

Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Geología, Minas y Geofísica  
Departamento de Minas  
Minería de Campo

**PLANIFICACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN MINERAL PARA LA  
CONFORMACIÓN DE LA PILA 186-A, EN MINERA LOMA DE  
NÍQUEL, ESTADO MIRANDA.**

Autor: Br. Rafael Reyes

Tutor Académico: Profa. Katherine Silva

Tutor Industrial: Ing. Luis Bolívar

Caracas, marzo de 2011

**Rafael E. Reyes O.**

**Planificación de la Explotación de Mineral para la Conformación de la Pila 186-A, en Minera Loma de Níquel, , Estado Miranda.**

**Tutor académico: Prof. Katherine Silva. Minería de Campo 2010. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2011, 57 páginas.**

Palabras clave: Níquel, saprolita, Datamine, frente de explotación, pila 186-A.

**RESUMEN**

Minera Loma de Níquel explota un yacimiento niquelífero a cielo abierto. Por medio de retroexcavadoras y camiones la saprolita (suelo enriquecido con níquel) de diversas concentraciones de hierro y níquel, es arrancada y transportada hasta un patio donde se conforma la pila cuyo material surtirá a la planta de beneficio mineral por un tiempo determinado. La planificación para el mes de agosto del año 2010 se tradujo en la selección de los frentes de arranque de mineral y la distribución de la flota de quipos de arranque y carga para dichos frentes. Se describió los elementos organizacionales de la empresa así como las características geológicas del yacimiento y geográficas de la zona de explotación. Se seleccionaron los frentes de explotación 1300, 1295 y 1265 en el sector 1, 1250 y 1245 en el sector 2 y 1175 en el sector 3. La evaluación por medio del programa “Datamine Studio 2.0”, utilizando los datos de las campañas de perforación realizadas por la jefatura de geología en dichos sectores, arrojaron la presencia de 81.490 toneladas de mineral húmedo con una ley de níquel de 1,62 y un porcentaje de hierro de 13,80. Añadiéndole la extracción planificada de subproductos del proceso de beneficio mineral, se estimó el cierre de la pila de homogenización 186-A en 85.595 toneladas de mineral húmedo con una ley de níquel y de hierro de 1,63 y 14,13 respectivamente. La disponibilidad física de los equipos de acarreo se estimó en un 66,86%, representando esto un estimado de 7 camiones disponibles de una flota de 10. Los ciclos de acarreo hasta el área de trituración se realizaron con, 7 camiones para el sector 1, 5 para el sector 2 y 4 para el sector 3.

## INDICE

RESUMEN.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
Planteamiento del Problema .....	3
Objetivos de la Investigación .....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos específicos.....	4
Alcances .....	4
Justificación.....	4
Limitaciones .....	5
CAPÍTULO II.....	6
MINERA LOMA DE NÍQUEL .....	6
Visión .....	6
Misión .....	6
Ubicación y Características Generales del área de Explotación.....	6
Clima.....	7
El proceso de producción de Ferroníquel.....	10
Reservas.....	13
CAPITULO III .....	15
MARCO TEÓRICO.....	15

Geología del Depósito.....	15
Génesis del Yacimiento.....	15
Características Geológicas del Yacimiento Niquelífero de Loma de hierro .....	16
Planificación Minera .....	19
Factores que afectan la planificación minera.....	20
Empleo de algoritmos en la planificación minera.....	21
Disponibilidad física de los equipos .....	23
Programa de evaluación geológico-minera: Datamine Studio 2.0 .....	25
Distribución de equipos de acarreo.....	28
CAPITULO IV .....	31
MARCO METODOLOGICO .....	31
Tipo de Investigación.....	31
Diseño de la Investigación .....	31
Población y Muestra.....	32
Medios e Instrumentos .....	33
Análisis de los Datos.....	34
CAPITULO V .....	38
RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	38
Descripción del Proceso de Extracción de Mineral .....	38
Secuencia de Explotación (Plan de Explotación 2010, MLdN) .....	38
Equipos de Carga, Acarreo, Arranque y Preparación .....	39
Presupuesto Mensual.....	40
Disponibilidad Física de los Equipos de Acarreo.....	41
Características de la Pila 186-A.....	43

Selección de los Frentes de Explotación .....	43
Evaluación de los Frentes de Explotación.....	45
Calidad de Pilas de Almacenamiento Temporal.....	45
Distribución de la Flota de Equipos de Acarreo .....	48
CONCLUSIONES .....	50
RECOMENDACIONES .....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	53
GLOSARIO.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Estaciones Climatológicas	8
Tabla 2.2. Evaporación Mensual y Anual (mm)	8
Tabla 2.3. Reservas y Recursos	13
Tabla 5.1. Requerimientos de Equipos para cumplir la producción Anual	39
Tabla 5.2. Presupuesto de Producción de Mina	40
Tabla 5.3. Horas Restantes hasta el Próximo PM para los equipos de Acarreo	41
Tabla 5.4. Disponibilidad Física de los Equipos de Acarreo	42
Tabla 5.5. Producto de la Evaluación de los frentes de explotación Utilizando el Modelo Geológico en el Software DATAMINE	46
Tabla 5.6. Características de las Pilas de Almacenamiento Temporal	47
Tabla 5.7. Planificación del mes de agosto para la conformación de la pila 186-A.	48
Tabla 5.8. Longitud de Perfiles y Tiempos de Acarreo desde los Diferentes Frentes Planificados.	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. a) Vertido de Mineral en la tolva. b) Criba Primaria.	10
Figura 2.2. Reducción, Fusión, Refinación.	13
Figura 2.3. Representación gráfica en planta de la zona que abarca el yacimiento, sectorizado por áreas con diferentes estatus legales.	14
Figura 3.1. Vista transversal de un depósito mineral expresado en forma de bloques.	27
Figura 3.2. Representación de un “Wireframe” u objeto representado solo por la grilla o malla de aristas y líneas base que lo componen.	28
Figura 3.3. Representación de un circuito de acarreo.	29
Figura 4.1. Representación esquemática de los elementos necesarios para obtener la planificación.	31
Figura 4.2. Ubicación de los sectores que conforman la zona de explotación del yacimiento. Tomado de MLdN (2004).	32
Figura 4.3. Representación Esquemática del Área de Explotación (Curvas de nivel rojo y naranja en la matriz de curvas azules) en Minera Loma de Níquel, C.A. junto a los niveles (figuras a la derecha) que constituyeron la planificación para conformar la pila 186-A.	33
Figura 4.4. Representación esquemática del procedimiento de evaluación geológica.	35
Figura 4.5. Representación de la conformación de una pila Chevron	36
Figura 5.1. Representación Esquemática del Proceso de Extracción	38

Mineral.

Figura 5.2. Perspectiva de frentes de trabajo en el sector 1, Camedas 1 mineral nivel 1300, 1295, 1265 pila 186-A. Fuente: Datamine, Studio 2.0 44

Fig. 5.3. Perspectiva del frente de trabajo en el sector 2 Camedas 1 mineral nivel 1250 y 1245 pila 186-A. Tomado de: Datamine, Estudio 2. 44

Figura 5.4. Perspectiva del frente de trabajo en el sector 3 Camedas 3 mineral nivel 1175 pila 186-A. Tomado de: Datamine, Studio 2.0. 45

## INTRODUCCIÓN

Minera Loma de Níquel C.A., se encarga de la extracción y procesamiento de un suelo enriquecido en elementos metálicos por efectos de fenómenos físicos y químicos. El metal de interés en dicha explotación es el níquel, el cual se encuentra en concentraciones variables en el subsuelo, alcanzando sus mayores concentraciones en la denominada región saprolítica.

Debido a las condiciones del mercado la empresa se traza metas de producción de níquel anualmente, la cual se traduce en exigencias a la planta metalúrgica y a su vez en materias primas con calidades específicas que alimenten el proceso de beneficio mineral.

Sin embargo, antes de realizar cualquier tipo de extracción mineral es necesario planificar la secuencia con que se realizarán las actividades de explotación, es así como la planificación a corto y largo plazo hace uso de la información recaudada por las diferentes dependencias y las emplea en beneficio de la producción mineral y por lo tanto en función de toda la operadora minera. En este orden de ideas, se considero que la planificación del mes de agosto del año 2010 requirió la conformación de una pila de homogenización con características específicas, para ello se seleccionaron frentes cuya explotación sea factible en el mismo periodo y cuyas calidades en conjunto permitiesen cumplir con las características exigidas por planta.

En el presente trabajo se describen los aspectos más resaltantes de la empresa Minera Loma de Níquel C.A., referentes a su organización, yacimiento y proceso de extracción y procesamiento mineral, lo cual constituye el marco de referencia para la presentación de la planificación básica requerida para la explotación mineral y subsiguiente conformación de pila de homogenización de mineral. En los capítulos siguientes se presenta la planificación destacando la selección de frentes específicos de explotación, así como su consecuente evaluación de reservas a través del programa

para minería Datamine Studio 2.0, acompañado a esto la distribución de la flota de equipos de carga y acarreo para los diversos frentes justificándola en base a la disponibilidad física de los equipos, y a los perfiles de acarreo desde cada frente hasta la tolva de alimentación del sistema de trituración de mineral.

# CAPITULO I

## GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

### **Planteamiento del Problema**

Toda operación de extracción mineral es planificada de acuerdo al tiempo en que se ejecutarán dichas actividades. La planificación a largo plazo refleja los intereses de la empresa así como de sus estrategias de mercado, para llevar a cabo las actividades planificadas a largo plazo es necesario descomponerlas en periodos más cortos, que pretenden cumplir las exigencias del plan a largo plazo.

La planificación de la explotación para el mes de agosto del año 2010 en la mina de la empresa Minera Loma de Níquel, enfrentó como reto el cumplimiento de la producción estimada por el plan anual de 81.327 toneladas de mineral con una ley media de Níquel de 1,60%. La planificación debe considerar la disponibilidad física de los equipos así como la calidad (principalmente concentraciones de níquel y de hierro) de los frentes y pilas de almacenamiento temporal de mineral (forma a la que es llamada el suelo saprolítico que es removido) para alimentar el proceso de trituración y finalmente constituir en este caso la pila de homogenización 186-A, que constituirá la alimentación directa a la planta de beneficio mineral.

Basándose en los requerimientos presentados anteriormente, se decide hacer uso de toda la información disponible por los archivos de la Gerencia de Minas, así como también la precargada en el programa de evaluación minera “Datamine Studio 2.0”, para así poder seleccionar y a su vez evaluar diversos frentes de explotación, los cuales (previa aprobación del Departamento de Planificación) de forma casi inmediata serian utilizados para la remoción de saprolita.

## **Objetivos de la Investigación**

### **Objetivo General**

Realizar la planificación de la explotación de mineral para la conformación de la pila de Homogenización 186-A, en la mina de la Empresa Minera Loma de Níquel.

### **Objetivos específicos**

- Describir el ciclo operacional realizado para la extracción de mineral.
- Estimar los tiempos de acarreo de mineral y la disponibilidad física de los equipos de acarreo de mineral.
- Seleccionar los frentes de extracción de mineral que cumplan con las especificaciones exigidas por el plan anual para la conformación de la pila de homogenización.
- Evaluar los bloques de material a extraer por cada frente de explotación seleccionado.
- Distribuir la flota de equipos de acarreo de mineral en los frentes de arranque previamente seleccionados.

### **Alcances**

La planificación de la explotación se enfocó en el estudio de las áreas susceptible para la extracción de mineral acotando el tonelaje a extraer, porcentaje de níquel, hierro y la relación entre  $\text{SiO}_2$  y  $\text{MgO}$ , así como la distribución de los equipos de acuerdo a la disponibilidad física y al tiempo de acarreo, durante el mes de agosto del año 2010.

### **Justificación**

La planificación a corto plazo es una herramienta vital para el desarrollo exitoso de una explotación mineral, esta permite la distribución de las actividades necesarias para cumplir con una cuota del plan de producción anual, considerando los

factores geológicos, ambientales, técnicos y económicos que en momento determinado afectan a la explotación mineral.

