo del Dique Pachimoco, luego de la derivación para riego de la zona del Río Jáchal.

Los coeficientes “w” corresponden a coeficientes de ponderación (o peso), ya que el modelo realiza simulaciones con objetivos múltiples a través del método de las ponderaciones. De acuerdo a los valores que adopten esos coeficientes, será el comportamiento de la simulación, dando prioridad a algunos objetivos respecto a otros.

El modelo trabaja mensualmente y los resultados se presentan expresados en $\text{Hm}^3/\text{año}$:

- Va: volumen de aporte del Río Jáchal.
- Vefin1: volumen final del Embalse Cuesta del Viento.
- Vev1: volumen evaporado en el Embalse Cuesta del Viento.
- Vc: volumen en la Central Hidroeléctrica de Cuesta del Viento.
- Vt1: volumen en el tramo de río aguas abajo el embalse antes de la restitución de la central.
- Vefin2: volumen final del Dique Pachimoco.
- Vev1: volumen evaporado en el Embalse Cuesta del Viento.
- Vr: volumen derivado a riego.
- Vt2: volumen en el tramo de río aguas debajo de la derivación para riego.

Modelo hidrológico de toda la cuenca

El modelo hidrológico es un modelo numérico del flujo agua subterránea/superficial que relaciona precipitaciones, escurrimiento de agua superficial, recarga de agua subterránea, flujo y almacenamiento de agua subterránea, flujo superficial y evapotranspiración. El modelo fue elaborado sobre la base de balances de agua preliminares desarrollados para cada una de las nueve cuencas del área en estudio (WMC, 2002) y de información hidrológica e hidrogeológica detallada, recolectada desde 1998.

Los balances de agua fueron desarrollados en base a evaluaciones de los caudales de salida de cada cuenca que consiste principalmente de flujo superficial, con componentes secundarios de evapotranspiración y caudales de salida de agua subterránea. Se calibró el modelo de modo de obtener los caudales superficiales medidos regularmente desde Diciembre de 1998 en varios sitios de monitoreo.

Se desarrollaron evaluaciones de los caudales de entrada de las cuencas considerando una equivalencia aproximada con los caudales de salida. Los caudales de entrada están constituidos por derretimiento de nieve y del derretimiento de hielo de glaciares perennes que se encuentran a grandes alturas. Los derretimientos de nieve y hielo, que se producen en diferentes épocas del año, fueron analizados mediante las mediciones de flujo superficial. El derretimiento de nieve de la primavera comienza en Septiembre, alcanza su máximo en Octubre y termina en Enero. La mayor parte del derretimiento de los glaciares se concentra a fines del verano, produciéndose flujos

máximos en Febrero y Marzo. El derretimiento de los glaciares es similar de año en año, mientras que el derretimiento de nieve varía según el nivel de precipitaciones. En un año seco, el pico de escurrimiento de primavera es mínimo o no existe, mientras que en un año húmedo, el pico es importante y el período de escurrimiento se prolonga en el tiempo.

La cantidad de escurrimiento de derretimiento de nieve fue correlacionada con la precipitación utilizando el registro relativamente extenso de la estación meteorológica de El Indio (1981-2003). Se consideró que el caudal de entrada total de cada cuenca era equivalente al caudal de salida total durante el período de cinco años entre Mayo de 1999 y Abril del 2004. Se evaluó el escurrimiento de derretimiento de nieve sobre la base de los caudales de salida de las cuencas medidas. La sublimación de nieve fue estimada como la diferencia entre precipitación y derretimiento de nieve. Se desarrolló, de este modo, una relación entre precipitación, derretimiento de nieve y caudal de salida de las cuencas.

Los balances de agua preliminares fueron integrados mediante un modelo numérico de base física que incorpora información hidrológica disponible, incluyendo mapeo de campo, sondajes de exploración, investigación geotécnica y pruebas de acuíferos, todo realizado en relación con los proyectos Veladero y Pascua-Lama. El modelo numérico calcula los flujos y niveles de agua, considerando las relaciones entre el escurrimiento de agua, la recarga de agua subterránea, el flujo y almacenamiento de agua subterránea, el flujo de agua superficial y la evapotranspiración de agua subterránea.

El modelo se calibró según los flujos de agua superficial y niveles de agua subterránea medidos desde Mayo de 1999 hasta Abril de 2004.

Se utilizaron balances de agua en base a hojas de cálculo con el modelo numérico para estimar el escurrimiento superficial y la recarga de agua subterránea considerando una variedad de escenarios climáticos húmedos y secos. Las estimaciones de escurrimiento y recarga fueron ingresadas al modelo numérico. El modelo numérico se utilizó luego para cuantificar los componentes de balance de agua para las cuencas en el área de estudio. Las simulaciones se realizaron para:

- Cuantificar la disponibilidad de agua superficial y subterránea para los Proyectos Veladero y Pascua-Lama, y también para los efectos de la extracción de aguas por parte de dichos proyectos.

- Balances de agua y flujos superficiales del Proyecto bajo diferentes condiciones climáticas húmedas y secas, incluyendo condiciones de sequía prolongada.

Modelo de balance de agua de las instalaciones

Para el Proyecto Pascua-Lama se desarrolló un detallado modelo computacional del balance de agua, específico para el sitio. El modelo simula las entradas y salidas de agua del sistema y se utiliza para predecir los requerimientos de suministro y almacenamiento de agua del Proyecto. Se asumió que el suministro de agua provendrá del Río de la Taguas, aguas abajo de la confluencia del Río de las Taguas y el Río Turbio; sin embargo, la ubicación exacta del punto de suministro no es crítica para predecir la demanda de agua del sistema. También se asumió que los requerimientos de agua fresca para las operaciones de la mina y las instalaciones del campamento, pueden ser cubiertos con agua proveniente de otra fuente.

En relación al dique de colas el balance de aguas consideró, entre otras, las siguientes variables:

- Escenario atmosférico (año seco, normal y húmedo),
- Consumo de agua de mineral refractario y no refractario,
- Peso específico de las colas,
- Contenido de humedad promedio del mineral,
- Coeficiente de escorrentía directa,
- Pérdidas en la planta de procesos por evaporación,
- Consumo de agua por usos misceláneos,
- Consumo de agua potable,
- Volumen mínimo de agua en el dique de colas,
- Superficie y capacidad de la pileta de agua fresca ,
- Superficie de la pileta de agua recuperada,
- Caudal de extracción de aguas desde el punto de captación.

Modelo de Balance de Agua:

El modelo de balance de agua fue creado utilizando datos de entrada mensuales relacionados con estimaciones de las operaciones, y será sometido a revisión durante las operaciones para verificar las hipótesis. El Proyecto Pascua-Lama ha sido diseñado como una instalación de circuito cerrado, que permite evitar la descarga al medio ambiente del agua involucrada en el proceso, o en contacto con mineral triturado. Este criterio se aplica para diseñar instalaciones de contención utilizando procedimientos reconocidos internacionalmente, en los cuales el agua potencialmente afectada pueda ser manejada con seguridad.

Siguiendo este criterio de diseño de circuito cerrado, tanto el agua que se introduce en el sistema de contención como el agua capturada por el mismo, es controlada y utilizada sin ser liberada al ambiente. La modelación del balance de agua se basa en la siguiente ecuación:

$$\Delta S = I - O \quad (12)$$

Donde:

ΔS = variaciones en el almacenamiento

I = suma de los caudales de entrada

O = suma de los caudales de salida

Esta ecuación general ha sido utilizada para desarrollar ecuaciones de balance de agua individuales para cada uno de los grandes componentes del Proyecto Pascua-Lama.

Parámetros de Sensibilidad:

Algunos de los parámetros de entrada del balance de agua permanecen relativamente constantes, mientras que otros varían en el tiempo. Los parámetros inestables que más influyen sobre este sistema son los componentes de precipitación y evaporación. El criterio principal utilizado para diseñar el sistema de balance de agua es la provisión de un suministro de agua adecuado para la planta de procesamiento de mineral de manera tal que se logre la máxima capacidad de la planta durante un año seco.

