



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diagnóstico para el desarrollo de una estrategia de
incremento en la producción de 300 a 500 tpd en la Unidad
Minera La Huiche de la compañía Baramin, S.A. de C.V.

Tesis profesional

Que para obtener el grado de:

Ingeniero de minas y metalurgista

Presenta:

Metzli Itzel Armendáriz Luna

Director de tesis:

Ing. Mauricio Mazari Hiriart



Enero, 2016

Dedicatoria

Roselina y Antonio, mis papás; Rainier, Atenea y Dario, mis hermanos;
por quererme tanto, cuidar de mí, estar conmigo, ser fabulosos y legem... (esperenlo) ...darios,
porque los amo y adoro, son los más grandes y mejores amigos, siempre estaremos juntos.

Mamita, Papito, abuelos Jesús y Consuelo;
a todos mis tíos, primos y sobrinos Luna y Armendáriz.

Todos mis profesores, a los académicos y a los 'hallados por allí', desde primaria y hasta ahora.

Amigos, desde los seis hasta mis veinticuatro,
porque hemos sido muy felices, específicamente en cierta época,
y hoy, sin importar tiempo ni distancia, los tengo conmigo con mucho afecto.

Porque todos han estado, hemos reído y han sido mis maestros.

:)

A ti, si has leído ésto,
porque las palabras que no llegan a nadie, es como si no hubieran existido.

Agradecimientos

Agradezco la oportunidad y las facilidades brindadas durante mi estadía en la unidad minera “La Huiche” a la compañía Baramin S.A. de C.V.

El apoyo y la información brindada tanto en el aspecto técnico como humano, así como el interés y la orientación brindada, a:

Ing. Agustín Rodríguez

Cada uno de las personas que laboran en Baramin S.A. de C.V., empezando por la colaboración de los perforistas y operadores de scoop tram, camión de bajo perfil, servicios generales, operadores del equipo de planta, laboratoristas, pepenadores, mecánicos, personal del comedor.

Al personal administrativo y de salud, entiéndase el sr. Alberto Tienda y srita. enfermera Zulema.

Al departamento de S.S. y M.A.: al sr. Mario Ramírez, Lic. Miguel Barajas, Ing. Mario Rosales y al C.P. Miguel Briones.

Al equipo de geología y planta, en especial al sr. Gil, sr. Raúl, sr. Felipe, Ing. Roberto Rábago. Así como al cuerpo de mecánicos, al sr. Neto y al sr. Valadez.

Obviamente, mis más sinceros agradecimientos al equipo del departamento de mina. A los supervisores: sr. Gil Vázquez, sr. Tiburcio, sr. Heraclio Alvarado, al capitán de mina, el sr. Alfonso.

Al personal del departamento de planeación, al sr. Lucio, sr. Víctor así como Ing. Enrique Ríos y al Ing. Edgar Amezcuita, quien cubrió en su período vacacional al ing. Ríos y por ello incluyo aquí.

También deseo expresar un especial agradecimiento a las facilidades brindadas y al apoyo incondicional a los tres grupos de contratistas que laboran allí: sr. Benjamín Pedroza, sr. Samuel y GROM, en especial a los srs. Santiago y Miguel Guerra, al residente y supervisores, sr. Juan Flores y señores supervisores Pedro y Homero.

A Rose y Toño por su perseverancia, ímpetu, por siempre impulsarme a más. A Rainier, Atenea y Dario por su apoyo constante, por tenderme dos manos. A ustedes por quererme y motivarme cuando lo venidero era gris al 90% o demasiado incierto, por calmar mis nervios, por reír conmigo. Por explicarme las cosas que no conocía, por su paciencia. Los mejores papás y los más grandiosos hermanos. Por sus abrazos y besos. Por ser ustedes.

A la UNAM, mi alma máter, me llena de emoción y felicidad pertenecer a una gran institución conformada por ‘n’ cantidad de personas que buscan ser más humanos, buscan el bienestar, buscan el conocimiento con calidad y calidez humana. Muchas gracias porque por los ideales que sustenta he tenido la oportunidad de educarme y buscar ser útil a la vida, darle sentido y peso a mi paso por este planeta, por este plano.

A todos mis profesores, los muy buenos y los casi muy buenos, porque de todos he aprendido, y no solo temas académicos, gracias a ustedes, desde los profesores de primaria hasta los universitarios, que han dedicado parte de su vida a formar la mía, que me han orientado, he conformado mi criterio y ética, ustedes juntos con los maestros de la vida: padres, hermanos, amigos y conocidos, me han enseñado a pensar.

Muchas gracias profesores por profesión: maestra Juana, Ma. De la Luz, Paty, Andrea, Ernestina, Charly, Ma. Luisa, Ramona, Oralia, ing. 'Agüita', ings. Obregón, L.-Aburto, Landa, Ascencio, Huevo Lupita, Márquez, Ornelas, ing. Altamirano, Lic. Esponda; obviamente a los que por ahora no recuerdo el nombre, pero tengo sus caras en mi cerebro.

Tengo muy sincera y harta gratitud por ustedes ings. Mauricio Mazari Hiriart, Gabriel Ramírez Figueroa y José Enrique Santos Jallath; por su trabajo, la calidad con la que lo ejecutan. Han dejado una gran marca en mi persona, tienen gran valía humana y, en lo particular, he podido disfrutar de sus palabras de guía, orientación, apoyo y amistad, además de alguna que otra plática. Me han impulsado y me han aconsejado, acompañado, facilitado y 'correteado' para la culminación de esta meta, al igual que la siempre alegre Fabiola Galán, eso se los agradezco como no tienen idea.

Con todo el corazón a mis amigos, desde Giovannita hasta Ruby y Pao. Su amistad fue básica para disfrutar estos años de vida, soñar, desear, fijar objetivos, reír, aprender, volver a confiar y erguirme en los malos traspies, a toodos y cada uno, ¡gracias!

A las amigas que se llevan mención especial por la gran magnitud de tiempo que nos hemos "aguantado": Ana Chabelita, que ya nueve años después de la secundaria aún está; Mónica, seis años; Daya, que por ahí anda pero me daba buenos consejos; Norma momosidad, porque somos mitades de un proyecto ya-sabes-qué, siempre estás y siempre me has escuchado; Mónica Mony bebé (son dos :)), aunque no te voy a pagar las terapias, eres casi psicóloga y juntas reímos más de lo que sufrimos; Dianita, que compartimos dudas sobre la vida y el trabajo, cuando platico contigo "le hallo el modo"; Samm Samantaanta, que volviste a estar, eres noble; Carmen Carmela Carmina Carmi Car, rompemos récord de horas juntas, historias, rarezas y más, gracias por cuidar mi sueño en los pastos del anexo (de los más grandes actos de confianza: compartir mientras duermes con alguien); Ruby Rubs y Pao, son radicales, sus formas de ser y pensar han complementado mi mundo; las quiero y aprecio.

A los amigos, que desde mis últimos siete años de vida se incrementaron de forma exponencial :) "sin saber por qué": Daniel Horton Cavazos... para mí, Güero, a quien comprometimos hace años Car y yo a regalarnos flores el día que comenzáramos a ser ingenieras, así que llevas agradecimiento doble y por adelantado Güerito; Marcos, Pepe Lakers y Ale Alarid, que durante los años de la carrera disfruté de estar con ustedes, con las integrales, el álgebra que nos manipulaba (aunque tu primer compañero de equipo te abandone), la magia y... más magia, las percusiones en las mesas de la biblioteca durante las infinitas horas allí, los adoro muchísimo y fueron los de los más entrañables tiempos que tengo, verlos más que a mi familia de sangre.

A todos mis compañeros de mi estimada generación 2010 de ingenieros de minas y metalurgia: Edgar Mochis, Diego, Edgar Oso, al chamaquito de Víctor, al padrino Damián, Roger por ser altísimo..., Beto, Yabín, Selvin, Gerry, Capi bdrp-bdrp, Erika, Garnica, Omar, Acapulco, Yaír, Memo, Fierro, también a Pibe y todos.

A Elías, que has sido también gurú y me iniciaste en tu pandilla; a esa "pandilla": a mis adorados tío Aquiles por tus palabras recias y David Barbas, que me diste mucha luz en la peor oscuridad; a Tere y Laura Frijol, Millán, Coria, Briones, que han estado; Rocha, por ser mi nuevo último gran compa.

A todos los mineros sabios que me brindaron una platicada y risas: Lic., Newman, Edgar Arce, Mapache. A los mineros que conocí un poco después y resultaron ser lindas personas, generación 2011 ó 2012, entre ellos a: Mayra, Omar, Josué, Víctor Vays, Dany, Vianney, las mineras. A los geólogos buena onda: Ise, Coco, Jess, Iván Boni. Me gustaría no olvidar a nadie, como no es posible, aquí va tu nombre _____.

A la vida, por tener salud y poder estar ahora aquí.

Índice

Resumen	1
Capítulo I. Introducción	3
Capítulo II. Generalidades	5
2.1 Ubicación del fondo minero	5
2.2 Topografía de la zona (morfología)	7
2.3 Características del entorno físico	8
2.3.1 Hidrografía	8
2.3.1.1 Cuerpos de agua superficial	10
2.3.1.2 Cuerpos de agua subterránea	11
2.3.2 Clima y vegetación	11
2.3.2.1 Fenómenos climatológicos	12
2.3.3 Suelos	13
2.4 Características del entorno biológico	14
2.4.1 Vegetación	14
2.4.2 Fauna	15
2.5 Características del entorno social	16
2.6 Aspectos legales	16
2.6.1 Marco legal normativo	17
Capítulo III. Caracterización mineralógica y económica de la barita	20
3.1 Descripción geológica	20
3.1.1 Potencial geológico minero	20
3.1.2 Marco geológico	20
3.1.3 Características del yacimiento	22
3.1.4 Mineralogía y leyes del mineral	22
3.1.4.1 Caracterización general de la barita	23
3.2 Usos y aplicaciones	28
3.2.1 Especificaciones	29
3.3 Caracterización económica de la barita	31
3.3.1 Fuentes de inversión	31
3.3.2 Mercado nacional	31
3.3.3 Mercado de Estados Unidos	32
3.3.4 Comercio exterior	34
3.3.5 Canales de comercialización	35
3.3.6 Panorama de la barita	36
Capítulo IV. Análisis de la estimación de reservas	37
4 Reservas o datos de exploración	37
4.1 Selección del método para calcular reservas	37
4.2 Cálculo de reservas	38
4.3 Clasificación de las reservas	39

4.4	Análisis de los datos disponibles	39
4.5	Determinación del mineral explotable y recuperación	42
4.6	Análisis de prefactibilidad	45
4.7	Recomendaciones	46
Capítulo V. Revisión y análisis de método de minado		48
5	Método de minado	48
5.1	Determinación de la forma de minado	48
5.1.1	Análisis de las características geológicas, espaciales y estructurales del yacimiento	50
5.1.2	Análisis de los métodos aplicables a las características del yacimiento	53
5.1.3	Selección del método de minado	53
5.2	Capacidad de operación	58
5.2.1	Obras de desarrollo y explotación	58
5.2.2	Determinación preliminar del equipo a utilizar	59
5.3	Inversión y costos de operación en la mina	62
5.3.1	Estimación de costos de producción	62
5.4	Determinación del tonelaje de operación	64
5.5	Personal	74
5.5.1	Número de trabajadores y categoría	74
5.5.2	Distribución de personal por turno de 8 horas de duración	75
5.5.3	Actividades específicas del personal	76
5.5.4	Organigrama	77
5.6	Infraestructura y Servicios	78
5.7	Plantillas de barrenación	79
5.8	Recomendaciones	81
Capítulo VI. Revisión y análisis del procesamiento del mineral		85
6	Método de concentración	85
6.1	Análisis de la información sobre las características metalúrgicas del mineral	85
6.2	Selección del método de beneficio	86
6.3	Diseño conceptual del sistema de concentración	89
6.4	Selección del equipo	89
6.4.1	Características de los Jigs tipo Hazard	91
6.5	Instalaciones y operación	92
6.6	Control de calidad: pruebas de laboratorio	95
6.7	Establecimiento de los parámetros de operación	97
6.8	Contenidos y recuperación	98
6.9	Producción	98
6.9.1	Producción de concentrados y colas	98
6.10	Personal	99
6.10.1	Número de trabajadores y categoría	99
6.10.2	Distribución de personal por turno de 8 horas de duración	99
6.10.3	Actividades específicas del personal	100
6.11	Recomendaciones	100

Capítulo VII. Diagnóstico de la infraestructura y servicios	104
7.1 Delimitación del área de minado	104
7.2 Ubicación de terreros	105
7.3 Instalaciones de servicio y oficinas	107
7.4 Zona habitacional	109
7.5 Caminos de acceso	110
7.5.1 Medios de transporte	111
7.6 Suministro de energía eléctrica	111
7.7 Suministro de agua	112
7.8 Seguridad social	113
7.9 Educación	113
7.9.1 Recomendaciones en materia de educación	113
7.10 Recreación	114
7.11 Seguridad	114
7.11.1 Recomendaciones en materia de seguridad	114
7.12 Mantenimiento	119
7.12.1 Recomendaciones en materia de mantenimiento	119
Capítulo VIII. Estudio técnico - financiero entre la situación actual y las propuestas de mejora	123
8.1 Estado de resultados	123
8.2 Aplicación de un método de planeación y control	126
8.2.1 Programación de actividades	126
8.2.2 Identificación de actividades críticas	126
8.2.3 Control de avances del proyecto	126
Conclusiones	131
Bibliografía	134
Mesografía	134
Referencias	135

Índice de figuras

Del Capítulo II. Generalidades	5
Figura 2.1 Ubicación de la unidad minera La Huiche de Baramin S.A. de C.V.	
Figura 2.2 Localización de las principales regiones mineras en el estado de Nuevo León.	
Figura 2.3 Principales regiones mineras de Nuevo León.	
Figura 2.4 Relieve del municipio de Galeana, N.L.	
Figura 2.5 Regiones hidrológicas en el estado de Nuevo León.	
Figura 2.6 Cuerpos de Agua Superficial presentes en el lote minero “La Huiche”.	
Figura 2.7 Tipos de clima existentes en el municipio de Galeana, Nuevo León.	
Figura 2.8 Distribución de los tipos de suelos en Galeana, N.L.	
Figura 2.9 Delimitación del fondo minero La Huiche, propiedad de Baramin S.A. de C.V.	
Figura 2.10 Razón social y datos generales del corporativo de la empresa.	
Del Capítulo III. Caracterización mineralógica y económica de la barita	20
Figura 3.1 Columna estratigráfica	
Figura 3.2 Análisis por elemento: Bario.	
Figura 3.3 Producción nacional en miles de Toneladas del 2006 al 2013.	
Figura 3.4 Balanza comercial de la barita, periodo 2006 – 2013.	
Figura 3.5 Destinos de las exportaciones mexicanas de sulfato de bario durante el 2013.	
Figura 3.6 Países de origen de las importaciones de la barita a México en 2013.	
Figura 3.7 Diagrama de flujo que representa el ciclo proveedores – consumidores.	
Del Capítulo IV. Análisis de la estimación de reservas	37
Figura 4.1 Clasificación de reservas.	
Figura 4.2 Estimación de reservas y recursos de barita, con alta calidad a noviembre de 2013.	
Figura 4.3 Estadística de las reservas generadas durante 1992 a 2002.	
Figura 4.4 Estadística de las reservas generadas durante 2003 a 2013.	
Figura 4.5 Sección longitudinal con bloques de reservas identificados en La Huiche.	
Figura 4.6 Sección longitudinal con bloques de reservas identificados en San Nicolás.	
Del Capítulo V. Revisión y análisis de método de minado	48
Figura 5.1 Tabla de comparación de características mecánicas entre diferentes modelos de martillos hidráulicos Brokk.	
Figura 5.2 Gráfica de tonelaje vs. Ingresos mina.	
Figura 5.3 Gráfica de tonelaje vs. Ingresos planta.	
Figura 5.4 Gráfica C.T. vs ingresos.	
Figura 5.5 Gráfica C.T. vs ingresos.	
Figura 5.6 Gráfica C.T. vs ingresos.	
Figura 5.7 Gráfica C.T. vs ingresos.	
Figura 5.8 Organigrama general de Baramin S.A. de C.V.	
Figura 5.9 Esquema de la cuña de seis barrenos triangular.	
Figura 5.10 Criterios de prevención de daños por vibración.	