La planificación de la explotación mineral para periodos cortos de tiempo (mensual, trimestral, etc.) permite adaptar las actividades a realizar de acuerdo a las condiciones del momento en el que se planean ejecutar, permitiendo garantizar el logro de los objetivos propuestos en materia de producción.

En Minera Loma de Níquel C.A. se realiza una planificación anual, la misma tiene como meta la producción de cierta cantidad de ferroníquel para exportar, es así como la gerencia de mina en base a ese requerimiento debe planificar los lugares de donde extraerá material para conformar una pila, que eventualmente alimentará la planta de beneficio mineral. Dicha operación se realiza varias veces al año de modo que todos los meses se pueda entregar una pila de material con características específicas, a esto último se le conoce como planificación mensual y constituye el alegato fundamental de la realización del presente trabajo.

### **Limitaciones**

Para la distribución de los equipos, y estimación de tiempos y disponibilidad se recurre a datos históricos suministrados por la empresa. La evaluación geológica está supeditada a la interpretación que realiza el programa Datamine Studio 2.0, de la información de los tenores de hierro y níquel suministrados al modelo geológico por medio de los análisis químicos, realizados en el laboratorio de la empresa a las muestras obtenidas en las campañas de exploración realizadas por la Jefatura de Geología. Es así como la información recopilada en el presente, constituye una aproximación de lo que realmente puede ser la forma de proceder durante la explotación mineral necesaria para conformar la pila 186-A, es decir se presentan datos basados en un modelo de yacimiento, mas no necesariamente datos ajustados a la realidad del depósito mineral, y por lo tanto cualquier modificación al plan puede ser realizada por la operadora minera, con el fin de garantizar el cumplimiento de sus metas de producción.

## **CAPÍTULO II**

### **MINERA LOMA DE NÍQUEL**

#### **Aspectos Generales**

##### **Visión**

Ser reconocida como una gran empresa por sus niveles de productividad y calidad en la producción de Níquel, contemplando la seguridad, la responsabilidad social y la preservación del medio ambiente.

##### **Misión**

Ser una empresa dedicada a la producción y venta de Níquel, a costos competitivos mediante:

- La producción con seguridad.
- La inversión en las mejoras tecnológicas.
- Sentido de responsabilidad social con nuestros trabajadores.
- El compromiso con la prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales.
- Respeto por el medio ambiente, la comunidad, contratistas y proveedores.
- El compromiso con la mejora continua y la optimización de los activos.

##### **Ubicación y Características Generales del área de Explotación**

Loma de Níquel, anteriormente conocido como “Proyecto Loma de Hierro”, está situada a una latitud Norte de 10° 10’ y longitud Este de 67° 07’ 30’’ en la Cordillera de la Costa en el Norte de la Republica Bolivariana de Venezuela.

El depósito mineral está localizado en La Serranía del Interior en la Cordillera de la Costa situado en la cadena montañosa conocida como Loma de Hierro y se expande aproximadamente 7,5 Km en línea recta con anchos variables en un rango de 0,7 Km a 1,2 Km con un promedio de profundidad estimado de 25 m. La altura del yacimiento por el nivel del mar es aproximadamente entre 1.000 m y 1.300 m, el

mismo forma una línea divisora entre el Río Tuy y la cuenca del Río Guare, este último es un tributario del Río Tuy.

Las colinas adyacentes poseen inclinaciones bastante pronunciadas, variando en un rango entre 30% y 50%. El punto más alto del sistema es en Loma de Hierro con una elevación de 1340 m.s.n.m. La planta de procesamiento mineral se encuentra ubicada en la ladera de la montaña a una elevación de aproximadamente 900 metros. La comunidad más cercana es Tiara, un pequeño poblado a 5 Km del yacimiento. Los poblados más cercanos y grandes son Tejerías (25 Km) y la Victoria.

Dos tipos de vegetación predominan en el área. Sabana abierta (entre 700 y 1100 m.s.n.m.) y bosques húmedos y nubladados localizados principalmente en los picos y valles entre montañas (1100 y 1300 m.s.n.m).

Desde un punto de vista geológico Loma de Hierro puede ser considerado una masa de peridotita serpentizada con un rumbo de N70E y ancho variable entre 1 y 1,5 Km. En el Sur la peridotita está en contacto con las rocas ígneas de Tiara. Mientras que al Norte está en contacto discordante con la formación Tucutunemo.

### **Clima**

Previo a la explotación mineral existieron un gran número de estaciones meteorológicas en las cercanías de Loma de Hierro, estas brindaron información valiosa para que durante el desarrollo del estudio de factibilidad, se confirmara que el clima predominante de la zona es tropical de altura. Los datos mostrados en la tabla 2.1, muestran dichas estaciones junto con su ubicación y período de actividad.

#### ➤ Lluvia

El promedio máximo de lluvia anual fue registrado en las estaciones de la Hacienda La Emilia (1.580 mm) y Tiara (1.405 mm) y el mínimo en la estación Quebrada Seca (826 mm).

**Tabla 2.1. Estaciones Climatológicas**

Estación	Tipo	Serial	Período	Coordenadas		Elevación
				Latitud	Longitud	
Tiara	PR	1478	52-92	10°07'49''	67°09'00''	750
San Francisco Pao	PR	441	66-92	10°05'45''	67°17'05''	640
Fila Guaraima	PR	9303	72-92	10°11'00''	67°17'37''	1005
Embalse Suata	PR	1475	44-88	10°12'46''	67°22'58''	512
El Consejo	PR	1465	53-92	10°14'30''	67°16'10''	553
La Urbina Quebrada Seca	PR	1455	40-92	10°16'53''	67°15'40''	650
Pie de Cerro	PR	1469	40-92	10°19'24''	67°19'15''	780
Las Tejerías	PR	589	53-92	10°15'21''	67°10'18''	484
Río Arriba	PR	589	59-92	10°09'	67°01'	395
Hacienda La Emilia	PR	1488	59-92	10°06'	67°06'	585
Santa Cruz Edafológica	CI	417	66-91	10°10'00''	67°29'15''	444

Tomado de: Feasibility Estudy Loma de Hierro Project.

Los registros de lluvia para la estación de Tiara, localizada en las cercanías del yacimiento son considerados representativos de área donde las actividades mineras toman lugar

➤ Evaporación

La estación climatológica Santa Cruz Edafológica, es la más cercana de este tipo, y tiene registros de evaporación de 1966 a 1991 (26 años). En las regiones tropicales la evaporación mensual varía muy poco, sin importar si el periodo es seco o lluvioso. La tabla 2.2 muestra los registros mensuales y anuales en promedio de la estación antes mencionada.

**Tabla 2.2. Evaporación Mensual y Anual (mm)**

Datos	MESES												ANUAL
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Media	221,8	238,7	287,8	245,5	199,9	175,3	172,8	165,6	159,6	166,1	156,2	188,4	2377,6

Tomado de: Feasibility Estudy Loma de Hierro Project.

➤ Temperatura

La temperatura anual es de 26°C con una media máxima de 31,9°C y una media mínima de 21°C. El máximo absoluto es de 40,8 en enero y el mínimo absoluto de 13,7 en diciembre.

➤ Radiación

La radiación total anual es de 147.842 cal/m<sup>2</sup> con una media mensual de radiación diaria de 405 cal/m<sup>2</sup>. La máxima mensual de radiación diaria es de 674 cal/m<sup>2</sup> (marzo) y la mínima de 84 cal/m<sup>2</sup> (mayo). La radiación es un factor importante en la formación de neblina en la noche con un cielo despejado y atmosfera estable. La neblina en las mañanas es muy común durante todo el año.

➤ Insolación

La media anual de insolación por día es de 7,3 horas y el máximo absoluto es de 12 horas alcanzado en el mes de junio.

➤ Humedad relativa

La media anual de humedad relativa es de 70% con una media máxima de 89% y una media mínima de 46%. La humedad relativa máxima absoluta es de 100% y la mínima absoluta es de 11%.

➤ Nubosidad

La media anual de nubosidad es de 5 octavos con una media mensual máxima de 6 octavos y una media mínima mensual de 4 octavos. La media anual es de 5 octavos indicando que el área tiende a ser nublada la mayor parte del año, excepto entre diciembre y marzo cuando está normalmente despejado.

➤ Viento

La media anual es de 8 Km/h y la máxima registrada es de 73 Km/h. La dirección de los vientos que prevalecen son Este y Nor-Este.

## El proceso de producción de Ferroníquel

El yacimiento níquelífero de Minera Loma de Níquel consiste de una mina a cielo abierto donde no se emplean explosivos de ningún tipo para la extracción y remoción del mineral; mediante el uso de palas excavadoras, el mineral es extraído y cargado a camiones de 55 toneladas de capacidad, para ser trasladado desde la mina hasta la planta de procesamiento.

El programa para extraer, apilar y transportar al Níquel está diseñado para una tasa de producción de 1,3 millones de toneladas secas por año durante un periodo de 30 años, con un contenido de Níquel de 1,62%.

### ➤ Preparación Mecánica de Minerales

Es la primera fase de preparación o reducción de tamaño. En esta fase se descargan los camiones para tres etapas de trituración en circuito abierto. En la primera etapa de trituración primaria el mineral es separado por una criba (cribón fijo) de 450 mm de apertura (ver figura 2.1), los materiales de mayor tamaño caen a un triturador de mandíbulas donde se reducen los terrones, luego es enviada por correas transportadoras a la segunda etapa de trituración primaria, donde un triturador de doble rodillo reduce el mineral hasta 250 mm.



**Figura 2.1. a) Vertido de Mineral en la tolva. b) Criba Primaria. Tomado de: Intranet MLdN, 2010.**

En la tercera etapa, otro triturador de doble rodillo reduce todo el mineral al tamaño máximo de 60 mm, húmedo, generalmente blando. El mineral triturado se almacena en dos pilas al aire, para lo que se utiliza un apilador automático (apilador/reclamador) en forma de V invertida, cada una con capacidad para 118.000 toneladas de mineral húmedo. Además de proporcionar almacenaje para 42 días de operación, el propósito principal de las pilas es garantizar la homogeneización (mezclar los tipos y tenores de mineral sumamente variados) para la alimentación de la planta de procesamiento.

La pila conformada tendrá una composición de 1,62% a 1,78%Ni y 13,8 a 21,4%Fe y relación SiO<sub>2</sub>/MgO de 1,39% aproximadamente. Debido a que el mineral en la temporada de lluvia puede tener hasta un 30% de humedad, su utilización en estas condiciones acarrearía problemas en los sistemas del proceso aguas abajo. Por tal motivo se requiere secar el mineral hasta un 1 o 18% de humedad, de acuerdo a la condición mínima para evitar la generación de polvo en los sistemas.

Un recuperador de cangilones automático, recoge de forma continua el mineral para llenar un silo de 25 toneladas que sirve para controlar la alimentación al horno de secado. Este consiste de un tambor rotativo, de 4m. de diámetro y 27 m. de largo, que usa como combustible gas natural, el cual tiene un capacidad máxima de 234 t/h (base húmeda). Una vez secado el mineral, pasa a trituración terciaria, última etapa de reducción de tamaño a máximo 15 mm en una trituradora de rodillos para luego ser almacenado en una pila cubierta de 12.000 toneladas secas.

#### ➤ Calcinación

El mineral pasa por un proceso de calcinación para la reducción parcial del hierro presente y la eliminación del agua física y química, utilizando carbón mineral como un agente reductor. Esto se realiza en dos hornos rotatorios que miden metros de diámetro por 120 metros de longitud cada uno, a una temperatura de 850°C; conseguida con un quemador que utiliza gas. La capacidad de los hornos es de 110 ton/hora.

➤ Reducción – Fusión

El mineral pre-reducido y calcinado es introducido en dos hornos de arco eléctrico sumergidos (ver figura 2.2) de 17,5 metros de diámetro y 45MVA, donde la generación de un arco eléctrico sobre la carga de mineral genera el calor para su fusión a aproximadamente 1650°C. En el proceso se crean dos fases: una de menor densidad o escoria, consistente principalmente por óxidos de S y Mg y otra fase más pesada o fase metálica con una proporción de Ni y Fe. La fase metálica, es colada o vertida en cucharas de 4 toneladas de capacidad, desde cada horno cada 6 horas en promedio (total de ocho coladas por día) para su posterior depuración o refinamiento de impurezas como son el Azufre, Fosforo, Carbón y Silicio de acuerdo a los requerimientos de los clientes. El consumo de energía específico en la operación es de 560 kW/ton y la recuperación de Níquel desde el mineral a la fase metálica es de 90%.

