



INV MINERALES Ecuador S.A.

INVMINEC

Proyecto Minero Loma Larga

Informe del Modelado de Aguas

Diciembre del 2018

Proyecto No.: 0413335-0043

Documento Traducido al español por NewFields el 25 de Marzo de 2022 – Título original “Water Modelling Report – December 2018” prepared by ERM for INV.

Página de las Firmas

Diciembre del 2018

Proyecto Minero Loma Larga

Informe del Modelado de Aguas

Jason Parviainen (M.Sc., P.Bi01)
Consultor Experto

Kelsey Norlund (Ph.D., P.Geo.)
Consultor Principal

ERM Consultants Canada Ltd.
1111 West Hastings Street
15th Floor
Vancouver, BC

O Copyright 2018 de ERM Worldwide Group Ltd. y yo o sus afiliados ("ERM").
Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este trabajo puede ser reproducido o transmitido
de ninguna forma ni por ningún medio sin el permiso previo por escrito de ERM

RESUMEN EJECUTIVO

El Proyecto Minero Loma Larga (el Proyecto) es un desarrollo minero propuesto en la Cordillera Occidental de los Andes, aproximadamente a 30 km al suroeste de la ciudad de Cuenca en la Provincia de Azuay en Ecuador. Se propone que el desarrollo del Proyecto incluya una mina subterránea, una planta de procesamiento de minerales, acopios de material, piscinas de escorrentía, un depósito de relaves filtrados (relavera), una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) e infraestructura adicional de apoyo. INV Metals contrató a ERM Consultants Canada Ltd. (ERM) en nombre de Minerales Ecuador S.A. para desarrollar un modelo de balance hídrico y calidad del agua en todo el sitio para respaldar el estudio de factibilidad del Proyecto. Este informe presenta el modelo cuantitativo de balance hídrico y masa que se desarrolló para el Proyecto en GoldSim. El modelo tiene en cuenta los flujos y las cargas químicas que entran y salen de cualquier instalación del Proyecto y calcula la cantidad y la calidad del agua (es decir, las concentraciones de especies químicas). El modelo predice la cantidad y la calidad del agua que ingresa a la PTAR para una escena máxima de acumulación cerca del final de la vida útil de la mina, la cual se seleccionó porque representa el período operativo con la mayor cantidad esperada de flujos que requieren tratamiento y la mayor extensión de relaves expuestos en la relavera.

El objetivo del modelo de balance hídrico es cuantificar los requisitos de volumen de tratamiento anual para el agua de contacto del sitio. El agua de contacto incluye al agua extraída de la mina, el agua descargada de la planta de procesos y el agua superficial que entra en contacto con las áreas de la planta y el material almacenado, incluidos el mineral y los relaves. Se supone que el agua de contacto en exceso de los requisitos de reposición de la planta de proceso requiere tratamiento y se dirigirá a la PTAR, ubicada aguas abajo de la relavera. Las entradas de flujo al modelo de balance hídrico de todo el sitio se basan en:

- información climática para condiciones promedio, 1 en 10 años de condiciones secas y 1 en 10, 25 y 50 años de condiciones lluviosas, derivadas de las estaciones de monitoreo en el sitio del Proyecto;
- modelaje de las aguas subterráneas para las entradas de flujos a la mina;
- áreas de captación para piscinas de escorrentía individuales;
- demanda de la planta de proceso, enrutamiento del agua de procesos, tasas de producción de relaves y contenido de agua asociado, y tasas de liberación del relleno de relaves en pasta del balance hídrico de los procesos desarrollados para el Proyecto; y
- el balance hídrico derivado para la relavera en base a la huella del diseño de la mina, las propiedades de los relaves y la información climática de las estaciones de monitoreo en el sitio del Proyecto.

El Proyecto tiene un excedente neto anual de agua para todas las condiciones climáticas modeladas, y no se requirieron extracciones de la Piscina de Agua de Contacto a la planta de procesos en ninguno de los escenarios modelados.

Los términos de fuente de calidad del agua fueron desarrollados y aplicados a los flujos en el modelo de balance hídrico de todo el sitio para estimar la calidad del agua de contacto que entra a la PTAR y así identificar los componentes objetivo para el tratamiento, para condiciones promedio y 1 en 10 años condiciones húmedas y secas. Se desarrollaron términos de fuentes geoquímicas, basados en resúmenes

estadísticos de datos de monitoreo ambiental y datos preliminares de caracterización geoquímica, para las siguientes fuentes de carga relacionadas con el Proyecto:

- Desagüe de la mina, incluida la entrada de flujo de agua subterránea, la liberación de agua intersticial de relleno en pasta y los residuos de explosivos;
- Escorrentías superficiales de aguas de no contacto;
- Escorrentía del acopio de mineral;
- Contenido de agua de alimentación de mineral;
- Lixiviación de mineral y relaves en la planta de procesos;
- Aguas de retorno de relaves;
- Infiltraciones de relaves y flujos de consolidación; y
- Escorrentía de la relavera.

Se supuso que la precipitación y la evaporación eran entradas y salidas neutras sin carga asociada.

Los resultados del modelo indican que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, molibdeno, níquel, selenio, sulfato y zinc en el afluente a la PTAR son mayores que los objetivos de calidad del efluente preliminar.

El balance hídrico y el modelado de calidad completados para el estudio de factibilidad se consideran suficientes para respaldar el desarrollo de estimaciones preliminares de costos para el tratamiento del agua durante las operaciones. No obstante, el modelado es limitado, representa un panorama estático único en la acumulación máxima, con flujos anuales y dos casos de carga geoquímica basados en datos de caracterización preliminares, y probablemente no sea suficiente para respaldar el diseño detallado de la planta de tratamiento de agua. Los riesgos para las conclusiones del estudio de factibilidad incluyen una posible subestimación de la variabilidad en los flujos de agua de contacto durante las operaciones y una predicción excesiva o insuficiente del afluente de la PTAR. La falta de predicciones cuantitativas del flujo y la calidad para las condiciones de cierre y posteriores al cierre también presenta un riesgo para estimar los costos asociados con el posible tratamiento del agua después del cierre de la relavera.

A fin de facilitar la predicción y evaluación de las concentraciones ambientales receptoras en apoyo a las evaluaciones ambientales del Proyecto, se recomienda que el modelo de balance hídrico de todo el sitio sea actualizado para representar las condiciones mensuales a lo largo de la vida útil de la mina y hasta el cierre. Estas actualizaciones incluirían la revisión de las entradas del modelo con resultados más completos de las pruebas de caracterización geoquímica o el agua de procesos de la planta piloto, si está disponible, y la incorporación del diseño de la PTAR y su rendimiento esperado.

AGRADECIMIENTOS

Este informe fue elaborado por ERM para INV Metals. El modelo GoldSim fue desarrollado por Jason Parviainen (M.Sc., P.Biol), con el apoyo de Ali Naghibi (Ph.D, P.Eng.), Bart De Baere (Ph.D.), Ezra Kulczyk (Ph.D., M.Sc., P.Geo.) y Kelsey Norlund (Ph.D., P.Geo.). Este informe fue escrito por Jason Parviainen y revisado por Kelsey Norlund. El proyecto fue dirigido por Greg Norton y Nicola Lower (Ph.D., R.P.Bio.), y coordinado por Danielle Willmon. El socio a cargo fue Derek Chubb.

CONTENIDO	
RESUMEN EJECUTIVO	I
AGRADECIMIENTOS	III
1. INTRODUCCIÓN	1 -1
2. CONFIGURACIÓN GENERAL DEL MODELO	2-1
2.2 GoldSim	2-1
2.2 Gestión del Agua del Sitio.....	2.3
3. MODELAJE DEL BALANCE HÍDRICO	3-1
3.1 Entradas, Suposiciones y Sensibilidades.....	3-1
3.1 .1 Clima.....	3-1
3.1 .2 Flujos de Desagüe de la Mina.....	3-1
3.1 .3 Flujos de las Piscinas de Escorrentía del Sitio.....	3-2
3.1 .4 Flujos de la Planta de Procesos.....	3-2
3.1 .5 Flujos del Depósito de Relaves Filtrados.....	3-4
3.1.6 Flujos Sin Contacto.....	3-4
3.2 Resultados.....	3-4
4. MODELAJE DE LA CALIDAD DEL AGUA	4-1
4.1 Entradas y Suposiciones.....	4-1
4.1 .1 Desagüe de la Mina	4-2
4.1 .2 Escorrentía Superficial Sin Contacto.....	4-4
4.1.3 Escorrentía de los Acopios de Mineral.....	4-5
4.1 .4 Contenido de Agua de Alimentación del Mineral.....	4-5
4.1 .5 Cargado desde el Procesamiento de Mineral.....	4-5
4.1 .6 Flujos del Depósito de Relaves Filtrados.....	4-7
4.2 Resultados.....	4-8
5. INCERTIDUMBRE Y LIMITACIONES	5-1
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	6-1
7. REFERENCIAS	7-1
APÉNDICE A	ENTRADAS Y RESULTADOS DEL MODELO PARA EL DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EN PASTA
APÉNDICE B	PREDICCIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SITIO

Lista de Tablas

Tabla 3.1-1: Áreas de Captación de la Piscinas del Sitio del Proyecto y Entradas Netas.....	3-2
Tabla 3.1-2: Salidas, Demanda y Entradas de la Planta de Procesos.....	3-3
Tabla 3.1-3: Balance Hídrico Anual de la Relavera (m ³ /año).....	3-6
Tabla 3.2-1: Volúmenes Anuales de Agua de Contacto que Requieren Tratamiento (Mm ³ /año).....	3-6
Tabla 4.1-1: Concentraciones de Aguas Subterráneas en el Desagüe de la Mina.....	4-2
Tabla 4.1-2: Carga de Nitrógeno en el Desagüe de la Mina.....	4-3
Tabla 4.1-3: Concentraciones de Fondo Asignadas a la Escorrentía de los Sitios de la Planta de Procesos y de la Planta de Pasta.....	4-4
Tabla 4.1-4: Velocidades de Carga para Relaves más Ásperos y más Limpios.....	4-6
Tabla 4.1-5: Límites de Solubilidad Aplicados a la Escorrentía de los Relaves.....	4-7
Tabla 4.2-1: Calidad Prevista del Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Diseño del Depósito de Relaves Filtrados.....	4-9

Lista de Figuras

Figura 1-1: Ubicación del Proyecto/Visión General.....	1-3
Figura 2.1-1: Modelo Conceptual para la Gestión Operativa del Agua.....	2-2
Figura 3.1-1: Diagrama de Flujo Conceptual de la Relavera.....	3-5

I. INTRODUCCIÓN

El Proyecto Minero Loma Larga (el Proyecto) consiste en tres concesiones mineras ubicadas en la Cordillera Occidental de los Andes con elevaciones que van desde los 3,500 a los 3,900 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente a 30 km al suroeste de la ciudad de Cuenca, la tercera ciudad más grande de Ecuador, en la Provincia del Azuay (Figura 1-1). Las concesiones consisten en Cerro Casco, Río Falso y Cristal, y a junio de 2016, el área total es de aproximadamente 7,960 hectáreas.

Se propone que el desarrollo del Proyecto incluya una mina subterránea, una planta de procesamiento de mineral, acopios de materiales, piscinas de escorrentía, un Depósito de Relaves Filtrados (relavera), una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y otras infraestructuras de apoyo.

El objetivo de este informe es presentar el balance hídrico y el modelo de calidad del agua de todo el sitio desarrollado para respaldar el estudio de factibilidad del Proyecto (DRA 2018). El modelo predice la cantidad y la calidad del agua que ingresa a la PTAR para un escenario máximo de acumulación cerca del final de la vida útil de la mina, el cual fue seleccionado porque representa el período operativo con la mayor cantidad esperada de flujos que requieren tratamiento y la mayor extensión de relaves expuestos en la relavera. Se espera que los volúmenes de tratamiento sean menores durante la construcción, las fases iniciales de las operaciones y después del cese de las operaciones mineras (cierre y pos-cierre). El modelo se limita a los componentes relacionados con el Proyecto que dirigen el agua a la PTAR. En esta etapa del Proyecto, el modelo no incluye al ambiente receptor ni al efluente de la PTAR; no obstante, el modelo ha sido desarrollado para soportar estas añadiduras durante la fase de la evaluación ambiental.

En el informe de modelado se incluye una alternativa para la gestión de relaves de la relavera, ya que se seleccionó la opción preferida de filtrado de relaves para su consideración en el estudio de factibilidad del Proyecto. Los datos de entrada, las suposiciones y los resultados para un escenario alternativo de gestión de relaves en base a un diseño de Depósito de Relaves en pasta se incluyen en el Apéndice A como referencia.

Este informe se divide en cinco secciones:

- Descripción de la configuración general del modelo;
- Descripción del modelo de balance hídrico, incluidas entradas y suposiciones, y resultados y discusión;
- Descripción del modelaje de la calidad del agua, incluidas las entradas y los supuestos, y los resultados y la discusión;
- Discusión de la incertidumbre y las limitaciones del modelaje; y
- Conclusiones y recomendaciones.