- Figura 6.1 Clasificación de los métodos de concentración de minerales.
- Figura 6.2 Clasificación de movimientos en la concentración gravimétrica.
- Figura 6.3 Capacidad de concentrar de los diversos equipos gravimétricos.
- Figura 6.4 Clasificación de los separadores por gravedad más comúnmente usados, basados en el tamaño de las partículas de la alimentación.
- Figura 6.5 Esquematización de los jigs tipo Hazard.
- Figura 6.6 Ubicación de las instalaciones para el procesamiento mineral de la barita de la compañía Baramin S.A. de C.V.
- Figura 6.7 Pilas de mineral numeradas.
- Figura 6.8 De izquierda a derecha: banda transportadora, quebradora de quijada y alimentador a jigs.
- Figura 6.9 A la izquierda, una pila de mineral ya concentrado. A la derecha, se observa un tornillo sinfín para distribuir el concentrado.
- Figura 6.10 Circuito de trituración.
- Figura 6.11 Circuito de molienda.
- Figura 6.12 Manejo y transporte interno del mineral.
- Figura 6.13 Procedimiento para medición del peso específico.
- Figura 6.14 Organigrama modificado.

- Figura 7.1 Instalaciones del fondo minero.
- Figura 7.2 Al fondo se observa el terrero en pila.
- Figura 7.3 A la izquierda se presenta vista del espejo de agua. A la derecha se muestra el sistema de bombeo del depósito de residuos mineros.
- Figura 7.4 Patio de almacenamiento en pilas de mineral.
- Figura 7.5 Instalaciones relacionadas con el procedimiento de concentración mineral.
- Figura 7.6 Instalaciones de servicio: oficinas, almacén, taller y comedor industrial.
- Figura 7.7 Al centro se observa el tiro 1, planta, laboratorio, almacén, taller de mantenimiento y parte de las oficinas.
- Figura 7.8 Instalaciones de la zona habitacional.
- Figura 7.9 Zona habitacional de la unidad La Huiche.
- Figura 7.10 Ruta Galeana – La Huiche.
- Figura 7.12 Vista del camino de terracería.

- Figura 8.1 Acciones concretas con fecha de inicio y fin.
- Figura 8.2 Diagrama de Gantt para las acciones definidas.
- Figura 8.3 Definición de responsables de las acciones.

Índice de tablas

Del Capítulo II. Generalidades	5
Tabla 2.1 Ocurrencia de las diversas litologías en Galeana, N.L.	
Tabla 2.2 Ocurrencia de tipos de suelos en Galeana, N.L.	
Tabla 2.3 Listado de especies vegetales presentes en La Huiche.	
Tabla 2.4 Normatividad aplicable respecto a exploración.	
Tabla 2.5 Normatividad aplicable respecto a la explotación minera.	
Tabla 2.6 Normatividad aplicable respecto a seguridad e higiene industrial.	
Tabla 2.7 Especificaciones para el control de calidad de la barita por el API.	
Del Capítulo III. Caracterización mineralógica y económica de la barita	20
Tabla 3.1 Clasificación de la barita en función de su peso específico.	
Tabla 3.2 Composición química de la barita.	
Tabla 3.3 Hoja de datos de seguridad de la barita.	
Tabla 3.4 Grado lodo de perforación (barita pesada).	
Tabla 3.5 Grado relleno para pintura.	
Tabla 3.6 Barita en polvo grado químico.	
Tabla 3.7 Barita en trozo grado químico.	
Tabla 3.8 Barita cruda grado perforación.	
Tabla 3.9 Barita grado vidrio.	
Tabla 3.10 Carbonato de bario.	
Tabla 3.11 Sulfato de bario precipitado.	
Tabla 2.12 Producción nacional por estados productores del 2006 al 2013.	
Tabla 3.13 Producción, importación y exportación de Barita en los EUA.	
Tabla 3.14 Comparativo 2011 vs 2012 de la producción mundial de barita.	
Capítulo IV. Análisis de la estimación de reservas	37
Tabla 4.1 Equipo disponible para la exploración, dependiente del departamento de Geología.	
Tabla 4.2 Cálculo de reservas de Baramin S.A. de C.V.	
Tabla 4.3 Balance de reservas probadas al 2013.	
Tabla 4.4 Alimentación y recuperación de la planta lavadora durante 2009 al 2013.	
Tabla 4.5 Análisis de prefactibilidad en condiciones de operación actuales.	
Tabla 4.6 Valuación de beneficios al emplear voladuras para prospección vs. exploración mediante barrenación a diamante.	
Capítulo V. Revisión y análisis de método de minado	48
Tabla 5.1 Escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth, modificado de Adams y otros (1984).	
Tabla 5.2 Características geomecánicas de diferentes litologías.	
Tabla 5.3 Criterios geomecánicos de los diferentes métodos de explotación subterránea.	
Tabla 5.4 Resumen de las características de los métodos de minado empleados.	
Tabla 5.5 Listado de costos operativos según el método de minado. (Por: Hartman y Morrison).	
Tabla 5.6 Rebajes en explotación a enero de 2014 en mina La Huiche y San Nicolás.	
Tabla 5.7 Resumen de obras de preparación y desarrollo a enero de 2014 en mina La Huiche y San Nicolás.	

Tabla 5.8 Equipo disponible para la explotación, dependiente del departamento de Mina.
 Tabla 5.9 Centros de costos fijos de mina y planta.
 Tabla 5.10 Cuentas de cargo y monto en 2013 para costos fijos mina y planta.
 Tabla 5.11 Cuentas de cargo y monto en 2013 para costos variables mina y planta.
 Tabla 5.12 Producción mina, alimentación planta y concentrado programada y real en 2013 y objetivo 2014 – 2015.
 Tabla 5.13 Resumen de costos diarios y anuales de mina.
 Tabla 5.14 Hoja de datos de la relación tonelaje – costos de producción – ingresos mina.
 Tabla 5.15 Resumen de costos diarios y anuales de planta.
 Tabla 5.16 Hoja de datos de la relación tonelaje – costos de producción – ingresos planta.
 Tabla 5.17 Tabulación costos totales vs ingreso mina.
 Tabla 5.18 Tabulación costos totales vs ingreso planta.
 Tabla 5.19 Tabulación costos totales vs ingreso planta para una producción establecida en 500 [ton/día].
 Tabla 5.20 Tabulación costos totales vs ingreso mina para una producción establecida en 500 [ton/día].
 Tabla 5.21 Listado de categoría y cantidad de ellos.
 Tabla 5.21 Distribución del personal operativo por turnos de ocho horas.
 Tabla 5.22 Distribución del personal operativo por turnos de doce horas.
 Tabla 5.23 Puntos de captación y descarga del manto.
 Tabla 5.24 Relación de barrenación para diferentes tipos de obra.
 Tabla 5.25 Dimensiones de la sección para diferentes tipos de obra.
 Tabla 5.26 Dimensiones de barras y brocas disponibles.
 Tabla 5.27 Presentaciones de explosivo empleado.
 Tabla 5.28 Dimensión de la cañuela.

Capítulo VI. Revisión y análisis del procesamiento del mineral 85

Tabla 6.1 Densidad y porosidad de diversas litologías.
 Tabla 6.2 Equipo disponible para el beneficio, dependiente del departamento de Planta.
 Tabla 6.3 Parámetros de calidad para la barita.
 Tabla 6.4 Rango de concentración gravimétrica de acuerdo al peso específico del mineral de cabeza.
 Tabla 6.5 Distribución de los trabajadores por categoría.
 Tabla 6.6. Distribución de los trabajadores por turno de ocho horas.

Capítulo VII. Diagnóstico de la infraestructura y servicios 104

Tabla 7.1 Cargo del [kW] en hora punta, intermedia y base.
 Tabla 7.2 Consumo y costo por el uso de energía eléctrica.
 Tabla 7.3 Ejemplo de matriz para control del personal que ingresa a mina.

Capítulo VIII. Estudio técnico - financiero entre la situación actual y las propuestas de mejora 123

Tabla 8.1 Estado de resultados en condiciones actuales.
 Tabla 8.2 Análisis de factibilidad, condiciones actuales.
 Tabla 8.3 Cuentas de cargo y monto de costos variables mina y planta para las condiciones proyectadas.
 Tabla 8.4 Análisis de factibilidad, condiciones proyectadas.
 Tabla 8.5 Estado de resultados en condiciones proyectadas.

Resumen

En el capítulo I se han establecido los motivos que llevaron a establecer el objetivo del aumento en el volumen de producción por parte de Baramin S.A. de C.V., el plan de acción empleado y el proceso por el cual se establecieron los criterios para definir las recomendaciones pertinentes.

El capítulo II permite introducirse en el mundo de la barita y la mina en la cual se explota, en La Huiche, por lo que se incluye una descripción de los elementos naturales del área, como son flora, fauna, clima, presencia de agua, suelos, topografía y ubicación, elementos importantes a considerar por los eventos que pueden traer consigo y que pueden favorecer o evitar el desarrollo de la operación minera, como reforestación, abastecimiento de agua, etc. Además se realizó una revisión de los aspectos legales referentes a permisos, tanto sobre el fundo minero como a normatividad aplicable.

Durante el capítulo III se recolectó toda la información posible que permite caracterizar a nuestro elemento de estudio, es decir, a la barita, tanto en el aspecto geológico como económico, pues su explotación depende directamente de la demanda que presente y cuyo precio se podrá fijar a partir del grado de complejidad que se presente extraerlo, esa complejidad estará dada por el tipo de yacimiento y mineralogía.

Ya en el capítulo IV, se empleó la información histórica y las tendencias que la misma genera para describir el proceso mediante el cual se establecen las reservas, su clasificación y, a partir de ello, definir la vida útil del proyecto, demostrando la necesidad de realizar exploración, también sirve como criterio para establecer la viabilidad de emplear un capital de inversión (en caso de ser requerido).

La gama de métodos de minado es amplia, por ello, en el capítulo V, se hizo una comparativa de su aplicabilidad, ventajas y desventajas operativas y económicas con lo que se sugiere qué métodos son prioritariamente aplicables. Asimismo, se analizaron los datos de producción de mina y planta y se correlacionaron, permitiendo fijar dos alternativas al respecto del aumento de producción. También se establecen los lineamientos con los que se labora en la minas y a partir de ellos se genera una serie de recomendaciones.

Para el capítulo VI se requirió fundamentar si el método de concentración elegido era realmente el más idóneo, considerando las características del mineral de barita. A partir de ellos se fijan una serie de consideraciones para poder optimar el proceso de concentración y se establecieron los parámetros de control para el proceso de beneficio.

El capítulo VII concentra la información al respecto de la infraestructura con la que se cuenta en la unidad y considerando la información asentada en los capítulos precedentes se indica si la capacidad de los servicios e infraestructura es idónea o ya no dan abasto a la operación.

Finalmente, en el capítulo VII se lleva a cabo un análisis financiero y de factibilidad para las condiciones actuales de la operación, así como para las proyectadas. Además, se incluyen herramientas de organización y planeación para estimar la cronología recomendada para ejecutar las acciones definidas a lo largo de los capítulos y asignar recursos.

Por último, en Conclusiones y recomendaciones se entrega una síntesis del trabajo realizado a lo largo de los capítulos previos, se emite una opinión y se describen las recomendaciones globales.

Introducción

- Capítulo I -

La compañía Baramin S.A. de C.V. opera desde el año de 1950, se ubica al noreste del país, en el municipio de Cadereyta, Nuevo León. Su industria está enfocada a la extracción, beneficio y comercialización de barita, mineral no metálico, característico por su alta densidad, principalmente empleado en la industria petrolera, conformando los lodos de perforación que se emplean en los pozos de perforación.

La explotación se lleva a cabo mediante minería subterránea, la cual fue elegida sobre la explotación a cielo abierto debido a la génesis del yacimiento que pertenece a la Sierra Madre Oriental, conformado por vetas falla en las cuales se alojó dicho mineral.

El beneficio mineral es de tipo gravimétrico, pues el alto índice de densidad de la barita la vuelve un candidato idóneo. Este método de concentración no requiere adición de reactivos, resultando como beneficios un costo bajo y menor riesgo de contaminación.

Posteriormente, el proceso cuenta con una etapa de molienda en función de las especificaciones de la industria receptora para, finalmente, ser embarcado por tierra o mar a su destino, ya sea a granel, en mega-sacos o bultos de menor capacidad.

Actualmente, la empresa cuenta con un padrón de aproximadamente 250 trabajadores, quienes laboran en la unidad La Huiche, el proyecto minero Grecia, la planta de molienda de Linares, Nuevo León o la planta de Nanchital, Veracruz y las oficinas centrales en el Distrito Federal.

La producción actual se ha establecido en 300 [ton/d], el objetivo de este trabajo es ubicar áreas de oportunidad en las diferentes operaciones unitarias del proceso minero – metalúrgico, sobre las cuales plantear alternativas que lleven a generar una estrategia, la cual permita alcanzar a producir un mayor volumen, alrededor de las 500 [ton/día].

Dicho volumen permitiría satisfacer una mayor demanda del mercado cautivo nacional de la barita, cumplir con los compromisos de exportación y evitar requerir la importación de barita en breña.

Por su capacidad de producción, número de empleados e instalaciones, podemos clasificar a Baramin S.A. de C.V. dentro de la mediana minería, la cual desea aumentar su capacidad y proyectarse como en la gran minería.

Además, con el objetivo siempre en mente de lograr una minería responsable y sustentable, que considera a sus empleados como el recurso más importante con el que se cuenta, se estableció la importancia de tener una operación industrial segura, por lo cual se fijó el objetivo de identificar focos rojos en relación a seguridad y establecer soluciones guiándose con la normatividad aplicable.

El desarrollo de este trabajo tiene una visión propositiva y colaborativa. Su fundamento en la teoría sobre la minería, la metalurgia, la economía, la seguridad y el ambiente, todos los elementos incluidos nacen de la comparativa entre ella y la operación, es decir, entre lo que debería de ser y lo que es, buscando que sea la mina sea una industria factible, productiva, rentable y eficiente.

Generalidades

- Capítulo II -

2.1 Ubicación del fondo minero

La unidad minera “La Huiche” está ubicada en el Ejido San Pablo de Tranquitas a 18 [km] al sur del municipio de Galeana, Nuevo León, cuyas coordenadas geográficas aproximadas, considerando la ubicación del Tiro 1 son: $24^{\circ}40'18.52''N$ y $100^{\circ}4'27.81''O$.

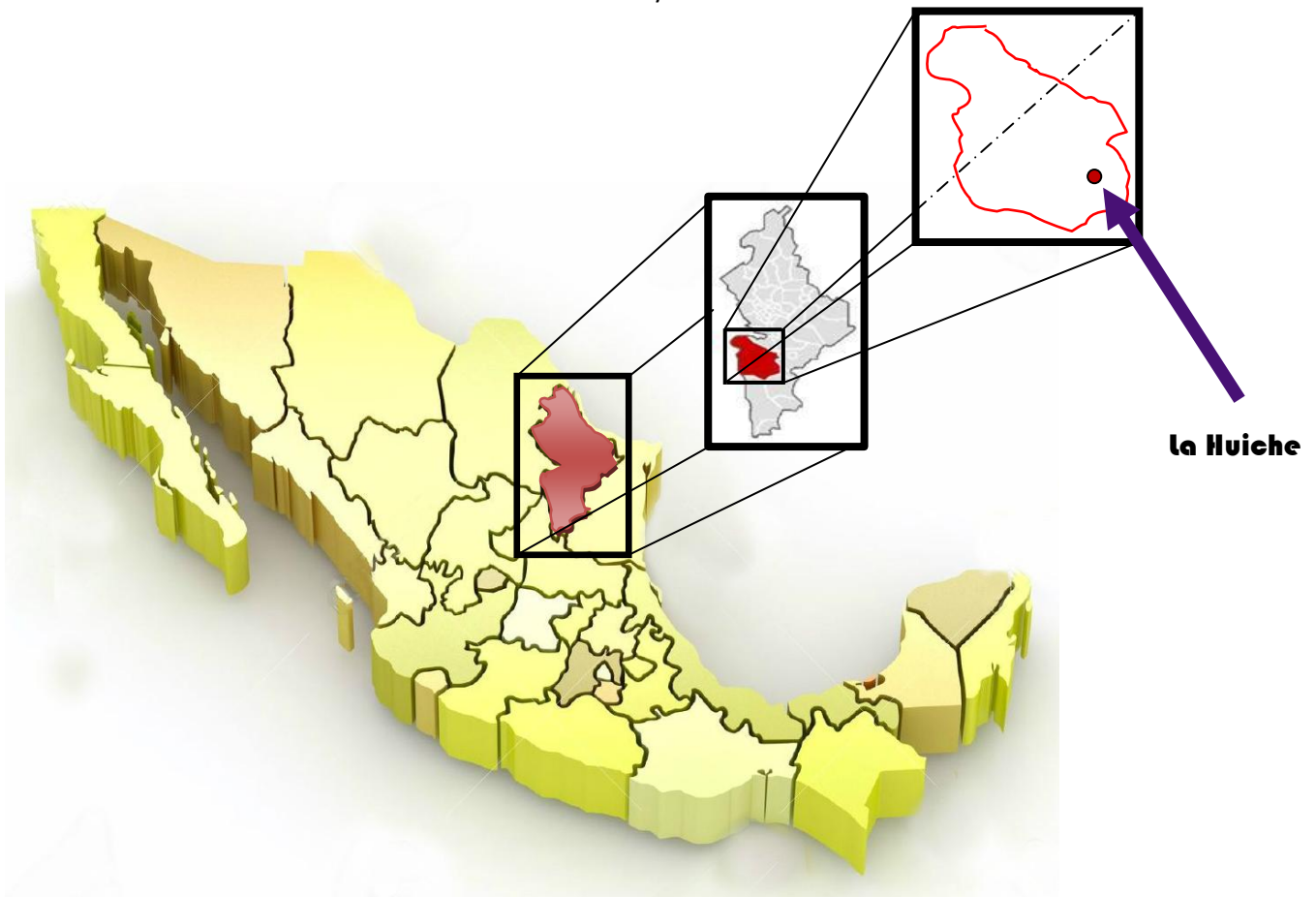


Figura 2.1 Ubicación de la unidad minera La Huiche de Baramin S.A. de C.V.

