

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**



**ANALISIS TECNICO-ECONOMICO DE LA RAMPA MILAGROS  
EN COMPAÑÍA MINERA PODEROSA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE MINAS**

**ELABORADO POR:  
PEDRO ANGEL PAJARES ROJAS**

**ASESOR  
ING TITO LUIS PALOMINO FLORES**

**LIMA - PERU**

**2013**

## DEDICATORIA

*A mis queridos padres y  
hermanos por su incansable  
apoyo.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a los ingenieros Abel Astete y Gaspar Barrientos (superintendente y asistente de superintendente respectivamente, de la Compañía Minera Poderosa), por su confianza y amistad depositada en mi. Como también a los departamentos de Geología, Planeamiento y Costos por brindarme todas las facilidades para la realización del presente proyecto.

## RESUMEN

El presente proyecto sobre la construcción de una nueva rampa llamada “Rampa Milagros” y su evaluación económica, que la Compañía Minera Poderosa S.A; se ha propuesto realizar en su afán de incrementar sus reservas en los próximos años, ha sido estructurado en base a análisis y cálculos de muestreo de datos in situ en cada una de sus etapas.

Se han realizado en la zona de estudio, en su primera fase: levantamientos topográficos, mapeos geológicos, mineralógicos, geomecánicos tanto de superficies, en galerías, como de logeos de testigos diamantinos. Continuando con los trabajos de cálculo de la magnitud y leyes de las reservas de mineral y sus respectivas valoraciones del mineral en la zona del proyecto.

Se ha analizado y evaluado la calidad de la masa rocosa utilizando los métodos del RMR, NGI y el GSI, por donde se construirá la rampa Milagros, con el objeto de evaluar el grado de estabilidad del terreno, parámetros geomecánicos importantes que definen el comportamiento mecánico y base para el diseño del proyecto.

De conformidad con estos estudios y los requerimientos técnicos del proyecto, se hace un análisis técnico-económico detallado de los métodos de perforación, voladura, limpieza y transporte del material disparado, así como el tipo de soporte o sostenimiento que la rampa necesitará. Con estos resultados se procede a la determinación de los costos en cada etapa realizada para evaluar su incidencia y beneficios económicos de la puesta en marcha del proyecto.

## **ABSTRACT**

This project is about the construction of a new ramp called the “Milagros Ramp” and its economic assessment to be carried out by Mining Company Poderosa S.A. The purpose of this project is to increase its reserves for the next few years. It has been structured based on the analysis and estimates of in situ data sampling in each of its stages.

The following has been carried out in the study area during the first phase: topographical surveys, geological, mineralogical and geomechanical mappings, both on the surface, in drifts, as well as diamond bit drilling with core sample. Also, works have been carried out for estimating the size and grades of mineral reserves and their respective appraisals in the project area.

The quality of the rock mass has been analyzed and appraised using the RMR, NGI and GSI methods with the purpose of assessing the degree of stability of the grounds where the Milagros ramp will be built. These are important geomechanical parameters that define the mechanical behavior and the basis for the project design.

According to these studies and to the technical requirements of the project, a detailed technical-economic analysis will be made of the drilling, blasting, clean up and transportation of the blasted material, as well as the type of strapping and support required by the ramp. With these results, costs will be determined for each stage executed to assess their impact and the economic benefits of the start up of the project.

## INDICE

	<b>PAG.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES</b> .....	14
1.1. Ubicación .....	14
1.2. Accesibilidad .....	16
1.3. Clima, vegetación y relieve .....	16
1.4. Recursos .....	18
1.4.1. Recursos humanos .....	18
1.4.2. Recursos energéticos .....	18
<b>CAPITULO II: GEOLOGÍA Y RESERVAS</b> .....	19
2.1. Geología regional y local .....	19
2.1.1. Geología regional .....	19
2.1.2. Geología local .....	21
2.2. Geología estructural .....	22
2.2.1. Fallas y estructuras menores .....	23
2.2.2. Fallas y estructuras mayores .....	24
2.3. Alteración y mineralización .....	25
2.3.1. Alteraciones identificadas .....	25
2.3.2. Alteraciones subordinadas .....	27
2.3.3. Relaciones de las alteraciones hidrotermales .....	28
2.3.4. Mineralización .....	30
2.4. Reservas .....	36
<b>CAPITULO III: CONDICIONES OPERATIVAS ACTUALES</b> .....	39
3.1. Corte y relleno ascendente convencional .....	40
3.2. Relleno detrítico .....	42
3.3. Relleno hidráulico .....	43
3.4. Transporte de mineral .....	46