2. CONFIGURACIÓN GENERAL DEL MODELO

El modelo estático predictivo de calidad y cantidad de agua en todo el sitio desarrollado para el Proyecto se basa en el principio del balance de masa química e hídrica. El modelo tiene en cuenta los flujos y las cargas químicas que ingresan y salen de cualquier instalación del Proyecto y calcula la cantidad y la calidad del agua (es decir, las concentraciones de especies químicas). El modelo fue desarrollado en la plataforma de simulación de GoldSim™.

2.1 GoldSim

GoldSim™ fue desarrollado para modelar sistemas ambientales complejos y se ha aplicado extensa y exitosamente para simular la gestión de recursos hídricos, operaciones mineras, transporte de contaminantes y gestión de desechos radiactivos. Es una herramienta de modelaje estándar en las industrias de recursos hídricos y minería.

GoldSim™ se basa en el principio del balance de masa. Una masa de agua se modela mediante el elemento "reservorio" del modelo. El balance de masa de la cantidad de agua siempre se mantiene: el cambio en la masa o el volumen de la masa hídrica es igual a la diferencia entre la suma de las entradas a la masa hídrica y la suma de las salidas de la misma. La calidad del agua se modela vinculando las cargas químicas con el balance hídrico. En GoldSim™, las concentraciones y el transporte de las especies químicas en cuestión se modelan mediante los elementos de las "celdas" de transporte de los contaminantes, que están vinculadas con los correspondientes elementos del "reservorio" del balance hídrico. El balance de masa siempre se mantiene para la "celda": el cambio en la masa de cualquier especie química es igual a la suma de los flujos de masa hacia y desde la "celda". El transporte de especies químicas entre "celdas" se calcula como el producto del flujo de agua entre los "reservorios" correspondientes y la concentración de las especies químicas en la "celda" fuente."

Las ecuaciones generalizadas de balance de masa aplicadas en el modelo son:

$$C_{A+B} = \frac{(C_A \times Q_A + C_B \times Q_B)}{(Q_A + Q_B)}$$

donde:

C_A y C_B son las concentraciones de especies químicas i en las corrientes A y B, respectivamente;

Q_A y Q_B son los caudales o volúmenes de agua en las corrientes A y B, respectivamente; y

C_{A+B} es la concentración de especies química i en el cuerpo de agua mixto de las corrientes A y B; y

$$\sum (Carga\ de\ Masa\ Entrante)_i - \sum (Carga\ de\ Masa\ Saliente)_i = \Delta C_i \times V$$

donde:

ΔC_i es el cambio en la concentración de especies químicas i en un cuerpo de agua;

V es el volumen de la masa de agua; y

$\sum (Carga\ de\ Masa\ Entrante)_i$ y $\sum (Carga\ de\ Masa\ Saliente)_i$ son la suma de masas de especies químicas i agregadas y eliminadas del cuerpo de agua, respectivamente.

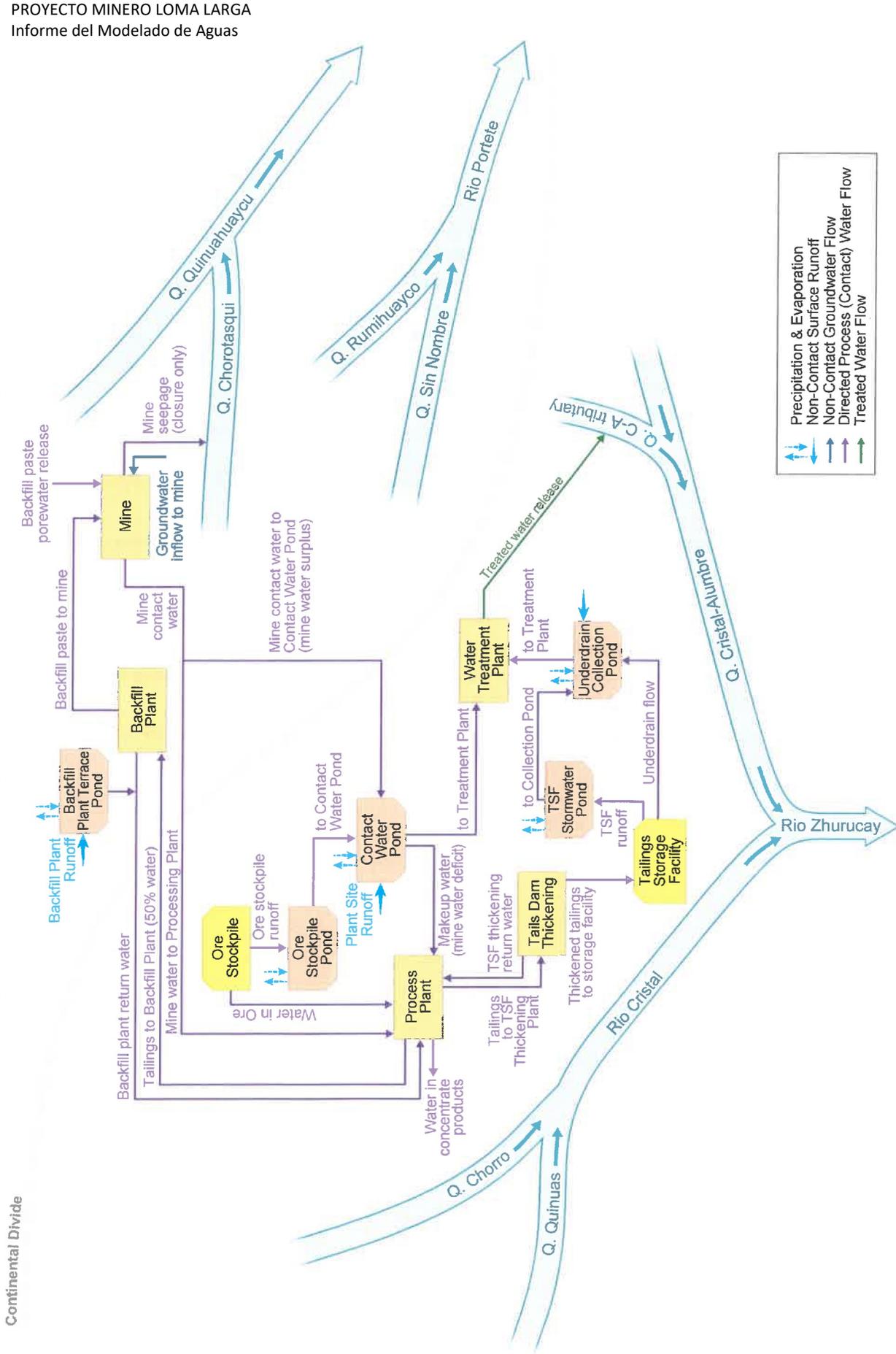
PROYECTO MINERO LOMA LARGA

Informe del Modelado de Aguas

En la Figura 2.1-1 se muestra una representación conceptual del modelo para el sitio del Proyecto y a continuación se proporciona una descripción de la gestión del agua del sitio representada por el diagrama conceptual siguiente.

Figure 2.1-1

Conceptual Model for Operational Water Management



2.2 Gestión del Agua del Sitio

El agua contenida en la alimentación del mineral se agrega al agua que recircula en la planta de procesamiento. Durante el procesamiento del mineral, el agua contenida en los productos concentrados de cobre y pirita se pierde de la planta de procesamiento. El agua que contiene relaves es dirigida desde la planta de procesamiento a la planta de espesamiento de la relavera o a la planta de pasta para relleno de mina en cualquier punto en el tiempo. El agua recuperada de la planta de espesamiento de la relavera o de la planta de pasta de relleno de mina se devuelve a la planta de procesos para su reutilización. El agua intersticial que queda en los depósitos de relaves se pierde del circuito de procesamiento. Las pérdidas netas de la planta de proceso requieren fuentes de agua de reposición.

El agua de contacto de la mina, que consiste en la entrada de agua subterránea a la mina y la liberación del relleno de pasta de la mina, será la mayor fuente de agua de reposición para la planta de procesos. La escorrentía de la terraza de la planta de pasta para relleno de mina es una fuente menor de agua de reposición que será dirigida a la planta de procesos junto con el agua de retorno de la planta de pasta. Se espera que las velocidades de las entradas de agua subterránea y las velocidades del desagüe de la mina, por extensión, varíen durante las actividades mineras. Durante los períodos en que las velocidades del desagüe de la mina excedan los requisitos de la planta de procesamiento, el exceso de agua de la mina será desviado hacia la piscina de agua de contacto, que recibe la escorrentía del sitio de la planta de procesos y la escorrentía es bombeada desde la piscina de acopio de mineral, antes del tratamiento. Durante los períodos en que las velocidades del desagüe de la mina sean inferiores a los requisitos de la planta de procesamiento, se extraerá agua de la piscina de agua de contacto para compensar la diferencia.

La escorrentía de la piscina de acopio de mineral es bombeada a la piscina de agua de contacto. El agua que llega a la piscina de agua de contacto se puede usar para agua de reposición si las fuentes identificadas anteriormente no son suficientes para satisfacer las necesidades de la planta de procesos. Los flujos de desagüe de la mina que excedan las necesidades de la planta de procesamiento se bombearán a la piscina de agua de contacto antes del tratamiento. El exceso de agua en la piscina de contacto es bombeado a la PTAR para su tratamiento.

La escorrentía del depósito de relaves filtrados será contenida en una piscina de aguas de contacto detrás del muro de la relavera antes del tratamiento; los flujos de consolidación de relaves y las infiltraciones a través de la relavera serán recolectados a través de un sistema de drenaje subterráneo y bombeados a la piscina de aguas de contacto antes del tratamiento.

Los flujos de no contacto que son desviados alrededor de la infraestructura del Proyecto hacia el entorno receptor no son tomados en consideración en esta versión del modelo de balance hídrico de todo el sitio.

3. MODELAJE DEL BALANCE HÍDRICO

El objetivo del modelo de balance hídrico es cuantificar los requisitos de volumen de tratamiento anual para el agua de contacto del sitio. El agua de contacto incluye el agua extraída de la mina, el agua descargada de la planta de procesamiento y el agua superficial que entra en contacto con las áreas de la planta y el material de acopio, incluidos el mineral y los relaves. Se asume que el agua de contacto requiere tratamiento y será dirigida a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, ubicada aguas abajo del Depósito de Relaves Filtrados (relavera). En el presente documento se proporciona una descripción de las entradas, suposiciones y sensibilidades del modelo de balance hídrico en todo el sitio, seguidas de las predicciones del modelo.

3.1 Entradas, Suposiciones y Sensibilidades

Las entradas de flujo al modelo de balance hídrico de todo el sitio se basan en:

- información climática (NewFields 2018a, 2018b) de estaciones de monitoreo en el sitio del Proyecto;
- modelaje de aguas subterráneas (Itasca 2018a) para entradas a la mina;
- áreas de captación para piscinas de escorrentía individuales (P. Días, comunicación personal);
- la demanda de la planta de procesamiento, el enrutamiento del agua de proceso, las velocidades de producción de relaves y el contenido de agua asociado, y las velocidades de liberación del relleno de relaves en pasta del balance hídrico de los procesos desarrollados para el Proyecto (E. Jonker, com. pers.); y
- los balances hídricos derivados para dos configuraciones de diseño de relaveras (NewFields 2018c, d) con base en las huellas de diseño de las instalaciones, las propiedades de los relaves y la información climática de las estaciones de monitoreo en el sitio del Proyecto.

Seguidamente se describen las fuentes de información, los métodos y/o las suposiciones utilizadas para derivar cada una de las entradas de flujo en el modelo.

3.1.1 *Clima*

Se desarrollaron entradas de flujo para el modelo de balance hídrico de todo el sitio para condiciones de precipitación promedio anual de 1,625 mm/año (NewFields 2018a), condiciones secas de 1 en 10 años (1,250 mm/año; NewFields 2018b) y 1 en 10, 25 y 50 años de humedad (1,960, 2,210 y 2,390 mm/año, respectivamente; NewFields 2018b). NewFields (2018a) también estimó las tasas de evapotranspiración potencial (*PET, por sus siglas en inglés*) en base a cálculos que utilizan valores diarios registrados de velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y radiación solar del período comprendido entre agosto de 2005 y octubre de 2015. La PET anual se estimó en 844.2 mm y se recomendó usar en lagos o evaporación en estanque por NewFields (2018b) ya que las tasas de evaporación de PET y agua abierta son aproximadamente equivalentes.

3.1.2 *Flujos de Desagüe de la Mina*

Itasca (2018a) modeló las tasas de entrada de agua subterránea a lo largo de la vida útil de la mina utilizando MINEDW, que es un modelo de flujo de agua subterránea en 3D basado en un método de elementos finitos desarrollado para abordar las condiciones específicas de la extracción de agua de la mina. El modelo predijo tasas variables de entrada de agua subterránea a lo largo de las operaciones de la mina, alcanzando un máximo de 13.8 L/s en el año 3 de operaciones de la mina, disminuyendo generalmente a un promedio de 9.8 L/s entre los años 10 y 12 y en el año 14 (después de aumentar en el año 13, alcanzando un máximo de aproximadamente 12,3 L/s), y con un promedio de 11 L/s a lo largo de la vida de la mina. Para efectos de las entradas del modelo de balance hídrico de todo el sitio, se aplicó la tasa promedio de entrada de agua subterránea prevista de 11 L/s a todos los casos de condiciones climáticas, ya que no se espera que los flujos de agua subterránea varíen con las condiciones climáticas.