Las condiciones de año seco simuladas en el balance de agua se basaron en los datos de precipitación completos disponibles para un período de 23 años (desde 1981 hasta 2003) de la Mina El Indio. Se evaluaron las condiciones de año seco comparando los datos de precipitaciones mensuales con el promedio correspondiente a todo el período, utilizándose sin modificaciones los datos de precipitaciones por debajo de la media e igualando los datos de las precipitaciones por encima de la media se igualaron con dicho valor. Cabe destacar que los parámetros de precipitación y evaporación juegan un papel crítico en el desarrollo del balance de agua.

Además de las variaciones en la precipitación y la evaporación, se espera que también varíe la consolidación de las colas en función del tiempo. El efecto de la consolidación se incorporó en el modelo del balance de agua utilizando los resultados del modelado numérico de deformación finita. Los resultados del modelado de deformación finita se basaron en datos de ensayo de laboratorio realizados en las colas mezcladas del Proyecto. Esta predicción de consolidación se basó en la disposición de colas no-espesadas para los primeros tres años de operación, seguida por disposición de colas espesadas para los años restantes de operación.

También se utilizó el modelo de balance de agua para evaluar la respuesta del sistema a las variaciones en los parámetros de entrada que se consideraban relativamente constantes en el tiempo, tales como el contenido de humedad del mineral y el ritmo de producción de las plantas de molienda.

7.3.2.2 Pronóstico de Impactos Potenciales sobre la Calidad del Agua

Los resultados de las pruebas de celda húmeda y los datos generados por los modelos hidrológicos fueron analizados por Water Management Consultants (WMC, 2002c y d, 2004a) a fin de desarrollar un Modelo de Balance de Masa (MBM) con equilibrio geoquímico, para evaluar los impactos potenciales asociados con el drenaje de las escombreras del Proyecto durante las operaciones y el cese. A continuación se resume la metodología empleada en esta modelación.

La química del lixiviado del estéril de la mina está fundamentalmente controlada por (a) la composición y reactividad de la matriz, y (b) el volumen e hidrodinámica del solvente interactivo. En el caso del Proyecto, el modelo fue desarrollado de manera tal que permitiera la integración de los datos de tasa de filtración prevista (WMC, 2000a) con las estimaciones de carga geoquímica temporal proveniente de las pruebas de

celda de humedad a fin de determinar la química probable de los lixiviados de la escombrera bajo un rango predeterminado de condiciones climáticas operacionales y de post-cese.

Una comprensión precisa de los procesos hidrodinámicos y geoquímicos que probablemente ocurran dentro de la matriz rocosa de las escombreras del Proyecto resulta fundamental para realizar estimaciones creíbles de la calidad del drenaje. Para ello, se adoptó un procedimiento por pasos, con controles de tasa adicionales sobre la evolución del drenaje incorporado o considerado en cada etapa. Las principales etapas de esta secuencia fueron:

- Mezcla de balance de masa de agua de infiltración (estado estacionario) y cargas químicas móviles, desarrollada a partir del tonelaje total de cada una de las escombreras.
- Modelo de las restricciones termodinámicas y los efectos de adsorción sobre el transporte de solutos.
- Evaluación de las restricciones cinéticas.
- Consideración de los flujos químicos en estado transiente.
- Análisis de evolución temporal.

Las proporciones de mezcla para los datos de celda húmeda incorporados en modelos químicos de drenaje del estéril se definieron en base a las proporciones relativas de diferentes grupos de rocas-alteradas de estéril a ser depositados en las escombreras en rangos de tiempo seleccionados durante la vida útil del Proyecto (6, 8, 12, 20 y >21 años). Para la Escombrera El Morro el principal cambio de composición que ocurre durante la vida útil involucrará una reducción progresiva en relación a la abundancia de estéril “asociaciones proximales” (de un 89% del tonelaje total en el año 8 a un 42% al cese del Proyecto), y un aumento correspondiente en la abundancia relativa de tipos de estéril “asociaciones de óxidos” y “corona de sílica”.

Los datos geoquímicos de celda húmeda ingresados en el MBM con equilibrio geoquímico se promediaron para las semanas 0-1 y las semanas 21-28, a fin de representar la calidad potencial del drenaje durante las operaciones (corto plazo) y el post-cese (largo plazo). Las concentraciones promedio fueron utilizadas para eliminar las variaciones en el tiempo en las pruebas de celda húmeda.

Las pruebas cinéticas llevadas a cabo con el estéril del Proyecto generalmente identificaron un período de lavado inicial, en las semanas 1-3 de las pruebas de celda húmeda, y luego una química de estado estacionario para el resto de la prueba. Para el modelo de drenaje de las escombreras de corto plazo se consideró apropiado:

- Realizar predicciones del volumen y composición química del escurrimiento y drenaje de las escombreras del Proyecto para cada modelo de vida útil en base a tres escenarios climáticos: a) precipitación anual promedio, b) condiciones de crecida de 10 años y c) condiciones de sequía de 7 años.
- Se calcularon valores independientes de infiltración superficial y subterránea dentro de las escombreras y posteriormente se le asignó una composición química para cada condición.
- Se pronosticó con los modelos hidrológicos para las escombreras del Proyecto que la descarga total será de 96% bajo todos los escenarios climáticos y pasos de tiempo de la vida útil (WMC, 2000a).

Se evaluaron los escenarios de impacto para describir los efectos de descarga de estéril en contacto con agua en el sistema de drenaje y para incorporar los datos de caudal medio anual de los cursos de agua para 100 años, la filtración fraccional asociada, proveniente de las escombreras; la tasa máxima de filtración y el caudal asociado según definición del modelo hidrológico combinado (WMC, 2004b). Resulta aplicable combinar una filtración fraccional con el caudal medio, puesto que la presencia de las escombreras no alterará significativamente los caudales de las corrientes receptoras (Jones, 2002). Esta conclusión se basa en a) el escurrimiento de alta proporción de la zona de captación aguas arriba de las escombreras que se transporta mediante drenaje subterráneo y b) la tendencia pronosticada para la mayor parte de infiltración de precipitación dentro de las escombreras para pasar a través de caminos preferenciales que involucran tiempos de retención a corto plazo.

Se seleccionó el escenario de una media anual para representar caudales “típicos” en los cursos de agua del Proyecto y los drenajes provenientes de las escombreras. El modelo también estimó la composición química del drenaje para un segundo escenario, que incorporaba un mayor aporte de las infiltraciones provenientes de las escombreras, juntamente con el caudal para esa tasa de filtración dada, según se identifica en los modelos de balance de agua.

Se utilizaron los datos de tasa de lixiviación de la celda húmeda para estimar las tasas de lixiviación a nivel de campo para las escombreras del Proyecto de la siguiente manera:

- Integrando los datos de la tasa de lixiviación (TL) ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{semana}$) correspondientes a asociaciones de alteración individuales en proporción directa a los aportes estimados para cada instalación.
- Multiplicando los resultados de TL integrados por las tasas área/masa de la superficie reactiva de estéril en cada instalación.

Las áreas de la superficie reactiva para ambas escombreras se estimaron utilizando un análisis de fragmentación de Kuz-Ram, para las asociaciones de estéril (Golder Associates, 2002d). Esto determinó una superficie específica (área/masa) de $30 \text{ m}^2/\text{kg}$.

A fin de lograr una mayor simplicidad, se asumió que los minerales disueltos generados a partir de 1 kg de material de celda húmeda (cantidad utilizada en cada una de las pruebas) representan aproximadamente los minerales disueltos que serán generados por una tonelada de roca estéril. Sobre la base de este supuesto, las concentraciones en los lixiviados de celda húmeda pueden multiplicarse por la superficie específica medida durante el Programa Geo-ambiental de Caracterización de Roca Estéril del Proyecto y luego pueden ser normalizadas a condiciones de campo multiplicándolas por un factor de 0,97.