➤ Refinación

Inmediatamente concluido el proceso anterior, el metal es colado, del horno de reducción (ver figura 2.2), sobre una cuchara precalentada, iniciándose la inyección de oxígeno y cal en forma controlada para la primera fase de remoción del contenido de fosforo y carbono disueltos en el metal líquido. Posteriormente, la cuchara de 9MVA, a una temperatura aproximada de 1600°C, generando metal líquido que será desoxidado con la adición de aluminio. La aleación de ferro-níquel (Fe-Ni) es granulada en un tanque especial de agua, clasificada por tamaño y almacenada para su posterior expedición a los clientes. El ferro-níquel listo para despacho se presenta en forma de piezas p granalla. Con un tamaño de 3 a 30 mm y su composición típica es 20 – 25%Ni; 0,03%Si máx.; 0,04%C máx.; 0,06%S máx.; 0,03%P máx.



**Figura 2.2. Reducción, Fusión, Refinación. Tomado de: Intranet MLdN, 2010**

## Reservas

De acuerdo al estudio de factibilidad del proyecto Loma de Hierro, la distribución de materiales considerados como mena (%Ni > 0,8) y estéril presentes en el área de explotación es de 41.559 kilo toneladas de mena y 55.076 kilo toneladas de estéril.

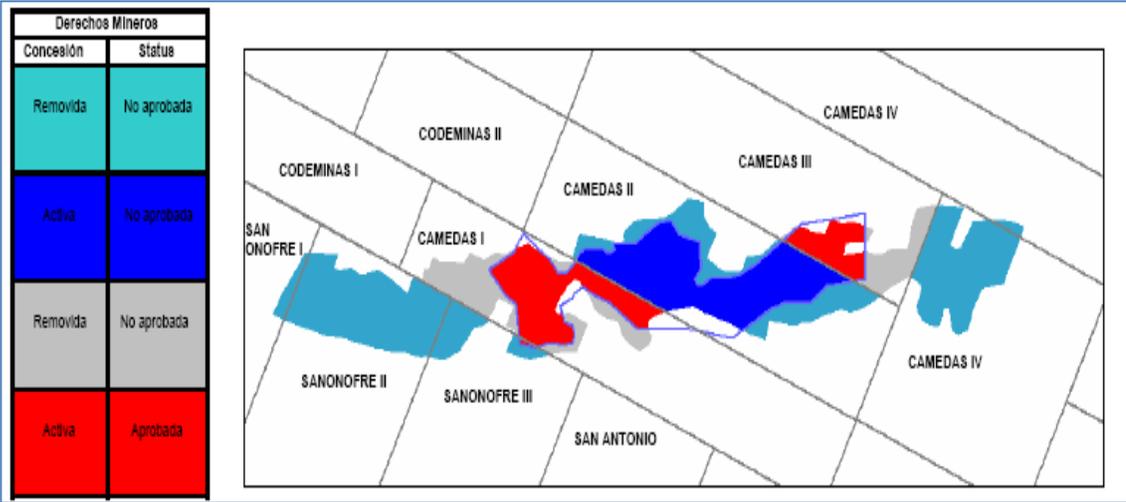
De acuerdo a la presentación del plan quinquenal 2010-2014, las reservas y recursos minerales para al 31 de diciembre de 2009 son las mostradas en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3. Reservas y Recursos**

Operación: MLdN 91,4%		Estatus	Tonelaje	Tenor	Contenido de Metal en KTon
			Kton	%Ni	
Reservas	Probadas	Mina Operativa	7.432	1,46	109
	Probables		25.017	1,42	354
	Totales		32.450	1,43	463
Recursos Minerales	Medidos		1.932	1,51	29
	Indicados		7.219	1,51	109
	Medidas + Indicadas		9.151	1,51	138
	Inferidas		6.387	1,53	97

Tomado de: Plan Quinquenal 2010-2014, Gerencia de Mina MLdN.

Para el año 2010 el estatus de los permisos de las áreas concernientes al proyecto de explotación son las mostradas en la figura 2.3.



**Figura 2.3. Representación gráfica en planta de la zona que abarca el yacimiento, sectorizado por áreas con diferentes estatus legales. Tomado de: Plan Quinquenal 2010-2014, Gerencia de Mina MLdN.**

## **CAPITULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **Geología del Depósito**

#### **Génesis del Yacimiento**

Está constituida por un complejo peridotítico-gabroide, de origen secundario, el cual se compone de peridotita serpentizada, dunitas, piroxenitas, troctolitas y gabros asociados a basaltos. La peridotita es principalmente una harzburgita de grano grueso con olivino y enstatita de color negro a verde de acuerdo al grado de serpentización.

Se puede afirmar que el manto regolítico que cubre a la roca, es producto de un proceso de alteración superficial, activo bajo determinadas condiciones climáticas y topográficas, que se denomina laterización. Los cambios bruscos de temperatura y la circulación subterránea de las aguas de infiltración, alteran gradual y progresivamente a la roca, predominando la acción geoquímica de disolución ataque sobre la mecánica de erosión. Las aguas se infiltran por las fisuras o diaclasas producidas por efecto de los esfuerzos dinámicos, posiblemente durante el emplazamiento de la masa peridotítica, y ponen rápidamente en solución a los cationes de hierro, magnesio, níquel, cobre, cobalto, entre otros. De esta manera, se puede afirmar que la mineralización de níquel puede ser dividida en tres fases:

- Mineralización inicial de la roca.
- Enriquecimiento in situ de níquel en la roca alterada por migración de otros elementos.
- Concentración de níquel por migración descendente.

La primera fase comprende la serpentización de la roca ultrabásica fresca, variable según el grado de hidratación de los silicatos anhidros, originada por metamorfismo regional o hidrotermal mediante la impregnación permanente por

aguas superficiales al abrigo del aire. Su tenor es el inicial de la roca madre, constante en el orden de +/- 0,25% Níquel.

La segunda fase se produce en la roca alterada del cuerpo regolítico, en el cual no ha habido pérdida de níquel durante la fase inicial, el enriquecimiento proviene de la pérdida más o menos total de sílice y magnesio que puede representar más del 75% de la composición de la roca madre. El níquel se encuentra difuso en la masa alterada y solo se evidencia en los análisis químicos no es explotable, pero la mineralización contribuye a la concentración posterior que se produce en la tercera fase.

La tercera fase es la más compleja e importante. Se ha mencionado antes el límite frecuentemente brusco en el cuerpo regolítico entre la roca alterada con mineralización niquelífera y la laterita ferruginosa propiamente dicha. Este límite avanza progresivamente en sentido descendente a medida que se incorporan el magnesio y la sílice restantes en la roca ultrabásica alterada y la casi totalidad del níquel, y el espesor de la laterita residual ferruginosa aumenta gradualmente, este desplazamiento progresivo hacia la base límite níquel-hierro se denomina “descenso” de la saprolita (2004, MLdN)..

Las aguas superficiales que se infiltran, probablemente acidas, atraviesan la saprolita porosa y se mantienen durante algún tiempo en la porción inferior plástica de esta zona, poniendo a los elementos de los minerales que se encuentran en la roca alterada en soluciones que pueden luego precipitar, constituyendo entonces, las concentraciones explotables de níquel (2004, MLdN).

### **Características Geológicas del Yacimiento Niquelífero de Loma de hierro**

El depósito de Loma de Níquel, se debe considerar como producto del desgaste de la acción atmosférica de tipo residual sobre las rocas existentes. Por otra parte, es enriquecido varios grados por las soluciones asociadas a los acontecimientos tectónicos.

Minera Loma de Níquel ha desarrollado los criterios que permiten la clasificación de todas las muestras, según el concepto del perfil de la alteración. Estos han permitido la definición de los parámetros químicos y mineralógicos en cada una de esas zonas, con implicaciones económicas positivas muy evidentes, debido a una disminución significativa de los costos de la operación de mina. A través de estos criterios se desarrollo un perfil de alteración compuesto por cuatro zonas:

- Zona 1: Se compone de una laterita roja oscura. El material es poroso y permeable, con una humedad media de 24,77%. Desde un punto de vista mineralógico los óxidos y los hidróxidos del hierro prevalecen en la forma de concreciones, así como en minerales de arcilla. Este material se considera inútil, debido al alto contenido de hierro que dificulta el proceso pirometalúrgico.
- Zona 2: Se diferencia de la zona 1 debido a su color amarillento y a un contenido más alto de minerales de arcilla. Es una capa muy porosa y casi impermeable. Los valores de humedad se encuentran entre 13% y 52%. Desde el punto de vista mineralógico, los óxidos de hierro e hidróxidos prevalecen. Debido al alto contenido de hierro y de la relación  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$ , la unión de las zonas 1 y 2 componen la capa inútil que cubre el mineral (saproilita). Sin embargo, durante el proceso de la explotación, el material de las zonas 1 y 2 se deben poner en las descargas inútiles separadas, debido a la posibilidad de usar el material de la zona 2 en el futuro en otros procesos metalúrgicos pues, el alto grado de níquel se presenta en la zona 2 (1,2 %).
- Zona 3: Esta compuesta por serpentinas y saprolitas, su color varía entre marrón amarillento y pálido verde. Es altamente poroso, muy fracturado y su humedad se encuentra entre 15 y 46%. Desde el punto de vista económico, esta es la zona más importante a ser explotada debido a la alta composición de níquel. El mineral principal del níquel es la garnierita; la cromita y la magnetita son minerales adicionales presentes en esta zona. Durante el

proceso de la explotación, este material (saprolita) se considera como la materia prima para la planta metalúrgica.

- Zona 4: El principal tipo litológica presente en esta zona son las peridotitas, en su mayoría serpentinizadas. Este material se presenta en la forma de bloques de varias dimensiones, alcanzando a veces 3 m. de diámetro. El color del material está entre amarillento verde y gris, y es cortado por las venas pequeñas de pirolusita. En ciertas partes del depósito los bloques de roca se encuentran fracturados. Estas fracturas son rellenadas por garnierita y ópalo; la cromita y la magnetita prevalecen como minerales adicionales. El contenido de Ni es variable, por consiguiente, no se explota durante la operación de la mina. Su humedad media es baja 14% aproximadamente.

Debido a la variedad de espesores de los diferentes horizontes del yacimiento y al desigual porcentaje de níquel a lo largo de la mina, Minera Loma de Níquel C.A. decide dividir el complejo niquelífero en distintos sectores.

Entre ellos se encuentran los tres sectores en actual explotación (Sectores I, II y III) en los cuales son reconocidas las tres unidades típicas del yacimiento, relacionada a la formación de la mineralización de níquel, es decir, laterita, saprolita y roca basal (dunitas, piroxenitas, gabros y peridotitas).

En detalle los tres sectores poseen diferentes características, tal como se menciona a continuación:

- En el sector I se destaca la abundancia de fragmentos de roca de gran tamaño en la matriz de saprolita.
- En el sector 2 se caracteriza por la fácil diferenciación de las tres unidades mencionadas anteriormente (laterita, saprolita, roca basal)
- El sector III presenta cierta dificultad en la diferenciación de laterita y saprolita por una generalizada abundancia de hierro.

## **Planificación Minera**

La planificación minera es la disciplina que se encarga de la gestión de los procesos involucrados en la explotación de recursos mineros. Su desarrollo se ha visto favorecido por las tecnologías de la información, que han potenciado la convergencia de la administración estratégica y la optimización minera. Se debe notar que para valorar un determinado yacimiento no basta con establecer la riqueza de los minerales presentes, se debe elaborar un plan de extracción a través del cual se evalúa la factibilidad técnica y económica de explotarlo.