Además de las entradas de agua subterránea modeladas, la extracción de agua de la mina también incluye una tasa estimada de liberación de agua intersticial de 1.0 m³/día del relleno en pasta de la mina (E. Jonker, com. pers.).

3.1.3 Flujos de las Piscinas de Escorrentías del Sitio

Las áreas de captación y las capacidades de diseño preliminar para las piscinas de escorrentía del sitio, distintas de las asociadas con la relavera, que estarían activas cerca del final de las operaciones fueron proporcionadas por DRA (P. Días, com. pers.), junto con las entradas netas esperadas para condiciones promedio. Las áreas de captación de las piscinas de escorrentía y las entradas netas anuales utilizadas en el modelo se resumen en la Tabla 3.1-1. Las entradas netas de condición promedio son una aproximación simple asumiendo una pérdida del 18% de la precipitación promedio (Sección 3.1.1; NewFields 2018a) sobre las respectivas áreas de captación. Esta estimación refleja las pérdidas por evaporación esperadas en base a la estrategia operativa planificada de bombear la mayor parte del agua recolectada de cada piscina después de los eventos de lluvia para mantener la capacidad para las entradas de tormentas y almacenar agua mínima para uso de la planta (si corresponde). En consecuencia, estas piscinas de escorrentía se modelan como flujo a través de estructuras con volúmenes de almacenamiento establecidos en el 10 % de la capacidad de diseño preliminar (que se basó en un evento de tormenta de 1 en 50 años; P. Días, com. pers.). Cada uno de las piscinas se construiría con un revestimiento impermeable de polietileno y se supone que las pérdidas en las aguas subterráneas serían insignificantes.

Tabla 3.1-1: Áreas de Captación de Piscinas del Sitio del Proyecto y Entradas Netas

Piscinas del Sitio del Proyecto	Área de Captación (m ²)	Entradas Netas Anuales (m ³ /año)				
		Condiciones Promedio	1 en 10 años Secos	1 en 10 años Húmedos	1 en 25 años Secos	1 en 50 años Húmedos
Piscina de Terraza de la Planta de Pasta	3,290	4,383	3,150	5,485	6,307	6,899
Piscina del Acopio de Mineral	20,000	26,663	19,160	33,366	38,369	41,971
Piscina de Agua de Contacto (Escorrentía del Sitio de la Planta)	92,250	122,920	88,320	153,820	176,879	193,483

Fuente: P. Días (pers. comm.)

Nota: Los valores de escorrentía de la piscina de agua de contacto reflejan los flujos entrantes sin entradas de la piscina de acopio de mineral ni el exceso de desagüe de la mina, ni las extracciones de agua de reposición de la planta de procesos.

Como se describe en la Sección 2.2, la escorrentía de la piscina de la terraza de la planta de relleno es dirigida a la planta de procesos junto al agua de retorno de la planta de relleno de pasta, y la escorrentía de la pila de acopio de mineral es bombeada a la piscina de agua de contacto. Una parte de los flujos que llegan a la piscina de agua de contacto puede extraerse para las necesidades de la planta de procesamiento; el exceso de agua en la piscina de agua de contacto será bombeado a la PTAR.

Las entradas netas en condiciones secas y húmedas se calcularon en base a 1 en 10 años secos y 1 en 10, 25 y 50 años de precipitación húmeda (Sección 3.1.1; NewFields 2018b) sobre las respectivas áreas de captación, menos pérdidas fijas basadas en condiciones promedio (es decir, 18% de la precipitación media anual).

3.1.4 Flujos de la Planta de Procesos

La demanda y el enrutamiento de la planta de proceso, el contenido de agua de alimentación del mineral, las tasas de producción de relaves y el contenido de agua asociado, y las tasas de retorno de agua de la planta de pasta fueron tomados directamente del balance hídrico de procesos desarrollados para el Proyecto (E. Jonker, com. pers.). Las tasas de agua de retorno de relaves de la relavera fueron calculadas en función de los supuestos iniciales del contenido de agua intersticial de los relaves asociados con el balance hídrico de relaves filtrados de NewFields (2018c). Estos caudales fueron fijados para los tres casos de condiciones climáticas.

La demanda bruta de agua de la planta de procesos en el modelo se fijó en 121.54 m³/hora basado en los flujos de agua que salen de la planta, incluido el contenido de agua en la corriente de relaves después del espesamiento inicial y el agua arrastrada en los productos concentrados (Tabla 3.1-2). La demanda bruta se compensa con el agua contenida en la alimentación del mineral, que consiste en agua intersticial del mineral (4.2 m³/hora) y agua rociada para el control de polvo añadida a la alimentación (3.8 m³/hora). La demanda restante es abastecida en gran parte por el agua recuperada de los flujos de relaves (aguas de retorno del relleno en pasta y espesamiento en la relavera).

Tabla 3.1-2: Salidas, Demanda y Entradas a la Planta de Procesos

Componentes de Flujo	Corriente de la Planta de Procesos	Flujos de la Planta de Procesos (m ³ /hora)
Salidas de la Planta de Procesos	Corriente de relaves después del espesamiento inicial	119.6
	Agua arrastrada en concentrados	1.94
	Salida total (demanda de la planta)	121.54
Entradas y flujos de retorno directos a la planta de procesos	Contenido de agua intersticial en la alimentación de mineral	4.2
	Agua rociada de polvo en la alimentación de mineral	3.8
	Agua de retorno a la planta de pasta	39.87
	Agua de retorno a la presa espesadora de relaves	49.25
	Entradas totales del sitio de la planta	97.12
Salida neta	Demanda residual	24.42

Fuente: P. Días (com. pers.) and NewFields (2018c)

El contenido de agua de la corriente de relaves del balance hídrico del proceso fue de 119.6 m³/hora después del espesamiento inicial y desagüe. Se anticipa que la mitad de los relaves se depositarán en la mina como relleno de pasta cementado y la otra mitad se depositará en la relavera durante la vida útil de la mina. En consecuencia, la mitad de la corriente de relaves fue dirigida a la planta de pasta y la otra mitad fue dirigida al espesamiento de la presa de relaves en el modelo. El balance hídrico del proceso asumió que el producto de relaves de pasta de la mina contendría un 25% de agua, lo cual representa una recuperación de 39.87 m³/hora. Los balances hídricos para la relavera asumieron un contenido inicial de agua de relaves del 15% para los relaves del filtro (NewFields 2018c), lo que arroja una tasa de retorno de agua de relaves de 49.25 m³/hora. En general, se espera recuperar y reciclar el 75% del flujo de relaves; el 25% restante será agua intersticial residual en los depósitos de relaves. A lo interno de la planta de proceso, se espera que las tasas de reciclaje de agua sean más altas. Con base en el balance hídrico del proceso (E. Jonker, com. pers.), aproximadamente 780 m³/hora de agua se usaría durante el procesamiento del mineral, la mayor parte del cual se recupera y recicla internamente, excepto la corriente de relaves externa y los productos concentrados de mineral. La demanda residual esperada de la planta de 24.42 m³/hora representa el 3,1% del uso interno de agua por hora de la planta, lo que indica una tasa general de reciclaje de agua de casi 97%.

La demanda residual de la planta de proceso es abastecida por la escorrentía de la planta de pasta de relaves (recolectada en la Piscina de Terraza de la Planta de Pasta; Sección 3.1.3) y el desagüe de la mina, lo cual incluye entradas de agua subterránea y liberación de agua intersticial de pasta (Sección 3.1.2).

Dado que no es práctico incluir una disposición para dirigir la pequeña cantidad de escorrentía de la planta de pasta (i.e., 0.5 m³/hora en promedio) hacia el tratamiento, se asumió que este flujo sería dirigido a la planta de proceso junto al agua de retorno de relaves desde la planta de pasta. Si la escorrentía de la planta de pasta y los flujos de drenaje de la mina superan la demanda restante de la planta de procesos, el exceso de agua de la mina se dirigiría a la Piscina de Agua de Contacto para su tratamiento. Si la escorrentía de la planta de pasta y los flujos de desagüe de la mina son inferiores a la demanda de la planta de procesos, se supone que el agua de reposición será extraída de la Piscina de Agua de Contacto

En resumen, la demanda de la planta de procesos es abastecida, en orden de prioridad, por:

- agua en la alimentación del mineral;
- agua recuperada de las corrientes de relaves;
- Flujos de la piscina de la terraza de la planta de pasta;
- flujos de desagüe de la mina ; y
- extracciones de agua de la piscina de contacto.

3.1.5 *Flujos desde el Depósito de Relaves Filtrados*

Inicialmente se consideraron dos alternativas de diseño para la relavera, basadas en las características respectivas de los relaves filtrados y los relaves en pasta, para el estudio de factibilidad del Proyecto. Los relaves filtrados fueron seleccionados como la alternativa preferida. Los relaves filtrados serían producidos mediante el uso de agentes espesantes y drenados mediante una prensa hidráulica para producir una torta con bajo contenido de agua, luego serían transportados en camiones a la relavera y distribuidos mediante excavadoras o equipos similares.

NewFields (2018c) desarrolló un balance hídrico para el diseño del Depósito de Relaves Filtrados en base a las condiciones de lluvia promedio durante la fase final de las operaciones. En la Figura 3.1-1 se proporciona un diagrama conceptual de los flujos del Depósito de Relaves Filtrados (adaptado de NewFields 2018c). El balance hídrico contabilizó:

- lluvia en la huella de la relavera (incluyendo el área interna de la piscina de escorrentía de aguas pluviales) y la piscina de recolección de subdrenaje (también denominada piscina de agua de contacto de la relavera);
- evaporación de la superficie de relaves, la piscina de recolección de drenaje subterráneo y la piscina interna de escorrentía de aguas pluviales; y
- filtraciones a través de los relaves y liberaciones de agua intersticial de los relaves, las que son recolectadas mediante tuberías de drenaje subterráneo (colocadas dentro de la relavera sobre un revestimiento impermeable de polietileno) y se dirigidas a la piscina de recolección del drenaje subterráneo de la relavera.

El balance hídrico de la relavera supone un espacio total de 325,000 m² para el diseño de relaves filtrados (NewFields 2018c). El área supuesta de la piscina de aguas pluviales es el 10% de las respectivas huellas/espacios ocupados de la relavera, con un supuesto volumen de almacenamiento nominal de 5,000 m³.

El balance hídrico de la relavera preparado por NewFields (2018c) para condiciones de lluvia promedio se usó para calcular los balances hídricos para 1 en 10 años secos y 1 en 10, 25 y 50 años condiciones de lluvia húmeda, con base en el supuesto de que la evaporación, la consolidación de relaves y las tasas de filtraciones no cambiarían. El balance hídrico de la relavera se resume en la Tabla 3.1-3. Los componentes del balance hídrico y los valores en negrita fueron usados como entradas para el modelo de balance hídrico de todo el sitio.

El agua recolectada en las piscinas de recolección de aguas pluviales y drenaje subterráneo es mandada a la PTAR para su tratamiento.

3.1.6 *Flujos Sin Contacto*

Los caudales/flujos del entorno receptor natural, incluida el agua sin contacto desviada alrededor de la infraestructura del Proyecto, no están incluidos en el modelo. Dicha información se incorporará para la evaluación futura de las concentraciones del entorno receptor en apoyo de las evaluaciones ambientales después de que esté disponible el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales y la información sobre el rendimiento previsto.

3.2 Resultados

El Proyecto Loma Larga tiene un excedente neto anual de agua para todas las condiciones climáticas modeladas, y no se requirieron extracciones de la Piscina de Agua de Contacto a la planta de proceso bajo ninguno de los escenarios modelados. Los volúmenes anuales previstos de agua que se reportan a los estanques del sitio del Proyecto y a la PTAR se resumen en la Tabla 3.2-1 para un año de precipitación promedio y para condiciones húmedas y secas de uno de cada diez años.

El desvío de agua desde la mina hasta la Piscina de Agua de Contacto no es sensible a las condiciones climáticas, en una base anual promedio, debido a la pequeña área de captación de la Piscina de la Planta de Pasta. Para las entradas promedio de agua subterránea, los flujos de drenaje de la mina son desviados a la Piscina de Agua de Contacto a una velocidad de aproximadamente 4.3 L/s (135,880 m³/año). Es posible que se requieran extracciones de agua de la Piscina de Agua de Contacto si los flujos de entrada de agua subterránea disminuyeran por debajo de 6.8 L/s.