Bajo las condiciones prevalentes específicas del sitio, se puede prever razonablemente que habrá una masa de roca interactiva ‘efectiva’ de aproximadamente el 5% del tonelaje total de estéril para la escombrera del Proyecto. Sobre la base de este supuesto, las ecuaciones de balance de masa pueden definirse de la siguiente manera:

$$\text{Carga de la Infiltración del Depósito (mg/l)} = (X_i \text{ mg/t/semana}) \times (\text{toneladas de estéril en } t_{EM} \times 0,05) / (\text{filtración l/s} \times 604.800) \quad (17)$$

Donde:

X_i mg/t/semana: es la tasa de lixiviación para el constituyente i

t_{EM} : representa las toneladas de estéril en cada escombrera, al momento del escenario representado por el modelo (por ej. 8, 12, y 20 años, post-cese);

- 0,05: es la fracción de área de superficie reactiva del tonelaje total de estéril disponible para lixiviación;
- filtración l/s: es la filtración calculada para un escenario estadístico dado según se define más arriba, y
- 604.800: es el factor de conversión que relaciona semanas con segundos.

Se utilizaron los datos de carga química calculados según la ecuación anterior como grupos de datos de entrada para los modelos termodinámicos de la química del drenaje de las escombreras para los escenarios de tasa de filtración definidos. Con este objetivo, se aplicó el código PHREEQC, adoptando el siguiente procedimiento en todos los casos:

- Rectificación de los errores de balance de carga en el ingreso de los datos de balance de masa mediante la adición/sustracción de una concentración apropiada de SO₄.
- Equilibrio de los datos de entrada con gases atmosféricos y con fases minerales seleccionadas que, según se sabe, abundan en la asociación de estéril del Proyecto. El equilibrio se permitió sólo con respecto a los gases y minerales para los cuales se consideró que la cinética de disolución/precipitación probablemente facilite el equilibrio durante el tiempo estimado de residencia del agua de infiltración en las escombreras. Al principio, la jarosita fue incluida en la serie de modelos pero fue removida posteriormente ya que no se pudo confirmar empíricamente precipitación en el Proyecto. Se equilibraron varias otras fases que incluyeron barita, gypsum, ferrihidrita y kaolinita sujeto a la disponibilidad de elementos constituyentes en concentraciones suficientes en los datos de entrada de balance de masa.
- Re-cálculo del pH de la solución y del régimen de Eh luego del equilibrio de las fases sólida y gaseosa.
- Caracterización de las fases acuosas y re-cálculo de las concentraciones de equilibrio de soluto luego de (a) la precipitación de las fases sobresaturadas y (b) la disolución de las fases sub-saturadas.

Luego, la filtración de las escombreras fue incorporada, según el modelo geoquímico de equilibrio, a una ecuación de balance de masa simple a fin de identificar los impactos potenciales provenientes de las instalaciones de estéril sobre las aguas receptoras de la siguiente manera:

$$C_{i1} * V_{i1} + C_{i2} * V_2 = C_3 * V_3 \quad (18)$$

Donde:

- C_{i1} : es la concentración del *i-ésimo* constituyente en el lixiviado proveniente de la instalación de estéril, el cual corresponde a la suma proporcional de cada una de las calidades del lixiviado encontradas en un tipo respectivo de alteración/roca.
- V_1 : es el volumen del efluente proveniente de la instalación de estéril para un escenario estadístico dado (por ej. máximo o medio).
- C_{i2} : es la concentración promedio de línea de base del constituyente *i* en la corriente receptora (por Ej. Río Turbio o Río de Las Taguas).
- V_2 : es el volumen del caudal en las corrientes receptoras para un escenario estadístico dado (por Ej. máximo o medio).
- C_{i3} : es la concentración resultante del *i-ésimo* constituyente después de la mezcla con la corriente receptora y el efluente de la instalación de estéril.
- V_3 : es el volumen combinado de caudal proveniente de V_1 más V_2 para un escenario estadístico dado. Esto presupone que no existe ninguna otra fuente o disminución significativa de caudal o solutos que contribuyan a las corrientes receptoras. Cada uno de los escenarios de balance de masa previstos asume que esto es verdaderamente así, puesto que no se identificó ninguna otra fuente para las corrientes receptoras durante la caracterización de línea de base.

7.3.3 Impacto sobre la Atmósfera

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Contaminación con gases y partículas en suspensión
- b) Contaminación sónica

7.3.3.1 Contaminación con gases y partículas en suspensión

Los principales agentes contaminantes del aire debido al desarrollo del Proyecto corresponden a material particulado fugitivo que será generado principalmente en el AE Cordillera. El Proyecto Pascua-Lama generará emisiones gaseosas correspondientes a gases de combustión de los motores (vehículos, maquinarias y generadores diesel).

Como parte de este análisis, se efectuó un inventario de emisiones que cubrió los años que contempla el Plan Minero del Proyecto. Como parte del inventario se identificaron las fuentes de emisión de material particulado, se definieron los factores de emisión y se calcularon las emisiones de material particulado en su fracción respirable (MP10), para cada uno de los años del referido plan y tomando en consideración los volúmenes de material que se proyectan serán manejados. Seguidamente se aplicó el modelo de dispersión atmosférico Industrial Source Complex (ISC3) para calcular los efectos de las emisiones de polvo del Proyecto sobre la concentración de material particulado suspendido en el aire. A continuación se presentan mayores detalles respecto de la metodología empleada. Mayores antecedentes se encuentran en el Apéndice TO4.2-1.

Se han empleado los factores de emisión que proporciona el documento “Compilation of Air Pollution Emission Factors (AP-42), Volumes I”, de la USEPA. Tales factores nos proporcionan una medida de la cantidad de polvo que se emite por volumen o masa de material que se transfiere o manipula, o bien, los kilómetros que se desplaza un vehículo.

Escenario del Inventario

Con el objeto de efectuar un análisis que permita tener una visión global de las emisiones de MP10 durante la vida útil del Proyecto, se han estimado las emisiones para cada uno de los años que contempla el Plan de Explotación Minero. A partir de dicho plan se han derivado las condiciones de operación, que incluyen el manejo de materiales y la extensión de los caminos. También forman parte de las condiciones de operación, los sistemas de abatimiento que se contemplan, así como sus eficiencias. Para evaluar el impacto del Proyecto el escenario modelado correspondió al de mayor emisión, el que se presentará en el año 2012.

Modelo de dispersión empleado

Se aplicó el modelo desarrollado por la US EPA Industrial Source Complex (ISC3). El modelo ISC3 está basado en la ecuación de dispersión Gaussiana, la que puede ser usada para simular las emisiones de fuentes puntuales, fuentes de área, fuentes volumétricas, rajos abiertos y efectos aerodinámicos producidos por la presencia de edificios cercanos.

El ISC3 utiliza datos meteorológicos horarios para definir las condiciones de altura de penacho, transporte, difusión y remoción. Puede estimar los valores tanto de concentración como remoción en cada receptor, para cada hora de información meteorológica y a su vez, calcula promedios seleccionados por el usuario. El programa dispone de algoritmos para simular los efectos producidos por remoción seca y húmeda, además de incorporar el manejo de terreno complejo (para mayor información referirse al documento “User Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models Volumen II – Description of Model Algorithms, US EPA, 1995).

El modelo ISC3 consta de dos programas ejecutables: un modelo de corto plazo y otro de largo plazo. El modelo de corto plazo trabaja con información meteorológica horaria. El modelo de largo plazo trabaja con información anual preprocesada. Este último no incorpora los algoritmos para manejo de remoción húmeda y terreno complejo.

Para la simulación que se efectuó en este estudio se empleó el modelo de corto plazo, ISCST. Se utilizó en el modo de operación normal reglamentario (es decir, con todas las opciones reglamentarias seleccionadas), para predecir las concentraciones promedio anuales y a corto plazo de todos los contaminantes contemplados en el modelo.

Escenario de Modelación

Receptores

Para la modelación se definió una grilla rectangular de 25 x 15 km, compuesta por 25 nodos en la coordenada norte (filas) y 15 en la coordenada este (columnas), distante 1000 m entre sí. Las intersecciones entre filas y columnas definieron un total de 529 nodos, los cuales representan a los receptores donde el modelo determinó la concentración de material particulado en el aire.