En términos prácticos, el principal desafío que se enfrenta es establecer el plan de extracción óptimo para un determinado yacimiento, considerando restricciones de carácter técnico, económico y estratégico. La gran cantidad de variables involucradas, algunas de las cuales varían en tiempo de acuerdo al comportamiento de los mercados o debido a cambios tecnológicos, y sus interrelaciones generan un sistema complejo. Estos factores dificultan el diseño del plan minero, el cual se rige por dos objetivos primordiales: maximizar el valor actual neto (VAN) de las utilidades y controlar el riesgo del proyecto de explotación.

El yacimiento se divide lógicamente en bloques tridimensionales, cada uno de los cuales tiene asignado coordenadas espaciales, tamaño, densidad y leyes de distintos minerales. Estos forman el denominado modelo de bloques, que es desarrollado por geólogos y geoestadísticos en base a sondeos realizados en terreno. La importancia de los datos almacenados en este modelo es enorme, ya que a partir de ellos se estiman los costos y las utilidades esperadas, ambos elementos fundamentales en la elaboración del plan minero. El objetivo de la planificación es optimizar la secuencia en que son extraídos los bloques de la mina, maximizando los beneficios y limitando el riesgo.

## **Factores que afectan la planificación minera**

Son muchos los factores que intervienen en el diseño y planificación de las explotaciones mineras, lo que hace de ésta, una formidable y complicada tarea, tal vez sólo superada, por la propia operación minera.

Es así como se puede resaltar como elementos determinantes a la geología, la extensión y morfología del yacimiento, la distribución espacial de la calidad y cantidad de los diferentes materiales, las reservas, las características geomecánicas de los materiales, la topografía y su relación con el depósito, los taludes finales de la excavación, los límites de la concesión minera; las leyes de corte, las horas anuales de trabajo, las productividades, los factores de eficiencia, la dilución, el tamaño y el número de equipos a emplear, sus necesidades operativas: altura de los bancos, necesidades de espacio en los frentes de trabajo, pendientes y dimensiones de las pistas; las infraestructuras necesarias, las inversiones y los costos, entre otros.

No es de extrañar pues, que no exista ningún algoritmo matemático que sea capaz de encontrar una solución óptima, al menos, si se habla de este término en un sentido totalmente estricto y riguroso. Lo que sí que existen, son algoritmos que, una vez fijados implícita o explícitamente un conjunto amplio de parámetros, y bajo la supervisión del diseñador o planificador minero, ofrecen distintas alternativas, que resultarán más o menos operativas o factibles, en función de la cantidad y calidad de los parámetros de entrada que el modelo pueda aceptar. La rapidez de respuesta de los ordenadores es un importante estimulante del uso de estos algoritmos, debido al carácter ciertamente dinámico de los parámetros de entrada del modelo.

## **Empleo de algoritmos en la planificación minera**

El empleo de algoritmos necesita de un modelo del yacimiento, en forma de bloques rectangulares tridimensionales, que a su vez pueden estar formados por varios bloques menores, y que pueden tener en su interior información muy variada concerniente a sus dimensiones y coordenadas, al tipo y densidad del material al que representa, leyes o cantidades de metal(es), taludes de la excavación, costes, recuperaciones, precios, etc.

Para cada bloque, toda esta información se condensa finalmente en: 1) el valor neto del mismo (VN) o suma de los ingresos menos la suma de los costes imputables a la extracción de ese único bloque, supuesto que este valor es independiente de la secuencia de extracción; y 2) un fichero de arcos (S), que representa el conjunto de bloques que hay que extraer, de acuerdo con los taludes de la excavación, para posibilitar la salida del bloque considerado.

El problema de determinación de la fosa óptima (aquella cuyo VAN o valor neto actualizado es máximo), es en realidad un problema de determinación de la secuencia óptima de explotación, la cual no es posible resolver actualmente.

La técnica del cono flotante (descrita por Pana, 1965) ha sido la más popular para obtener la fosa final (Armstrong, 1990; Hustrulid y Kuchta, 1995). Básicamente consiste en fijar una ley de corte (Armstrong, por ejemplo, refiere la ley de corte en mina), y buscar desde la superficie del modelo hacia su interior, el primer bloque (o conjunto de ellos) que la supere. Cuando se encuentre, se suma el valor neto de todos los bloques del fichero de arcos que le(s) corresponde. Si el resultado es positivo, se eliminan todos los bloques implicados, y si no lo es, permanecen. Se continúa la búsqueda del siguiente bloque y se trabaja de la misma manera, descartando siempre

de los ficheros de arcos, aquellos bloques eliminados con anterioridad (existen diferentes variantes del algoritmo, por ejemplo Koborov, 1974).

El algoritmo es sencillo y gráfico (ahora es el ordenador el que traza las líneas guía, y en tres dimensiones), aunque no asegura que la solución sea óptima. Esto es debido a que el algoritmo no tiene en cuenta la posible cooperación entre bloques de mineral, para pagar el estéril común a ambos; y a que por razones computacionales, la búsqueda de bloques es continua (debiera comenzar desde el principio cada vez que se elimina un conjunto de bloques), lo que puede extender el límite del hueco más allá del óptimo.

La resolución final de este problema surgió de la teoría de grafos (Lerchs y Grossmann, 1965). Cada bloque del modelo representa un nodo del grafo, que a su vez está conectado con otros nodos mediante arcos (con el mismo significado que el explicado anteriormente). A cada nodo se le asigna un peso, en este caso el valor neto del nodo al que representa. El problema se plantea de la siguiente forma: encontrar de entre todos los posibles subgrafos, aquél cuyo peso asociado (el sumatorio de los pesos de todos los nodos pertenecientes al subgrafo), sea máximo.

Con la determinación inicial de los límites del hueco minero se puede obtener los gráficos de leyes de corte-recursos-leves medias, información que realimentará al sistema, ya que podrá influir de forma directa en los ritmos de la operación, en los costes unitarios y en las inversiones (no olvidemos que trabajamos de forma iterativa según procesamos la información que vamos obteniendo, y por lo tanto, la definición de la fosa final no se realizará hasta que se complete la optimización).

El paso siguiente es la definición de las fases de la explotación, que en la práctica se resuelve mediante análisis paramétrico (Lerchs y Grossmann, 1965). Esta técnica consiste en afectar el valor neto de cada bloque con un parámetro  $\lambda$ , de manera que variando éste convenientemente y aplicando el algoritmo de

optimización, se obtienen contornos sucesivos del hueco, que serán la base de la planificación minera. La idea es que cada contorno delimitará una fosa con beneficio unitario mayor al que se generará posteriormente, que lo englobará, de manera que extraeremos sucesivamente material de mayor a menor valor unitario. Desde el punto de vista de maximizar el VAN (valor neto actualizado) esto es lo que nos interesa, adelantar en lo posible los flujos de caja más elevados.

El último eslabón del proceso general de diseño y planificación, lo constituye la optimización de las leyes de corte. Los métodos de optimización no parten de una ley de corte preconcebida por el usuario (Whittle, 1990). Lo que hacen es comparar el valor neto de cada bloque para cada uno de los destinos posibles (el caso más sencillo es: o enviar el bloque a planta o enviarlo a escombrera), y escoger aquella cuyo valor neto sea mayor (o menos negativo). Esto es equivalente a trabajar con la ley marginal o ley de corte en planta, que es aquella ley capaz de pagar todos los costes derivados del tratamiento del bloque como reserva, menos el coste de tratar el mismo, como si fuese a escombrera.

La repetición cíclica de todo el proceso de evaluación culminará con la selección de una o varias alternativas viables, sobre las que se aplicará el análisis de sensibilidad a los parámetros más relevantes, y sobre las que se evaluará el riesgo subjetivo, generalmente, mediante la simulación de Monte Carlo.

### **Disponibilidad física de los equipos**

En minería así como en otras industrias, el uso de índices de operación es muy común, de esta forma se evalúa constantemente los elementos que conforman o permiten la operación minera.

La disponibilidad física, es un índice mecánico que se define como, el tiempo en que el equipo está disponible para operar o realizar la función para la que está

diseñado, en relación al tiempo total, medido como un porcentaje (2011, Codelco Educa).

Partiendo de la definición antes planteada, se puede asumir que la disponibilidad física puede ser calculada con la siguiente ecuación:

$$Disponibilidad = \frac{Horas Operacionales + Horas en Reserva}{Horas Hábiles}$$

Ecuación (1)

Donde:

- Horas operacionales: horas en que el equipo está funcionando.
- Horas en reserva: el equipo está listo para operar pero no tiene operador o frente para operar.
- Horas hábiles (HH): horas programadas de operación.

La ecuación (1) se puede expresar de la siguiente forma:

$$Disponibilidad = \frac{HH - H_{\text{mantenimiento}}}{HH} \times 100$$

Ecuación (2)

Donde:

- HH: horas hábiles.
- H<sub>mantenimiento</sub>: horas que el equipo pasa en mantenimiento, preventivo o no.

Contando con los valores requeridos en las ecuaciones (1) y (2), es posible determinar la disponibilidad física de los equipos para un período de tiempo determinado.

## **Programa de evaluación geológico-minera: Datamine Studio 2.0**

El programa Datamine es una herramienta informática utilizada sobre todo en minería para el manejo y procesamiento de la información. Esto es posible porque Datamine Studio está construido en base a un núcleo central, que provee una excelente administración de datos a través de un sistema de base de datos relacional con completos despliegues gráficos, estadística y administración de datos de sondajes.

El campo principal de experiencia de Datamine es el Ciclo de Planificación Minera, es así como el programa divide dicho ciclo en sub procesos, Cada uno de los cuales constituye una etapa importante y diferente en el proceso de transformación de un recurso mineral en una mina operativa.

### ➤ Gestión de los datos mineros y exploración

Este campo incluye un Sistema de Gestión de Datos Geológicos, dicho sistema da soporte a los planes de exploración con herramientas en dos y tres dimensiones para colocar perforaciones específicas. Permite el registro de información de las perforaciones así como también la visualización de las mismas.

### ➤ Interpretación geológica

Esta herramienta permite visualizar, modelar, revisar, analizar y manipular todo tipo de datos geológicos para proporcionar la mejor interpretación geológica posible. También cuenta con recursos avanzados de modelación y gráficos para estructuras geológicas complejas para la “deconstrucción”, que permiten el krigage (expresión utilizada para referirse a la interpolación a través del método Kriging) de la mineralización en la forma física original.

### ➤ Estrategia Minera

Esta herramienta permite evaluar las posibles estrategias de explotación a cielo abierto, e incluso la secuencia optima de explotación. Cuenta con un sistema de

flujo capaz de añadir limitaciones de carácter, geotécnico, ambiental, almacenamiento, lixiviación, etc.

➤ Programación y diseño de mina

Cuenta con un sistema único para combinar la programación y el diseño de mina. Posee herramientas de visualización, animación y capacidad de generar cambios en los diseños de mina.

➤ Plan operacional de Mina

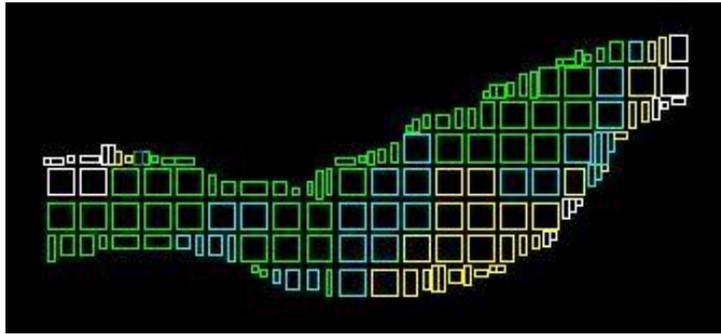
Posee un sistema que integra el muestreo de banco, ensayos de laboratorio, modelamiento geológico y diseño de voladura, para dar a los supervisores líneas de excavación precisas.