Se localiza en la porción suroeste del estado de Nuevo León, al sur de Monterrey, en una región minera caracterizada por la explotación de minerales no metálicos, principalmente barita, fosforita y arcillas. En la figura 2.2 se observa que La Huiche se halla en la zona 8 de las principales regiones mineras según el Panorama Minero del Estado de Nuevo León, emitido por el Servicio Geológico Mexicano (SGM). Por su parte, en la figura 2.3 se identifican los minerales extraídos en dicha zona.

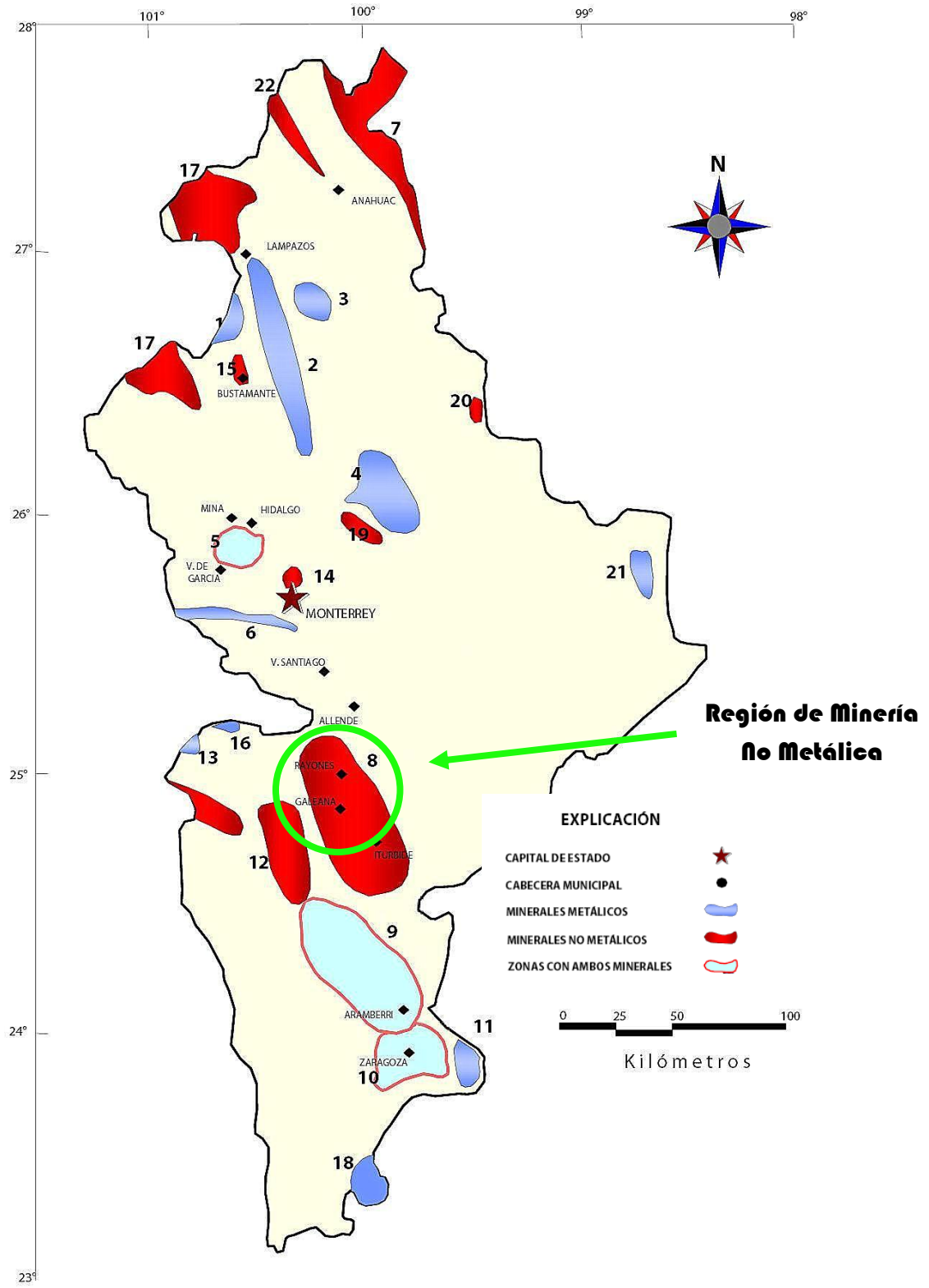


Figura 2.2 Localización de las principales regiones mineras en el estado de Nuevo León. ^[1]

LOCALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES REGIONES MINERAS

REGIÓN MINERA	METÁLICOS	NO METÁLICOS
1.- SIERRA DEL CARRIZAL	(Hierro, cobre, molibdeno)	
2.- SIERRA SABINAS-LAMPAZOS	(Plomo, zinc, plata)	
3.- LOMERÍO DE VALLECILLO	(Plomo, zinc, plata)	
4.- S. DE PICACHOS- MAMULIQUE	(Plomo, zinc, plata)	
5.- CERRO EL FRAILE	(Zinc, plomo)	(Mármol, yeso, calcita, sales de sodio, calcita óptica)
6.- SIERRA DE LOS MUERTOS	(Zinc, plomo)	
7.- CUENCA DE BUJGOS		(Arena sílica y carbón)
8.- ÁREA GALEANA		(Barita, yeso, fosforita y calcita óptica)
9.- LA ASCENSION-ARAMBERRI	(Cobre)	(Fosforita, barita, talco y cuarzo)
10.- ÁREA ZARAGOZA	(Plomo, zinc)	(Fosforita)
11.- ÁREA DULCES NOMBRES	(Plomo, zinc, plata)	
12.- ÁREA SAN JOSÉ DE RAÍCES		(Fosforita)
13.- SIERRA LAS MAZMORRAS		(Fosforita)
14.- CERRO DEL TOPO CHICO		(Fosforita)
15.- ZONA BUSTAMANTE		(Dolomita)
16.- AGUA NUEVA, COAH.	(Zinc, plomo)	
17.- CUENCA DE SABINAS		(Carbón)
18.- BUSTAMANTE, TAMPS	(Plata, plomo, zinc)	
19.- DR. GONZÁLEZ		(Arcillas)
20.- PARÁS		(Arena sílica)
21.- LA SIERRITA (La Coma)	(Uranio)	
22.- CUENCA FUENTES-RÍO ESCONDIDO		(Carbón)

Figura 2.3 Principales regiones mineras de Nuevo León. ^[1]

2.2 Topografía de la zona (morfología)

El municipio de Galeana, N.L. recae en su totalidad sobre provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, específicamente sobre la subprovincia de Sierras y Llanuras Occidentales, lo que implica que la zona presenta una topografía muy variada.

Está compuesta principalmente por sierras, las cuales por el oriente están formadas principalmente por rocas sedimentarias (principalmente de origen marino) y hacia el sur afloran con rocas ígneas intrusivas, formando una sucesión de crestas alternadas con bajadas, cuyas cumbres oscilan entre los dos mil a tres mil metros sobre el nivel del mar [m.s.n.m.].

Por el lado de la Altiplanicie y hacia el norte, se presentan lomeríos y llanuras aluviales onduladas, muchos sitios con altura relativamente baja, pudiendo no sobrepasar los 1 500 [m.s.n.m.]. Suelen estar interrumpidos por algunas sierras aisladas, formando potreros (valles entre serranías) o por bolsones (depresiones formadas por sedimentos salinos).

Específicamente, la unidad minera se localiza en una zona predominantemente conformada por montañas con pendientes muy pronunciadas y accidentadas, dando lugar a cerros, cañadas y laderas principalmente y, hacia los extremos del lote, lomeríos. Definiendo entonces, una topografía accidentada de terreno montañoso cuya altitud se presenta a partir de los 2 000 [m.s.n.m.].

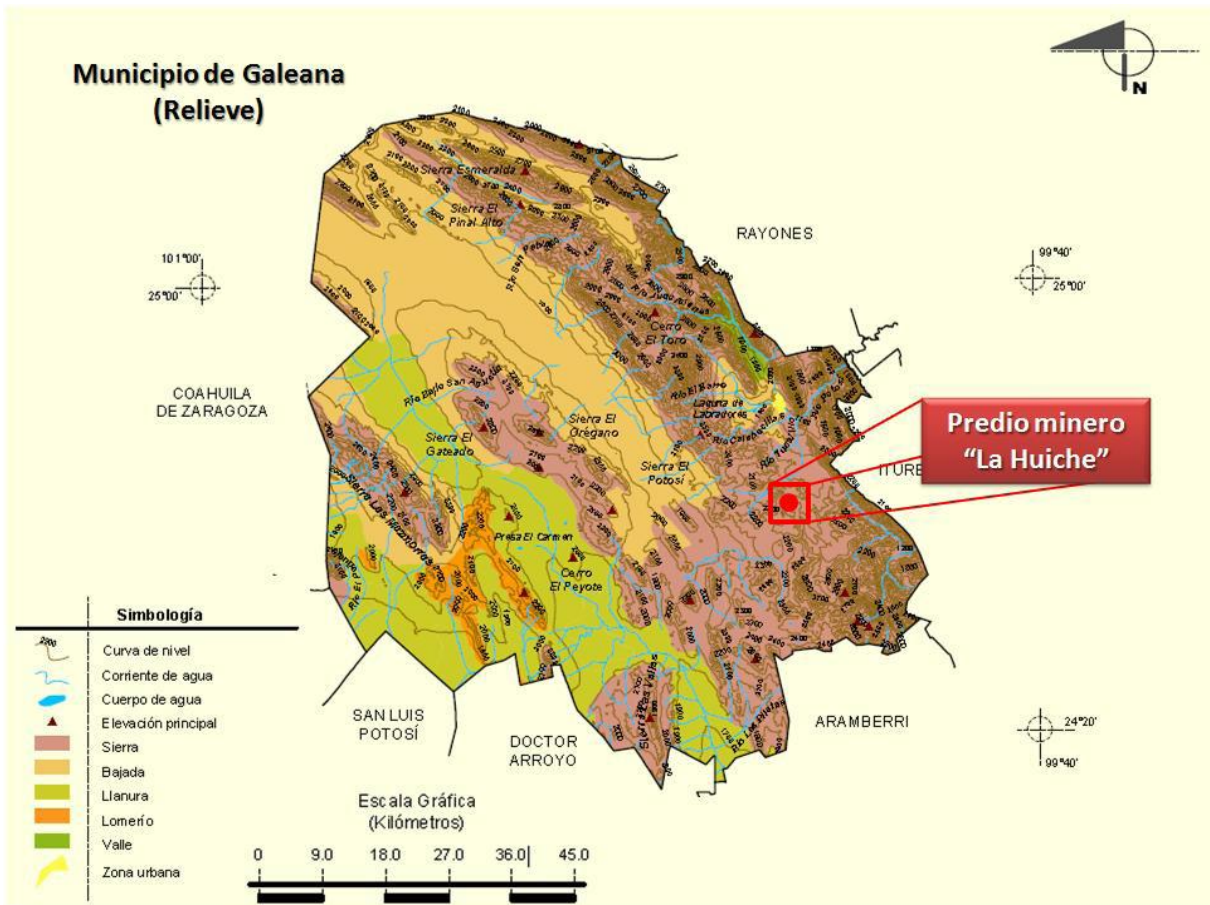


Figura 2.4 Relieve del municipio de Galeana, N.L. ^[10]

2.3 Características del entorno físico

2.3.1 Hidrografía

El estado de Nuevo León recae sobre la región hidrológica administrativa número IV - Río Bravo, la cual se encuentra conformada por tres cuencas hidrológicas diferentes: Bravo – Conchos, El Salado, Pánuco y San Fernando - Soto La Marina, sobre la que se ubica La Huiche, como se observa en la figura 2.5.

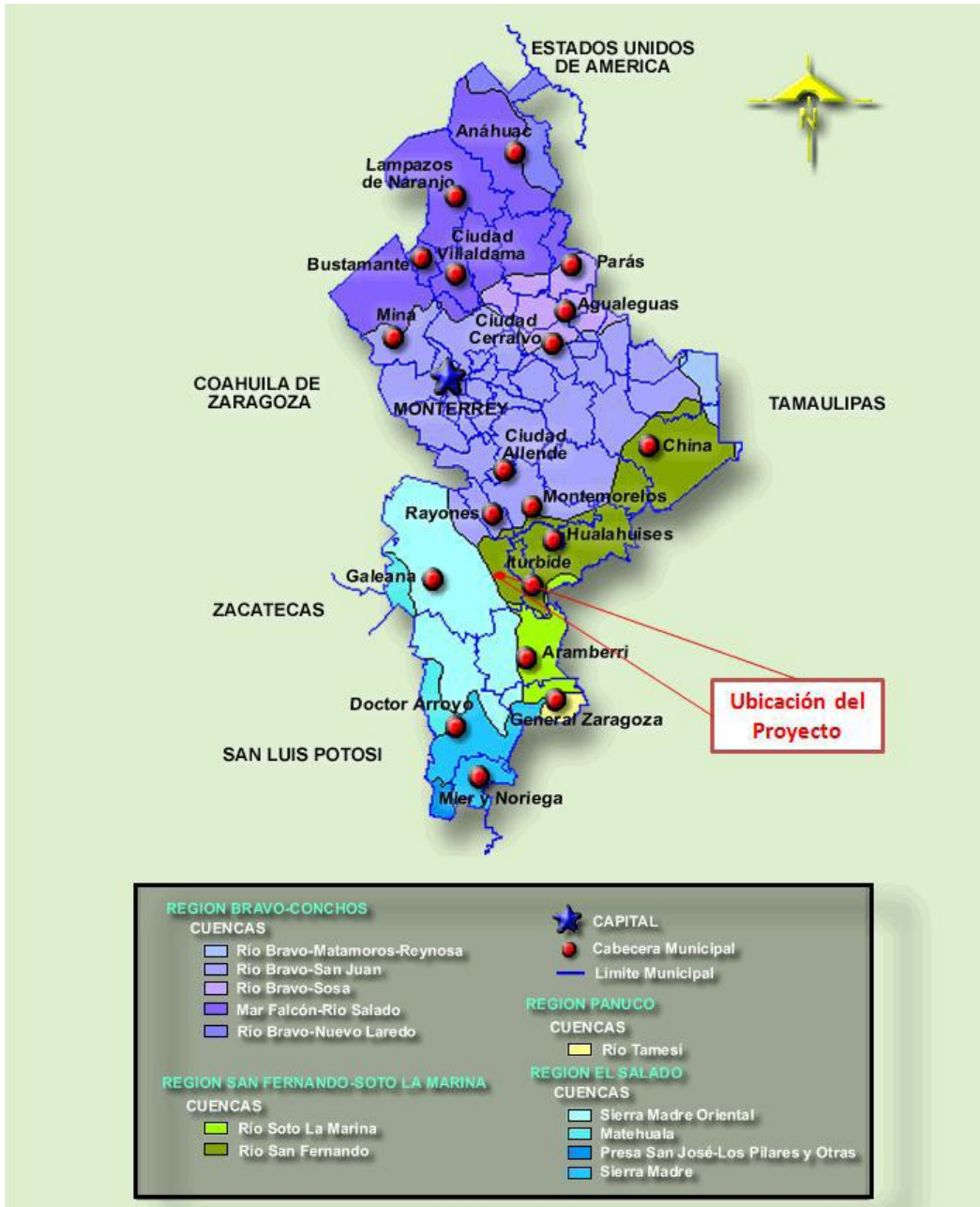


Figura 2.5 Regiones hidrológicas en el estado de Nuevo León. ^[10]

2.3.1.1 Cuerpos de agua superficial

El estado de Nuevo León tiene presencia de aguas superficiales tanto en forma de ríos como de presas y lagunas. En los alrededores al municipio de Galeana se ubican los ríos Pablillo, Potosí y Pilón, la Laguna de Labradores y las presas El Vikingo y El Carmen, de los cuales se desprenden algunos arroyos que desembocan en sitios cercanos al predio minero La Huiche. Sin embargo, varios no son permanentes y al considerar los patrones de drenaje y las distancias en línea recta, resultan no estar en un área de posible afectación por parte de la operación minera.