El área cubierta por dicha grilla se extiende entre las siguientes coordenadas geográficas (POSGARD):

- 6.745.000 N, 2.393.000 E
- 6.765.000 N, 2.420.000 E

Para la modelación de los efectos sobre la calidad del aire por tránsito de vehículos en el camino minero se definió un grupo de cinco receptores alineados perpendicularmente al camino (a 50, 100, 200, 300 y 400 m del eje). El receptor más próximo al camino se tomó a 50 m, mientras que el más distante a 400 m.

Meteorología

Para la modelación se empleo la información meteorológica horaria del año 2001, registrada en las Estaciones Lama (SML-1) y Frontera (SM-1). Tales registros cuentan con datos de velocidad y dirección de viento, temperatura ambiente y desviación estándar de la dirección del viento (s_{σ}). Se emplearon los registros meteorológicos comprendidos entre el 1 de Enero y 31 de Diciembre del 2001, que suman un total de 8.760 horas.

Fuentes de Emisión

Las emisiones consideradas, corresponden al año 2012 de operación, por cuanto estas serán las mayores que se proyectan para el Plan Minero.

Evaluación y Presentación de Resultados

Para el AE Cordillera se desarrollaron mapas de concentración de curvas de nivel para ilustrar los resultados de las concentraciones pico promedio de 24 horas y un año en los alrededores del sitio, y se presentan en cifras. Los niveles de línea de base fueron agregados a la concentración de material particulado resultante producida por las actividades del Proyecto durante las fases de construcción y operación, y fueron evaluados en el marco de las normas nacionales, provinciales e internacionales.

Efectos Acumulativos en el AE Cordillera

El análisis de los efectos agregados sobre la calidad del aire se efectuó solo sobre el MP10, por cuanto ambos proyectos emitirán en conjunto material particulado al aire.

Para el análisis se preparó un inventario de emisiones agregado para la operación conjunto de ambos proyectos. A partir del inventario de emisiones agregado se determinó el año de modelación 2010, por cuanto en dicho año ambos proyectos emitirían la mayor cantidad de MP10 a la atmósfera. En el Apéndice TO4.2-1 se presentan mayores antecedentes sobre el particular.

7.3.3.2 Contaminación Sónica

La gran mayoría de las faenas mineras poseen equipamiento y maquinarias de envergadura. La operación de las mismas, en las distintas actividades de la explotación minera, genera niveles de ruido importante que afectan las áreas aledañas en la cual se desarrolla la actividad.

Toda vez que en el área aledaña existen receptores de importancia, tales como hábitats y núcleo o centros poblados, se hace necesario predecir y evaluar la magnitud de los efectos, a objeto de establecer su significancia o importancia para los receptores de interés.

El Proyecto Pascua-Lama presenta dos áreas que cuentan con receptores de interés: AE Cordillera y AE Socioeconómico. El AE Cordillera cuenta con hábitat, al igual que el Camino Minero. En el AE Socioeconómico se encuentran los centros poblados más próximos (localidades de Iglesia, Las Flores, Tudcum, Jáchal y Rodeo).

Como parte del análisis, se identifican las fuentes de ruido y se aplica un modelo de propagación sonora. Se incluye, además, un análisis de las vibraciones terrestres que se generarán con las voladuras.

Fuentes de Ruido y NPS

Las fuentes de generación de ruido más relevantes que se identificaron en el AE Cordillera son:

- Voladura,
- Descarga de material (estéril y mineral),
- Tránsito de Camiones,
- Operación Planta de Trituración,
- Operación Planta de Proceso, y
- Operación Depósito de Colas.

Los niveles de presión sonora que se prevé generarán cada una de las fuentes identificadas, se resumen en siguiente cuadro. Los valores del Cuadro 7.9 corresponden a valores típicos de ruido industrial y minero.

Cuadro 7.9

Fuente	NPS, dBA	Observación
Descarga de material	116,1	Considera la descarga de mineral y estéril del camión en la escombrera y la planta de trituración.
Tránsito de camiones mineros	80	Nivel de ruido de un camión. En la práctica el nivel de ruido equivalente es menor, si consideramos la frecuencia de transporte de materiales.
Op. Planta de Trituración <i>T. Primario</i>	112,9	
Op. Planta Merrill - Crowe	85	
Tránsito vehículos menores	60	Nivel de ruido de los vehículos menores. En la práctica en nivel de ruido equivalente es menor, si consideramos la frecuencia de transporte de materiales.
Tronadura	Ver ecuaciones 1 y 2 del Apéndice TO4.3.	

Tránsito de vehículos

En la Argentina no existe una expresión matemática que permita estimar los niveles de presión sonora que se generan con el tránsito de vehículos. No obstante, y para efectos del análisis que se presenta en este informe, se ha utilizado la expresión semiempírica desarrollada por el “Ontario Ministry of Transportation and Communication”.

$$Leq = 42,3 + 10\log(Vc + 6Vt) - 13,9\log(D) + 0,13S \quad (21)$$

Donde, Leq representa el nivel de presión sonora equivalente promediado en 1 hr (dB); Vc el flujo de automóviles (vehículos livianos) en 1 hr; Vt el flujo de camiones (vehículos pesados) en 1 hr; D la distancia entre el eje del camino y el receptor (m); y S la velocidad media del tránsito (km/hr).

Modelo de Propagación Sonora

Existen diversas fórmulas empíricas que permiten calcular el nivel de presión sonora resultante, que consideran los diversos factores de atenuación mencionados en los párrafos anteriores. La forma general es:

$$L_p = L_w + ID - A \quad (22)$$

Donde L_p es el nivel de presión sonora que percibe un receptor, L_w es el nivel de presión sonora de la fuente, ID el índice de directividad de la fuente (definido como la diferencia en dB entre la intensidad en una dirección dada y la que tendría, a igual distancia, una fuente omnidireccional d igual potencia sonora) y A la atenuación total en dB, dada por:

$$A = A_{div} + A_{abs} + A_{ad} \quad (23)$$

Siendo los términos del segundo miembro las atenuaciones debido a la divergencia geométrica (A_{div}), la absorción atmosférica (A_{abs}) y una atenuación adicional (A_{ad}), que es una combinación de los efectos climáticos, turbulentos, topográficos y vegetacional, entre otros.

En el Apéndice TO4.3 se detallan las expresiones matemáticas empleadas para predecir la propagación de los niveles de presión sonora que emitirán las distintas fuentes de ruido del Proyecto.

Escenario de Modelación: Receptores

Para la modelación se definió una grilla rectangular de 25 x 15 km, compuesta por 25 nodos en la coordenada norte (filas) y 15 en la coordenada este (columnas), distante 1000 m entre sí. Las intersecciones entre filas y columnas definieron un total de 529 nodos, los cuales representan a los receptores donde el modelo determinó los niveles de presión sonora.

El área cubierta por dicha grilla se extiende entre las siguientes coordenadas geográficas (POSGARD):

- 6.745.000 N, 2.393.000 E
- 6.765.000 N, 2.420.000 E

Para la modelación del NPS en el AE Socioeconómico se definió un grupo de cinco receptores alineados perpendicularmente al camino (a 50, 100, 200, 300 y 400 m del eje). El receptor más próximo al camino se tomó a 50 m, mientras que el más distante a 400 m.

Evaluación y Presentación de Resultados

La representación gráfica de los resultados de la modelación para las fuentes de ruido continuo se presenta en el Plano TO4.8. Dicho plano, que incluye las curvas de isodecibeles (igual nivel de ruido), proporciona una visión geográfica de: i) la forma que se prevé se propagará el ruido que genere el Proyecto durante su operación, y ii) de cómo la explotación de los yacimientos y tratamiento del mineral afectará los distintos sectores aledaños.

Análisis de los Efectos Acumulativos

Se analizó el efecto agregado que se espera como consecuencia de la operación conjunta del Proyecto Pascua-Lama y Veladero. Para ello, se refirió en primer término al ruido generado y luego a los efectos de estas emisiones sobre el NPS.

Efecto Acumulativo en el AE Cordillera

Para esta evaluación se utilizó la fuente y nivel de ruido que generará el Proyecto Pascua-Lama, detallada en la Sección 2.3.4.1 de este informe y los datos de la mina Veladero fueron tomados de su IIA.