➤ Aplicaciones de Datamine Studio 2.0

- Núcleo Central: diseño interactivo en tres dimensiones, manejo y procesamiento de la información, y Herramientas de ploteo.
- Exploración: entrada de datos, Estadística, Edición de Sondajes, Evaluación de Reservas.
- Modelamiento Geológico: geoestadística, modelo de bloques, evaluación de reservas.
- Mecánica de Rocas: mapeo, estereografía, clasificación del macizo rocoso.
- Planeamiento Mina Cielo Abierto: optimización de fosas, planeamiento largo plazo, diseño de rampas y fosas.
- Planeamiento Mina Subterránea: optimización y diseño de desarrollos.
- Producción Mina: manejo de topografía, control de leyes, planificación, mezclas para la Producción.
- Rehabilitación de la Mina: ingeniería ambiental, rehabilitación y estudios del uso de Terrenos.

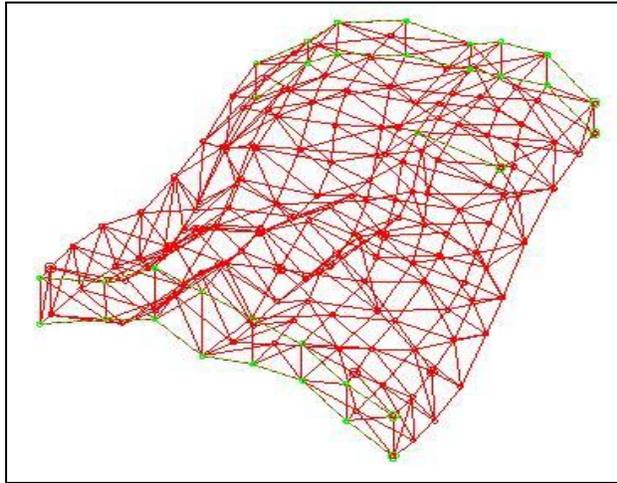
➤ Evaluación de reservas con Datamine Studio

Es necesario cargar el modelo de bloques en la ventana sobre la que se está trabajando (ver figura 3.1). El mismo contendrá la información pertinente a las calidades y cantidades de material que constituyen el modelo geológico. Cabe destacar que la información previamente cargada en esos bloques, proviene de la información de tenores obtenida a través del sondeo de pozos y/o perforaciones.



**Figura 3.1. Vista transversal de un depósito mineral expresado en forma de bloques, (los diferentes colores suelen representar rangos de tenores). Tomado de: Tutorial Datamine Studio 2.0.**

Utilizando líneas o “strings” (cuerdas en ingles) se crean perímetros a lo largo del depósito, estas líneas sirven de contorno para superficies sobre el terreno, es por ello que se debe tomar en cuenta cargar con anterioridad la información topográfica del área. Delimitando a través de cotas y coordenadas es posible la creación de un objeto denominado “wireframe” (ver figura 3.2.), éste deberá ser cargado con la información proveniente de los bloques para así poder ejecutar el comando de evaluación sobre dicho objeto, tal acción arrojará información clave como tenores y cantidades de material necesarias en la planificación de la explotación mineral

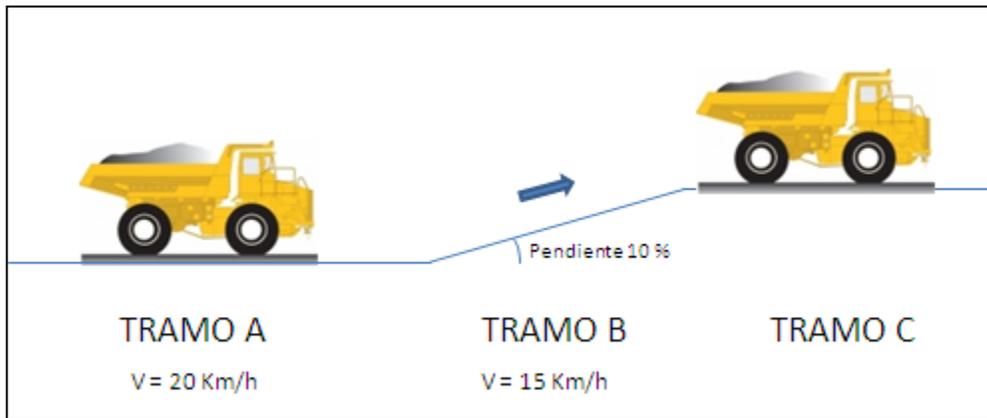


**Figura 3.2. Representación de un “Wireframe” u objeto representado solo por la grilla o malla de aristas y líneas base que lo componen. Tomado de: Tutorial Datamine Studio 2.0.**

### **Distribución de equipos de acarreo**

En toda explotación mineral es necesario tomar en cuenta el tiempo que le toma al equipo de acarreo en ser cargado, transportar y descargar la cantidad de material que se le encomienda transportar, ya que esto repercute en los planes de explotación de forma directa (y a su vez en los costos).

Las velocidades que un equipo de acarreo puede generar en una vía en específica dependen de, las condiciones de dicha vía (seca, húmeda, constituida por material grueso o fino, asfaltada o no, etc.), la cantidad de material que transporte y por supuesto la velocidad máxima permitida (por razones de seguridad), es así como un camión puede alcanzar una mayor velocidad en tramos horizontales, pero en tramos inclinados dependiendo si va a favor o en contra de la pendiente la velocidad puede ser mayor o menor (uno con respecto a la otra). En la figura 3.3 se representa un tramo cualquiera de acarreo, indicando velocidades promedios típicos en minería.



**Figura 3.3. Representación de un circuito de acarreo.**

Para determinar el tiempo de ciclo de un equipo se puede hacer uso de la ecuación (3), y para calcular el número de equipos necesarios para transportar una carga determinada, se puede hacer uso de las ecuaciones (4), (5) y (6), todas surgen de la conjunción de relaciones de proporcionalidad entre valores, o comúnmente denominadas “regla de tres”.

$$\text{Tiempo de acarreo} = \frac{\text{Longitud del Tramo (Km)}}{\text{Velocidad } \left(\frac{\text{Km}}{\text{h}}\right)}$$

Ecuación (3)

El valor del tiempo de ciclo promedio se puede estimar con tablas o con valores previamente medidos en campo, ambos pueden ser bastante confiables. Usando la ecuación (4) se calcula el número de ciclos que este equipo puede realizar en una hora efectiva.

$$N^{\circ} \text{ de } \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} = \frac{60 \text{ minutos/hora} \times \% \text{ Eficiencia horaria}}{100\% \times \text{Tiempo de ciclo Total (min/ciclo)}}$$

Ecuación (4)

Usando el tiempo de ciclo total del equipo de acarreo y la eficiencia horaria del operador, por medio de la ecuación (4) es posible calcular el número de ciclos por hora, que un equipo de carga bajo las condiciones antes presentadas puede realizar.

$$\text{Numero de } \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \text{ del camión} = \frac{60 \text{ min/hora} \times \% \text{Eficiencia horaria}}{100\% \times \text{Tiempo de ciclo total (min/ciclo)}}$$

Ecuación (5)

Asumiendo la capacidad máxima de transporte de los equipos de acarreo (en el caso de MLdN es 55 toneladas métricas) y multiplicada por el número de ciclos por hora, se puede obtener la producción horaria del camión. Una vez calculado este valor y con la producción horaria requerida (cantidad de material a extraer por cada nivel dividido en el número de días y horas disponibles para ello) se puede calcular el número de camiones que se necesitan para cumplir con dicha meta de producción a través de la ecuación (6).

$$N^{\circ} \text{ de Camiones} = \frac{\text{Producción horaria } \left( \frac{\text{Ton}}{\text{hora}} \right)}{N^{\circ} \text{ de ciclos/hora} \times \text{Ton de material/ciclo}}$$

Ecuación (6)

## CAPITULO IV

### MARCO METODOLOGICO

El procedimiento para realizar la investigación, consistió en una recopilación de información previa sobre las condiciones de la explotación mineral, de modo que permitiese una mejor toma de decisiones durante la selección de áreas a explotar. La forma en que se llegó a la selección, incluyendo los medios utilizados para tal acción es detallada a continuación.

#### **Tipo de Investigación**

La investigación desarrollada es de tipo descriptiva, ya que en esta se describen los elementos básicos para la planificación de la explotación mineral a corto plazo en la mina a cielo abierto de Minera Loma de Níquel.

#### **Diseño de la Investigación**

Es de tipo no experimental ya que los procedimientos para constituir la planificación, constituyen actividades lógicas y de rutina para establecer los parámetros necesarios para dar inicio a las actividades de arranque de mineral en la mina. En este diseño se contempla el uso de cierta información para la toma de decisiones y en general para la presentación ante la gerencia de mina, de los sectores a explotar, tal y como se contempla en la figura 4.1.

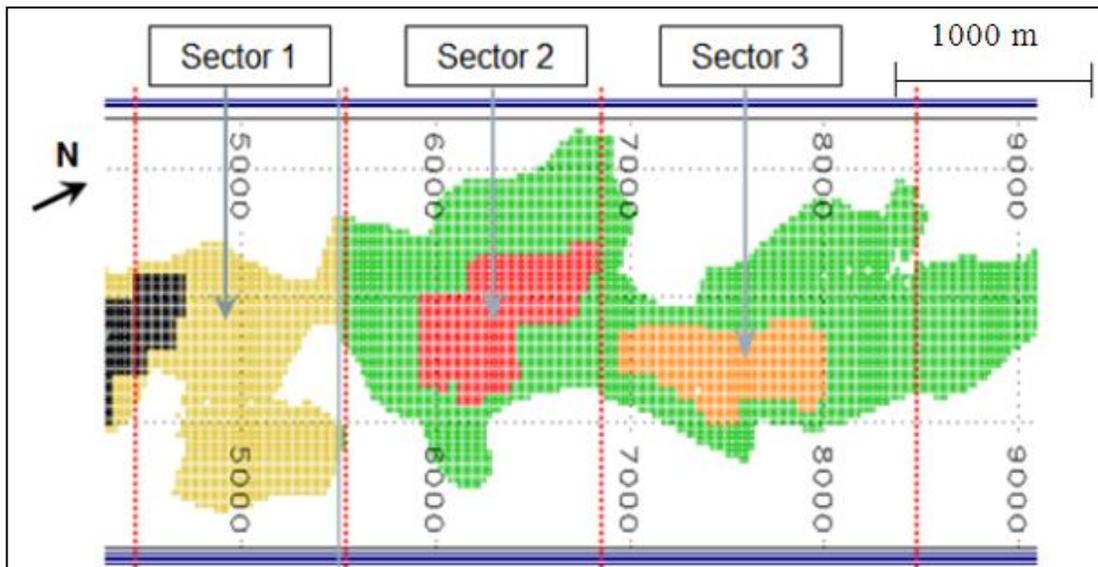


**Figura 4.1. Representación esquemática de los elementos necesarios para obtener la planificación.**

## Población y Muestra

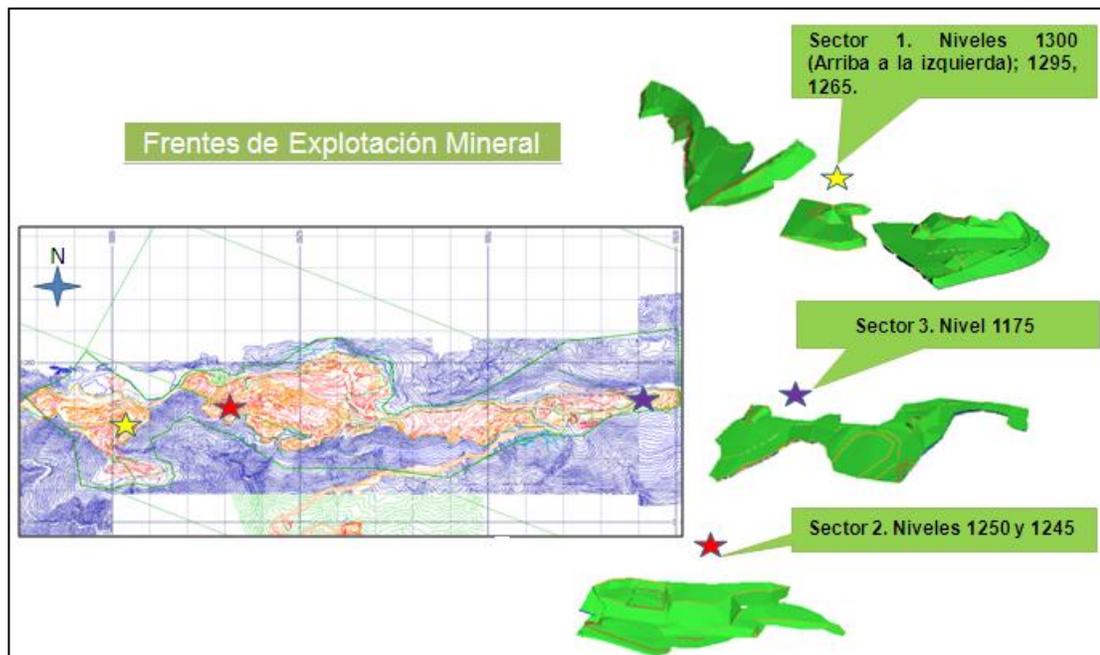
La población la constituye todos los frentes de explotación preparados o no para su inmediata explotación en la mina a cielo abierto de Minera Loma de Níquel.