Figura 3.1.1 Diagrama del Flujo Conceptual de la Relavera

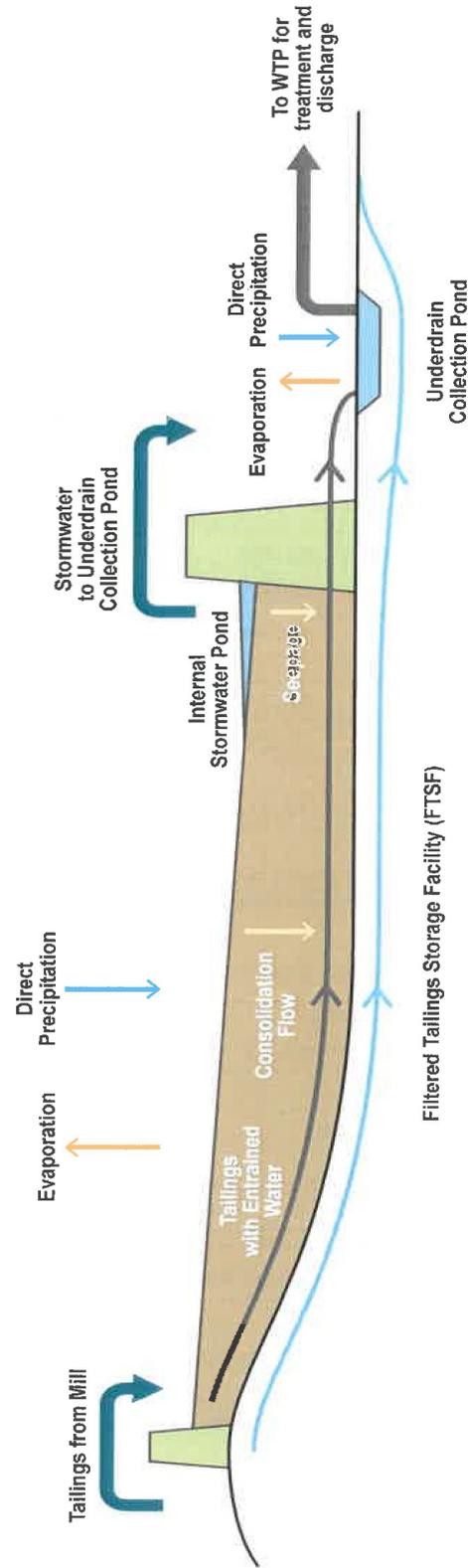


Tabla 3.1-3: Balance Hídrico Anual de la Relavera (m³/año)

Componente del Balance Hídrico	Sub- Componentes del Balance Hídrico	Condiciones Promedio	1 en 10 Año Seco	1 en 10 Año Lluvioso	1 en 25 Año Lluvioso	1 en 50 Año Lluvioso
Entradas a la Relavera	Agua en los relaves depositados	71 ,433	71 ,433	71 ,433	71 ,433	71 ,433
	Precipitación directa	528,125	406,250	637,000	718,250	776,750
	Agua total adentro	599,558	477 ,683	708,433	789,683	848,183
Salidas de la Relavera	Evaporación de la piscina de aguas pluviales	27 ,466	27 ,466	27,466	27,466	27 ,466
	Evaporación de la superficie de relaves	173,017	173,017	173,017	173,017	173,017
	Escorrentía a la Piscina de Aguas Pluviales	290,795	168,920	399,670	480,920	539,420
	Flujos de consolidación de relaves	23,293	23,293	23,293	23,293	23,293
	Infiltración a través de los relaves	40 ,999	40,999	40,999	40,999	40,999
	Total de agua saliente	555,560	433,685	664,435	745,685	804,185
Cambio en el Almacenamiento de Agua en la Relavera	Agua arrastrada en los relaves	43,998	43,998	43,998	43,998	43,998
Entradas a la Piscina de Recolección de Subdrenaje	Flujo total hacia los subdrenes	64,292	64,292	64,292	64,292	64,292
	Precipitación Neta sobre la Piscina de Recolección	7,956	4,131	11,373	13,923	15,759
	Flujo Total a la Piscina de Recolección	72,248	68,423	75,623	78,215	80,051

Notas:

El flujo total al sistema de subdrenaje incluye la consolidación de relaves y la infiltración a través de los relaves.

Los componentes del balance hídrico y los valores en negrita se usaron como entradas para el modelo de balance hídrico de todo el sitio.

Tabla 3.2-1: Volúmenes Anuales de Agua de Contacto que Requieren Tratamiento (Mm³/año)

Ubicación de Agua Superficial	Condiciones Promedio	1 en 10 Año Seco	1 en 10 Año Lluvioso	1 en 25 Año Lluvioso	1 en 50 Año Lluvioso
Piscina de Agua de Contacto	0.313	0.270	0.352	0.381	0.402
Piscina de Aguas Pluviales de la Relavera	0.291	0.169	0.399	0.481	0.539
Piscina de Recolección de la Relavera	0.072	0.068	0.076	0.078	0.080
Total hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	0.676	0.507	0.827	0.940	1.021

Nota:

Los flujos hacia la Piscina de Agua de Contacto incluyen el agua bombeada desde la Piscina de Acopio de Mineral y el agua de la mina que excede la demanda de la planta de procesos.

El desvío del agua de la mina a la Piscina de Agua de Contacto representa el 20% de los requisitos promedio previstos para el tratamiento del agua de contacto. El 80% restante se compone de flujos subterráneos del depósito de relaves filtrados (9.5 %) y escorrentía de lluvia de las instalaciones del sitio (70.5 %), incluido el sitio de la planta, el acopio de mineral, y depósito de relaves filtrados.

4. MODELAJE DE LA CALIDAD DEL AGUA

Se agregaron términos de fuente de calidad del agua al modelo del balance hídrico de todo el sitio para estimar la calidad del agua de contacto que entra en la PTAR para identificar los componentes objetivo para el tratamiento, para condiciones promedio y 1 en 10 años condiciones secas y lluviosas. En este documento se proporciona una descripción del enfoque de modelaje de la calidad del agua y las entradas.

4.1 Entradas y Suposiciones

El modelo de calidad del agua incluye los 35 componentes enunciados a continuación:

- | | | |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| ▪ aluminio | ▪ cobalto | ▪ nitrito (como N) |
| ▪ amoníaco (como N) | ▪ cobre | ▪ fósforo |
| ▪ antimonio | ▪ fluoruro | ▪ potasio |
| ▪ arsénico | ▪ hierro | ▪ selenio |
| ▪ bario | ▪ plomo | ▪ sodio |
| ▪ berilio | ▪ litio | ▪ estroncio |
| ▪ bismuto | ▪ magnesio | ▪ sulfato |
| ▪ boro | ▪ manganeso | ▪ talio |
| ▪ cadmio | ▪ mercurio | ▪ uranio |
| ▪ calcio | ▪ molibdeno | ▪ vanadio |
| ▪ cloruro | ▪ níquel | ▪ zinc |
| ▪ cromo | ▪ nitrato (como N) | |

El modelo fue configurado a fin de poder predecir únicamente las concentraciones totales de metales, ya que actualmente no hay suficiente información sobre la concentración de metales disueltos en los datos de monitoreo para desarrollar entradas y predicciones significativas para los metales totales y disueltos.

Se desarrolló un conjunto de entradas de términos fuente de no contacto en base a las concentraciones medias de los datos de monitoreo de aguas superficiales de referencia. A los resultados no detectables en los datos utilizados para desarrollar términos fuente sin contacto se les asignó un valor de la mitad del límite de detección. Se desarrollaron dos conjuntos de entradas de términos fuente de calidad del agua de contacto y tasa de carga con base en resúmenes

estadísticos de datos de monitoreo ambiental y datos preliminares de caracterización geoquímica: las entradas de Caso Base generalmente se basaron en valores medianos o promedio, para representar las condiciones esperadas, y las entradas de Caso Superior generalmente se basaron en valores percentiles 5° o 95°, según fuera apropiado, para representar un caso de sensibilidad superior. A los resultados no detectables en los datos utilizados para desarrollar entradas de términos fuente de calidad del agua de contacto se les asignó un valor igual al límite de detección como medida conservadora.

Se desarrollaron términos fuente geoquímicos para las siguientes fuentes de carga relacionadas con el Proyecto:

- Desagüe de la mina, incluida la entrada de agua subterránea, la liberación de agua intersticial de pasta y residuos de explosivos;
- Escorrentía superficial de no contacto;
- Escorrentía de acopio de mineral;
- Contenido de agua de la alimentación de mineral;
- Lixiviación de mineral y relaves en la planta de procesos;
- Aguas de retorno de los relaves;
- Filtraciones de relaves y flujos de consolidación; y
- Escorrentía de la relavera.

Se asumió que la precipitación y la evaporación eran entradas y salidas neutras sin carga asociada.

4.1.1 Desagüe de la Mina

Itasca (2018b) calculó las predicciones de la calidad del agua de la mina para el desarrollo de la rampa de la mina Loma Larga en función de los datos de monitoreo de las aguas subterráneas, las tasas de flujo de agua subterránea previstas, los datos preliminares de caracterización geoquímica estática para la roca estéril, las tasas de carga de nitrógeno de los residuos de explosivos específicos para las condiciones y el uso esperados (es decir, un factor de pólvora de 1.2 kg de explosivos por tonelada de roca volada y una fuga supuesta del 75%) y la exposición esperada de la roca durante el desarrollo de la rampa. Se utilizaron los valores de la mediana y el percentil 75° para el Caso Base y el Caso Alto, respectivamente, para derivar entradas del monitoreo de aguas subterráneas y datos de caracterización geoquímica. Itasca (2018b) usó valores del percentil 75° para el Caso Alto en lugar del percentil 95°, ya que la estadística del percentil 75° se consideró más apropiada para usar con los datos de ensayos estáticos disponibles. Las concentraciones de agua subterránea afluyente para cada flujo y caso de carga fueron las concentraciones más grandes de los datos de monitoreo de agua subterránea o las concentraciones calculadas en base a la carga geoquímica de la roca expuesta. Se asumieron fracciones de residuos de explosivos del 10% para el Caso Base y del 15% para el Caso Superior para las estimaciones de carga de nitrógeno en los flujos de desagüe de la mina.

Estos cálculos fueron adaptados para las entradas de agua subterránea y las condiciones de desarrollo de la mina descritas en Itasca (2018a), basados en:

- un incremento estimado de seis veces en el área de roca expuesta en la mina (en relación con el desarrollo de la rampa solamente) durante el período previsto de tres meses entre la voladura y el relleno de pasta; y
- estimaciones revisadas de la carga de nitrógeno basadas en un menor uso esperado de explosivos (es decir, un factor de pólvora de 0.56 kg/tonelada de roca) y una partición equitativa (en masa como N) entre amoníaco y nitrato. Las suposiciones sobre las fracciones de residuos de explosivos no cambiaron.

En la Tabla 4.1-1 se resumen las concentraciones de entrada de aguas subterráneas estimadas, en base a las suposiciones de cálculos adaptados descritos anteriormente, utilizados como datos de entrada para el modelo. La carga de nitrógeno de los residuos de explosivos, basada en los supuestos de cálculos adaptados descritos anteriormente, se estableció como una entrada separada en el modelo para distinguirlo de las entradas derivadas de las concentraciones de especies de nitrógeno en las aguas subterráneas. (Tabla 4.1-2).

Tabla 4 1. - 1: Concentraciones de Aguas Subterráneas en el Desagüe de la Mina

Componente	Unidades	Caso Base	Caso Superior
Aluminio	mg/L	3.7	7.4
Amoniaco (como N)	mg/L	1 .55	2.3
Antimonio	mg/L	0.0079	0.0081
Arsénico	mg/L	0.031	0.045
Bario	mg/L	0.3	0.35
Berilio	mg/L	0.00036	0.00045
Bismuto	mg/L	0.02	0.02
Boro	mg/L	0.03	0.04
Cadmio	mg/L	0.00043	0.00053
Calcio	mg/L	35	47
Cloruro	mg/L	51.5	93
Cromo	mg/L	0.02425	0.048
Cobalto	mg/L	0.0044	0.0086
Cobre	mg/L	0.0075	0.01
Fluoruro	mg/L	0.13	0.16
Hierro	mg/L	18	32
Plomo	mg/L	0.0087	0.0186
Litio	mg/L	0.022	0.038
Magnesio	mg/L	4.25	5.4
Manganeso	mg/L	0.95	1.13
Mercurio	mg/L	0.00015	0.0002

Componente	Unidades	Caso Base	Caso Superior
Molibdeno	mg/L	0.0145	0.027
Níquel	mg/L	0.0022	0.0053
Nitrato (como N)	mg/L	0.145	0.19
Fósforo	mg/L	0.095	0.14
Potasio	mg/L	2.95	4.6
Selenio	mg/L	0.0097	0.0102
Sodio	mg/L	50.5	89
Estroncio	mg/L	0.29	0.42
Sulfato	mg/L	113	207
Talio	mg/L	0.00015	0.0002
Uranio	mg/L	0.00055	0.001
Vanadio	mg/L	0.0003	0.0004
Zinc	mg/L	0.085	0.27

Tabla 4.1-2: Carga de Nitrógeno en el Desagüe de la Mina

Componente	Unidades	Caso Base			Caso Alto		
		Flujo Promedio	Flujo Bajo	Flujo Alto	Flujo Promedio	Flujo Bajo	Flujo Alto
Amoniaco (como N)	kg/día	3.39			5.09		
Nitrato (como N)	kg/día	3.39			5.09		

La calidad del agua para las liberaciones de agua intersticial de pasta de relaves en la mina se basó en las predicciones del modelo de concentraciones en el agua intersticial de relaves que salía de la planta, lo cual se describe con más detalle en la Sección 4.1.2 a continuación.