La representación gráfica de los resultados de la modelación de los efectos agregados para el Proyecto Pascua-Lama y Veladero operando conjuntamente, para las fuentes de ruido continuo, se presenta en el Plano TO4.9.

Efecto Acumulativo en el AE Socioeconómico

Para el análisis del nivel de propagación sonora del tránsito de vehículos agregado, a través de rutas próximas a localidades, también se consideraron dos casos, cuyos flujos, desglosados en vehículos livianos y pesados se detallan en el Cuadro 7.10 para ambos casos de análisis. Dichos escenarios son:

- Caso 1: transporte de la totalidad de los materiales del Proyecto a través de la Ruta 436.
- Caso 2: transporte de materiales a través de Ruta 436 y Ruta 150.

Cuadro 7.10

TMDA Escenario de Evaluación - Pascua-Lama y Veladero

Evaluación Impacto	Fase			
	Construcción		Operación	
	Ruta 436	Ruta 150	Ruta 436	Ruta 150
Caso 1	390	-	513	-
Caso 2	-	-	241	272

Se efectuó una representación gráfica de los resultados de la modelación de los efectos agregados para el Proyecto Pascua-Lama y Veladero operando conjuntamente, para las fuentes de ruido continuo. Este gráfico se presenta en el Plano TO4.9.

7.3.4 Impacto Sobre el Suelo

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Croquis con la ubicación y delimitación de las unidades afectadas
- b) Grado de afectación del uso actual y potencial
- c) Contaminación
- d) Modificación de la calidad del suelo
- e) Impactos irreversibles de la actividad

Se cuantificó el área que será afectada por el Proyecto, en base a una superposición cartográfica de las unidades de suelo y las obras e instalaciones del Proyecto, distinguiendo el tipo de unidad de suelo que será intervenida. Se realizó una descripción de los potenciales impactos sobre la calidad del suelo y contaminación asociada, enfatizando las medidas de manejo para minimizar el riesgo de ocurrencia del impacto.

7.3.5 Impacto Sobre la Flora y Fauna

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Grado de afectación de la flora
- b) Grado de afectación de la fauna
- c) Impactos irreversibles de la actividad

Como resultado de la línea base de flora se caracterizaron las comunidades vegetacionales y se elaboró una Carta de Ocupación de Tierras COT, basados en criterios de dominancia y fisonomía. Sobre la base de tal información y el territorio que será intervenido por el Proyecto, se cuantificó, por superposición cartográfica, las áreas y formaciones vegetacionales que serán afectadas por éste, indicando el porcentaje de las áreas y formaciones vegetacionales afectadas, la superficie de vegetación y el estado de conservación de las especies. De igual manera, por superposición cartográfica, se identificaron los hábitats que serán intervenidos por las obras del Proyecto. Se evaluó, además, el efecto sobre la fauna a consecuencia de la extracción de agua, derrames y emisiones de ruido, basados en los resultados de las modelaciones realizadas para las componentes de hidrología y contaminación sónica.

7.3.6 Impacto Sobre los Procesos Ecológicos

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley 24.585

- a) Modificaciones estructurales y dinámicas
- b) Indicadores
- c) Impactos irreversibles de la actividad

Se identificaron y describieron los procesos ecológicos asociados a los hábitats presentes en el área del Proyecto, que podrían ser afectados por éste. Se definió en el Plan de Monitoreo los indicadores biológicos representativos, que permitan realizar un seguimiento de estos procesos así como su evolución en el tiempo.

7.3.7 Impactos Sobre el Ámbito Sociocultural

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Impacto sobre la población
- b) Impacto sobre la salud y la educación de la población
- c) Impacto sobre la salud y la educación de la población con relación a los indicadores estudiados.
- d) Impacto sobre la infraestructura vial, edilicia y de bienes comunitarios
- e) Impacto sobre la estructura vial, edilicia y de bienes comunitarios rurales y urbanos en el área de influencia del proyecto
- f) Impacto sobre el patrimonio histórico, cultural, arqueológico y paleontológico
- g) Impacto sobre el patrimonio histórico, cultural, arqueológico y paleontológico identificado
- h) Impacto sobre la economía local y regional
- i) Impacto sobre la economía local y regional en relación con los indicadores estudiados

La evaluación socio-económica que se presentó en la Sección 4.8 es descriptiva. Para dicha evaluación se utilizó información estadística y estudios disponibles en organismos públicos y privados. En aquellos aspectos en que se pudo cuantificar el impacto se realizaron estimaciones tendientes a identificar impactos directos y acumulativos del Proyecto. Las actividades que contempla esta metodología fueron:

- Estimación de la variación de la población producto de la llegada de trabajadores al Proyecto, en sus diferentes etapas. Para esto, se realizaron proyecciones de la población utilizando información demográfica oficial e información directa recogida a nivel local.
- Descripción de los efectos en la disponibilidad de la infraestructura de salud y educación, así como variaciones en aspectos como natalidad, mortalidad y analfabetismo. Para ello se analizó la oferta actual de los servicios señalados en relación a la variación del producto de la llegada de los trabajadores del Proyecto, en sus distintas etapas; además se analizaron los efectos que tendrán las medidas que aplicó la compañía en cuanto a las relaciones con la comunidad, en los ámbitos de la salud y relaciones sociales.
- Descripción de los efectos en la infraestructura vial, edilicia y bienes comunitarios a nivel local, debido a la demanda de los trabajadores y actividades del Proyecto. Para ello se realizó la estimación de los requerimientos de bienes y servicios por parte de los trabajadores del Proyecto y de requerimientos materiales e insumos del Proyecto en sus diferentes etapas.

- Los sitios pertenecientes al patrimonio cultural, fueron valorados con la finalidad de proponer líneas de acción apropiadas como rescate, manutención del sitio u otro.
- Se cuantificó la variación de indicadores económicos regionales y locales como empleo directo e indirecto e ingresos totales por sector y actividad económica, producto de las actividades del Proyecto Pascua-Lama. Las variaciones en estos indicadores se asociaron a las necesidades de los trabajadores o por las propias necesidades propias del Proyecto (servicios, insumos, materiales u otros) o bien por el pago de impuestos o permisos.
- Para evaluar los efectos del Proyecto sobre la componente socioeconómica de la provincia de San Juan, se emplearon multiplicadores socioeconómicos determinados a partir de antecedentes económicos provinciales. Mediante esta metodología se determinaron los efectos sobre el nivel de empleo, economía y en general sobre otros sectores económicos, distintos al minero.

7.3.8 Impacto Visual

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

- a) Impacto sobre la visibilidad
- b) Impacto sobre los atributos paisajísticos
- c) Impactos irreversibles de la actividad

A partir de las cuencas visuales determinadas en la línea base, se acotó el alcance de los impactos sobre esta componente. Se elaboraron imágenes digitales, con un software computacional, de diversas panorámicas de las áreas de estudio (AE Cordillera y AE Socioeconómica), a las cuales se les superpusieron las obras e instalaciones del Proyecto (situación con y sin Proyecto), y se estableció el impacto visual de distintos observadores localizados dentro de las áreas de interés del Proyecto. Se describieron los impactos sobre los atributos paisajísticos asociados a las alteraciones morfológicas y topográficas, a las obras e instalaciones del Proyecto, a la presencia de vegetación y fauna y a los atributos cromáticos.

7.3.9 Memoria de Impactos Irreversibles de la Actividad

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

Elaboración de un listado que contenga la totalidad de los impactos irreversibles identificados y descritos anteriormente, incluyendo los criterios utilizados para la caracterización de los mismos.

Se elaboró un listado que contiene la totalidad de los impactos irreversibles identificados, incluyendo los criterios utilizados para la caracterización de los mismos. Para tal efecto se utilizó una matriz resumen con los impactos irreversibles para cada una de las componentes ambientales evaluadas anteriormente, indicando si estos fueron evaluados cualitativamente o cuantitativamente.