Es así como toda el área en la Figura 4.2 constituye un posible lugar para la explotación minera.



**Figura 4.2. Ubicación de los sectores que conforman la zona de explotación del yacimiento. Tomado de MLdN (2004).**

La muestra de estudio está comprendida por los frentes 1300, 1295 y 1265 (Sector 1); 1250 y 1245 (sector 2) y 1175 (Sector 3). Es necesario recordar que se entiende por frente de explotación a, un área específica que se identifica por la cota o nivel con respecto al mar en que se encuentra; de tal forma si se menciona por ejemplo el nivel 1300, esto indica que la excavación se iniciará en una cota superior y terminará a la altura 1300 m.s.n.m. Es así como dependiendo de los límites que se constituyan se explotaran formas irregulares, pero a una cota y en un sector específico, tal y como se aprecia en la figura 4.3.



**Figura 4.3. Representación Esquemática del Área de Explotación (Curvas de nivel rojo y naranja en la matriz de curvas azules) en Minera Loma de Níquel, C.A. junto a los niveles (figuras a la derecha) que constituyeron la planificación para conformar la pila 186-A.**

### **Medios e Instrumentos**

Además de la información necesaria se utilizaron ciertos instrumentos, los cuales sirvieron como medio de procesamiento de información o en algunos casos como generadores (como es el caso del programa Datamine Studio).

- Programa Datamine Studio 2.0.

Es una versión del programa de evaluación minera, que integra herramientas informáticas para el estudio y toma de decisiones en las operaciones mineras. En la presente investigación se utilizó para delimitar las zonas a explotar así como la cantidad y calidad de los materiales en las áreas elegidas.

➤ Hoja de Cálculo

Necesarias para el procesamiento de la información arrojada por el programa de evaluación geológico-minera y para la estimación de la disponibilidad física y los tiempos promedios de acarreo.

➤ Reporte de equipos de Acarreo (Programa Tec Min)

Cuenta con el registro diario de los equipos que operan en la mina, es decir horas hábiles, paradas de mantenimiento preventivo o no, entre otras.

### **Análisis de los Datos**

➤ Disponibilidad Física de los equipos

Utilizando el plan semanal del año 2010 de mantenimiento de los equipos que realizan las operaciones de carga, acarreo en mina, correspondiente a las semanas 33, 34 y 35, las cuales constituyen las semanas en que se inicia la conformación de la pila 186-A, se expuso cuales son los equipos realmente disponibles para las labores de mina en el mes de agosto de 2010.

Utilizando la información registrada por el despachador en el programa Tec Min, durante el mes de julio del año 2010, se estimó la disponibilidad física real para dicho periodo de tiempo y se asumió para el mes de agosto de 2010.

Esta última disponibilidad encontrada se tomó como la real y en base a ella se determinará el número real de camiones que regularmente se disponen para las operaciones en la mina.

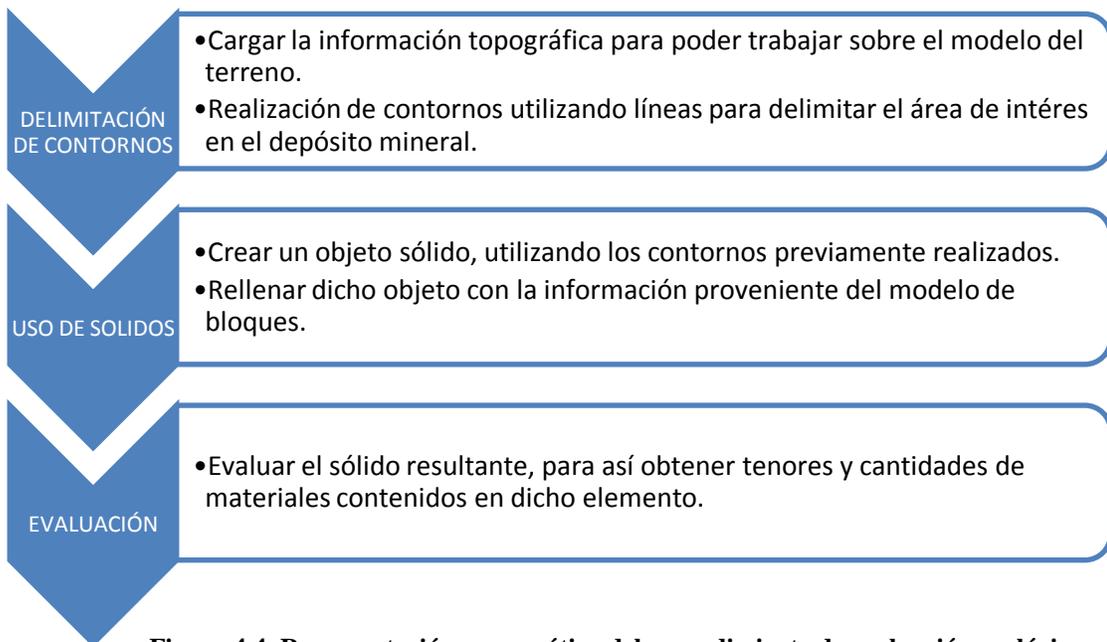
➤ Evaluación de los Frentes de Explotación

Una vez seleccionado los frentes a evaluar verificando que exista la cantidad de equipos mínimos necesarios para un circuito sin colas y/o retrasos en los frentes se procede a realizar la evaluación geológica, para ello es necesario cargar el modelo de bloques en el programa Datamine, el cual contiene la información de calidad del

yacimiento, representada por las concentraciones de hierro y níquel en los pozos perforados.

Utilizando el procedimiento descrito en evaluación de reservas con Datamine Studio es posible determinar la cantidad y calidad de los materiales encerrados en una figura presentada como un “wireframe” (figura donde solo se muestran las aristas de las mallas que constituyen al objeto). Delimitada por líneas trazadas sobre el modelo de bloques.

El siguiente paso constituirá la creación de un “wireframe”, el cual al haber cargado la macro (una serie de instrucciones ejecutadas para en este caso cargar la información topográfica) de topografía de la zona seleccionada y si no existen intersecciones de líneas u otro elemento que perturbe la creación del sólido, el mismo se generará. Basta con utilizar el comando “Evaluación” (tal y como se propone en la figura 4.4) y este arrojará las toneladas y tenor promedio del sólido realizado.



**Figura 4.4. Representación esquemática del procedimiento de evaluación geológica.**

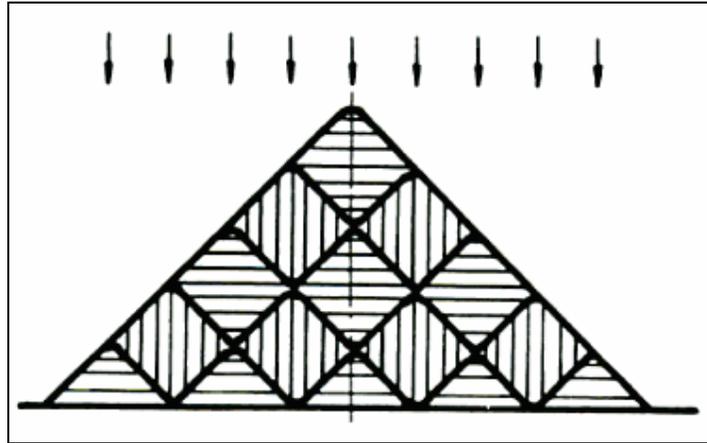
➤ Conformación de la Pila de Homogenización

Utilizando la información suministrada por la evaluación de los frentes se estructura una tabla que resume la información, la misma constituye directamente los frentes a explotar. Queda de parte del departamento de operaciones, la ejecución de las acciones necesarias para conformar la pila número 186 en el patio denominado “A”.

La decisión de cuantas toneladas tomar de las pilas temporales variará de acuerdo a que tan diferente fueron los resultados de la evaluación con respecto a los del presupuesto destinado para el mes de agosto. Es decir estas constituyen un respaldo a la planificación de mina, en caso de que lo propuesto a través del programa Datamine esté en desacuerdo con la realidad del yacimiento mineral.

Se considera también el uso de subproductos del proceso de beneficio mineral, denominados como pellas y anillos, los cuales no son más que formas incompletas del producto final que salen del sistema por estar inicialmente en una forma no apta para continuar en el proceso. Ejemplo de lo que se acaba de mencionar es el de las pellas, las cuales se forman a partir del particulado fino atrapado en los electro-filtros en la planta de beneficio mineral, las cantidades de este material son tan grandes que es necesario incluso apilarlo cerca de las instalaciones, y debido a la presencia de níquel en concentraciones aceptables en los mismos entra de nuevo al sistema desde el comienzo.

La pila se forma a través del método de las hileras sucesivas, en este el material es colocado capa tras capa, la descarga de material siempre es desde un nivel superior y cada pila triangular se va formando en el espacio formado entre dos pilas sucesivas (ver figura 4.5).



**Figura 4.5. Representación de la conformación de una pila Chevron. Tomado de: Labhan (1983).**

➤ Distribución de la Flota de Equipos de Acarreo

Se recopiló información concerniente a las distancias de acarreo hasta cada sector, además basándose en estimaciones de velocidades máximas permitidas a cada tipo de tramo (vía horizontal, camión subiendo, camión bajando) se asignaron dichas velocidades.

Se estimó el tiempo de posicionamiento, maniobra y descarga (basado en la experiencia de operadores y planificadores de mina) y con la suma de estos más el tiempo de recorrido (obtenido del cociente de distancia y velocidad) se calculó el tiempo total de ciclo y a su vez el número de ciclos por hora.

La asignación del número de camiones se basó en el tiempo de ciclo calculado para cada sector y en la cantidad de material a extraer del mismo. Todo lo antes mencionado se calculó usando las ecuaciones (3), (4), (5) y (6). Los valores necesarios para dichos cálculos todos provienen de las bases de datos del departamento de planificación de mina de la empresa Minera Loma de Níquel C.A.

## CAPITULO V RESULTADOS Y ANÁLISIS

### Descripción del Proceso de Extracción de Mineral

#### Secuencia de Explotación (Plan de Explotación 2010, MLdN)

La fase de explotación se inicia con la preparación de los accesos necesarios a los frentes de trabajo y a los depósitos controlados de estéril y capa vegetal. En secuencia se extrae la capa vegetal en las zonas vírgenes o nuevas que permitan su recuperación, la cual es depositada temporalmente en lugar destinado para tal fin, posteriormente se remueve la laterita (estéril) que recubre el mineral, depositada por separado para entonces proceder a la explotación del mineral en forma descendiente, este es acarreado hasta trituración para la conformación de las pilas de homogeneización o a las pilas temporales que son utilizadas estratégicamente para control de calidad o durante el periodo de lluvia (véase figura 5.1)



**Figura 5.1. Representación Esquemática del Proceso de Extracción Mineral**

La figura 5.1 busca simplificar las operaciones de extracción mineral, mostrando una actividad bastante común, la cual es el apilamiento de mineral en patios cercanos al sistema de trituración, para así en caso de no poder acceder a los frentes debido a condiciones atmosféricas o que la dilución en los frentes de explotación sea mayor a la estimada, se tendrán pilas de mineral con calidades conocidas, pudiendo así adicionar parte de estas a la pila de homogenización que se esté conformando en un momento determinado.