4.1.2 Escorrentía Superficial de No Contacto

La escorrentía del sitio de la planta de proceso y la terraza de la planta de pasta se consideran agua de contacto, ya que estos flujos podrían estar potencialmente expuestos a pequeñas cantidades de mineral o residuos de fugas o derrames. Sin embargo, se espera que estas fuentes potenciales contribuyan con una carga insignificante a la piscina de agua de contacto y a la piscina de la terraza de la planta de pasta según los procedimientos relacionados con la gestión de material estéril y la respuesta a derrames. Tampoco se espera que la escorrentía de la terraza de la planta de pasta y del sitio de la planta entre en contacto directo con el agua de la mina o el mineral almacenado, la roca estéril o los materiales de relaves. En consecuencia, a la escorrentía de la terraza del sitio de la planta de procesos y de la planta de pasta se le asignó calidad de agua de fondo, con base en las concentraciones promedio del muestreo de referencia aguas abajo del Proyecto (Tabla 4.1-3).

Tabla 4.1.3: Concentraciones de Fondo Asignadas a la Escorrentía de los Sitios de la Planta de Procesos y de la Planta de Pasta

Componente	Unidades	Concentración
Aluminio	mg/L	0.1
Amoniaco (as N)	mg/L	0.016
Antimonio	mg/L	0.00017
Arsénico	mg/L	0.001
Bario	mg/L	0.020
Berilio	mg/L	0.00011
Bismuto	mg/L	0.0025
Boro	mg/L	0.017
Cadmio	mg/L	0.000075
Calcio	mg/L	1.47
Cloruro	mg/L	0.19
Cromo	mg/L	0.00027
Cobalto	mg/L	0.00032
Cobre	mg/L	0.0019
Fluoruro	mg/L	0.061
Hierro	mg/L	0.41
Plomo	mg/L	0.0017
Litio	mg/L	0.0004
Magnesio	mg/L	0.39
Manganeso	mg/L	0.017
Componente	Unidades	Concentración
Mercurio	mg/L	0.000056
Molibdeno	mg/L	0.00019

Níquel	mg/L	0.00052
Nitrato (as N)	mg/L	0.026
Nitrito (as N)	mg/L	0.025
Fósforo	mg/L	0.07
Potasio	mg/L	0.39
Selenio	mg/L	0.00056
Sodio	mg/L	1.7
Estroncio	mg/L	0.026
Sulfato	mg/L	3.1
Talio	mg/L	0.00040
Uranio	mg/L	0.00008
Vanadio	mg/L	0.00019
Zinc	mg/L	0.025

4.1.3 Escorrentía del Acopio de Mineral

Se ubicará un acopio de mineral cerca de la planta de procesos el cual estará expuesto a lluvia. Se esperan condiciones oxidantes en el acopio de mineral y es probable que resulten en lixiviación con lluvia y escorrentía desde el acopio de mineral. Para estimar la carga hasta la escorrentía del acopio de mineral, se supuso una masa de acopio equivalente a siete días de capacidad nominal de procesamiento de mineral (es decir, 21,000 toneladas a 3,000 toneladas por día). Las velocidades de carga derivadas para relaves más gruesos (Sección 4.1.5) se aplicaron a esta masa de mineral, en ausencia de datos geoquímicos representativos para obtener entradas específicas del mineral, junto con la aplicación de factores de escala de 0.01 para aproximar las diferencias esperadas en el área de superficie expuesta por unidad de masa entre el mineral y los relaves y 0.1 para dar cuenta de la masa efectiva de mineral en el acopio expuesta a la infiltración de agua de la lluvia. Estos factores de escala son consistentes con los que se han aplicado a los acopios de roca estéril en otros proyectos, con base en el juicio profesional. La carga calculada se aplicó a la escorrentía de los acopios de mineral.

4.1.4 Contenido de Agua en la Alimentación del Mineral

El agua contenida en la alimentación de mineral a la planta agregará cargas constituyentes al agua del proceso. Dos fuentes de agua, el agua intersticial contenida en el propio mineral y el agua rociada sobre el mineral para controlar el polvo, están asociadas con la alimentación del mineral.

Se prevé que la calidad del agua intersticial del mineral sea consistente con las concentraciones de agua subterránea que ingresan a la mina. Como resultado, las concentraciones de agua subterránea pronosticadas (Sección 4.1.1) se aplicaron al contenido de agua intersticial del mineral.

Se espera que el agua rociada sobre la alimentación de mineral para controlar el polvo provenga de una fuente de agua superficial, como una piscina para la gestión de agua existente en el sitio, en lugar de una fuente de agua de contacto, como agua de mina o agua de proceso reciclada. En consecuencia, la calidad del agua de fondo (Sección 4.1.2) se aplicó al agua de control de polvo rociada sobre la alimentación de mineral.

4.1.5 Carga desde el Procesamiento de Mineral

Se prevé que el mineral procesado en la planta lixivie cargas constituyentes al agua de proceso. Las velocidades de carga de los relaves fueron usadas para calcular las cargas del mineral procesado en la planta, con base en una tasa de procesamiento de mineral nominal de 135.9 toneladas por hora (que produce relaves a una velocidad de 119.6 toneladas por hora) y un tiempo de exposición de procesamiento supuesto de tres horas (es decir, la duración supuesta entre la trituración del mineral y la recuperación de agua de los relaves).

Las velocidades de carga para relaves rougher y del circuito de limpieza se basan en valores de 10 semanas de datos de celdas de humedad proporcionados por NewFields (2018d). Los valores medianos se usaron para el Caso Base y el percentil 95 (o el percentil 5, para los cationes principales, para reflejar la disminución observada a lo largo del tiempo, generalmente correspondiente a un pH más bajo y concentraciones más altas de sulfato y metales en los datos de la celda de humedad) se usaron para un caso ácido, utilizado con las simulaciones de Caso Superior. Los valores se normalizaron a masa constituyente por unidad de masa de relaves por unidad de tiempo (es decir, mg/kg/semana) y se proporcionan en la Tabla 4.1-4.

Tabla 4.1-4: Velocidades de Carga para Relaves Rougher y del Circuito de Limpieza

Componente	Unidades	Relaves Rougher		Relaves del Circ. de Limpieza	
		Base Case	Caso Ácido	Caso Base	Caso Ácido
Aluminio	mg/kg/semana	4.2	18.1	2.6	6.5
Amoníaco (as N)	mg/kg/semana	0	0	0	0
Antimonio	mg/kg/semana	0.00083	0.00178	0.00028	0.00075
Arsénico	mg/kg/semana	0.013	0.025	0.0044	0.0052
Bario	mg/kg/semana	0.046	0.098	0.063	0.069
Berilio	mg/kg/semana	0.000074	0.000569	0.000083	0.000161
Bismuto	mg/kg/semana	0.0000073	0.0000189	0.0000032	0.0000057
Boro	mg/kg/semana	0.0044	0.0663	0.0023	0.0516
Cadmio	mg/kg/semana	0.022		0.027	0.050
Calcio	mg/kg/semana	0.32	0.07	4.6	3.1

Cloruro	mg/kg/semana	0.92	2.36	0.81	1.02
Cromo	mg/kg/semana	0.52	2.86	0.96	2.97
Cobalto	mg/kg/semana	0.119	1.285	0.255	0.403
Cobre	mg/kg/semana	2.4	8.8	1.2	3.5
Fluoruro	mg/kg/semana	0.03	0.15	0.12	0.22
Hierro	mg/kg/semana	48	169	24	67
Plomo	mg/kg/semana	2.27	4.29	0.12	0.43
Litio	mg/kg/semana	0.0019	0.0136	0.00157	0.00251
Magnesio	mg/kg/semana	0.029	0.010	0.114	0.046
Manganeso	mg/kg/semana	0.13	7.75	0.51	1.26
Mercurio	mg/kg/semana	0.0000046	0.000049	0.0000045	0.000028
Molibdeno	mg/kg/semana	0.00022	0.00818	0.000041	0.00142
Níquel	mg/kg/semana	0.067	1.19	0.48	0.77
Nitrato (como N)	mg/kg/semana	0.028	0.040	0.027	0.028
Nitrito (como N)	mg/kg/semana	0.014	0.015	0.014	0.014
Fósforo	mg/kg/semana	0.011	0.153	0.0044	0.022
Potasio	mg/kg/semana	0.050	0.012	0.011	0.0025
Selenio	mg/kg/semana	0.0039	0.0071	0.00071	0.0010
Sodio	mg/kg/semana	0.060	0.014	0.133	0.018
Estroncio	mg/kg/semana	0.011	0.097	0.0099	0.042
Sulfato	mg/kg/semana	260	441	100	266
Talio	mg/kg/semana	0.052	0.305	0.006	0.046
Uranio	mg/kg/semana	0.0041	0.0242	0.0032	0.0071
Vanadio	mg/kg/semana	0.00014	0.00243	0.000018	0.00012
Zinc	mg/kg/semana	3.0	14.1	1.8	3.5

Se prevé que los relaves rougher y del circuito de limpieza compongan el 89% y el 11% de los sólidos de los relaves, respectivamente (E. Jonker, com. pers.). Las velocidades de carga de los tipos de relaves respectivos se aplicaron proporcionalmente a las 707.7 toneladas estimadas de mineral procesado (es decir, tres horas a 135.9 toneladas por hora) para calcular la carga desde el procesamiento del mineral hasta el agua que circula en la planta de procesos.

4.1.6 Flujos del Depósito de Relaves Filtrados

Los relaves filtrados o en pasta de las corrientes de relaves del circuito de flotación rougher (89%) y del circuito de limpieza (11%) se depositarán sub-aéreamente en la relavera. Las velocidades de carga de los relaves fueron desarrolladas asumiendo que los 10 cm superiores de los relaves expuestos serían sub-aéreos y, por lo tanto, habría oxígeno disponible para impulsar la oxidación del sulfuro.

Esto se estimó en 46,215 toneladas según el espacio ocupado por la relavera y la información de densidad de los relaves proporcionada por NewFields (2018c).

Se asumió que el diez por ciento de la huella/espacio de relaves estaba cubierta por estancamiento de aguas pluviales (NewFields 2018c) y se asumió que los relaves saturados o sumergidos no aportaban carga adicional. Estos valores representan aproximadamente el 0.9 por ciento de la masa total de relaves en la relavera al final de la vida útil de la mina. La carga de componentes de relaves de la relavera, calculada a partir de la velocidad de carga de relaves (descrita en la Sección 3.1.5) y la masa de relaves óxicos en la relavera, fue aplicada a la escorrentía de la relavera. Se asumió el desarrollo de condiciones ácidas durante las operaciones, y se esperaba continuar con el tratamiento del agua después del cierre de la relavera. La cubierta del cierre de la relavera incluirá un revestimiento de polietileno impermeable para evitar la filtración en los relaves después del cierre, lo que se espera que limite la duración de los flujos de subdrenaje y los requerimientos de tratamiento.

Las concentraciones máximas de los resultados de las pruebas de celdas de humedad en relaves de los circuitos de limpieza y rougher se usaron como un análogo para los límites de solubilidad en la escorrentía de la relavera. Las muestras de relaves mostraron una fuerte acidez y lixiviación de metales en las pruebas de celdas de humedad, pero el cronograma previsto para que se desarrolle la acidez en la capa de relaves óxicos es incierto. Esto se hizo para limitar las concentraciones pronosticadas en la escorrentía de la relavera debido a la incertidumbre con respecto a la capacidad amortiguadora residual en el agua intersticial de los relaves debido a las adiciones de reactivos de la planta de procesos y la posible aplicación de cal durante la producción o eliminación de relaves para mitigar el drenaje ácido. Las concentraciones de celdas de humedad observadas utilizadas como límites de solubilidad son resumidas en la Tabla 4.1-5.

Tabla 4.1-5: Límites de Solubilidad Aplicados a la Escorrentía de Relaves

Componente	Unidades	Escorrentía de la Relavera
Aluminio	mg/L	27
Amoniaco (as N)	mg/L	0
Antimonio	mg/L	0.0021
Arsénico	mg/L	0.0351
Bario	mg/L	0.134
Berilio	mg/L	0.00103
Bismuto	mg/L	0.000029
Boro	mg/L	0.101
Cadmio	mg/L	0.543
Calcio	mg/L	1 14
Cloruro	mg/L	4.1
Cromo	mg/L	4.87
Cobalto	mg/L	2.23

Cobre	mg/L	12.8
Fluoruro	mg/L	0.26
Hierro	mg/L	276
Plomo	mg/L	5.5
Litio	mg/L	0.0239
Magnesio	mg/L	2.13
Manganeso	mg/L	15.7
Mercurio	mg/L	0.00008
Molibdeno	mg/L	0.0124
Níquel	mg/L	2.24
Nitrato (como N)	mg/L	0.06
Nitrito (como N)	mg/L	0.015
Fósforo	mg/L	0.264
Potasio	mg/L	6.68
Selenio	mg/L	0.0103
Sodio	mg/L	8.76
Estroncio	mg/L	0.169
Sulfato	mg/L	690
Talio	mg/L	0.407
Uranio	mg/L	0.0383
Vanadio	mg/L	0.00503
Zinc	mg/L	20.9

Se aplicaron concentraciones modeladas en el agua de proceso que sale de la planta con relaves (es decir, agua intersticial de relaves), que representan las fuentes de carga afluentes a la planta de procesos y las cargas del procesamiento del mineral, a la consolidación de relaves y los flujos de filtración en la relavera. Es probable que los flujos que llegan al sistema de subdrenaje de la relavera se parezcan al agua del proceso durante un período prolongado, mientras que la infiltración percolará hacia abajo y desplaza el agua intersticial depositada con los relaves.