7.4 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

1. **Medidas y acciones de prevención y mitigación de impacto ambiental, y rehabilitación, restauración o recomposición del medio alterado, según correspondiere:**
 - a) **Medidas relativas a:**
 - la geomorfología.
 - las aguas.
 - las condiciones atmosféricas.
 - el suelo.
 - la flora y la fauna.
 - los procesos ecológicos.
 - el ámbito sociocultural.
 - b) **Acciones referentes a:**
 - El plan de monitoreo, (si correspondiere).
 - Cese y post-cese de la explotación.
 - Monitoreo post-cese de las operaciones.
1. **La presentación deberá acompañar el cronograma con las medidas y acciones a ejecutar.**
2. **La presentación contendrá los criterios de selección de alternativas en las medidas correctivas y de prevención ambiental.**
3. **Para la construcción de tendidos eléctricos, las medidas de protección ambiental se ajustarán a lo dispuesto en el Manual de Gestión Ambiental del Sistema de Transporte Eléctrico o similares, aprobados por la Secretaría de Energía de la Nación y las normas que en lo sucesivo se dicten por autoridad competente.**
4. **Para la construcción de caminos, las medidas de protección ambiental se ajustarán a lo dispuesto en el Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales o similares, aprobados por la Dirección Nacional de Vialidad y las normas que en lo sucesivo se dicten por autoridad competente.**

El Plan de Manejo Ambiental define los criterios, las especificaciones de diseño y prácticas de manejo que aplicarán al Proyecto Pascua-Lama para mitigar, controlar y monitorear cambios en las condiciones de línea base durante el desarrollo, cese y post-cese del Proyecto. El PMA incluyó aspectos definidos en el Plan de Manejo Ambiental definido para el Proyecto Veladero, principalmente en aquellos aspectos que dicen relación con los efectos ambientales agregados. Se incluye una descripción del marco organizacional de la empresa, de las medidas

de prevención y mitigación de los impactos ambientales, una descripción del programa de monitoreo, un programa de capacitación, un plan de manejo de desechos, una descripción de las formas de transporte, almacenamiento y contención de combustible y productos químicos, un plan conceptual de cese y post-cese de la mina; un plan de participación ciudadana y un plan de apoyo al desarrollo local.

El monitoreo ambiental es un componente fundamental para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación implementadas. Por lo anterior, se presenta en forma conjunta en esta sección del plan de gestión ambiental, una descripción de las medidas de mitigación y el programa de monitoreo ambiental. El programa de monitoreo también incorporó la metodología aplicada actualmente en el Proyecto Veladero para así complementar este programa. El programa de monitoreo ambiental consiste en una variedad de actividades que pueden ser categorizadas de la siguiente forma:

- a) Monitoreo continuo (por ejemplo: clima y meteorología),
- b) Monitoreo basado en toma de muestras (MP10, calidad de agua, etc.),
- c) Inspecciones planeadas o reconocimientos de terreno (vegetación, arqueología), y
- d) Observaciones no planificadas (monitoreo incidental).

En el contexto de este Plan de Manejo Ambiental, el monitoreo ambiental se distingue de las actividades de monitoreo realizadas para verificar las condiciones de salud y seguridad en el lugar de trabajo y control de calidad asociado con el diseño del Proyecto, aunque estos aspectos puedan estar relacionados con las medidas de mitigación de impactos y riesgos ambientales.

7.5 PLAN DE ACCIÓN ANTE CONTINGENCIAS AMBIENTALES

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

La presentación deberá acompañar una descripción detallada de las actividades de riesgo y una planificación de las acciones a ejecutar en caso de una situación eventual adversa.

La identificación de situaciones de riesgo se efectuó a través de una matriz causa-efecto, en la cual las actividades, instalaciones u obras del Proyecto fueron evaluadas en términos de su potencial impacto sobre el medio ambiente, seguridad laboral, seguridad pública o sobre instalaciones por un evento anómalo (accidente, falla, etc.). Se identificaron los modos de falla en cada caso, tales como: deslizamientos, error humano, eventos sísmicos o climáticos, etc. Además, se estimó la probabilidad de que el evento ocurra y sus consecuencias.

A través de la identificación de los modos de falla, se determinaron medidas de control con el objetivo de prevenir la situación. Estas medidas comprenden criterios de diseño (Ej. contención secundaria para evitar derrames) y criterios de manejo que controlan el comportamiento del personal de la faena (Ej. procedimientos, reglas internas, entrenamiento, etc.).

Como parte del Plan de Acción frente a Contingencias (PAFC), se elaboró un Manual de Procedimientos de Emergencia a ser ejecutado en respuesta a los eventos producidos por los riesgos. El PAFC se elaboró en base al PAFC del Proyecto Veladero con el objetivo de complementar éste y para que ambos proyectos intercambien recursos y experiencia en cuanto a la respuesta a emergencias. En este plan se incluyó: la terminología utilizada dentro del PAFC; la política de la empresa y los objetivos de respuesta frente a emergencias; la identificación y evaluación de las situaciones de riesgo; la definición del plan general de emergencias; los procedimientos específicos de respuesta frente a emergencias; los programas de capacitación y concienciación para la respuesta frente a emergencias; y los procedimientos para la evaluación y actualización del PAFC. En el Plan se considera también la participación activa de la comunidad ante eventos de emergencia mediante capacitación y concientización.

La metodología específica utilizada se presenta a continuación.

7.5.1 Definición de Riesgo Ambiental

En el presente informe el término “riesgo” es utilizado para referirse a la posibilidad de un evento o situación adversa que pudiera producirse como resultado directo o indirecto de las actividades relacionadas al Proyecto. Estas situaciones o condiciones normalmente se refieren a anomalías que pueden causar impactos ambientales como consecuencia de acciones no planificadas o circunstancias inesperadas. Dichas situaciones pueden presentarse a partir de fallas en los equipos, accidentes, incumplimiento de las prácticas operativas habituales por parte del personal del Proyecto, como así también como consecuencia de riesgos de la naturaleza (avalanchas, sismos, etc.). El término “Riesgo Ambiental” específicamente se refiere a la posibilidad de que ocurran eventos o se presenten situaciones que pudieran causar un impacto en el medio ambiente, daño a la comunidad o a infraestructura privada (fuera de las instalaciones del Proyecto) o a la salud o seguridad pública. Los eventos que pudieran afectar la productividad o el rendimiento son analizados en otros estudios llevados a cabo para el Proyecto.

7.5.2 Metodología para la Identificación y Evaluación de Riesgo Ambiental

En líneas generales, la metodología seguida en este estudio está basada en el enfoque de análisis de riesgo conocido como Análisis de Efectos de Fallas (AEF). Este enfoque proporciona un criterio de medición del riesgo a través de una evaluación de las consecuencias (*efectos*) y del potencial (*o probabilidad*) de ocurrencia de un evento en particular que pudiera tener efectos ambientales adversos. El potencial se evalúa identificando y evaluando los modos de falla que puedan estar relacionados con condiciones inherentes al diseño o con mecanismos desencadenantes externos. Se aplican valores tanto de la consecuencia como del potencial de riesgo y la combinación de los mismos da como resultado la *clasificación de riesgo*.

7.5.2.1 Screening para Identificación de Riesgos Ambientales Potenciales

Un paso fundamental en el proceso de evaluación de riesgo es identificar los riesgos relevantes a través de un proceso de eliminación, seleccionando aquellos que requieren un análisis más detallado. En este documento, este proceso es denominado “proceso de screening”. Como recurso gráfico para la identificación de riesgos ambientales, se utiliza una matriz para correlacionar la infraestructura o las actividades durante cada fase del Proyecto con los eventos que podrían causar daño ambiental.

La Matriz de screening para Identificación de Riesgo se utiliza para identificar situaciones potenciales de riesgo que requieren un análisis más detallado. La identificación se realiza estableciendo las interrelaciones existentes entre las actividades/instalaciones del Proyecto y los componentes ambientales. Durante esta etapa de análisis, la relación se establece formulando hipótesis sobre ciertos modos de falla y la concatenación de impactos que dichas fallas pueden producir sobre el medio ambiente, la infraestructura pública y la seguridad de las personas.