Una vez que las áreas de explotación han alcanzado su fase final, así como los depósitos de estéril, se procede a la recuperación ambiental o reforestación ambiental o reforestación de los mismos, mediante el uso de capa vegetal removida inicialmente y árboles autóctonos de la zona. En términos operativos los avances de los niveles pueden ser hechos por una retroexcavadora con carga de los camiones en el mismo nivel o en el nivel inferior. Otra opción, a ser utilizada en áreas donde las pendientes tengan valores elevados, es cortar el material con tractores, descargando en terraza en nivel inferior previamente preparada, para su posterior carga y acarreo.

### **Equipos de Carga, Acarreo, Arranque y Preparación**

Los equipos necesarios a ser utilización en las labores de la mina para alcanzar la producción contemplada en el plan anual, son los mostrados en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Requerimientos de Equipos para cumplir la producción Anual

Descripción	No. De equipos requeridos	Marca (Capacidad)
Retroexcavadora	2	Komatsu PC 750 CL (4,1m <sup>3</sup> )
Cargador frontal	1	Komatsu WA 470 (8,1 m3)
Camiones	11	Komatsu HD 465 (55 Ton)
Tractores	3	Komatsu 155 Ax

Fuente: Modificado de Plan de Explotación 2010 MLdN

Se plantea la necesidad de contar con toda la flota de equipos que hasta ahora se posee para poder cumplir con las metas de producción, sin embargo las condiciones físicas y mecánicas de los equipos obligan a contratar maquinaria que reemplace los equipos de la flota o que simplemente realicen actividades auxiliares a la producción mineral.

### **Presupuesto Mensual**

Como resultado de la investigación previa, se presenta una serie de requisitos que debe cumplir la planificación para el mes de agosto del año 2010, dicha información se desprende del plan anual de dicho año y establecida para el mes en cuestión, los mismos se muestran en la tabla 5.1:

Tabla 5.2. Presupuesto de Producción de Mina

Producción de Mina	Ago-10
	Presupuesto (ton)
Mineral a extraer (ton).	84.960
Ley de Níquel (% Ni)*.	1,62
Mineral extraído para pilas temporales (ton).	0
Roca fresca (ton).	6.000
Mineral extraído de la fosa para trituradora (ton).	84.960
Mineral minado + re manejo trituradora (ton).	106.200
Mineral triturado + reciclo (ton).	111.789
Laterita a remover (ton).	74.922
Relación Estéril/Min.	0,88
Mineral de pilas de mina para trituración (ton).	21.240
Mineral reciclado para planta (ton). **	4.496
Total Material de Mina (ton).	159.882

\* % Níquel corresponde a los valores de trituración.

\*\* Corresponde el 5% del total de mineral triturado (3% pellas y 2% calcinado).

## Disponibilidad Física de los Equipos de Acarreo

La jefatura de mantenimiento realiza un plan semanal para el mantenimiento de los equipos pesados, basándose en las horas de funcionamiento de los mismos. Dicho plan de mantenimiento para las semanas 33, 34 y 35 comprendido en el periodo de 16 de agosto y 06 de septiembre de 2010, se ve reflejado en la tabla 5.3, la cual contempla el tiempo que es necesario que transcurra para que cada equipo entre a taller para realizarle una parada por mantenimiento preventivo. Es así como se deduce que la jefatura de mantenimiento programó el mínimo de una parada por mantenimiento preventivo para cada equipo de acarreo para dicho periodo.

Tabla 5.3. Horas Restantes hasta el Próximo PM para los equipos de Acarreo

Equipo	Tiempo Restante (horas) para el Próximo PM		
	Semana 33	Semana 34	Semana 35
CA001	91	15	N/D
CA002	N/D	N/D	90
CA003	97	-16	N/D
CA004	69	N/D	N/D
CA005	N/D	N/D	75
CA006	75	N/D	N/D
CA008	N/D	61	61
CA009	N/D	N/D	8
CA010	N/D	37	37
CA011	-41	N/D	N/D

Fuente: Mantenimiento, Gerencia de Mina MLdN.

La planificación de mantenimiento no presenta la fecha de ejecución de las paradas de mantenimiento preventivo, sin embargo, el tiempo promedio de una parada por mantenimiento puede ser de un turno completo (12 horas). Lo que indica que para un turno cualquiera en donde se decida aplicar el plan de mantenimiento para los equipos de acarreo, deberían estar operativos un mínimo de nueve (9)

camiones, sin embargo las condiciones de trabajo pueden cambiar y modificar este número.

Los equipos de acarreo en un turno cualquiera entran a taller con una frecuencia no determinada para mantenimiento correctivo. Tal y como se muestra en la tabla 5.4. Para el mes de julio los equipos de acarreo tuvieron en promedio una disponibilidad física de 66,86 %, la misma fue calcula con la ecuación (1), esta difiere en un 21,14% por debajo de la disponibilidad estimada para todos los meses del año 2010 en el plan anual de explotación presentado por la empresa.

Tabla 5.4. Disponibilidad Física de los Equipos de Acarreo

Equipo	Horas					Disponibilidad Física
	Programadas	Operativas	Mantenimiento	Disponibles	Comida	
CA001	385	201,76	140,87	42,38	35	63,41
CA002	341	190,8	119,67	30,52	31	64,9
CA003	341,25	91,94	216,14	33,18	31	36,6
CA004	363	201,81	121,91	39,28	33	66,42
CA005	352	230,46	76,87	44,67	32	78,16
CA006	352	205,52	101,06	45,42	32	71,29
CA008	341	124,15	170,31	46,55	31	50,06
CA009	407	240,94	109,81	56,25	37	73,02
CA010	407	246,73	88,71	60,56	36	77,6
CA011	374	258,49	65,07	50,44	34	82,6
Total	3652,25	1992,58	1210,41	449,25	332	66,86

Fuente: Tec Min. MLdN.

En base a la disponibilidad física estimada por medio del programa Tec Min se puede afirmar que con una flota de 10 equipos de acarreo, realmente para las operaciones se cuenta con aproximadamente 7 equipos. El valor antes mencionado intenta buscar la semejanza con las condiciones de la disponibilidad actual.

Se puede afirmar que la baja disponibilidad física es directamente proporcional a las horas que los equipos permanecen en parada por mantenimiento

correctivo, esto repercute directamente en las operaciones de mina, ya que la flota asignada a un frente específico debe utilizarse para realizar otras labores (ejemplo: acarreo de estéril).

Otro elemento que repercute en la disponibilidad son las horas operativas, las cuales se ven afectadas por el tiempo que los equipos deben realizar paradas forzadas debido a condiciones atmosféricas adversas.

### **Características de la Pila 186-A**

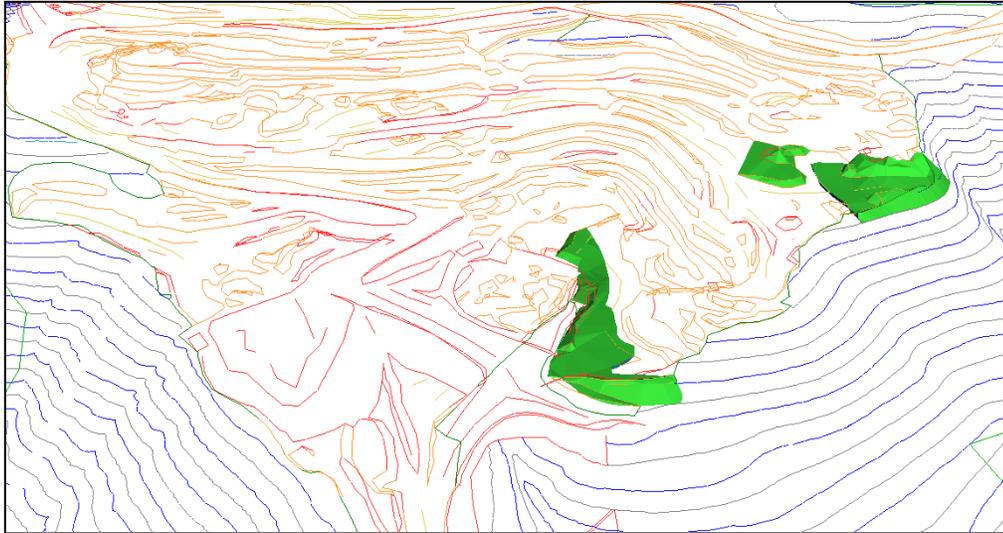
Dicha pila recibe su nombre porque su conformación toma lugar en el patio A del área 320. Las pilas de homogenización a conformar en trituración, guardan las siguientes consideraciones. Se dará inicio a cada pila con el envío de mineral de mezcla de ley diversas, para garantizar su control hasta cerrar la pila con la calidad establecida en 1,62% Níquel, Hierro<16,5% y relación sílice/Magnesio de 1,42.

### **Selección de los Frentes de Explotación**

De acuerdo a la disponibilidad física de los equipos de acarreo, obtenida a través del programa “Tec Min”, la cual permite la posibilidad de realizar ciclos de acarreo en cualquiera de los sectores 1, 2 y 3 de la mina y a las exigencias del presupuesto anual para el mes de agosto, se deciden evaluar los siguientes frentes:

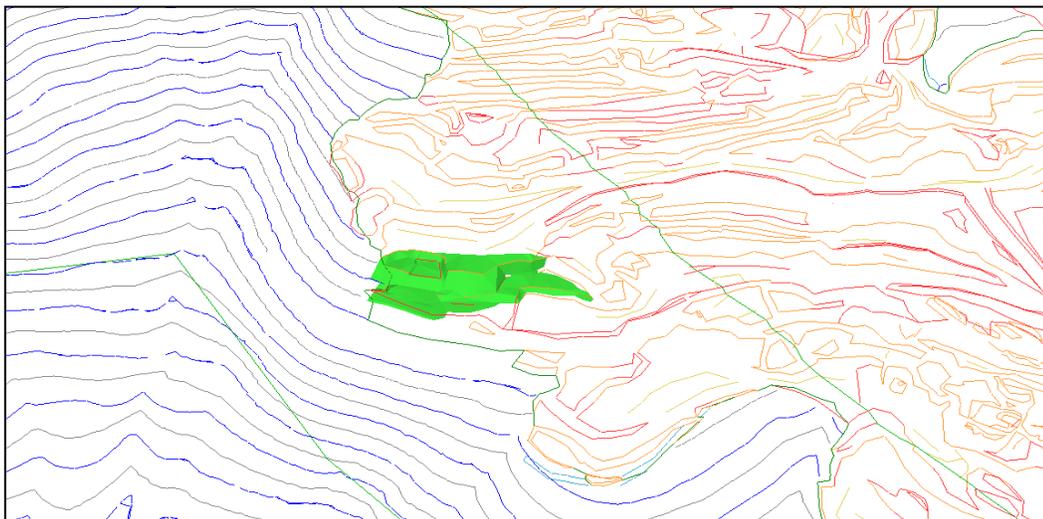
**Sector 1:** Se consideran los niveles: 1300, 1295 para la extracción de mineral y conformación de las pilas de almacenamiento temporal y la 186-A, asimismo se contempla la extracción de los niveles de estéril 1340 y 1335, tal y como se muestra en la figura 5.2. En dicha figura el elemento de color verde representa el sólido producto de la creación de contornos, y luego un sólido a partir de ellos. Inicialmente el objeto se presenta característicamente como un típico “wireframe”, pero el programa permite darle un color a la superficie del mismo para mejorar su presentación.

Los sólidos mostrados (ver figura 5.2) son aquellos objetos a remover o a explotar para la producción mineral y posterior conformación de la pila 186-A



**Figura 5.2. Perspectiva de frentes de trabajo en el sector 1, Camedas 1 mineral nivel 1300, 1295, 1265 pila 186-A. Fuente: Datamine, Studio 2.0**

**Sector 2:** Se consideran los niveles: 1250, 1245 para la extracción de mineral y conformación de las pilas de almacenamiento temporal y la 186-A.