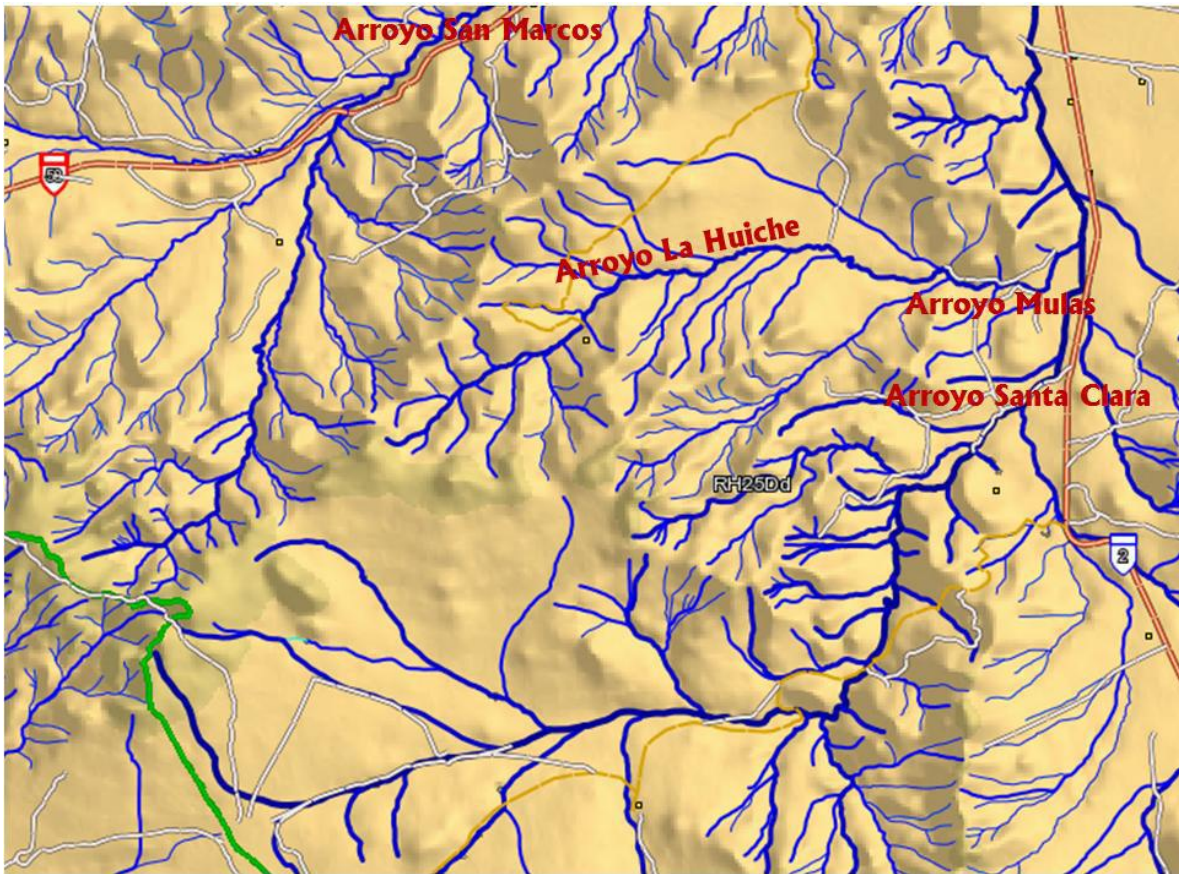


Figura 2.6 Cuerpos de Agua Superficial presentes en el lote minero “La Huiche”. ^[10]

2.3.1.2 Cuerpos de agua subterránea

Existe un acuífero libre denominado “Navidad-Potosí-Raíces”, conformado en dos medios geológicos, uno poroso y otro fracturado. La recarga del sistema se realiza básicamente a partir de agua de lluvia, captada en las partes altas de las sierras adyacentes.

Las pérdidas de flujo se asocian a la explotación por medio de norias y pozos, y en zonas de niveles estáticos someros, a la evaporación y evapotranspiración; explotación realizada al noroeste y sur del poblado de San Rafael y en las proximidades de San José de Raíces, los cuales se encuentran a una distancia media de 70 [km] de la mina.

2.3.2 Clima y vegetación

Los climas existentes en Nuevo León son:

- Seco. Al extremo norte de N.L., subdivido en clima seco muy cálido (precipitación media anual de 400 [mm]) y cálido (precipitación media anual de 600 [mm]). Vegetación predominante de tipo Xerófita. Temperatura de 14 a 29 [°C].

- Semiseco. Presente en la región central de N.L. Vegetación: matorral intermontano y mezquital. Temperatura máxima de 28 [°C] y mínima de 15 [°C]. Precipitación media anual de 170 [mm].
- Semicálido. Clima que corresponde al extremo sur de N.L. Vegetación característica: matorral rosetófilo costero y plantas halófitas. Temperatura máxima de 22 [°C] y mínima de 14 [°C], con una precipitación anual de 180 [mm].

En Galeana, por orden de ocurrencia, se presentan: clima seco y semiseco templado, templado subhúmedo con lluvias escasas durante todo el año, con lluvias en verano de humedad media o de poca humedad, seco y semiseco semicálido, semifrío subhúmedo con lluvias escasas todo el año o con lluvias en verano de humedad media; presentando una precipitación anual entre 200 a 800 [mm].

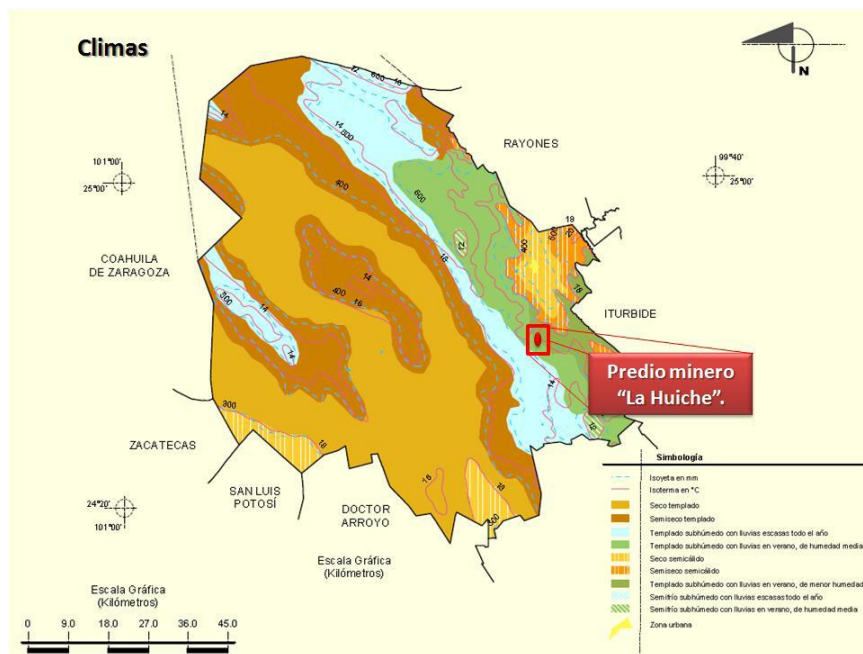


Figura 2.7 Tipos de clima existentes en el municipio de Galeana, Nuevo León.^[10]

Según la figura anterior, el lote minero presenta clima de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano, con humedad que varía de baja a media, con una temperatura media anual es de 19 [°C] y precipitaciones medias anuales de 393 [mm].

2.3.2.1 Fenómenos climatológicos

Para la planeación de las operaciones tanto de la mina, como de la planta y del depósito de residuos mineros habrá de considerarse los periodos de retorno ya que esta región ha llegado a ser afectada por precipitaciones muy fuertes o en su caso la ausencia de éstas. Además de tomar previsiones por presencia de fríos extremos (debido a la cercanía con el cerro del Potosí [3 721 m.s.n.m.]).

2.3.3 Suelos

La presencia del tipo de suelo se relaciona directamente con la litología y el clima presentes en una determinada región, para Galeana, la distribución de litologías es la siguiente:

Tabla 2.1 Ocurrencia de las diversas litologías en Galeana, N.L.^[10] Nótese predominancia de rocas sedimentarias, en su mayoría calizas.

	Tipo de roca	Porcentaje de superficie municipal [%]
<i>Sedimentaria</i>	Caliza	27.0
	Caliza - Lutita	7.0
	Conglomerado	5.0
	Caliza - Yeso	4.0
	Yeso	2.0
	Lutita – Arenisca	1.0
	Lutita	0.5
	Arenisca	0.1
	Brecha Sedimentaria	0.1
<i>Ígnea extrusiva</i>	Monzonita	0.2
	Sienita	0.1

Y la ocurrencia de suelos se muestra a continuación:

Tabla 2.2 Ocurrencia de tipos de suelos en Galeana, N.L. ^[10]

Tipo de suelo	Porcentaje de superficie municipal [%]
Leptosol	38.8
Phaeozem	10.5
Gypsisol	8.3
Kastañozem	6.5
Solonchak	4.5
Regosol	2.6
Luvisol	1.6
Chemozem	0.5

Y el uso de suelo es el siguiente: matorral (55 %), bosque (23 %), agricultura (15 %), pastizal (6 %) y zona urbana (1 %).

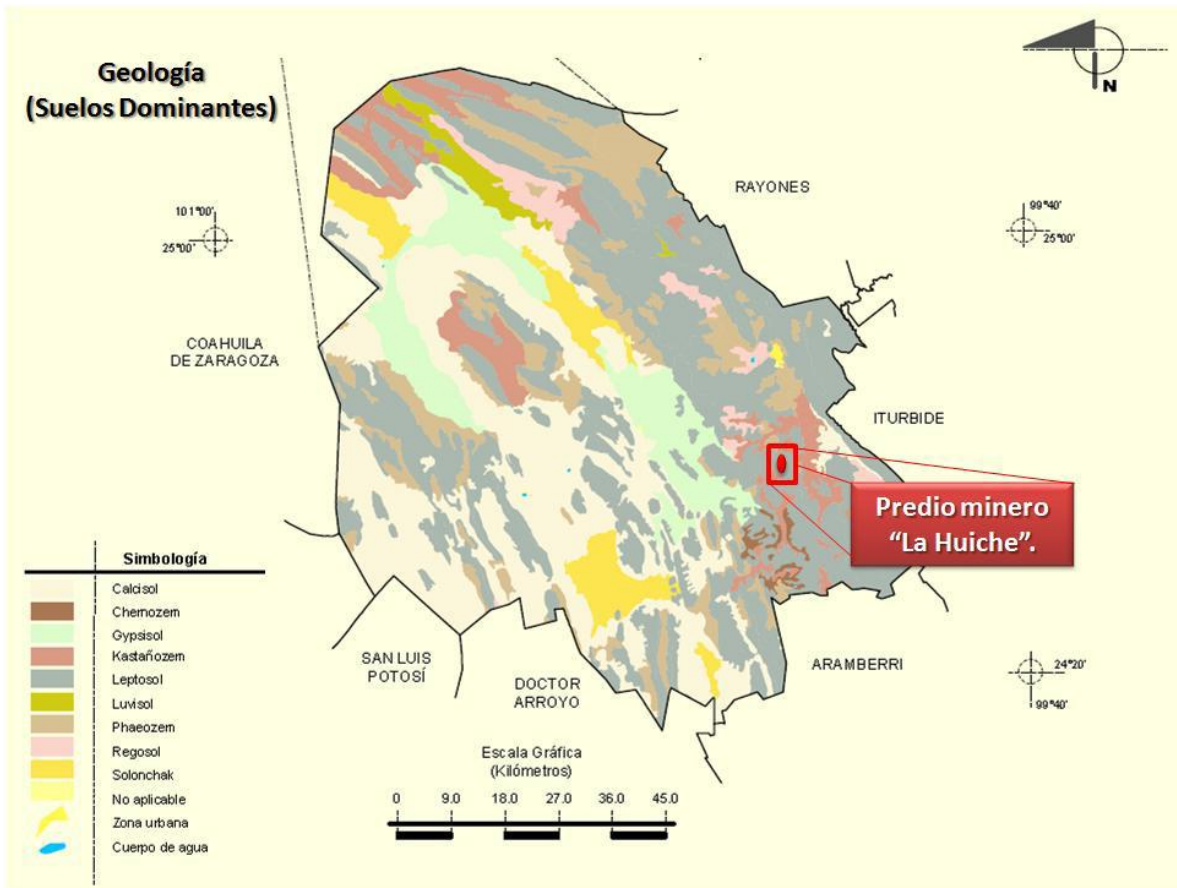


Figura 2.8 Distribución de los tipos de suelos en Galeana, N.L.^[10] Determinándose de la imagen que el suelo predominante es el leptosol en la zona delimitada del por el lote minero.

2.4 Características del entorno biológico

2.4.1 Vegetación

La vegetación se clasifica en dos grandes grupos: bosque de pino y matorral xerófilo.

- Bosque de pino. Las especies que predominantes son el pinus cembroides ($\approx 41\%$ de ocurrencia) y pinus arizónica (10%), por lo que, el bosque de pino abarca aproximadamente el 50% de la vegetación existente.
- Matorral xerófilo. Es la especie más común, ocurriendo aproximadamente un 27% , también se presenta opuntia rastrera (6.2%), agave striata (5%), dasilirion texanum (4.4%) y yucca carnerosana (3.4%) además de acacia farnesiana (4.2%) y berberies trifoliata.

Tabla 2.3 Listado de especies vegetales presentes en La Huiche. ^[10]

Nombre común	Especie
Huizache	Acacia farnesiana
Agave	Agave asperrima
Guapilla	Agave striata
S/N	Berberies trifoliata
Chaparro amargoso	Chaparro amargoso
Cardenche	Cylindrophuntia imbricata
Sotol	Dasyilirion texanum
Biznag tonel grande	Echinocactus platyacanthus
S/N	Echinocereus sp.
S/N	Garrya ovata
Cedro	Juniperus monosperma
Árbol de rosas	Lindleya mespiloides
Manzanita	Malacomeles denticulata
Nopal	Opuntia rastrera
Pino blanco	Pinus Arizonica
Pino piñonero	Pinus Cembroides
Encino	Quercus galeanensis
Encino	Quercus microphylla
S/N	Rhus virens
S/N	Ribes affine
S/N	Rhus virens
S/N	Ribes affine
Yucca	Yucca carnerosana

2.4.2 Fauna

Las especies que ocurren en la Sierra Madre Oriental va desde el oso negro (*ursus americanus*), el jabalí o pecarí (*tajacu tajacu*), coyote (*canis latrans*), gato montés (*lynx rufus*), zorra gris (*urocyon cinereoargenteus*), coatí o tejón (*nasua narica*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*) hasta el zorrillo (de los géneros *conepatus* y *mephitis*).

Dentro del municipio de Galeana hay presencia de conejos, leoncillo, armadillo, venado, coyote, oso, lobo, zorro, águila, ceniztonle, gorrión y perro de la pradera.

Sin embargo, debido al clima, tipo de suelo y a la explotación minera “La Huiche”, la fauna no prolifera en gran medida sobre o en las inmediaciones del predio, sin embargo, se pueden observar aves, insectos, reptiles y roedores, no definiéndose especies protegidas o en peligro de extinción según normatividad aplicable (NOM-059-SEMARNAT-2010).

2.5 Características del entorno social

Actualmente los poblados cercanos a la unidad minera son básicamente ejidos de los cuales provienen parte de los trabajadores de Baramin S.A de C.V.

La minería no es la única actividad económica para estas comunidades, sin embargo, si representa una fuente importante de empleos (45 %) a pesar de que gran parte de la plantilla laboral de esta mina no son personas originarias de la región (55 %).