Como criterio general, dentro del proceso de screening, si se determina con un alto grado de certeza que la ocurrencia de un evento en particular no llegaría a alterar las características de línea de base del medio ambiente o de la infraestructura, o a representar un riesgo para la seguridad de los empleados o del público (independientemente del potencial de que ese evento en realidad suceda), entonces tal evento es eliminado de la siguiente etapa del análisis.

7.5.2.2 Identificación de los Modos de Falla

Luego de la identificación de eventos potenciales dentro del proceso de screening, se identifican los modos de falla. Los modos de falla en este Texto Ordenado son determinados a través de la caracterización de los *mecanismos de falla* y de sus *eventos iniciadores*.

Mecanismos de Falla

Los mecanismos de falla se refieren a los eventos o circunstancias adversas que producen el efecto ambiental. Los mecanismos de falla pueden incluir, por ejemplo, una falla de talud en una escombrera minera, una plataforma de lixiviación o depósito de colas, una ruptura dentro del sistema de membranas de protección de una plataforma de lixiviación, un accidente vehicular durante el transporte de las soluciones, un incendio o explosión, entre otras.

Eventos o Condiciones Iniciadoras

Cada mecanismo de falla puede tener un gran número de potenciales eventos o condiciones iniciadoras. Una falla de talud en el rajo, escombrera o depósito de colas, por ejemplo, puede estar asociada con la erosión producida por sobrecarga, carga, estática/sísmica, diseño inadecuado, construcción deficiente, etc. Un accidente vehicular, por otra parte, puede estar relacionado con un diseño inadecuado del camino, mala visibilidad resultante de condiciones de la naturaleza, accionar incorrecto del conductor, accionar incorrecto por parte de un tercero, etc.

En consecuencia, la determinación de los modos de falla, de los mecanismos de falla y de los eventos iniciadores, constituye la base para predecir el potencial (o la probabilidad) de la falla y para determinar la adecuación de las medidas de control de riesgo aplicadas.

Riesgos Naturales que Actúan como Eventos Iniciadores.

Estudios del área del Proyecto realizados con anterioridad (resumidos en las Secciones 2.2.4 y 3.0) han señalado que el área se encuentra ubicada en una zona tectónicamente activa, con propensión a tormentas de nieve y agua, avalanchas y desprendimientos de tierra. En función de la severidad de estos acontecimientos naturales, los mismos podrían actuar como gatilladores de la falla de algún elemento de la infraestructura que pudiera subsecuentemente provocar situaciones de emergencia que requieran procedimientos de respuesta adecuados.

7.5.2.3 Determinación del Potencial de Falla

La determinación del potencial de falla requiere un análisis de los mecanismos de falla y de los eventos iniciadores, como se muestra a continuación:

Cuadro 7.11
Clasificación de Potencial de Falla

Clasificación del Potencial	Definición
Muy Bajo	No se ha observado la condición o evento en faenas similares y no se pudo identificar ningún escenario posible, incluso después de realizar un esfuerzo significativo.
Bajo	No se observa la ocurrencia de la condición o evento en la base de datos disponible. Resulta difícil concebir cualquier escenario de falla posible. Sin embargo, después de realizar un esfuerzo considerable, se pudo identificar un sólo escenario.
Moderado	No se observa la ocurrencia de la condición o evento, o bien se observa en una instancia aislada en la base de datos disponible. Sin embargo, se pueden identificar varios escenarios de falla potencial.
Alto	Se han observado ocurrencias de la condición en la base de datos disponible.

7.5.2.4 Determinación de las Consecuencias de la Falla

Las consecuencias de una falla se pueden predecir mediante la identificación de las vías de concatenación o transmisión y de los receptores ambientales y mediante un análisis del grado de impacto sobre estos receptores.

Vías de transmisión

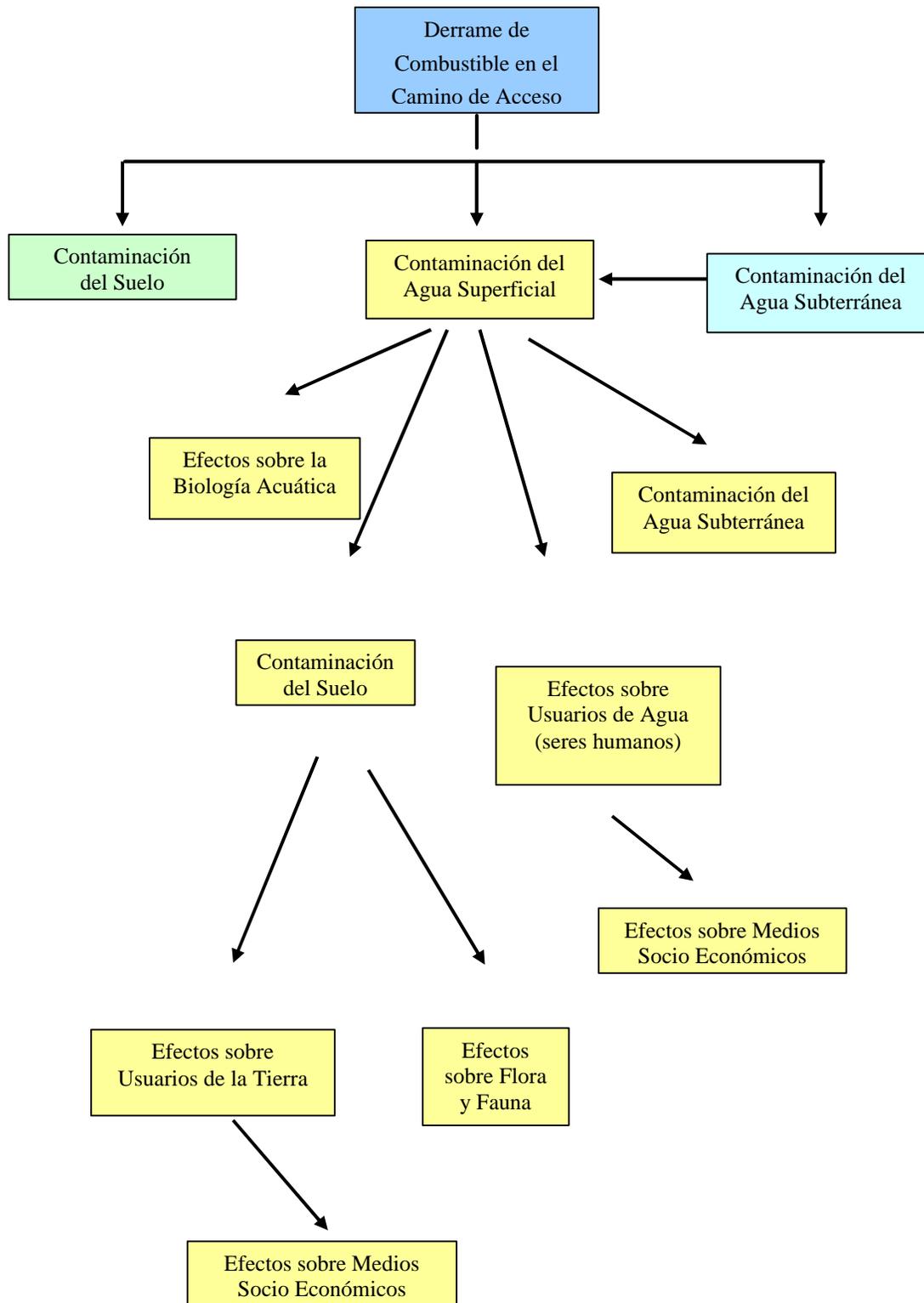
Las vías de transmisión hacen referencia a los medios por los cuales un impacto sobre un componente ambiental podría afectar a otro. En el Proyecto, el agua superficial es un medio importante por el cual un efecto producido por una falla podría afectar a otros componentes ambientales dentro del área del Proyecto o aguas abajo. Tales efectos podrían producirse a través de alteraciones al sistema hidrológico o a las características químicas de la red de agua superficial.

El mapeo de las vías de transmisión es una herramienta de utilidad para la identificación de las variables ambientales y sociales que requieren análisis, pudiendo representarse simplificada de la siguiente forma.