3.5. Servicios auxiliares .....	46
3.5.1. Aire comprimido .....	46
3.5.2. Ventilación .....	48
3.5.3. Abastecimiento de agua industrial .....	50

**CAPITULO IV: PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA ZONA DEL PROYECTO .....** 51

4.1. Litología .....	52
4.2. Parámetros geomecánicos de la roca intacta .....	53
4.3. Parámetros geomecánicos de las discontinuidades .....	53
4.4. Clasificación de la masa rocosa según RMR .....	54
4.5. Clasificación de la masa rocosa según NGI (Q) .....	56
4.6. Máxima abertura de la excavación .....	56
4.7. Clasificación de la masa rocosa según G.S.I. ....	58

**CAPITULO V: DISEÑO E INGENIERIA DEL PROYECTO .....** 62

5.1. Características geométricas de la Rampa Milagros .....	62
5.1.1. Sección .....	64
5.1.2. Gradiente .....	65
5.1.3. Radio mínimo de curvatura .....	66
5.1.4. Longitud de la rampa .....	67
5.1.5. Peralte .....	68
5.1.6. Tipo de rampa .....	69
5.2. Perforación .....	71
5.2.1. Metodología de perforación de la rampa .....	71
5.2.2. Diseño de la malla de perforación .....	72
a) Burden .....	73
b) Espaciamiento .....	74
5.2.3. Consideraciones de operación .....	76
5.2.4. Características del equipo de perforación .....	78
5.2.5. Rendimiento de la perforación .....	79
5.3. Voladura .....	82
5.3.1. Variables en el diseño de una voladura .....	83

5.3.2. Accesorios de voladura .....	84
a) Carmex .....	84
b) Mecha rápida .....	86
5.3.3. Explosivos .....	86
a) Emulsiones .....	87
b) Propiedades del explosivo .....	88
5.3.4. Voladura en Rampa Milagros .....	91
5.4. Limpieza y transporte .....	92
5.5. Sostenimiento .....	93
5.5.1. Longitud del perno de sostenimiento .....	95
5.5.2. Resistencia del perno helicoidal .....	95
<b>CAPITULO VI: COSTO DE EJECUCION DE LA RAMPA MILAGROS .....</b>	<b>98</b>
6.1. Datos generales .....	98
6.2. Costo de perforación .....	99
6.2.1. Costo de mano de obra .....	99
6.2.2. Costo de perforación y aceros .....	100
6.2.3. Costo de mangueras y accesorios .....	102
6.2.4. Costo de herramientas .....	102
6.2.5. Costo de implementos de seguridad .....	103
6.3. Costo de voladura .....	104
6.4. Costo de tuberías y servicios auxiliares .....	105
6.5. Costo de ventilación .....	106
6.6. Costo de sostenimiento .....	106
6.7. Costo del equipo de carguío .....	107
6.8. Costo de equipo de acarreo .....	112
6.9. Costo unitario operativo de la rampa .....	118
6.10. Análisis beneficio / costo del proyecto .....	120
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>126</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>128</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO</b>	