Otras actividades económicas de los habitantes de los ejidos son la agricultura de temporal y la ganadería de pastoreo.

En la cabecera de Galeana la diversificación de empleos es mayor, abarcando desde comercio, turismo, gastronomía, hasta mecánica, banca y servicios de profesionales independientes (médicos y abogados por ejemplo).

Existe una carencia de empleos para los habitantes, tanto de las comunidades como de la cabecera municipal, por lo que sería adecuado que la compañía minera ejerciera responsabilidad social y apoyara directamente a la población, con cursos y talleres de capacitación para generar industrias alternativas hoy, funcionales a futuro, cuando la vida útil de la mina concluya.

Tales industrias deben visualizarse con cercanía a la cultura y tradiciones de estas comunidades, así como considerando las materias primas disponibles y los requerimientos de otras industrias, es decir, buscando áreas de oportunidad tener una buena probabilidad de que la industria alternativa triunfe.

Por ejemplo, la vasta vegetación de bosque de pino y encino puede dar lugar a considerar su potencial forestal y, no solo como industria extractiva de madera, sino como industria de la transformación aplicando carpintería. O proyectar para el final de la vida de la mina una región de ecoturismo, etc.

2.6 Aspectos legales

Del Sistema de Administración Minera (SIAM), de la Dirección General de Regulación Minera, órgano perteneciente a la Secretaría de Economía, se obtuvo la información sobre la delimitación del fondo minero denominado “La Huiche”, cuyo titular es la compañía Baramin S.A. de C.V. y cuya extensión aproximada es de 67 792.81 [m²].

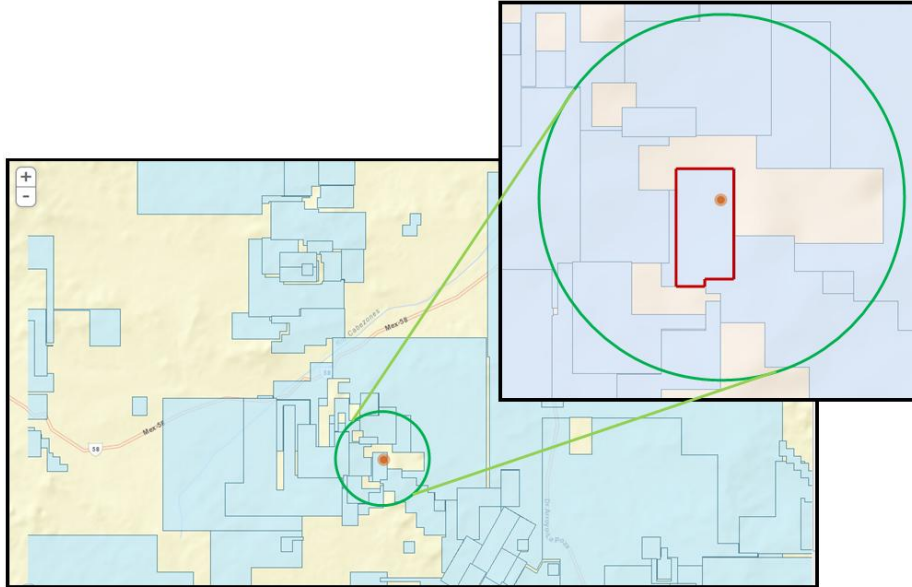


Figura 2.9 Delimitación del fondo minero La Huiche, propiedad de Baramin S.A. de C.V. [2]

Conforme el Sistema de Información Empresarial Mexicano, también de la Secretaría de Economía, por razón social tiene:

Razón Social	Dirección	Estado Municipio	Oferta Demanda	Teléfono / email	Rango de Empleados	Perfil
BARAMIN, S.A. DE C.V. BARAMIN 2015	CAMINO TAMPICO KM 369 S/N LINARES CENTRO 67700	NUEVO LEON LINARES	BARITA ENERGIA	leonardo.ariza@alfil.com	Mayor a 250	

Figura 2.10 Razón social y datos generales del corporativo de la empresa. [3]

Encontrándose que la concesión está totalmente regularizada y, por ende, la explotación minera se lleva a cabo dentro de la ley, factor determinante que permite el desarrollo de las actividades propias de la mina.

2.6.1 Marco legal normativo

La Ley Minera vigente en México expresa en su artículo 4° que la explotación de minerales o sustancias de las cuales se pueda extraer bario, así como los minerales de uso industrial barita y witherita, quedan sujetos a los lineamientos que en ella se enuncian.

“Artículo 4. Son minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyen depósitos distintos de los componentes de los terrenos los siguientes:

Parágrafo reformado DOF 28-04-2005

I. Minerales o sustancias de los que se extraigan antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, boro, bromo, cadmio, cesio, cobalto, cobre, cromo, escandio, estaño, estroncio, flúor, fósforo, galio, germanio, hafnio, hierro, indio, iridio, itrio, lantánidos, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, niobio, níquel, oro, osmio, paladio, plata, platino, plomo, potasio, renio, rodio, rubidio, rutenio, selenio, sodio, talio, tantalio, telurio, titanio, tungsteno, vanadio, zinc, zirconio y yodo”

Las normas nacionales que aplican respecto a la exploración de la barita y sus especificaciones son:

Tabla 2.4 Normatividad aplicable respecto a exploración.

Clave	Título
NMX-L-159-SCF1-2003	Exploración del Petróleo-Barita empleada en fluidos de perforación, terminación y mantenimiento de pozos petroleros-especificaciones y métodos de prueba (Cancela a la NMX-L-159-1996-SCFI).
NMX-R-065-1968	Determinación de granulometría de la barita por vía húmeda.

Y con relación a la explotación de este mineral, son aplicables las normas mexicanas:

Tabla 2.5 Normatividad aplicable respecto a la explotación minera.

Clave	Título
NOM-023-STPS-2012	Minas subterráneas y minas a cielo abierto - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

Y en materia de seguridad e higiene industrial se consideran:

Tabla 2.6 Normatividad aplicable respecto a seguridad e higiene industrial.

Clave	Título
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de seguridad - Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
NOM-019-STPS-2011	Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene.

NOM-024-STPS-2001	Vibraciones - Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-113-STPS-2009	Seguridad - Equipo de protección personal - Calzado de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba.
NOM-115-STPS-2009	Seguridad - Equipo de protección personal - Cascos de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba.
NOM-116-STPS-2009	Seguridad - Equipo de protección personal - Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas - Especificaciones y métodos de prueba.

Respecto a lineamientos internacionales, se tienen una serie de especificaciones establecidas por el American Petroleum Institute (API) de Estados Unidos, aplicables para controlar la calidad de barita empleada para lodos de perforación.

Tabla 2.7 Especificaciones para el control de calidad de la barita por el API.

Clave	Título
API SPEC 13A 2004	Especificación para los materiales fluidos que se utilizan en la perforación.
API RP 13K 1996	Práctica recomendada para Análisis Químico de Barita.
D1208-96 (2007)	Métodos de prueba para propiedades comunes de ciertos pigmentos.
D1366-86 (2003)	Norma práctica para reportar características del tamaño de partícula de pigmentos.
D281-95 (2007)	Método de prueba para absorción de aceite de pigmentos por espátula Rub-Out.

3.1 Descripción geológica

3.1.1 Potencial geológico minero

En México, la barita tiene amplia presencia sobre su superficie, se distribuye al norte del país principalmente en tres provincias geológicas, en los estados de:

- Nuevo León (distritos mineros de Galeana y NW de Aramberri) donde se explota de forma subterránea aportando el 93.23 % (320 330 [ton] en 2013) de la producción nacional, de la cual prácticamente el 100 % se destina a la exploración de la Cuenca de Burgos en Tamaulipas.^[1]
- Coahuila (Múzquiz) que participa con el 6.54 % (22 483 [ton] en 2013).^[9]
- Sonora 0.11 % (384 [ton] en 2013).^[9]
- Además, existen evidencias de presencia de barita en los estados de: Colima, Guerrero, Michoacán, Puebla, San Luis Potosí, Sonora y Sinaloa.

3.1.2 Marco geológico ^[22]

La zona que abarca esta unidad minera se encuentra en la porción oriental de la Sierra Madre Oriental, cuya litología es muy variada y presenta desde gneises hasta esquistos, originados por la deformación de rocas mesozoicas.,

Litologías como las evaporitas dieron lugar a la presencia de pliegues, despegues y fallas, conformándose así un extenso conjunto de pliegues que corresponden a las cadenas montañosas típicas de la fisiografía de esta región.

Esta porción de la Sierra Madre Oriental pertenece a la margen occidental del Archipiélago Tamaulipeco, el cual estuvo cubierto con mares someros durante el Mesozoico y, para el Jurásico Superior, se desarrolló una secuencia de rocas sedimentarias marinas, lo cual permite comprender la existencia de la barita y la roca encajonante del yacimiento.

Respecto a la estratigrafía, fueron definidas nueve unidades de roca. En la base de la columna se tiene un basamento correspondiente a la Formación Huizachal, a partir de ello, se inició el depósito de las seis unidades de roca sedimentarias marinas, con yesos y calizas de la Formación Olvido, luego una secuencia arcillosa-calcárea de la Formación La Casita. Continúa la secuencia mayormente calcárea con presencia de las rocas de las Formaciones Taraises, Tamaulipas Inferior, La Peña y Tamaulipas Superior.

La parte superior de la columna litológica está constituida por depósitos continentales conformados por gravas, conglomerados y materiales de relleno que a su vez están cubiertos por

aluvión. En lo que respecta a presencia de rocas de origen volcánico, están prácticamente ausentes.

ERA	PERIODO	EPOCA PISO	COLUMNA	CLAVES CARTOGRAFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOGENO	[Yellow dotted pattern]	Qho al	
		PLEISTOCENO			
	TERCIARIO	NEOGENO	PLIOCENO	[Yellow dotted pattern]	Tp cg
			MIOCENO	[Vertical lines]	
		OLIGOCENO	[Red wavy pattern]	To PR	
	MESOZOICO	SUPERIOR	PALEOGENO	[Vertical lines]	
			EOCENO		
			CRETACEO		
			SENOGÉNICO		
			MASTRICHTIANO		
CHAMPANÉS					
SENÓN					
CONGÓN					
TURONIANO					
BERGAMIANO					
MESOZOICO	INFERIOR	ALBIANO	[Green brick pattern]	Ka Ts <i>Tamaulipas superior</i>	
		APTIANO	[Light green brick pattern]	Kap Lp <i>La Peña</i>	
		BARREMIANO	[Dark green brick pattern]	Knap Ti <i>Tamaulipas inferior</i>	
		NEOGOMIANO	[Green brick pattern]	Kbev T <i>Taraises</i>	
		SUPERIOR	TITHONIANO	[Blue brick pattern]	Jkt Lc <i>La Casita</i>
			VALMISERIANO	[Blue brick pattern]	
		MEDIO	OXFORDIANO	[Blue brick pattern]	Jo Ol <i>Olmido</i>
			GALLOVIANO	[Purple brick pattern]	JH <i>Huizachal</i>
			BATHONIANO	[Purple brick pattern]	
			BAJOCIANO	[Purple brick pattern]	
AALENIANO	[Purple brick pattern]				

Figura 3.1 Columna estratigráfica

La geología estructural de la zona se configuró durante la Orogenia Laramide, que dio lugar a estructuras generadas por dos fenómenos de deformación. El primero es un despegue de la secuencia sedimentaria y el segundo generó fallas de desplazamiento lateral asociadas al plegamiento.

Los elementos morfoestructurales presentes son el Anticlinal Santa Clara de aprox. 12 [m] de longitud con rumbo NW48°SE que en su flanco occidental se encuentra afectado por pliegues y fracturas y en la porción central se presenta fragmentación originada por el emplazamiento de las fallas La Huiche y San Marcos.

Por su parte, el Domo Las Enramadas cuya forma elíptica tiene en su eje mayor una extensión aprox. de 4.5 [km] y en el menor de 2.8 [km] orientado N-S, en el flanco oriental se presenta un cuerpo ígneo con rocas hipoabisales de composición riolítica.

Falla La Huiche tiene un rumbo NE-47° con una extensión aproximada de 12.3 [km], es una falla de desplazamiento lateral derecho. De ella se desprenden numerosas fallas, fracturas y pliegues de carácter secundario. En los estudios geológicos se definió que en su extensión SW y NE sean objetivos de exploración.

Falla San Marcos es sensiblemente paralela a la Falla La Huiche con rumbo NE-40°. Ambas fallas delimitan un bloque en el que emplazaron las vetas de barita con rumbo NE entre La Huiche y La Osa del Oso.

Otras estructuras son la falla La 14 y Tunalillo, pertenecen al sistema NE y se presentan sensiblemente paralelas a falla La Huiche y San Marcos. La falla La 14-2 presenta areniscas y ortocuarcitas también de la formación Huizachal, destacando su rumbo con una dirección NNW a NW. La falla La Huiche 2 se localiza a 500 [m] al sur del tiro 1 con rumbo NE-34°, tiene las mismas características estructurales que la falla La Huiche, siendo un objetivo primordial de exploración.

3.1.3 Características del yacimiento

El yacimiento mineral sobre el que se desarrolla la explotación de barita de origen hidrotermal es un depósito de relleno de fisuras.

Se encuentra alojado en rocas siliciclásticas (lechos rojos) de la formación geológica Huizachal en forma de veta-falla, distribuidas en seis bloques que de norte a sur se denominan: Tunalillo, La Rosita, La 14, La Osa del Oso, Sergio-La Huiche y Cerro Blanco.

Por su parte, la roca encajonante está conformada por areniscas, lutitas, ortocuarcitas, conglomerados y, en ocasiones, por rocas cristalinas intercaladas de la formación Huizachal.

Las vetas atraviesan buena parte de la secuencia, los cambios litológicos son frecuentes tanto en el sentido lateral como en el vertical, llegando a presentar espesores de hasta 19 [m], echados de 45-90° y en tres direcciones preferenciales: NE20°SW, NE60°SW y NW70°SE.

En lo que respecta a la forma y dimensiones, los cuerpos mineralizados son de tipo tabular y se alojan en fallas y fracturas previamente emplazadas cuyas dimensiones varían desde unos cuantos milímetros hasta los cuatro metros de potencia en general.

El departamento de geología de la empresa considera que el contacto por falla existente entre la formación Huizachal y la formación Olvido, produce una tendencia hacia que las estructuras se presenten con mayor potencia. Además, el espacio creado por la confluencia de dos o más estructuras provoca la existencia de un mayor volumen de mineral, dispuesto en forma de chimenea irregular.

3.1.4 Mineralogía y leyes del mineral

La mineralización se desarrolló durante el Mesozoico y el Cenozoico inferior en forma de vetas (el cuerpo mineral más frecuente), alojadas en sedimentos continentales y carbonatados, mantos y brechas cuya génesis parte de su basamento, conformado por lechos rojos y evaporitas, a partir de las cuales se formaron soluciones hidrotermales ricas en BaSO₄.

La mena explotable es la barita, mineral que se suele presentar en masas cristalinas de color blanco, verdosas, grisáceas o rojizas, en este yacimiento en particular, se observa en color blanco sólido con tonalidades rosáceas con contenidos entre 84 a 95 % de de BaSO₄, además, algo de calcita, cuarzo, sulfuros y yeso. La ley promedio es de 96.17 % y el peso específico es de 4.04.

En ocasiones se presentan como minerales asociados la calcopirita y bornita (al oxidarse se conforman carbonatos azulosos, tal como la malaquita y la azurita). Además se han observado pirita finamente diseminada y frecuentemente intercalado se presenta el yeso.

Hay que tener presente dos detalles, primero, la celestita (SrSO₄) tiene la misma estructura cristalina, diferenciándose a la flama una de otra porque la barita presenta una coloración verde pálido y la celestita coloración roja. Segundo, el bario también ocurre como un mineral denominado whiterita, sin embargo, éste es un carbonato.

Respecto a alteraciones, básicamente son inexistentes, se observan oxidación y vetillas de calcita y barita. El fracturamiento, relleno o no, se presenta generalmente hacia el contacto de areniscas y yesos. En la roca encajonante se observa un blanqueo en los relieves y, a veces, arcillas en las paredes en tonos rojizos u ocres.

La ley es una magnitud que representa el grado de concentración de determinado mineral comercial con respecto a la cantidad de roca encajonante, para minerales preciosos se expresa en gramos / toneladas y para los minerales industriales en porcentaje. En el caso de los minerales no metálicos, como es el caso de la barita, el factor que se cuida es el peso específico, ello va relacionado con sus diversas aplicaciones industriales.