4.2 Resultados

Se identificaron objetivos de tratamiento de agua para el estudio de factibilidad con base en la expectativa de que se establecerán los criterios de calidad de efluentes permitidos para cumplir con los criterios ecuatorianos para el uso de agua potable y agua de riego, o para las condiciones aguas abajo existentes en el ambiente receptor donde las concentraciones descendentes promedio exceden los estándares ecuatorianos.

Las predicciones del modelo de calidad del agua para los flujos afluentes a la PTAR son presentados en la Tabla 4.2-1. Las predicciones para la Piscina de Agua de Contacto, la escorrentía de la relavera y de la Piscina de Recolección de Subdrenaje también se proporcionan con las concentraciones de afluentes de la PTAR en el Apéndice B.

Los resultados del modelo indican que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, molibdeno, níquel y zinc en el afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales requerirán tratamiento antes de su liberación al medio ambiente receptor para cumplir con los criterios ecuatorianos de descargas o los criterios para el uso de agua potable y agua de riego aguas abajo, o el percentil 95 de las concentraciones observadas donde las concentraciones promedio del ambiente receptor exceden estos estándares del ambiente receptor.

Tabla 4.2-1: Calidad Prevista del Afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Diseño del Depósito de Relaves Filtrados

Flujos		Promedio		1 en 10 Año Seco		1 en 10 Año Lluvioso	
		Base	Mayor (Alto)	Base	Alto	Base	Alto
[Al]	mg/L	12.7	13.9	10.5	12.0	12.7	14.9
[As]	mg/L	0.024	0,028	0.024	0.029	0.024	0.028
[B]	mg/L	0.027	0.058	0.035	0.052	0.023	0.062
[Ba]	mg/L	0.148	0.163	0.163	0.183	0.140	0.152
[Be]	mg/L	0.00040	0.00060	0.00050	0.00054	0.00032	0,00063
[Bi]	mg/L	0.0062	0.0062	0.0081	0.0081	0.0052	0.0052
[Ca]	mg/L	13.2	15.4	17.5	20.3	10.9	12.7
[Cd]	mg/L	0.080	0235	0.107	0.183	0.065	0.264
[Cl]	mg/L	16.6	28.6	21.1	36.9	14.2	24.0
[Co]	mg/L	0.48	0.97	0.65	0.75	0.40	1.08
[Cr]	mg/L	2.05	2.12	1.63	1.66	1.68	2.38
[Cu]	mg/L	5.52	5.55	4.28	4.33	6.19	6.22
[F]	mg/L	0.16	0.17	0.15	0.16	0.16	0.18
[Fe]	mg/L	124.0	128.8	99.6	106.5	137.2	140.4

[Hg]	mg/L	0.000070	0.000103	0.000090	0.000114	0.000060	0.000097
[K]	mg/L	1.09	1.44	1.42	1.88	0.91	1.20
[Li]	mg/L	0.013	0.021	0.017	0.023	0.011	0.021
[Mg]	mg/L	1.44	1.68	1.88	2.20	1.19	1.39
[Mn]	mg/L	0.90	7.12	121	5.73	0.73	7.86
[Mo]	mg/L	0.005	0.013	0.007	0.015	0.004	0.012
[NH ₃]	mg/L	1.39	2.07	1.84	2.74	1.14	1.70
[NO ₂]	mg/L	0.033	0.040	0.038	0.048	0.030	0.036
[NO ₃]	mg/L	1.01	1.49	1.32	1.96	0.84	1.23
[Na]	mg/L	15.1	26.0	19.9	34.4	12.5	21.4
[Ni]	mg/L	0.41	0.97	0.55	0.76	0.34	1.09
[P]	mg/L	0.08	0.17	0.10	0.16	0.07	0.17
[Pb]	mg/L	2.4	2.4	1.9	1.9	2.7	2.7
[SO ₄]	mg/L	331	359	277	315	360	382
[Sb]	mg/L	0.0032	0.0033	0.0041	0.0042	0.0026	0.0026
[Se]	mg/L	0.0074	0.0075	0.0077	0.0078	0.0070	0.0071
[Sr]	mg/L	0.128	0.199	0.168	0.222	0.106	0.187
[T]	mg/L	0.170	0.177	0.136	0.138	0.139	0.198
[U]	mg/L	0.015	0.017	0.013	0.013	0.012	0.019
[V]	mg/L	0.00057	0.00233	0.00075	0.00188	0.00047	0.00257
[Zn]	mg/L	9.0	9.1	7.0	7.2	8.5	10.2

Las predicciones del modelo muestran que la escorrentía de la relavera es la "más sucia" para la mayoría de los componentes, excepto amoníaco, nitrato, antimonio, bario, mercurio, molibdeno y estroncio en la Piscina de Agua de Contacto debido a la carga del exceso de agua de la mina. Si las concentraciones en la escorrentía de la relavera resultan ser más altas que en el agua de la mina diluida en la Piscina de Agua de Contacto durante las operaciones, puede ser apropiado desviar más agua de la mina a la Piscina de Agua de Contacto para su tratamiento a favor de reciclar una parte de la escorrentía de la relavera en la planta de procesos a fin de reducir las concentraciones del afluente de la Planta de Tratamiento de Agua.

5. INCERTIDUMBRE Y LIMITACIONES

Los resultados del balance hídrico están basados en un panorama de un solo proyecto cerca del final de las operaciones utilizando tres casos de flujo/caudal anual. Aunque el rango en los resultados del flujo anual entre condiciones lluviosas y secas proporciona una indicación de la posible variabilidad en las tasas de flujo de entrada de la PTAR cerca del final de las operaciones, no toman en cuenta la variabilidad estacional en la precipitación y es posible que no capturen adecuadamente los rangos estacionales en los flujos. El modelo tampoco brinda un contexto para el balance hídrico durante las primeras etapas de las operaciones, ni para las condiciones de cierre y posteriores al cierre.

El balance hídrico del proceso es insensible a las condiciones climáticas, ya que incluye solo la escorrentía de la pequeña piscina de la planta de pasta, pero es sensible a la variabilidad en las velocidades de desagüe de la mina y los supuestos de eficacia de desagüe de relaves. Si el desagüe de los relaves produce un contenido inicial promedio de agua intersticial de los relaves superior al 27.6% en masa, la planta de procesos puede requerir extracciones de agua de reposición de la piscina de agua de contacto.

Las concentraciones pronosticadas para algunos componentes en la escorrentía de la relavera se limitaron a la concentración máxima observada en los datos preliminares de los ensayos de celda de humedad, la cual se utilizó en el modelo como un análogo de los límites de solubilidad geoquímica. No obstante, el uso de tales datos de esta manera puede no ser apropiado para todos los componentes, ya que no representa realmente los procesos geoquímicos y podría resultar en una predicción que subdimensiona las concentraciones de afluentes de la PTAR para algunos componentes.

Las muestras de relaves rougher y del circuito de limpieza mostraron una fuerte acidez y lixiviación de metales en los ensayos de celdas de humedad, pero se espera que la corriente de relaves se mantenga en un nivel circum-neutral y no se sabe con certeza cuál es el cronograma esperado para que se desarrolle la acidez en la capa de relaves óxicos. Las muestras de relaves se secaron en horno y se mantuvieron durante un período no especificado antes de la realización del ensayo y es posible que no reflejen las condiciones previstas en la relavera. Además, es posible que la acidez y la lixiviación de metales no ocurran en la medida representada por las pruebas de celda de humedad debido a la capacidad de amortiguación residual en el agua intersticial de los relaves debido a las adiciones de reactivos de la planta de procesos.

Si hay evidencia de desarrollo de acidez en la capa de relaves óxicos durante las operaciones, se podría emplear la aplicación de cal durante la producción o reubicación de relaves como una medida de gestión adaptativa para mitigar el drenaje ácido a largo plazo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados del modelo de balance hídrico en todo el sitio muestran un excedente neto de agua para el sitio de Loma Larga, incluidas las velocidades de desagüe de la mina que exceden los requisitos de la planta de procesos para todos los escenarios modelados, y pronosticaron un rango de tasas de entrada de la PTAR anualmente. El modelo de calidad del agua identificó que los componentes aluminio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, molibdeno, níquel y zinc en los afluentes de la PTAR requerirán tratamiento antes de su liberación al medio ambiente receptor.

El balance hídrico y el modelo de calidad realizado para el estudio de factibilidad se consideran suficientes para respaldar el desarrollo de estimaciones preliminares de costos para el tratamiento del agua durante las operaciones. Sin embargo, el modelaje es limitado, representa un panorama estático único en la acumulación máxima, con tres casos de flujo anual y dos casos de carga geoquímica basados en datos de caracterización preliminares, y probablemente no sea suficiente para respaldar el diseño detallado de la planta de tratamiento de agua. Los riesgos para las conclusiones del estudio de factibilidad incluyen una posible subestimación de la variabilidad en los flujos de agua de contacto durante las operaciones y una predicción excesiva o insuficiente del influente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. La falta de predicciones cuantitativas de caudal y calidad para las condiciones de cierre y posteriores al cierre también presenta un riesgo para estimar los costos asociados con el posible tratamiento del agua después del cierre de la relavera.

Las predicciones de modelos de balance hídrico y de la calidad del agua basadas en información preliminar de caracterización geoquímica indican potencial para el desarrollo de filtraciones ácidas y lixiviación de metales asociada con la relavera. Esto presenta un riesgo potencial para las operaciones del proyecto y el desmantelamiento en términos de costos de tratamiento de agua. No obstante, existe incertidumbre con respecto al período de desarrollo de condiciones ácidas y si existe o no la posibilidad de que esto ocurra antes de que se cierre la relavera.

Para facilitar la predicción y evaluación de las concentraciones ambientales receptoras en apoyo de las evaluaciones ambientales del Proyecto, se recomienda que el modelo de balance hídrico de todo el sitio sea actualizado para representar las condiciones mensualmente a lo largo de la vida útil de la mina y hasta su cierre. Estas actualizaciones incluirían la revisión de las entradas del modelo con resultados más completos de las pruebas de caracterización geoquímica o el agua de proceso de la planta piloto, si está disponible, y la incorporación del diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y su rendimiento esperado.

7. REFERENCIAS

- Días, P. (2018). RE: Loma Larga – Estudio de Factibilidad, Reunión de seguimiento. Comunicación vía correo electrónico con fecha de 16 de Mayo, 2018.
- DRA (2018). Estudio de Factibilidad para el Proyecto Minero Loma Larga. Preparado para INV Metals por DRA Global.
- Itasca (2018a). *Simulations of Groundwater Flow Conditions for the Loma Larga Project* (Simulaciones de Condiciones de Flujo de Agua Subterránea para el Proyecto Loma Larga). Preparado para INV Metals Inc. por Itasca Denver, Inc., Abril, 2018.
- Itasca (2018b). *Ramp Inflow Assessment for the Loma Larga Project* (Evaluación del flujo entrante para la rampa del proyecto Loma Larga). Memorándum Técnico preparado para INV Metals Inc. por Itasca Denver, Inc., Marzo 2018.
- Jonker, E. (2018). FW: Transmisión J01834-TRN-026 - Flujograma de Procesos: Para Revisión del Cliente. Comunicación vía correo electrónico con fecha de 29 de Junio, 2018.
- NewFields (2018a). Memorándum Técnico para INV Metals, *Draft Climate Analysis, Loma Larga Project* (Borrador de Análisis Climático, Proyecto Loma Larga), Provincia de Azuay, Ecuador, con fecha de 24 de Abril.
- NewFields (2018b). Memorándum Técnico para INV Metals, *Additional Climate Analysis* (Análisis climático adicional), Proyecto Loma Larga, Provincia de Azuay, Ecuador, con fecha de 12 de Junio.
- NewFields (2018c). Memorándum Técnico para INV Metals, *Draft Water Balance - Filtered Tailings Storage Facility* (Borrador del Balance Hídrico- Deposito de Relaves Filtrados) (Revisión A), Proyecto Loma Larga, Provincia de Azuay, Ecuador, con fecha de 2 de Agosto.
- NewFields (2018d). Memorándum Técnico para INV Metals, *Interim Results for the Geochemical Characterization of Flotation Tailings* (Resultados Interinos para la Caracterización Geoquímica de Relaves de Flotación), Proyecto Loma Larga, Provincia de Azuay, Ecuador, con fecha de 17 de Mayo.