Receptores

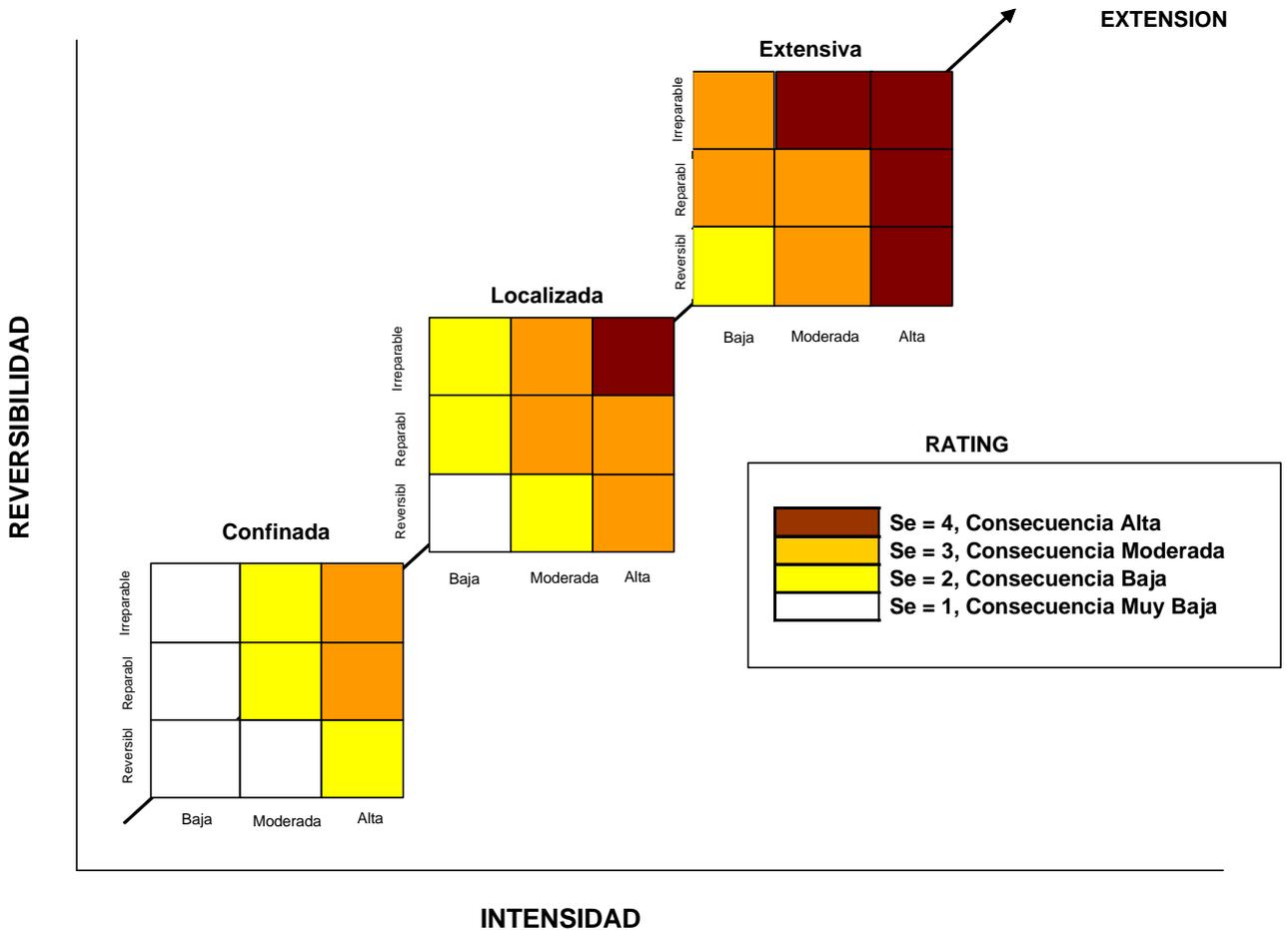
Los receptores hacen referencia a los componentes ambientales/sociales que resulten potencialmente afectados y que constituirán la base central para la determinación de la clasificación de las consecuencias. En un diagrama simplificado de vías de transmisión como el que se presenta a continuación los receptores representan cada uno de los medios ambientales y socioeconómicos mencionados.

EJEMPLO DE SECUENCIA DE POTENCIALES IMPACTOS INDIRECTOS



Clasificación de Consecuencias

La clasificación de consecuencias se determina ponderando la figura que sigue.



7.5.2.5 Determinación de la Clasificación de Riesgo

La clasificación final de riesgo se determina mediante una asociación entre la clasificación de las consecuencias y el potencial de falla, como lo muestra el siguiente gráfico.

NIVEL DE CONSECUENCIA	Alta	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
	Moderada	Muy baja	Baja	Moderada	Alta
	Baja	Muy Baja	Baja	Baja	Moderada
	Insignificante	Muy baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja
		Insignificante	Baja	Moderada	Alta
		POTENCIAL DE FALLA			
		PROBABILIDAD			

El análisis de riesgo proporciona la base para la elaboración de los procedimientos y la definición de responsabilidades organizacionales para dar respuesta a emergencias, los cuales se encuentran delineados en el Plan General de Emergencias. El Plan ha sido preparado para brindar a gerentes y empleados los lineamientos que les permitan identificar las situaciones de riesgo y responder rápida y eficientemente a emergencias previsibles que pudieran presentarse en el Proyecto.

El plan establece cuáles son las principales condiciones para prevenir, detectar y monitorear las situaciones de emergencia y los procedimientos que deberán ser llevados a cabo. Asimismo, el plan determina los procedimientos para la evaluación continua de la efectividad de las medidas de prevención y respuesta, de manera tal que se pueda lograr una mejora continua.

Puesto que el Plan de Acciones Frente a Contingencias (PAFC) ha sido desarrollado con anterioridad a la fase operativa de la mina, será necesario actualizarlo para

incorporar respuestas específicas, protocolos e información de contactos de todos aquellos que estén involucrados en dar respuesta a emergencias en el Proyecto. Los empleados del Proyecto Pascua-Lama deberán desarrollar, mantener y actualizar el PAFC en cumplimiento con la legislación Argentina e internacional correspondiente y según las normas de la industria, a fin de asegurar una respuesta oportuna y adecuada a las emergencias. El Plan considera importante también la experiencia del Proyecto Veladero y la participación ciudadana para asegurar su éxito.

7.6 NORMAS CONSULTADAS

Objetivos y Contenido Mínimo Según la Ley N°24.585

La presentación deberá informar y describir la normativa y/o criterios provinciales, nacionales e internacionales observados y consultados para la preparación del Informe de Impacto Ambiental.

En la Sección 8.0 se identificó y describió la normativa y/o criterios provinciales, nacionales e internacionales observados y consultados para la preparación del Informe de Impacto Ambiental.

La sección incluyó:

- Una explicación del Régimen Jurídico Internacional aplicable al Proyecto Pascua-Lama, junto con una síntesis de su origen jurídico.
- Las normas consultadas en relación con la legislación nacional, provincial y municipal identificada y aplicable al Proyecto.
- Los estándares, criterios o recomendaciones nacionales, provinciales o internacionales consultados y revisados en relación a la faena minera en evaluación.

Para estos efectos, se revisó el Boletín Oficial de la República Argentina y el Boletín Oficial de la Provincia de San Juan, así como compilaciones no oficiales de legislación ambiental relevante.

Las normas que se incluyeron, corresponden a aquellas que, de conformidad con la Ley de Protección Ambiental para la Actividad Minera y su Reglamento, han sido consultadas o tenidas a la vista al momento de elaborar el presente Informe de Impacto Ambiental, sin que ello signifique necesariamente que tales normas resultan aplicables al Proyecto. Cuando esto

último ocurrió, sus contenidos fueron incorporados en los distintos capítulos del Informe; por el contrario, cuando luego de analizadas las normas se llegó a la conclusión de que algunas de ellas no son aplicables al Proyecto, simplemente se desestimaron.