Po lo que, en este caso podríamos clasificarla como:

Tabla 3.1 Clasificación de la barita en función de su peso específico.

Denominación por el Grado de Pureza	Peso Específico
Barita Marginal	3.500 – 3.999
Barita de Muy Baja Densidad	4.000 – 4.009
Barita de Baja Densidad	4.100 – 4.159
Barita de Mediana Densidad	4.160 – 4.179
Barita de Alta Densidad	4.180 – 4.199
Barita de Muy Alta Densidad	4.200 – 4.219

3.1.4.1 Caracterización general de la barita

A continuación se enlistan los parámetros y características que describen al mineral de barita desde el punto de vista de la mineralogía, lo cual es fundamental para familiarizarse con esta mena. Los datos incluidos fueron tomados del Mineral Data Publishing basados en el Manual de Mineralogía de J. Dana.

Sistema Cristalino: Ortorrómbico.

Forma: Tabular, concreciones, fibroso, nodular, estalactítico o masiva.

Crucero: Perfecto.

Fractura: Irregular, desigual, quebradiza.

Tenacidad: Frágil.

Dureza = 3 a 3,5 en escala de Mohs.

Peso específico: 4.3 a 4.6. ^[1]

Propiedades luminosas: Llega a presentar termoluminiscencia, puede emitir fluorescencia y fosforescencia crema de colores espectrales bajo UV.

Propiedades ópticas: Transparente a translúcido.

Otras propiedades: En fina granulometría (polvo) es químicamente inerte. De fácil dispersión, baja abrasión y cuenta con excelente resistencia contra el calor y la corrosión. A veces desprende olor fétido cuando se le frota.

Color: Incoloro, blanco, amarillo, marrón, gris, tonos pálidos del color rojo, verde, azul, puede variar al ser expuesto a la luz, sin color o ligeramente teñido en la luz transmitida.

Raya: Blanco.

Brillo o Lustre: Vítreo a resinoso, puede ser nacarado.

Composición Química Común:

Tabla 3.2 Composición química de la barita. ^[4]

Compuesto	Porcentaje
CaO	0.26
SiO ₂	5.03
Al ₂ O ₃	1.26
Fe ₂ O ₃	0.63
SO ₃	31.26
MgO	0.07
K ₂ O	0.29
Na ₂ O	0.17
Mn ₂ O ₃	0.05
BaO	59.89
Total [BaSO ₄] _m	91.15

Polimorfismo y Series: Forma una serie con celestina.

Ocurrencia: Mineral de ganga en las vetas hidrotermales de baja temperatura, mineral accesorio en rocas ígneas y en carbonatitas; componente principal de depósitos volcanogénicos submarinos

en depósitos de sulfuros masivos y en chimeneas del fondo marino. Ya sea en forma masiva, en cristales y grupos de cristales.

Minerales Asociados: Fluorita, calcita, dolomita, rodocrosita, yeso, blenda, galena, estibina.

Distribución mundial: Inglaterra, Rumania, República Checa, Alemania, Canadá, EUA y México. En cristales gigantes en la mina de oro Elandsrand, Carletonville, Sudáfrica.

Nombre: del griego baros "pesado".

A continuación se incluye el análisis por elemento que realiza el SGM, cuyo fin es el de tener una visión general de la caracterización del principal elemento que conforma la barita, es decir, el bario.

Datos generales

Nombre	Bario
Periodo	6
Grupo	2
Número atómico	56
Símbolo	Ba
Peso atómico	137.34

Propiedades físicas


Densidad (g/ml)	3.5
Punto de ebullición °C	1,640
Punto de fusión °C	714


Descubridor
Davy 1808

Análisis geológico

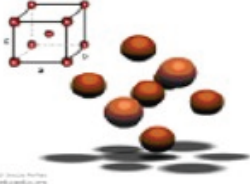
Consultar servicios

Centros de Experimentación del SGM





Estructura cristalina




Principales países donde se encuentra
USA

Los minerales más importantes
Baritina
Witherita

Figura 3.2 Análisis por elemento: Bario. ^[5]

La hoja de datos de seguridad de la barita se presenta con la finalidad de conocer las características de riesgo y peligrosidad a la salud que se tienen al realizar su extracción y procesamiento.

Tabla 3.3 Hoja de datos de seguridad de la barita. [6]

SECCIÓN I: DATOS GENERALES												
HSAA: 41 / 2.1		Nombre comercial: BARITA										
No. ONU: 1400		No. CAS: 7440-39-3										
Elaborado el: 08/03/2005		Revisión: 2.1		Actualizado el: 25/10/2010								
Ver descripción de riesgos en la sección XII												
GRADO DE RIESGO NFPA: 4 Severo 3 Serio 2 Moderado 1 Ligero 0 Minimo												
												
II.- DATOS DE SUSTANCIA QUIMICA												
Familia química: <i>Sulfatos.</i>				Estado físico: <i>Sólido.</i>								
Nombre químico: <i>Sulfato de Bario</i>				Clase de riesgo de transporte SCT: <i>Normalmente se maneja en gránulos diminutos a nivel polvo, por ello la posibilidad de inserción ocular y cutánea es alta, debe ser controlado a través de correcto manejo (libre de exposición abierta) y el equipo de seguridad:</i>								
Nombre comun: <i>BARITA</i>				No. de Guía de Respuesta GRE: 138								
Sinónimos: <i>Baritina, Espato pesado, Blanco fijo, Barita artificial, Baridol, Neabor, Bakontal.</i>												
Descripción y uso General del producto: <i>La Barita es empleado como agente densificante en sistemas de fluidos basados en agua o en aceite y sintéticos. Es un polvo blanco grisáceo con olor fetido.</i>												
SECCIÓN III: IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES												
									GRADO DE RIESGO			
Componente peligroso	%	Numero CAS	Número ONU	CPT5/CCT6 (ppm)	LMPE-PPT7	LMPE-CT	LMPE-P	IPVS o IDLH	S	F	R	E
<i>Sulfato de Bario</i>	<i>100%</i>	<i>7440-39-3</i>	<i>1400</i>	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>Sin Riesgos Especiales</i>
SECCIÓN IV. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS												
Estado físico: <i>Sólido.</i>				Porcentaje de volatilidad: <i>N/A</i>								
Temperatura de ebullición (°C): <i>1600</i>				Color: <i>Incolora. Crema/gris, blanca, amarilla, rojiza, marrón, azul, dependiendo de las impurezas que contenga..</i>								
Temperatura de fusión (°C): <i>1580</i>				Olor: <i>A suciedad.</i>								
Temperatura de inflamación (°C): <i>N/A</i>				Peso molecular (g/mol): <i>233.3896</i>								
Temperatura de auto ignición (°C): <i>N/A</i>				Solubilidad en agua: <i>Insoluble.</i>								
Densidad (kg/m3): <i>4200 - 4230</i>				PH: <i>7 - 8</i>								
VeL. de evaporación (Butil - Acetato =1): <i>N/A</i>				Límite de inflamabilidad superior: <i>N/A</i>								
Presión de vapor (mmHg 20°C): <i>N/A</i>				Límite de inflamabilidad inferior: <i>N/A</i>								
SECCIÓN V. RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN												
¿Es inflamable? <input type="checkbox"/> Si esta seleccionado significa que Si es inflamable												
Si fue Afirmativo, ¿bajo que condiciones?: <i>N/A</i>				Límite de inflamabilidad superior: <i>N/A</i>								
Temperatura de inflamación (°C): <i>N/A</i>				Límite de inflamabilidad inferior: <i>N/A</i>								
Temperatura de auto ignición (°C): <i>N/A</i>												
Medios de Extinción:												
Con Agua: <i>N/A</i>				Con CO2: <i>N/A</i>								
Con Espuma: <i>N/A</i>				Con Polvo Quimico: <i>N/A</i>								
Otros Medios: <i>N/A</i>												
Equipo de protección personal para combate de incendios: <i>N/A</i>												
Procedimiento y Precauciones en el combate de incendios: <i>N/A</i>												
Condiciones de riesgo especial: <i>N/A</i>												
Información de explosión: <i>N/A</i>												
Sensibilidad al impacto: <i>N/A</i>												
Sensibilidad a la descarga eléctrica: <i>N/A</i>												
Otros datos relevantes: <i>S/D</i>												

SECCIÓN VI. RIESGOS DE REACTIVIDAD

Efectos por exposición aguda: **Producirá tos si está expuesto al polvo en niveles mas altos que los señalados por el TLV's.** ¿Estabilidad?
 Negativo, Condiciones de reactividad: **Estable.** Seleccionado significa estable
 Incompatibilidad: **Aluminio, fósforo.**
 Productos peligrosos de la descomposición: **Quemando pueden producir los óxidos de azufre.**
 Polimerización espontánea: **No ocurre.**
 Otras condiciones, a fin de evitar reacciones: **N/D**

SECCIÓN VII. RIESGOS A LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS**VII.1 Según la vía de ingreso al organismo, reacciones tóxicas por:**

- a) Ingestión: **A corto tiempo al ingerir por el contacto con líquidos puede producir una sustancia corrosiva, que irrita fuertemente el sistema digestivo.**
 b) Inhalación: **A corto tiempo de exposición directa produce tos. A largo tiempo de exposición, de acuerdo con Mountain Minerals Company Ltd, la barita no contiene cristales de silicio respirables en montos que se consideren significantes bajo las guías del WHMIS**
 c) Contacto con los ojos: **A corto tiempo de exposición directa causa irritación.**
 d) Contacto con la piel: **A largo tiempo de exposición directa causa irritación.**

VII.2 Sustancia Química considerada como: Carcinogéni Mutagénica Teratogénic
 Otras consideraciones toxicas: **N/D**
 Instituciones que clasifican (NIOSH, OSHA, ACGIH. Incluir NOM-010-STPS): **N/D**

VII.3 Información complementaria. CL50: **N/D** DL 50: **N/D**
 Efectos por exposición crónica: **De acuerdo con Mountain Minerals Company Ltd, la barita no contiene cristales de silicio respirables en m**

VII.4 Emergencia y Primeros Auxilios**VII.4.1 Medidas precautorias en caso de:**

- a) Ingestión: **Provocar vomito, lavado de estomago.**
 b) Inhalación: **Retirar inmediatamente de la exposición a la pollution hacia un área con airé fresco.**
 c) Contacto con los ojos: **Inmediatamente lavarse los ojos con mucho agua por al menos 15 minutos. Si se desarrollan síntomas adversos, buscar atención médica.**
 d) Contacto con la piel: **Lavar la piel con abundante jabón y agua. Si se desarrollan síntomas adversos, buscar atención médica**

VII.4.2 Otros riesgos o efectos a la salud: **No forzada.**

VII.4.3 Antídotos (dosis, en caso de existir): **N/A**

VII.4.4 Otra información importante para la atención médica primaria: **A toda acción buscar atención médica, por posteriores síntomas**

SECCIÓN VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

Procedimiento y precauciones inmediatas: **Evite la generación excesiva de polvo. Observar el procedimiento para manejo de aditivos a granel.**
Recomendaciones para evacuación: **Seguir el procedimiento de evacuación de la compañía en caso de que se requiera.**
Método de mitigación: **Levante el polvo derramado, evitando condiciones polvorientas. Los derrames no deben ser drenados hacia aguas superficiales o drenajes. Disponga de acuerdo con todos los requerimientos aplicables locales, estatales y federales.**

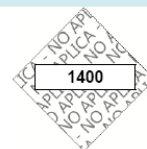
SECCIÓN IX. PROTECCIÓN ESPECIAL ESPECÍFICA PARA CASOS DE EMERGENCIA

Controles de ingeniería: **Al manejo en silos se debe asegurar que estos contengan filtros o mangas a la salida de los desfuegos de presión (durante la el trasvase).**
Respiratorio: **Como mínimo respirador a media cara con cartuchos intercambiables para vapores orgánicos (protección contra polvo de silicio), asegurar que la vigencia del los cartuchos no excede de 2 meses.**
Ojos: **Protección ocular primaria, gafas de trabajo con mica clara y protección lateral, puede utilizarse en combinación con la protección respiratoria un respirador a cara completa con mica clara.**
Manos: **Usar guantes de neopreno.**
Ventilación local: **N/D**

SECCIÓN X. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN

Numero ONU: **1400**
 Clase de riesgo de transporte: **No está sujeto a las disposiciones legales de transporte.**
 Guía de Respuesta en caso de Emergencia: **138**

Colocar el cartel que identifica el contenido y riesgo del producto transportado, cumpliendo con el color, dimensiones, colocación, etc., dispuestos en la NOM-004-SCT/2000 y empleando el modelo que se muestran en el recuadro de la derecha.



SECCIÓN XI. INFORMACIÓN SOBRE ECOLOGÍA	
Acorde a requerimientos de SEMARNAT:	Este aditivo no tiene ningunos efectos conocidos ecotoxicológicos.
SECCIÓN XII. INFORMACIÓN SOBRE MANEJO Y ALMACENAMIENTO	
Para su manejo, transporte terrestre:	Es necesario identificar el material en el transporte, así como asegurar por cualquier medio la inserción de humedad hacia el aditivo.
Para el Almacenamiento:	Asegure todos los equipos (Tanques, tomas de alimentación, pipas de transferencia, contenedores, etc.) este propiamente aterrizado para evitar las descargas de electricidad estática.
Otras precauciones:	N/A
SECCIÓN XIII. INFORMACIÓN ADICIONAL	
FUENTES DE INFORMACIÓN Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
NOM-018-STPS-2000 "Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo".	
NOM-010-STPS-1999, "Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral".	
NOM-004-SCT-2000 "Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos".	
NOM-006-SCT2-2000 "Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos".	
"Reglamento de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos".	

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

1 Sistema de Emergencias en el Transporte para la Industria Petrolera. 2 Clasificación del Departamento de Transporte de U.S. 3 Chemical Abstract Service Number.
4 Número Asignado por la Organización de las Naciones Unidas. 5 Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (TWA). 6 Concentración para corto tiempo (STEL).
7 Inmediatamente Peligrosa para la Vida o la Salud. 8 Grado de Riesgo a la salud. 9 Grado de Riesgo de Inflamabilidad.
10 Grado de Riesgo de Reactividad 11 Grado de Riesgo Especial.

NIVEL DE RIESGO								
	(S) RIESGO A LA SALUD		(I) RIESGO DE INFLAMABILIDAD		(R) RIESGO DE REACTIVIDAD		(E) RIESGO ESPECIAL	
	4	Fatal	4	Extremadamente inflamable	4	Puede detonar	OXY	Oxidante
	3	Extremadamente riesgoso	3	Inflamable	3	Puede detonar pero requiere fuente de inicio	ACID	Ácido
	2	Ligeramente riesgoso	2	Combustible	2	Cambio químico violento	ALC	Alcalino
	1	Riesgoso	1	Combustible si se calienta	1	Inestable si se calienta	CORR	Corrosivo
	0	Material normal	0	No se quema	0	Estable	☞	No use agua
						☢	Material Radiactivo	

En términos generales se indica en el rombo de seguridad que presenta un nivel de riesgo de 1 de 4, donde 4 es mortal y 0 sin riesgo, indicando que es "poco peligroso", no se inflama, en cuanto a reactividad es estable y no se indica riesgo específico alguno. La exposición a la barita ya molida y sin el equipo de protección personal adecuado puede provocar irritación en ojos y vías respiratorias y baritosis a largo plazo.

3.2 Usos y aplicaciones

Entre las industrias que más demandan la extracción de barita se encuentra la industria petrolera, del vidrio y la de revestimientos para salas de rayos X. A continuación se enlistan las aplicaciones más comunes de este material.

- Fluido de perforación para control de pérdidas (constituyente aprox. el 40 %).
- Pigmento inerte a muy alta temperatura.
- Fabricación de agua oxigenada.
- Fabricación de litopón (combinación de sulfuros y sulfatos para recubrimientos).
- Carga mineral de alta densidad.
- Material de relleno en industria de caucho y pintura de resistencia a alta temperatura.

- Carga en industria de fricciones.
- Protector refractario en salas de radiología (absorbe radiación gamma).
- Agente texturizante en pinturas.
- Dispersor de pigmento en sistemas coloreados.
- Relleno y agente pesado en componentes acústicos, adhesivos y artículos deportivos.
- Fabricación del vidrio en la que actúa como fundente, oxidizante y decolorante dando el acabado al vidrio más brillante y de mayor claridad.
- Industria cerámica (fundente).