APÉNDICE A

ENTRADAS Y RESULTADOS DEL MODELO PARA EL DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EN PASTA

Apéndice A: Entradas y Resultados del Modelo para el Diseño del Depósito de Relaves en Pasta

INTRODUCCIÓN

El propósito de este apéndice es presentar entradas y resultados para el modelo de balance hídrico del sitio del Proyecto Minero Loma Larga, configurado para un diseño del depósito de relaves filtrados (relavera) basado en relaves en pasta. Los datos presentados en este documento son específicos para el balance hídrico del depósito de relaves en pasta únicamente; otras entradas y suposiciones del modelo no cambian con respecto a las presentadas en el informe de modelaje de agua para el Proyecto.

ENTRADAS DEL BALANCE HÍDRICO, DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EN PASTA

Las entradas de flujo al modelo de balance hídrico en todo el sitio que son específicas para el diseño del depósito de relaves en pasta se basan en el balance de agua derivado para la configuración del diseño (NewFields 2018e). Este balance hídrico está basado a su vez en la huella/espacio ocupado del diseño de la instalación, las propiedades de los relaves en pasta y la información climática de las estaciones de monitoreo en el sitio del Proyecto.

Flujos de la Planta de Procesos

El balance hídrico de la planta de procesos difiere entre los diseños de los depósitos de relaves filtrados y de pasta, ya que el contenido inicial de agua intersticial de los relaves es más alto para el diseño de la relavera de pasta (es decir, 25% en relación con 15% para relaves filtrados). El mayor contenido inicial de agua intersticial reduce la cantidad de agua reciclada de vuelta a la planta y aumenta la demanda de agua residual de la planta de procesos. Los flujos de la planta de procesos asociados con el diseño de la relavera de pasta son presentados en la Tabla A-1.

Tabla A-1: Flujos Salientes, Demanda y Flujos Entrantes de la Planta de Procesos para el Diseño del Depósito de Relaves en Pasta

Componentes del Flujo	Corrientes de la Planta de Procesos	Flujos de la Planta de Procesos (m ³ /hora)
Flujos salientes de la planta de procesos	Corriente de relaves después del espesamiento inicial	119.6
	Agua arrastrada en los concentrados	1.94
	Flujo saliente total (demanda de la planta)	121.54
	Contenido de agua intersticial en la alimentación de mineral	4.2

Flujos entrantes y flujos de retorno directos a la planta de proceso	Agua rociada para el polvo en la alimentación de mineral	3.8
	Agua de retorno en la Planta de Pasta	39.87
	Agua de retorno en la presa de espesamiento de relaves	39.87
	Flujo entrante total al sitio de la planta	87.74
Flujo saliente neto	Demanda residual	33.8

Flujos de la Relavera

El balance hídrico de la relavera difiere entre los diseños de los depósitos de relaves de pasta y los filtrados, ya que los relaves de pasta tienen un contenido de agua inicial más alto y requieren una huella/espacio más grande (es decir, 400,000 m² en relación a 325,000 m² para relaves filtrados). El balance hídrico en condiciones de lluvia promedio para el diseño del depósito de relaves en pasta (NewFields 2018e) se derivó de manera similar a la descrita para el diseño del depósito de relaves filtrados. Los supuestos con respecto al área de la piscina de aguas pluviales, el volumen de almacenamiento, la configuración de la piscina de recolección de subdrenaje y los supuestos de conductividad hidráulica de relaves son los mismos para los dos diseños de relaveras.

Se usó el balance hídrico de la relavera preparado por NewFields (2018e) para condiciones de lluvia promedio para calcular los balances hídricos para condiciones de lluvia húmeda y seca de 1 en 10 años, con base en el supuesto de que la evaporación, la consolidación de relaves y las tasas de filtración no cambiarían. El balance hídrico de la relavera está resumido en la Tabla A-2. Los componentes del balance hídrico y los valores en negrita se usaron como entradas para el modelo de balance hídrico de todo el sitio.

Tabla A-2: Balance Hídrico Anual del Depósito de Relaves en Pasta (m³/año)

Componente del Balance Hídrico	Sub-Componentes del Balance Hídrico	Condiciones Promedio	1 en 10 Año seco	1 en 10 Año Lluvioso	1 en 25 Año Lluvioso	1 en 50 Año Lluvioso
Entradas a la Relavera	Agua en relaves depositados	134,931	134,931	134,931	134,931	134,931
	Precipitación directa	650,000	500,000	784,000	884,000	956,000
	Total de agua adentro	784,931	634,931	918,931		
Salidas de la Relavera	Evaporación de la Piscina de Aguas Pluviales	33,800	33,800	33,800	33,800	33,800
	Evaporación de relaves superficiales	212,940	212,940	212,940	212,940	212,940

	Escorrentía a la Piscina de Aguas Pluviales	350,006	200,006	484,006		
	Flujos de consolidación de relaves	50,454	50,454	50,454	50,454	50,454
	Filtraciones a través de los relaves	50,454	50,454	50,454	50,454	50,454
	Total de Agua Saliente	697,664	574,664	831,664		
Cambio en el Almacenamiento de Agua de la Relavera	Agua arrastrada en los relaves	87,266	87,266	87,266	87,266	87,266
Flujos Entrantes a la Piscina de Recolección de Subdrenaje	Flujo total al drenaje subterráneo	100,908	100,908	100,908	100,908	100,908
	Precipitación neta en la Piscina de Recolección	7,956	4,131	11,373	13,923	15,759
	Total de Flujos a la Piscina de Recolección	108,864	105,039	112,281	114,831	116,759

Nota: El flujo total al sistema de subdrenaje incluye la consolidación de relaves y las filtraciones a través de los relaves. Los componentes del balance hídrico y los valores en negrita se usaron como entradas para el modelo de balance hídrico de todo el sitio.

RESULTADOS DEL BALANCE HÍDRICO, DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EN PASTA

De manera similar a los resultados del diseño del depósito relaves filtrados, el Proyecto tiene un excedente neto anual de agua para todas las condiciones climáticas modeladas, y no se requirieron extracciones desde la Piscina de Agua de Contacto hasta la planta de procesos en ninguno de los escenarios modelados. Los volúmenes anuales previstos de agua que se reportan a las piscinas del sitio del Proyecto y a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales están resumidos en la Tabla A-3 para un año de precipitación promedio y para condiciones lluviosas y secas de uno de cada diez años. Los flujos que llegan a la Piscina de Agua de Contacto son más bajos para el diseño del depósito de relaves en pasta en relación con el diseño del depósito de relaves filtrados debido a una menor recuperación de agua de la filtración de relaves, lo que da como resultado una mayor demanda de la planta de procesamiento residual y una menor desviación de los flujos de desagüe de la mina a la Piscina de Agua de Contacto.

**Tabla A-3: Volúmenes Anuales de Agua de Contacto que Requieren Tratamiento (Mm³/ año),
Diseño del Depósito de Relaves en Pasta**

Ubicación de Agua Superficial	Condiciones Promedio	1 en 10 Año seco	1 en 10 Año Lluvioso	1 en 25 Año Lluvioso	1 en 50 Año Lluvioso
Piscina de Agua de Contacto	0.231	0.188	0.270	0.299	0.319
Piscina de Aguas Pluviales de la Relavera	0.350	0.200	0.484	0.584	0.656
Piscina de Recolección de la Relavera	0.109	0.105	0.112	0.115	
Total a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	0.690	0.493	0.866	0.998	1.092

Nota: Los flujos hacia la Piscina de Agua de Contacto incluyen el agua bombeada de la Piscina de Acopio de Mineral y el agua de la mina en exceso de la demanda de la planta de procesos.

El desvío de agua de la mina a la Piscina de Agua de Contacto no es sensible a las condiciones climáticas, en una base anual promedio, debido a la pequeña área de captación de la Piscina de la Planta de Pasta. Para las entradas de agua subterránea promedio, los flujos del desagüe de la mina fueron desviados a la Piscina de Agua de Contacto a una velocidad de aproximadamente 53,540 m³/año para el diseño del depósito de relaves en pasta. Es posible que se requieran extracciones de agua de la Piscina de Agua de Contacto si las entradas de agua subterránea disminuyen por debajo de 9.4 L/s.

Los flujos asociados con la relavera son más altos para la configuración de relaves en pasta que para la configuración de relaves filtrados, principalmente debido a la huella/espacio más grande para el diseño de relaves en pasta, lo que resulta en más escorrentía y filtraciones, y en parte debido al mayor contenido inicial de agua en los relaves y flujos de consolidación.

RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA, DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EN PASTA

Las predicciones del modelo de calidad del agua para los flujos que ingresan a la PTAR son presentados en la Tabla A-4 para el caso de diseño del depósito de relaves en pasta, para condiciones promedio y 1 en 10 años en condiciones lluviosas y secas. Los resultados del modelo indican que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, molibdeno, níquel, selenio, sulfato y zinc en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales son mayores que los objetivos de calidad del efluente preliminares presentados en la Sección 12.3. 1.1 del Estudio de Factibilidad del Proyecto (DRA 2018).

**Tabla A-4: Calidad Prevista del Afluyente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales,
Diseño del Depósito de Relaves en Pasta**

Flujos		Promedio		1 en 10 Año Seco		1 en 10 Año Lluvioso	
		Base	Alta	Base	Alta	Base	Alta
[Al]	mg/L	14.7	15.8	12.4	13.9	13.8	16.8
[As]	mg/L	0.026	0.030	0.026	0.031	0.026	0.029
[B]	mg/L	0.028	0.065	0.038	0.060	0.023	0.068
[Ba]	mg/L	0.149	0.162	0.166	0.184	0.140	0.151
[Be]	mg/L	0.00042	0.00066	0.00057	0.00061	0.00034	0.00069
[Bi]	mg/L	0.0056	0.0056	0.0076	0.0076	0.0046	0.0046
[Ca]	mg/L	12.4	14.0	17.3	19.4	10.0	11.2
[Cd]	mg/L	0.091	0.279	0.127	0.225	0.072	0.306
[Cl]	mg/L	15.2	25.8	20.0	34.8	12.8	21.3
[Co]	mg/L	0.55	1.15	0.77	0.93	0.44	1.26
[Cr]	mg/L	2.32	2.51	1.99	2.04	1.85	2.76
[Cu]	mg/L	6.52	6.58	5.23	5.32	7.17	7.22
[F]	mg/L	0.18	0.19	0.16	0.18	0.16	0.19
[Fe]	mg/L	145.0	149.8	119.5	126.8	153.0	162.1
[Hg]	mg/L	0.00007	0.00010	0.00009	0.00012	0.00006	0.00010
[K]	mg/L	1.01	1.29	1.39	1.77	0.82	1.05
[Li]	mg/L	0.013	0.022	0.018	0.023	0.011	0.021
[Mg]	mg/L	1.31	1.51	1.81	2.08	1.06	1.22
[Mn]	mg/L	0.95	8.33	1.35	6.90	0.76	9.06
[Mo]	mg/L	0.005	0.013	0.006	0.015	0.004	0.013
[NH ₃]	mg/L	1.20	1.79	1.67	2.49	0.96	1.43
[N ₂ O]	mg/L	0.032	0.038	0.038	0.047	0.029	0.034
[NO ₃]	mg/L	0.87	1.28	1.20	1.77	0.71	1.04
[Na]	mg/L	13.4	23.0	18.7	32.0	10.8	18.5
[Ni]	mg/L	0.47	1.15	0.65	0.93	0.37	1.26
[P]	mg/L	0.08	0.18	0.11	0.17	0.07	0.19
[Pb]	mg/L	2.8	2.8	2.3	2.3	3.1	3.1
[SO ₄]	mg/L	381.9	407.6	325.6	362.8	411.2	431.8
[Sb]	mg/L	0.0031	0.0032	0.0040	0.0041	0.0028	0.0029
[Se]	mg/L	0.0078	0.0080	0.0082	0.0084	0.0079	0.0080
[Sr]	mg/L	0.12	0.20	0.17	0.22	0.10	0.19
[Ti]	mg/L	0.19	0.21	0.17	0.17	0.15	0.23
[U]	mg/L	0.017	0.020	0.016	0.016	0.013	0.022
[V]	mg/L	0.0006	0.0027	0.0009	0.0023	0.0005	0.0029
[Zn]	mg/L	10.7	10.8	8.6	8.8	9.4	11.9

REFERENCIAS

- DRA (2018). Estudio de Factibilidad para el Proyecto Minero Loma Larga. Preparado para INV Metals por DRA Global.
- NewFields. 2018e. Memorándum Técnico para INV Metals, *Revised TSF Water Balance - Paste Tailings Storage Facility* (Balance Hídrico Revisado de la Relavera – Deposito de Relaves en Pasta) (Revisión B), Proyecto Loma Larga, Provincia de Azuay, Ecuador, con fecha de 26 de Julio.