**Fig. 5.3. Perspectiva del frente de trabajo en el sector 2 Camedas 1 mineral nivel 1250 y 1245 pila 186-A. Tomado de: Datamine, Estudio 2.**

**Sector 3:** Se considera el nivel: 1175, para la extracción de mineral y conformación de la 186-A.



**Figura 5.4.** Perspectiva del frente de trabajo en el sector 3 Camedas 3 mineral nivel 1175 pila 186-A. Tomado de: Datamine, Studio 2.0.

### **Evaluación de los Frentes de Explotación**

La planificación del mineral triturado para el mes de agosto del año 2010, está basada en las evaluaciones realizadas en el programa Datamine Studio 2.0 por medio de “wireframes” utilizando el modelo geológico actualizado hasta el año 2010 y la topografía actualizada al cierre de pila P185-B.

En la tabla 5.5, se muestra los frentes de mineral y de estéril a remover durante el mes de Agosto, para la conformación de la pila antes descrita.

### **Calidad de Pilas de Almacenamiento Temporal**

Las características de las pilas al 27 de julio de 2010 se presentan en la tabla 5.6, como calidad de las pilas temporales y el recicló.

Tabla 5.5. Producto de la Evaluación de los frentes de explotación Utilizando el Modelo Geológico en el Software DATAMINE.

MINERAL PARA TRITURACIÓN P 186-A CIERRE DE PILA									
	ESTERIL	MINERAL		CALIDAD					
FRENTE ORIGEN		TON SECO	TON HUM	Ni	Fe	SiO <sub>2</sub>	MgO	SiO <sub>2</sub> /MgO	HUM
SECTOR 1 NIVEL 1300		3.346	4.006	1,77	14,26	37,17	27,3	1,36	16,47
SECTOR 1 NIVEL 1265	2172	6.950	7.094	1,48	16,4	35,33	24,5	1,44	2,03
SECTOR 3 NIVEL 1175		17.530	20.702	1,45	12,76	35,43	28,1	1,26	15,32
SECTOR 1 NIVEL 1295	6465	26.191	32.015	1,87	13,91	36,5	27	1,35	18,19
SECTOR 2 NIVEL 1250		7.110	9.234	1,4	14,63	35,37	27,5	1,29	23,01
SECTOR 2 NIVEL 1245		6.618	8.438	1,38	12,24	37,57	29,6	1,27	21,58
<b>TOTAL</b>	<b>8.637</b>	<b>67.745</b>	<b>81.490</b>	<b>1,62</b>	<b>13,8</b>	<b>36,12</b>	<b>27,3</b>	<b>1,32</b>	<b>16,54</b>

Fuente: Modificado de Datamine.

Tabla 5.6. Características de las Pilas de Almacenamiento Temporal

CALIDAD DE PILAS TEMPORALES								
	MINERAL		Ni	Fe	SiO <sub>2</sub>	MgO	SiO <sub>2</sub> /MgO	HUM
	TON SECO	TON HUM						
Stock Pila P78M (patio 3):	6.054,50	7.990,21	1,756	16,31	35,14	24,34	1,44	24,23
Stock Pila P72M (patio 4):	9.257,30	12.209,58	1,73	15,15	35,84	25,17	1,42	24,18
Stock Pila P75M (patio 5):	64.106,80	82.378,31	1,49	14,11	36,4	26,54	1,37	22,18
Stock Pila P77M (patio 6):	60.261,50	78.171,33	1,726	16,95	34,86	23,22	1,5	22,91
Stock Pila P79M (patio 7):	1.049,90	1.389,11	1,636	11,67	38,99	28,13	1,39	24,42
Stock Pila P80M (patio 3):	17.714	23.940,43	1,524	20,11	32,55	20,16	1,61	26,01
Acumulado Stock Mina:	158.444	178.980,92	1,566	10,2	22,06	15,579	1,42	11,47
RECICLO Y PILAS TEMPORALES A CONSIDERAR								
PELLAS (3% PESO DE PILA)	2.100	2.474,66	1,88	22,98	30,41	21,6	1,41	15,14
ANILLOS (6% PESO DE PILA)	1.400	1.630,85	1,77	17,07	37,33	27,49	1,36	14,16
P 72M			1,56	16,21	34,86	24,58	1,42	23,90
Planificado a extraer:	3.500	4.105,51	1,84	20,62	33,18	23,96	1,39	14,75

De esta forma se puede apreciar en la tabla 5.5 planifica la extracción y envío de 71.245 toneladas de mineral seco.

Tabla 5.7. Planificación del mes de agosto para la conformación de la pila 186-A.

MINERAL		CALIDAD					
TON SECO	TON HUM	Ni	Fe	SiO <sub>2</sub>	MgO	SiO <sub>2</sub> /MgO	HUM
71.244,80	85.595,42	1,63	14,13	35,98	27,17	1,33	16,45

Se puede apreciar que la evaluación de los frentes elegidos (85.595 Ton) supera a la del presupuesto mensual (84.960), teniendo planificado extraer de pellas y anillos unas 3500 toneladas de mineral seco para lograr la meta de producción. El cierre de la pila en porcentaje de níquel, hierro y relación SiO<sub>2</sub>/MgO también se ajusta a las exigencias.

### **Distribución de la Flota de Equipos de Acarreo**

Se constituyó una tabla (ver tabla 5.8) que permitió conjugar la información mínima necesaria para el inicio de actividades de explotación, en esta se resalta la distancia máxima que existe entre el punto de descarga en tolva (denominado TT001), en el área de trituración y el sector (1,2 o 3) en el que se encuentra el nivel en cual se sugirió la explotación mineral.

Tabla 5.8. Longitud de Perfiles y Tiempos de Acarreo desde los Diferentes Frentes Planificados.

		SAPROLITA			
<i>Sector</i>		SECTOR 1	SECTOR 1	SECTOR 3	SECTOR 2
<i>Frente</i>		NIVEL 1265	NIVEL 1300	NIVEL 1175	NIVEL 1250
<i>Ton seca</i>		6.950	3.346	17.530	7.110
<i>Destino</i>		TT001	TT001	TT001	TT001
<b>Perfil</b>	<b>Km</b>	8,379	8,379	4,796	6,550
<b>Plano</b>	<b>Km</b>	0,3	0,3	1,467498	0,7
<b>Subiendo</b>	<b>Km</b>	0,5	0,5	2,98823	2,85
<b>Bajando</b>	<b>Km</b>	7,579	7,579	0,340	3,000
<b>Vel Plano</b>	<b>Km/h</b>	30	30	30	30
<b>Vel Subiendo</b>	<b>Km/h</b>	30	30	20	30
<b>Vel Bajando</b>	<b>Km/h</b>	20	20	20	20
<b>T. Posic</b>	<b>min</b>	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>T. carga</b>	<b>min</b>	4,5	4,5	4,5	4,5
<b>T. Acarreo</b>	<b>min</b>	41,6	41,6	25,8	32,1
<b>T desca</b>	<b>min</b>	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Tciclo</b>	<b>min</b>	47,1	47,1	31,3	37,6
<b>Viaje/h</b>		1,27	1,27	1,91	1,60
<b>Camiones Asig</b>		<b>7</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Camiones disponibles</b>	<b>7</b>				

La disponibilidad de los equipos de acarreo no permite tener cargando constantemente a la retroexcavadora en los frentes de explotación, es decir no hay suficientes camiones para que el equipo de carga esté realizando dicha operación constantemente, es así que se designó un número mínimo de camiones por sector, que de acuerdo a los tiempos de acarreo estimado por sectores, sean capaces de realizar en conjunto (la flota asignada a cada sector) en un tiempo menor de un mes, con turnos de 12 horas, y de lunes a viernes, la producción designada por el plan de explotación para la conformación de la pila 186-A.

## CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos y análisis respectivos se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Como resultado de la descripción del ciclo operacional en Minera Loma de Níquel, se deduce que este basa su éxito o cumplimiento de metas establecidas, en la disposición de pilas de almacenamiento temporal de Saprolita y en base a la información de tenores y tonelajes arrojados por el programa de evaluación geológica-minera.
- Se plantea la explotación no simultánea (la cantidad de equipos disponibles no permite tener más de un ciclo de acarreo de saprolita al mismo tiempo) de los frentes:
  - Nivel 1300, 1295 y 1265 (Sector 1): aproximadamente 43.115 toneladas de saprolita húmeda.
  - Nivel 1250 y 1245 (Sector 2): aproximadamente 17.672 toneladas de saprolita húmeda.
  - Nivel 1175 (Sector 3): aproximadamente 20.702 toneladas de saprolita húmeda.

En caso de que el tiempo atmosférico no permita el acceso a los frentes, se cuenta con extracción de mineral de cualquiera de las 6 pilas de almacenamiento temporal.

- El cierre de la Pila de Homogenización 186-A se estima en 71.244,80 toneladas de mineral seco con 1,63 %Ni; 14,13 %Fe y 1,33 de relación SiO<sub>2</sub>/MgO.
- El programa de evaluación geológica-minera, permite realizar un diseño de explotación creando objetos sobre el modelo geológico. La forma de dichos objetos depende del planificador y como este quiera ir removiendo el material que conforma el yacimiento.

- Los tiempos de acarreo (ida y vuelta) para carga de saprolita desde el sector 1, 2 y 3 hasta la tolva de alimentación del sistema de trituración se estimó en: 41,6; 32,1 y 25,8 minutos respectivamente.
- -La disponibilidad física para los equipos de acarreo se estima para el mes de agosto en un 66,86%.
- Se estimó el uso de 7, 5 y 4 camiones para los circuitos de acarreo en los sectores 1,2 y 3 respectivamente.

## **RECOMENDACIONES**

Es importante que la gerencia de mina, en especial el departamento de operaciones, tome en cuenta los resultados de este trabajo para desarrollar las medidas necesarias que permitan corroborar el correcto replanteo de los avances de mineral en campo y hacerle saber a los operadores de los equipos de carga, el significado del mismo.

A demás de realizar un seguimiento de las operaciones de extracción de mineral, confirmando la calidad del material extraído de manera visual y por medio de los análisis realizados en laboratorio a las muestras provenientes de los diferentes frentes de extracción.

Anexar a la planificación una instrucción operacional que describa los frentes a utilizar en caso de situaciones específicas que se puedan presentar durante las labores mineras.

## BIBLIOGRAFÍA

- MLdN (2005). Departamento de Planificación de Mina-Geología. Génesis del Yacimiento”.
- MLdN (1998). Feasibility Estudy Loma de Hierro Proyect. Tecno-Consult.
- MLdN (2010). Intranet El Proceso de Producción Mineral.
- MLdN. Gerencia de Mina; Plan Quinquenal 2010-2014.
- Labhan (1983). Prontuario del Cemento. Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona, España. Página 108.
- Soto L; Sanchez R; Amaya J. (Sin Fecha) “Desarrollo de un Sistema de Visualización para la Planificación Minera”. Departamentos de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile.

## GLOSARIO

- Anillos: Subproducto del proceso de beneficio mineral que es usado para la conformación de la pila de homogenización.
- Chevron: Pila en forma piramidal.
- Datamine: Software de modelaje y simulación geológica y minera.
- Disponibilidad Física: tiempo en que el equipo está disponible para operaciones. Diferencia entre el tiempo planificado y el tiempo de mantenimiento.
- Frente de Explotación: zona o región de la mina donde se extrae mineral, por lo general lleva el nombre de la cota a la que se encuentra.
- Mineral: Puede referirse a un material inorgánico, con composición química definida, y formado naturalmente. También puede referirse al suelo residual con alto grado de alteración.
- Nivel: Cota con respecto al nivel del mar.
- Pellas: Subproducto del proceso de beneficio mineral que es usado para la conformación de la pila de homogenización.
- Pila de Homogenización: Mezcla de mineral con diferentes tenores de níquel. Conformado usualmente por 15 pilas chevrones.
- Saprolita: Suelo alterado por la acción de la meteorización con altas concentraciones de níquel. Este nombre hace referencia también a la textura del suelo.
- String: Poli línea utilizada en el software Datamine.
- Yacimiento supergénico: Acumulación mineral cuya explotación es rentable y su formación se debe a la alteración por efecto de la meteorización y cambios en el nivel freático.