3.2.1 Especificaciones

En función de la industria a la que vaya a abastecer, la barita debe cumplir con una serie de lineamientos mínimos para asegurar su calidad, los cuales a continuación se muestran:

Tabla 3.4 Grado lodo de perforación (barita pesada).^[7]

Densidad	4.2 g/cm ³ mín.
Ca	250 ppm máx.
Residuo>75μ	3 % en peso, % máx.
Residuo>45μ	No especificado
Partículas>6μ en diámetro esférico equivalente	30 % en peso, % máx.

Tabla 3.5 Grado relleno para pintura.^[7]

BaSO ₄	95.0 % mín.
Fe ₂ O ₃	0.05 % máx.
Material extraño	2.0 %
Humedad	0.5 %
Compuestos solubles en agua	0.2 %
Tamaño de partícula	99.98 % -37μm (malla 400) ó Hegman 6.5
Brillo	80 % +
Absorción de aceite	5 kg / 45 kg
pH	6.4

Tabla 3.6 Barita en polvo grado químico.^[7]

BaSO ₄	96.0 % mín.
SrSO ₄	0.7 % máx.
CaSO ₄	0.6 %
SiO ₂	3.5 % máx.
Rango de blancura	88.0 % mín.
Tamaño de partícula	malla 325

Tabla 3.7 Barita en trozo grado químico.^[7]

BaSO ₄	96.0 % mín.
SrSO ₄	0.7 % máx.
CaSO ₄	0.6 %
SiO ₂	3.5 % máx.
Rango de blancura	80.0 % mín.
Tamaño de partícula	malla 325

Tabla 3.8 Barita cruda grado perforación. ^[7]

Gravedad específica	4.23 mín.
Calcio	250 ppm máx.
Mercurio (Hg)	1.0 ppm máx.
Cadmio (Cd)	3.0 ppm máx.
Carbonatos	2500 mg/l máx.
Sulfuros	50 mg/l máx.
Humedad	1.0 % máx.
Tamaño del trozo	(0-150 mm): 95% mín.

Tabla 3.9 Barita grado vidrio. ^[7]

BaSO ₄	95.0 % mín.
Si ₂ O	1.5 % máx.
Fe ₂ O ₃	0.15 % máx.
Al ₂ O ₃	0.15 % máx.
<850 μm	100.0 %
<150 μm	5.0% máx.

Tabla 3.10 Carbonato de bario. ^[7]

BaSO ₄	92-98 % mín.
Fe ₂ O ₃	1.0 % máx.
SrSO ₄	1.0 % máx.
CaF ₂	0.5 % máx.

Tabla 3.11 Sulfato de bario precipitado. ^[7]

BaSO ₄	98.8 %
Fe ₂ O ₃	0.004 %
Azufre	0.003 %
Solubles en agua	0.20 %
Solubles en ácido	0.80 %
Humedad	0.20 %
Blancura	90.0 %
Absorción de aceite	15.25 %
Rango de pH	6.5-8.0

3.3 Caracterización económica de la barita

3.3.1 Fuentes de inversión

Dado que la empresa fue constituida con capital privado, ésta compañía no es candidata a recibir un apoyo monetario por parte de Instituto Nacional de la Economía Social (INAES). Los directivos financieros de Baramin S.A. de C.V. deberán de analizar y definir si el capital para una posible inversión se dispondrá con dinero de la misma empresa o por medio de un préstamo bancario.

3.3.2 Mercado nacional

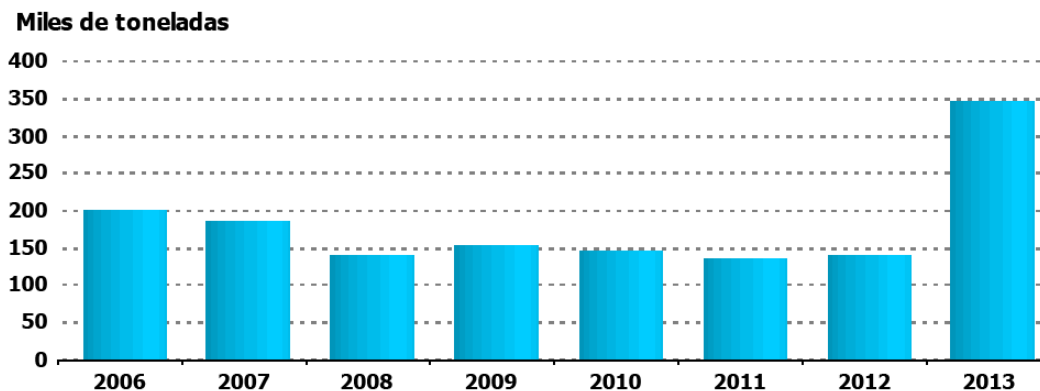
La barita es principalmente producida en Nuevo León y Coahuila. Según el SGM la producción nacional en el 2013 fue de 343 mil toneladas.

Principalmente empleada para la perforación de pozos petroleros, 95 % de la producción nacional se destina a esta actividad (70 % para pozos petroleros del sur del país y 30 % para los del norte), con lo que la producción de barita depende directamente de los planes de exploración minera y/o petrolera.

Son cuatro las principales empresas productoras, entre ellas Baramin S.A. de C.V. y básicamente solamente la industria del petróleo la consumidora (empresas concesionarias perforadoras de pozos).

En la comercialización de este mineral de naturaleza no metálica, no se realizan proformas de liquidación, únicamente se ejecuta un contrato de compra – venta, en el cual se establece tonelaje, peso específico, precio de venta y cuál de las dos partes absorberá el costo del flete. El precio de determinada calidad de barita suele ser fijo durante el año. El flete eleva el precio del producto entre un 25 y 30 % según estadísticas.

PRODUCCIÓN DE BARITA EN MÉXICO 2006-2013



Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, SGM.

Figura 3.3 Producción nacional en miles de Toneladas del 2006 al 2013. ^[7] Se observa un decremento generalizado en la producción.

Tabla 2.12 Producción nacional por estados productores del 2006 al 2013. ^[7]

Producción Nacional de Barita por Estado 2006-2013								
Toneladas								
ESTADO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Coahuila	27,612	29,977	26,265	30,675.0	22,161.0	28,023	25,148	22,483
Chihuahua	0	0	0	850.00	0	600		5
Jalisco	0	0	0	200.00	250.00	330	322	251
Nuevo León	171,993	155,944	113,801	117,850.0	119,964.0	105,774	114,228	320,330
Sinaloa	0	0	0	3,215.00	0	0		
Michoacán	0	0	0	0	0	0	299	0
Guanajuato	0	0	0	851.00	0	0		
Total	199,605	185,921	140,066	152,791.0	143,225.0	134,727	139,997	343,069

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada. SGM.

De la tabla anterior, se observa un decremento persistente en la producción desde el año 2006 hasta el 2013, año en el cuál se presentó un notable despunte, con un incremento en un 145 % respecto al año inmediato anterior. Así es como se verifica que el estado de Nuevo León es quién ha aportado desde el 78.5 % y hasta el 93.4 % de la producción, seguido por Coahuila con el 6.6 % y hasta 20.8 % con respecto al tonelaje total.

3.3.3 Mercado de Estados Unidos

La venta de barita equivalió a 660 000 toneladas en 2013, 0.9 % inferior al 2011, por un valor de 780 millones de USD.

La explotación se realiza en Nevada y Georgia. Su uso principalmente fue para lodos de perforación en las operaciones petroleras en el Golfo de México y los estados de Louisiana, Oklahoma y Texas. E.U.A realizó una exportación de aproximadamente del 5 % de su producción total, principalmente a Alberta, Canadá. Las importaciones de 2009 a 2012 provinieron de: 86 % de China, 8 % India, 3% de Marruecos y 3 % de otros.

Tabla 3.13 Producción, importación y exportación de Barita en los EUA. ^[7]

ESTADÍSTICAS DE BARITA DE EU						
Miles de Toneladas						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013^{e/}
Producción	648	383	662	710	666	654
Importaciones	2,620	1,430	2,110	2,320	2,920	2,810
Exportaciones	62	49	109	98	151	150
Consumo aparente ^{1/} (barita cruda)	3,210	1,770	2,660	2,930	3,430	3,310
Consumo ^{2/} (molida y triturada)	2,840	2,080	2,570	2,910	3,310	3,470
Precio promedio, dólar por tonelada ^{3/}	73	80	77	86	112	115
Empleo en mina y molino ^{e/}	350	400	420	450	470	480

^{e/} Estimado

^{1/} Vendido o usado por minas nacionales -exportaciones + importaciones

^{2/} Barita cruda nacional o importada vendida o usada por establecimientos nacionales

^{3/} Precio tomado como referencia de Mineral Commodity Summaries 2014; precios promedio, dólar por tonelada

En la tabla 3.14 se nota que a nivel mundial China encabeza la producción de barita, por debajo de ella se ubica India con una producción equivalente al 39.5 % con respecto a la de China en el estimado de 2013 y, en tercera posición, Marruecos con una producción del 22.4 % respecto al primer lugar.

En conjunto, representan el 72.35 % de la producción global. Por su parte, México produce un 3.29 % de lo que explota China y representa aproximadamente un 1.47 % de la producción a nivel mundial según el estimado para 2013.

Considerando la producción de 343 mil [ton] en 2013 según SGM (figura 3.3), significa el 9.03 % con respecto a China y el 4.06 % de la producción global, con lo que México pasaría de la novena posición (según tabla 3.14) a ubicarse como el quinto productor a nivel mundial, otorgándole mayor importancia en el mercado de este mineral no metálico.

Tabla 3.14 Comparativo 2011 vs 2012 de la producción mundial de barita. ^[7]

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BARITA				
	2011	2012	2013 ^e	Ranking
	Miles de ton.	Miles de ton.	Miles de ton.	
Alemania	70	55	55	14
Algeria	40	C.O.	C.O.	
China	4,100	4,200	3,800	1
Estados Unidos	710	666	660	4
India	1,350	1,700	1,500	2
Irán	350	330	330	5
Kazajistán	^e 200	250	250	8
México	157	140	125	9
Marruecos	600	1,000	850	3
Paquistán	58	52	50	15
Perú	87	76	75	11
Rusia	62	63	65	13
Tailandia	C.O.	70	70	12
Turquía	230	260	260	7
Reino Unido	50	C.O.	C.O.	
Vietnam	85	85	90	10
Otros	220	250	300	6
Total (redondeado)	8,370	9,200	8,500	

e – estimado; C.O. – considerado en “Otros”

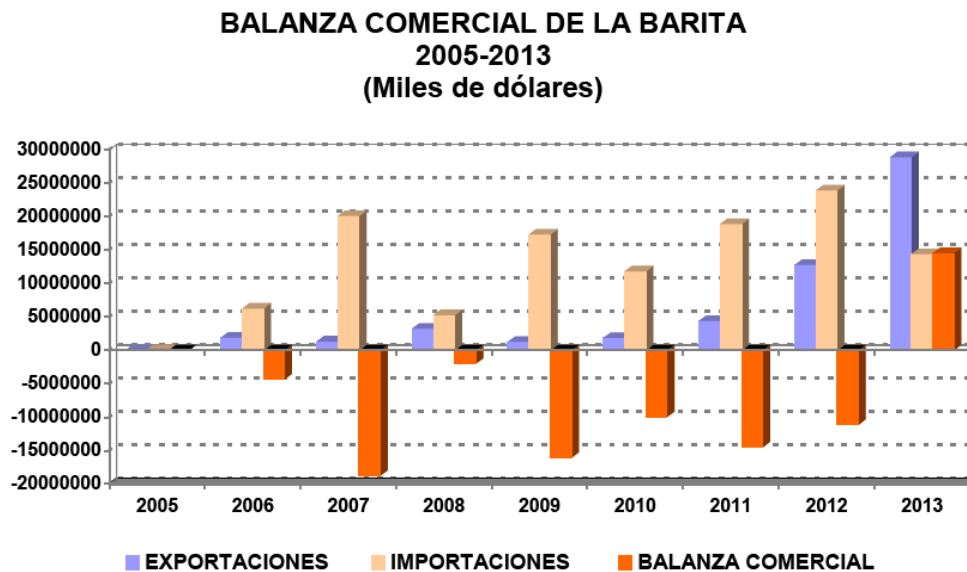
Fuente: Mineral Commodity Summaries, 2013 y 2014

3.3.4 Comercio exterior

En la última década se generalizó el consumo interno de la barita, como consecuencia, la exportación de ésta se redujo.

La balanza comercial de la barita es de tendencia negativa, según los datos de 2012, las exportaciones (12.7 millones de dólares) fueron menores que las importaciones (23.8 millones de dólares) implicando un déficit.

Sin embargo, para 2013 la balanza comercial se presentó positiva con exportaciones con valor de 28.8 millones de dólares superaron en 14.5 millones de dólares a las importaciones, las cuales se ubicaron en el orden de los 14.3 millones de dólares (figura 3.4).



Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet, (SIAMI). SE

Figura 3.4 Balanza comercial de la barita, periodo 2006 – 2013. ^[7]

Observando las figuras 3.5 y 3.6, tendremos en cuenta que la industria petrolera estadounidense es el principal cliente de la barita mexicana. Así como Marruecos, seguido por la India son los principales proveedores para los requerimientos nacionales.

Se observó en Baramin S.A. de C.V. que la adquisición de la barita se realiza principalmente por parte de las empresas mineras dedicadas a su explotación, con el fin de realizar compósitos según demanden los diversos clientes, es decir, la importación es ejecutada básicamente por intermediarios.

EXPORTACIONES MEXICANAS DE SULFATO DE BARIO 2013
28.8 millones dólares

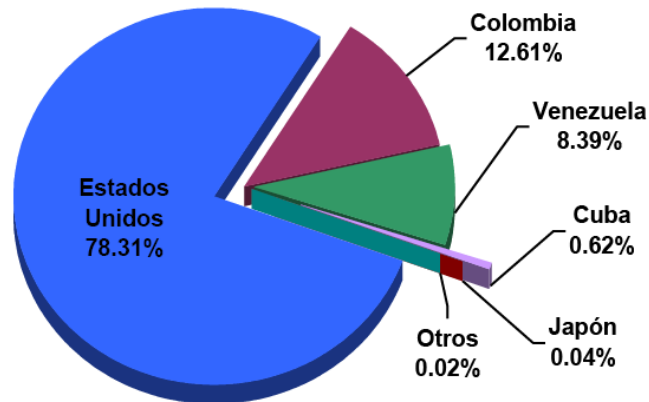


Figura 3.5 Destinos de las exportaciones mexicanas de sulfato de bario durante el 2013.^[7]

IMPORTACIONES MEXICANAS DE BARITA 2013
14.3 Millones de dólares

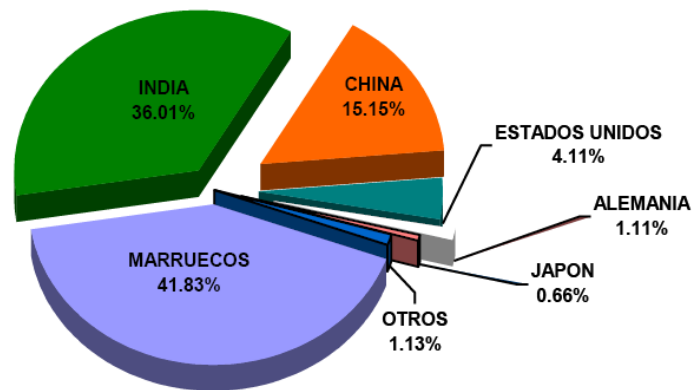


Figura 3.6 Países de origen de las importaciones de la barita a México en 2013.^[7]

3.3.5 Canales de comercialización

Las unidades mineras – metalurgistas productoras de barita están clasificadas dentro de la pequeña y la mediana minería; la pequeña minería frecuentemente no cuenta con plantas procesadoras propias, por lo que vende su producción a minas medianas.

El abastecimiento de barita se complementa con la importación, dicho mineral se suele procesar en plantas instaladas en zonas aledañas a la industria petrolera, minimizando el costo de transporte (figura 3.7).

CANALES DE COMERCIALIZACIÓN

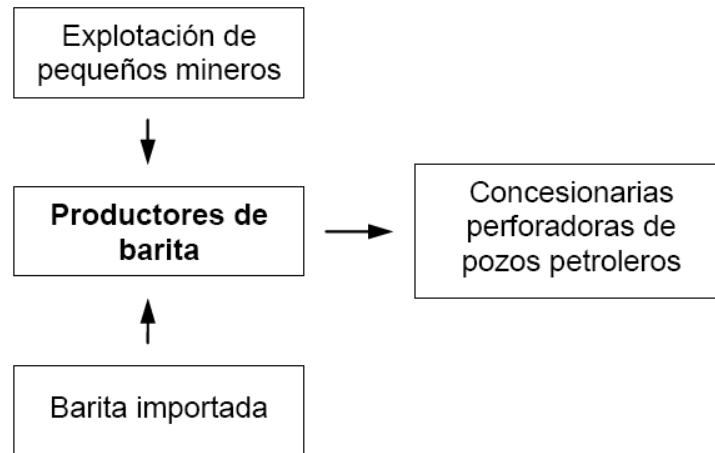


Figura 3.7 Diagrama de flujo que representa el ciclo proveedores – consumidores.^[7]

La comercialización se realiza de forma directa entre productores y las diversas industrias que requieren de esta materia prima. El sulfato de bario se comercializa a granel, la empresa productora es quien define la metodología para el transporte y entrega, el precio es fijo, el costo variable está en función de la distancia de entrega.