## LISTA DE TABLAS

	<b>PAG.</b>
Tabla 1: Reservas en la Unidad Productiva Papagayo .....	38
Tabla 2: Características y detalles de los tajos de explotación .....	42
Tabla 3: Características del relleno hidráulico utilizado en mina .....	45
Tabla 4: Compresoras eléctricas instaladas con la que cuenta la mina .....	47
Tabla 5: Distribución de los ventiladores en interior mina .....	49
Tabla 6: Características importantes de la roca intacta .....	53
Tabla 7: Características importantes de las discontinuidades .....	54
Tabla 8: Tabla del RMR de Bieniawski utilizable para valorar el macizo rocoso .....	55
Tabla 9: Tabla de Barton donde se muestran los valores para hallar el ESR .....	57
Tabla 10: Valorización geomecánica en base al GSI .....	60
Tabla 11: Valores del coeficiente de fricción transversal .....	69
Tabla 12: Estimación de la calidad de la roca .....	74
Tabla 13: Características para el diseño de la Rampa Milagros .....	78
Tabla 14: Características principales de la máquina perforadora .....	79
Tabla 15: Cálculo de la eficiencia de la perforación en Rampa Milagros .....	82
Tabla 16: Variables en el diseño de una voladura subterránea .....	84
Tabla 17: Propiedades de las emulsiones de EXSA .....	88
Tabla 18: Indicadores importantes de la Rampa Milagros .....	92
Tabla 19: Características de los equipos trackless .....	93
Tabla 20: Desplazamiento del perno helicoidal a la prueba de arranque .....	96
Tabla 21: Características principales de la Rampa Milagros .....	98

Tabla 22: Costo unitario de la mano de obra .....	100
Tabla 23: Costo unitario de la perforadora y aceros de perforación .....	101
Tabla 24: Costo unitario de mangueras y accesorios .....	102
Tabla 25: Costo unitario de herramientas .....	103
Tabla 26: Costo unitario de implementos de seguridad .....	104
Tabla 27: Costo unitario de voladura .....	105
Tabla 28: Costo unitario de tuberías y servicios auxiliares .....	105
Tabla 29: Costo unitario de ventilación .....	106
Tabla 30: Costo unitario de sostenimiento .....	107
Tabla 31: Generalidades en el costo de adquisición del equipo de carguío subterráneo .....	108
Tabla 32: Costo de posesión del equipo de carguío subterráneo .....	109
Tabla 33: Costo de operación del equipo de carguío subterráneo (manteni- miento, overhaul y neumáticos) .....	110
Tabla 34: Costo de operación del equipo de carguío subterráneo (reparación de neumáticos, combustible, lubricantes, filtros y operador) .....	111
Tabla 35: Generalidades en el costo de adquisición del equipo de acarreo subterráneo .....	113
Tabla 36: Costo de posesión del equipo de acarreo subterráneo .....	114
Tabla 37: Costo de operación del equipo de acarreo subterráneo (manteni- miento, overhaul, neumáticos y reparación de neumáticos) .....	116
Tabla 38: Costo de operación del equipo de acarreo subterráneo (combustible, lubricantes, filtros y operador) .....	117
Tabla 39: Resumen de los costos unitarios en el proyecto .....	119
Tabla 40: Cálculo económico de los flujos de fondos .....	124

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PAG.</b>
Figura 1: Mapa de ubicación del proyecto de la Rampa Milagros .....	15
Figura 2: Distribución de los clavos mineralizados en la veta la Lima .....	33
Figura 3: Distribución de los clavos mineralizados en la veta Jimena .....	34
Figura 4: Distribución de los clavos mineralizados en la veta Glorita .....	35
Figura 5: Evolución del relleno hidráulico en mina Papagayo .....	44
Figura 6: Análisis de sostenimiento para un macizo rocoso según Barton, Lien y Lunde .....	61
Figura 7: Análisis de sostenimiento para un macizo rocoso según Merrit .....	61
Figura 8: Diseño de la sección típica de la Rampa Milagros .....	65
Figura 9: Radio interno y externo del dumper TH-315 .....	67
Figura 10: Vista del tipo de rampa establecida para el proyecto .....	70
Figura 11: Vista del diseño de la Rampa Milagros con el software Datamine .....	71
Figura 12: Diseño del arranque de la malla de perforación .....	75
Figura 13: Distribución de los taladros en la malla de perforación .....	76
Figura 14: Gráfico de la carga vs desplazamiento del perno helicoidal .....	97
Figura 15: Gráfico del triángulo de variables de riesgo .....	99
Figura 16: Gráfico de incidencias de los costos unitarios .....	120
Figura 17: Diagrama de flujos de fondo .....	123