APÉNDICE B: PREDICCIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SITIO

Appendix B: Site Water Quality Predictions

Location	Contact Water Pond						TSF Collection Pond												
	Average			1 in 10 year Dry			1 in 10 year Wet			Average			1 in 10 year Dry			1 in 10 year Wet			
	Base	Upper		Base	Upper		Base	Upper		Base	Upper		Base	Upper		Base	Upper		
Flows																			
Loading Case																			
[Al]	mg/l	2.0	4.0	2.3	4.6	1.8	3.6	1.8	3.8	1.8	3.8	1.8	3.8	1.9	4.0	1.7	3.6	1.7	3.6
[As]	mg/l	0.0165	0.0242	0.0191	0.0279	0.0146	0.0217	0.014	0.020	0.014	0.020	0.014	0.020	0.015	0.022	0.013	0.019	0.013	0.019
[B]	mg/l	0.0223	0.0278	0.0236	0.0299	0.0215	0.0263	0.014	0.021	0.014	0.021	0.014	0.021	0.015	0.022	0.014	0.020	0.014	0.020
[Ba]	mg/l	0.165	0.191	0.187	0.218	0.149	0.173	0.1312	0.1543	0.1312	0.1543	0.1312	0.1543	0.1392	0.1637	0.1247	0.1467	0.1247	0.1467
[Be]	mg/l	0.00023	0.00028	0.00026	0.00031	0.00021	0.00026	0.00016	0.00022	0.00016	0.00022	0.00016	0.00022	0.00018	0.00024	0.00015	0.00021	0.00015	0.00021
[Bi]	mg/l	0.0114	0.0114	0.0129	0.0129	0.0105	0.0105	0.0087	0.0087	0.0087	0.0087	0.0087	0.0087	0.0092	0.0092	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083
[Ca]	mg/l	18.89	25.34	21.57	29.03	17.05	22.8	15.1	20.3	15.1	20.3	15.1	20.3	16.0	21.6	14.3	19.3	14.3	19.3
[Cd]	mg/l	0.00033	0.00152	0.00039	0.00177	0.00028	0.00134	0.0010	0.0119	0.0010	0.0119	0.0010	0.0119	0.0011	0.0126	0.0010	0.0113	0.0010	0.0113
[Cl]	mg/l	27.02	48.74	31.10	56.11	24.23	43.69	22.0	39.8	22.0	39.8	22.0	39.8	23.4	42.2	20.9	37.8	20.9	37.8
[Co]	mg/l	0.003	0.009	0.003	0.011	0.003	0.008	0.007	0.048	0.007	0.048	0.007	0.048	0.007	0.051	0.007	0.046	0.007	0.046
[Cr]	mg/l	0.015	0.035	0.017	0.041	0.013	0.032	0.032	0.128	0.032	0.128	0.032	0.128	0.033	0.136	0.030	0.122	0.030	0.122
[Cu]	mg/l	0.013	0.037	0.015	0.043	0.012	0.033	0.089	0.311	0.089	0.311	0.089	0.311	0.094	0.329	0.085	0.297	0.085	0.297
[F]	mg/l	0.092	0.108	0.099	0.117	0.088	0.102	0.061	0.079	0.061	0.079	0.061	0.079	0.065	0.083	0.058	0.075	0.058	0.075
[Fe]	mg/l	9.55	17.45	11.85	21.91	7.43	13.27	9.3	19.6	9.3	19.6	9.3	19.6	10.5	22.1	7.8	16.5	7.8	16.5
[Hg]	mg/l	0.000101	0.000127	0.000109	0.000139	0.000095	0.000119	0.000068	0.000091	0.000068	0.000091	0.000068	0.000091	0.000072	0.000097	0.000065	0.000087	0.000065	0.000087
[K]	mg/l	1.70	2.56	1.91	2.90	1.55	2.33	1.29	1.99	1.29	1.99	1.29	1.99	1.37	2.11	1.23	1.89	1.23	1.89
[Li]	mg/l	0.012	0.020	0.013	0.023	0.011	0.018	0.010	0.017	0.010	0.017	0.010	0.017	0.010	0.018	0.009	0.016	0.009	0.016
[Mg]	mg/l	2.38	2.98	2.69	3.38	2.16	2.70	1.84	2.33	1.84	2.33	1.84	2.33	1.95	2.47	1.75	2.22	1.75	2.22
[Mn]	mg/l	0.503	0.623	0.598	0.747	0.426	0.519	0.412	0.75	0.412	0.75	0.412	0.75	0.4526	0.81	0.3688	0.67	0.3688	0.67
[Mo]	mg/l	0.0077	0.0142	0.0088	0.0164	0.0069	0.0128	0.006	0.012	0.006	0.012	0.006	0.012	0.007	0.013	0.006	0.011	0.006	0.011
[NH ₃]	mg/l	2.56	3.82	2.94	4.40	2.29	3.42	1.89	2.82	1.89	2.82	1.89	2.82	2.00	2.99	1.79	2.68	1.79	2.68
[NO ₂]	mg/l	0.049	0.062	0.053	0.068	0.046	0.058	0.034	0.045	0.034	0.045	0.034	0.045	0.036	0.048	0.033	0.043	0.033	0.043
[NO ₃]	mg/l	1.83	2.72	2.10	3.13	1.64	2.44	1.29	1.92	1.29	1.92	1.29	1.92	1.37	2.04	1.22	1.82	1.22	1.82
[Na]	mg/l	27.1	47.2	31.0	54.2	24.4	42.5	21.7	38.1	21.7	38.1	21.7	38.1	23.0	40.4	20.6	36.2	20.6	36.2
[Ni]	mg/l	0.0016	0.0071	0.0018	0.0084	0.0014	0.0062	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
[P]	mg/l	0.077	0.101	0.080	0.108	0.075	0.097	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
[Pb]	mg/l	0.013	0.026	0.015	0.030	0.012	0.022	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
[SO ₄]	mg/l	61.31	111.1	72.34	131.8	52.48	94.39	57.56	104.4	57.56	104.4	57.56	104.4	62.6	113.8	52.4	94.6	52.4	94.6
[Sb]	mg/l	0.0042	0.0043	0.0054	0.0055	0.0031	0.0031	0.0034	0.0035	0.0034	0.0035	0.0034	0.0035	0.0040	0.0041	0.0026	0.0027	0.0026	0.0027
[Se]	mg/l	0.0053	0.0056	0.0067	0.0069	0.0040	0.0043	0.0043	0.0046	0.0043	0.0046	0.0043	0.0046	0.0050	0.0054	0.0034	0.0037	0.0034	0.0037
[Sr]	mg/l	0.162	0.230	0.183	0.262	0.147	0.209	0.126	0.185	0.126	0.185	0.126	0.185	0.134	0.196	0.120	0.175	0.120	0.175
[Tl]	mg/l	0.0004	0.0013	0.0004	0.0015	0.0004	0.0012	0.0019	0.0105	0.0019	0.0105	0.0019	0.0105	0.0020	0.0111	0.0018	0.0100	0.0018	0.0100
[U]	mg/l	0.00033	0.00064	0.00037	0.00073	0.00031	0.00058	0.0004	0.0013	0.0004	0.0013	0.0004	0.0013	0.0004	0.0013	0.0004	0.0012	0.0004	0.0012
[V]	mg/l	0.00023	0.00029	0.00024	0.00031	0.00022	0.00028	0.00015	0.00027	0.00015	0.00027	0.00015	0.00027	0.00015	0.00028	0.00014	0.00025	0.00014	0.00025
[Zn]	mg/l	0.065	0.201	0.072	0.238	0.060	0.171	0.1	0.6	0.1	0.6	0.1	0.6	0.2	0.6	0.1	0.6	0.1	0.6

Appendix B: Site Water Quality Predictions

Location	TSF Stormwater Pond						WTP influent												
	Average			1 in 10 year Dry			1 in 10 year Wet			Average			1 in 10 year Dry			1 in 10 year Wet			
	Base	Upper	Lower	Base	Upper	Lower	Base	Upper	Lower	Base	Upper	Lower	Base	Upper	Lower	Base	Upper	Lower	
Flows																			
Loading Case	mg/l																		
[Al]	27.0	27.0	0.0351	27.0	27.0	0.0351	24.3	27.0	0.0351	24.3	27.0	0.0351	12.7	13.9	10.5	10.5	12.0	12.7	14.9
[As]	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.0351	0.024	0.028	0.024	0.024	0.029	0.024	0.028
[B]	0.035	0.101	0.060	0.101	0.101	0.101	0.025	0.101	0.101	0.025	0.101	0.027	0.058	0.058	0.035	0.035	0.052	0.023	0.062
[Ba]	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.148	0.163	0.163	0.163	0.163	0.183	0.140	0.152
[Be]	0.00063	0.00103	0.00103	0.00103	0.00103	0.00103	0.00046	0.00103	0.00103	0.00046	0.00103	0.00040	0.00060	0.00060	0.00050	0.00050	0.00054	0.00032	0.00063
[Bi]	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.000029	0.0062	0.0062	0.0062	0.0081	0.0081	0.0081	0.0052	0.0052
[Ca]	6.7	3.4	3.4	11.5	5.8	5.8	4.9	5.8	5.8	4.9	5.8	13.2	15.4	15.4	17.5	17.5	20.3	10.9	12.7
[Cd]	0.185	0.543	0.543	0.319	0.543	0.543	0.135	0.543	0.543	0.135	0.543	0.080	0.235	0.235	0.107	0.107	0.183	0.065	0.264
[Cl]	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	16.6	28.6	28.6	21.1	21.1	36.9	14.2	24.0
[Co]	1.12	2.23	4.87	1.93	2.23	2.23	0.82	2.23	2.23	0.82	2.23	0.48	0.97	0.97	0.65	0.65	0.75	0.40	1.08
[Cr]	4.75	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	3.455	4.87	4.87	3.455	4.87	2.05	2.12	2.12	1.63	1.63	1.66	1.68	2.38
[Cu]	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	5.52	5.55	5.55	4.28	4.28	4.33	6.19	6.22
[F]	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260	0.235	0.260	0.260	0.235	0.260	0.16	0.17	0.17	0.15	0.15	0.16	0.16	0.18
[Fe]	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	124.0	128.8	128.8	99.6	99.6	106.5	137.2	140.4
[Hg]	0.000038	0.000080	0.000080	0.000066	0.000080	0.000080	0.000028	0.000080	0.000080	0.000028	0.000080	0.000070	0.000103	0.000103	0.000090	0.000090	0.000114	0.000060	0.000097
[K]	0.381	0.092	0.024	0.656	0.158	0.158	0.277	0.067	0.067	0.277	1.09	1.44	1.44	1.88	1.88	1.42	1.88	0.91	1.20
[Li]	0.015	0.024	0.117	0.024	0.024	0.024	0.011	0.024	0.024	0.011	0.024	0.013	0.021	0.021	0.017	0.017	0.023	0.011	0.021
[Mg]	0.322	0.117	0.117	0.555	0.202	0.202	0.235	0.085	0.085	0.235	1.44	1.68	1.68	2.20	2.20	1.88	2.20	1.19	1.39
[Mn]	1.45	15.70	15.70	2.50	15.70	15.70	1.06	15.70	15.70	1.06	15.70	0.90	7.12	7.12	1.21	1.21	5.73	0.73	7.86
[Mo]	0.0017	0.0124	0.0124	0.0029	0.0124	0.0124	0.0012	0.0124	0.0124	0.0012	0.0124	0.005	0.013	0.013	0.007	0.007	0.015	0.004	0.012
[NH ₃]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.39	2.07	2.07	1.84	1.84	2.74	1.14	1.70
[NO ₂]	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.033	0.040	0.040	0.048	0.048	0.038	0.048	0.030	0.036
[NO ₃]	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	1.01	1.49	1.49	1.96	1.96	1.32	1.96	0.84	1.23
[Na]	0.57	0.12	0.12	0.98	0.21	0.21	0.41	0.09	0.09	0.41	15.1	26.0	26.0	34.4	34.4	19.9	34.4	12.5	21.4
[Ni]	0.95	2.24	2.24	1.64	2.24	2.24	0.69	2.24	2.24	0.69	2.24	0.41	0.97	0.97	0.55	0.55	0.76	0.34	1.09
[P]	0.089	0.264	0.264	0.154	0.264	0.264	0.065	0.264	0.264	0.065	0.264	0.08	0.17	0.17	0.10	0.10	0.16	0.07	0.17
[Pb]	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	1.9	2.4	2.7	2.7
[SO ₄]	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	331	359	359	315	315	277	315	360	382
[Sb]	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0032	0.0033	0.0033	0.0042	0.0042	0.0041	0.0042	0.0026	0.0026
[Se]	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.0074	0.0075	0.0075	0.0078	0.0078	0.0077	0.0078	0.0070	0.0071
[Sr]	0.091	0.169	0.169	0.156	0.169	0.169	0.066	0.169	0.169	0.066	0.169	0.128	0.199	0.199	0.168	0.168	0.222	0.106	0.187
[Tl]	0.395	0.407	0.407	0.407	0.407	0.407	0.288	0.407	0.407	0.288	0.407	0.170	0.177	0.177	0.136	0.136	0.138	0.139	0.198
[U]	0.0337	0.0383	0.0383	0.0383	0.0383	0.0383	0.0245	0.0383	0.0383	0.0245	0.0383	0.015	0.017	0.017	0.013	0.013	0.013	0.012	0.019
[V]	0.00104	0.00503	0.00503	0.00180	0.00503	0.00503	0.00076	0.00503	0.00503	0.00076	0.00503	0.00057	0.00233	0.00233	0.00075	0.00075	0.00188	0.00047	0.00257
[Zn]	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	17.6	20.9	20.9	17.6	20.9	9.0	9.1	9.1	7.0	7.0	7.2	8.5	10.2