3.3.6 Panorama de la barita

En el marco de la reforma energética, se espera un incremento en la demanda de barita, principalmente por el trabajo a desarrollarse en la Cuenca de Burgos, por lo que, se prevé una exploración y explotación más intensa para satisfacer estas necesidades.

La misma reforma ha provocado que las explotaciones de la región carbonífera de Coahuila, donde también hay yacimientos de barita, estén considerando viable explotar y beneficiar ellos mismos este mineral, que generalmente es vendido a las mineras de barita de Nuevo León.^[24]

Por su parte, Sonora ha multiplicado su producción, en alrededor de un 20%, buscando una mayor incursión en este mercado aunque aún no sea igual de significativa que la de Nuevo León.^[24]

Zacatecas ha ubicado yacimientos de barita en el municipio de Mazapil. La Secretaría de Economía [SE], a través de la Secretaría de Economía de Zacatecas [SEZac] proyectaron brindar la asesoría necesaria para la exploración, explotación y beneficio de la barita a los ejidatarios, y así poder competir en esta industria.^[25]

De forma global, de aumentarse la producción nacional de barita se disminuirían considerablemente la importación de barita de Marruecos, India y China, cuyo precio de venta por tonelada más el flete, en 2014 fue de 139, 235 y 442 [DLS]^[7] respectivamente. Mientras que las exportaciones de la barita nacional a Estados Unidos de América se cotizaron en 97 [DLS/ton]^[7].

Análisis de la estimación de reservas

- Capítulo IV -

4 Reservas o datos de exploración

Se definen a las reservas como “volumen de mineral medido y explotable para operaciones a futuro.”^[8]

La importancia del cálculo de reservas para la industria minera se fundamenta en la necesidad de evaluar al depósito mineral antes (prospección y exploración) y durante su explotación, con el fin de establecer factibilidad, rentabilidad y estimar la vida útil (ritmo de explotación y producción diaria y anual), para determinar la distribución de valores y el sistema de explotación minera más adecuado así como el tratamiento metalúrgico, etc.

Originalmente, en la historia del cálculo de reservas, éste se realizaba empleando el criterio y experiencia de quien realizaba la dicha estimación, sin embargo, la necesidad de mayor precisión forzó a la ciencia a desarrollar métodos de cálculo con fundamentación matemática y probabilística.

La compañía cuenta con dos perforadoras para exploración, las cuales son de barrenación a diamante con recuperación de núcleos, sus especificaciones se incluyen en la tabla 4.1:

Tabla 4.1 Equipo disponible para la exploración, dependiente del departamento de Geología.

Equipo	Marca	Cantidad	Número	Longitud de perforación [m]
Perforadora de Exploración	Atlas Copco – Diamec 450	1	1	450
Perforadora de Exploración	Atlas Copco – Diamec 320	1	2	200

El cuarto de núcleos con los testigos de barrenación, se encuentra alojado en el interior de la mina La Huiche, en un cruce con acceso a partir de la rampa general.

4.1 Selección del método para calcular reservas

Existen tanto métodos convencionales (factores y áreas de influencia, bloques minables, secciones transversales, analíticos - geométricos) como “computarizados” (estadísticos y geoestadísticos) para el cálculo de reservas, su elección dependen del tipo de cuerpo mineral, la etapa del proyecto y la precisión que se busque en la información, así como de los recursos disponibles.

Considerando la naturaleza de la barita y su regularidad, la forma como ocurre: vetas, así como el recurso humano y material disponible, el departamento de geología ha optado por continuar

empleando un método convencional denominado “Estimación de reservas mediante secciones transversales”, cuyos cálculos se ejecutan manualmente.

Si bien, esto resulta aplicable y tiene una confiabilidad aceptable (debido a la naturaleza no metálica de la barita), se recomienda contar con una base de datos digital y emplear un software especializado para modelar los datos obtenidos, como: Datamine, Minesite, RecMin o Surpac, los cuales permitirán un control más eficiente de las reservas así como el empleo de modelos.

4.2 Cálculo de reservas

El procedimiento, parámetros y factores del método “Estimación de reservas mediante secciones transversales” tal y como emplean en esta unidad minera, se describen a continuación:

Se cubica el cuerpo mineral, esto significa realizar una delimitación aproximada de la extensión en horizontal y vertical del cuerpo, considerando su morfología, en este caso una veta. Se lleva a cabo un muestreo sistemático sobre la obra directa que se ha ejecutado en la veta, como se describe a continuación.

La distancia de muestreo se determina en función de la extensión horizontal que proyecte la estructura, por lo general se muestrea cada cinco, siete o diez metros (a criterio del geólogo considerando: constancia de las dimensiones y características físicas de la veta).

La distribución de las muestras se hace equiespaciadamente sobre una línea perpendicular sobre la estructura, cada una de las cuales se conforma usualmente por tres muestras simples tipo ranura, aunque a veces pueden ser cinco. Se toman directamente del macizo rocoso expuesto, una hacia el extremo del alto, otra hacia el contacto con el bajo y la otra al centro de éstas, y en su caso, un par en la distancia media entre las tres ya mencionadas.

Se embolsa y etiqueta cada muestra con el fin de mantener un control sistemático. Las muestras son manipuladas en el laboratorio, donde se homogenizan mediante cono cuarteo, se secan y pulverizan y se analiza su peso específico.

A la par, en cada estación de muestreo, se mide la potencia de la veta, de forma perpendicular a la estructura obteniéndose la media aritmética y definiéndose entonces un ancho promedio para la veta.

Los factores de influencia son los siguientes: los primeros 15 [m] hacia arriba y/o debajo (dependiendo de la dirección hacia donde se extienda el cuerpo mineral y del tipo de obra minera) se consideran para reservas probadas, los siguientes 15 [m] para reservas probables y los subsecuentes 30 [m] para reservas posibles.

Así, para cada categoría de ésta clasificación, se define un área rectangular, la cual se afecta por el ancho promedio, obteniéndose el volumen. El cual, al ser multiplicado por el peso específico permite conocer el tonelaje existente.

4.3 Clasificación de las reservas

El Geological Survey, U.S. Bureau of Mines, The Securities and Exchange Commission cuenta con una clasificación para las reservas agrupada en cinco grupos, tal como se observa en la figura 4.1.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Positivas Probables Posibles	Probadas Probables Posibles	Medidas Indicadas Inferidas	Desarrolladas Prospectivas -----	Explotables De interés -----

Figura 4.1 Clasificación de reservas. ^[8]

En la teoría, se llaman “reservas probadas” cuando el mineral se encuentre completamente expuesto (conocido por los cuatro lados que limitan al bloque que lo contiene, el cual deberá encontrarse en disposición inmediata).

“Reservas probables” para mineral cuya ocurrencia, para efectos de estimación, se encuentra razonablemente asegurada, pero sin una certeza absoluta. Se le puede asignar una ley conservadora, generalmente se asigna la ley de los bloques “probados” contiguos.

“Reservas posibles” con aquellas con una razonable posibilidad de existir, hipótesis basada fundamentalmente en la potencia del depósito, en la continuidad de las condiciones geológico mineralógicas y en la extensión de los cuerpos mineralizados desarrollados hasta ese momento, indicaciones a través de las cuales, se pueden obtener signos de continuidad que indiquen lo que se puede esperar a medida que avancen las excavaciones. No se le asigna ninguna ley con una certeza práctica, ni se expresa de ellas cantidad definida.

La compañía Baramin S.A. de C.V. opera desde el año de 1950, se cuenta con la información reservas históricas a partir del año 1992. Al mes de diciembre de 2013 y según la clasificación de reservas para minería (Grupo 2), se tienen consideradas:

Tabla 4.2 Cálculo de reservas de Baramin S.A. de C.V.

Tipo de Reservas	Tonelaje [ton]	Ancho Promedio [m]	Peso Especifico [1]
Probadas	430 288	1.98	4.20
Probables	498 792	2.23	4.21
Posibles	1 395 302	1.93	4.17

4.4 Análisis de los datos disponibles

El departamento de Geología de La Huiche, indicó que la que la última campaña de exploración finalizó en el mes de julio de 2013 y que durante 2014 no se ejecutaría campaña alguna. A continuación, en la tabla 4.3, se presenta el resumen general sobre las reservas probadas calculadas, las explotadas y las disponibles a diciembre de 2013.

A inicios de 2012 se extrajeron 107 mil toneladas, un 36 % de las 295 mil toneladas calculadas, a la par, se generaron 160 mil toneladas, equivalentes a 54 % del récord inicial, para finalizar el 2012 con un estimado de 349 mil toneladas, es decir, se generaron (49 %) más reservas de las que fueron explotadas.

Para 2013 la extracción fue de 97 mil toneladas, 9 % menos en comparación al año anterior. Sin embargo, se generaron 174 mil toneladas, 79 % más que las reservas extraídas, lo que dio como total, 425 mil toneladas de reservas probadas para inicios de 2014. Al considerar que en promedio se extraen 100 mil toneladas anuales, será muy probable que la explotación extienda por al menos cuatro años más.

Tabla 4.3 Balance de reservas probadas al 2013. ^[11]

BARAMIN, S.A. DE C.V. MINA LA HUICHE BALANCE DE RESERVAS PROBADAS AÑO 2013					
	Datos en [ton]				
AÑO	INICIO	EXTRACCION	GENERADAS	FINAL	DIFERENCIA
2012	295,633	106,895	160,112	348,850	53,217
2013	348,850	104,592	175,842	430,288	81,438
ENERO	348,850	9,008	10,300	350,142	1,292
FEBRERO	350,142	9,006	14,709	355,845	4,297
MARZO	355,845	9,450	14,867	361,262	5,417
ABRIL	361,262	9,849	11,827	363,240	1,978
MAYO	363,240	8,575	35,645	390,667	27,427
JUNIO	390,667	9,165	8,542	390,697	30
JULIO	390,697	8,558	22,190	404,293	13,596
AGOSTO	404,293	6,170	11,769	407,822	3,529
SEPTIEMBRE	407,822	9,087	16,525	415,923	8,101
OCTUBRE	415,923	8,988	8,402	415,738	185
NOVIEMBRE	415,738	9,210	18,965	424,863	9,125
DICIEMBRE	424,863	7,526	2,101	430,288	5,425
TOTAL 2013		104,592	175,842		

La figura 4.2 permite conocer que se han estimado alrededor de 495 mil toneladas como reservas probables, las cuales tienen de un 70 a un 80 % de probabilidad que si existen, debiéndose considerar para los cálculos que se desarrollarán en lo sucesivo, principalmente para el ritmo de producción y la vida útil de la mina.

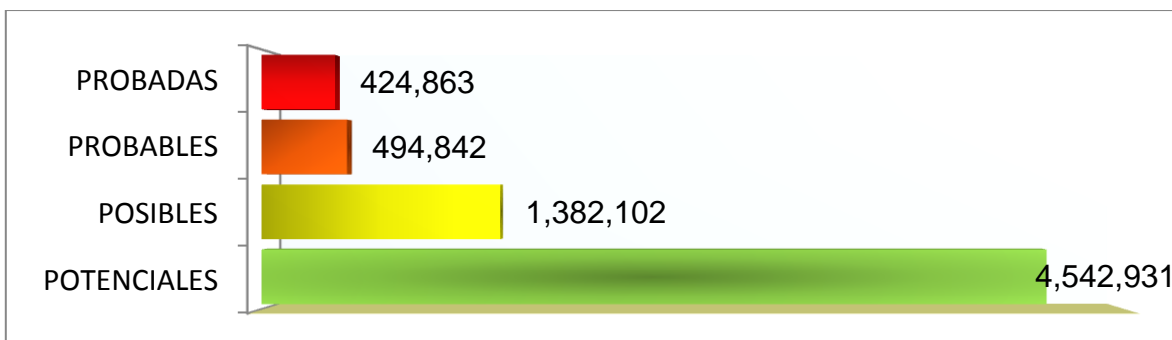


Figura 4.2 Estimación de reservas y recursos de barita, con alta calidad a noviembre de 2013. ^[11]

Las figuras 4.3 y 4.4 muestran la información histórica a partir de 1992, sobre la cantidad de reservas que se han estimado anualmente. En general, durante la década de 1990 se observa que las estimaciones de reservas no superaron las 300 mil toneladas hasta el año 200, donde se presenta un despunte significativo por encima de las 400 mil toneladas de reservas, valor promedio que permanece a lo largo de los años, con una variabilidad de hasta ± 100 mil toneladas.

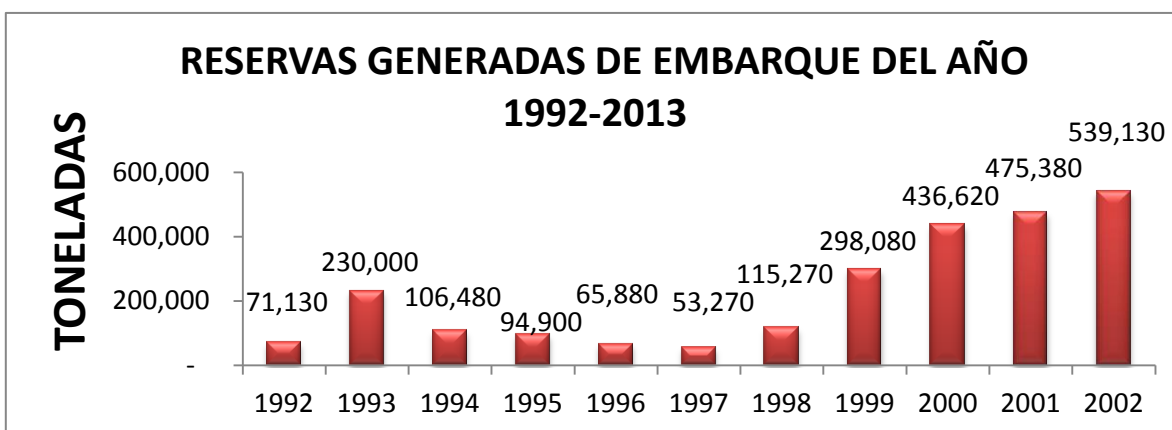


Figura 4.3 Estadística de las reservas generadas durante 1992 a 2002. ^[11]

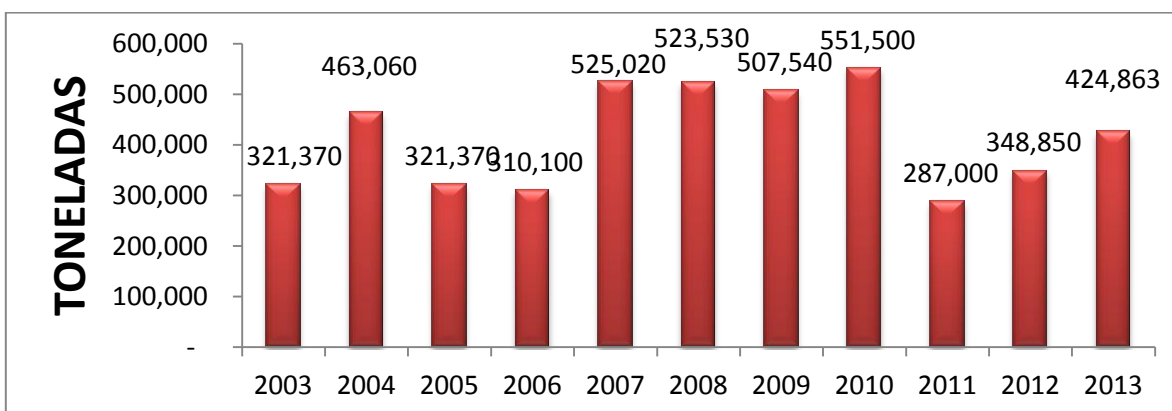


Figura 4.4 Estadística de las reservas generadas durante 2003 a 2013. ^[11]

4.5 Determinación del mineral explotable y recuperación

La explotación se realiza a rumbo de veta debido a la naturaleza del mineral, los contactos con la tabla del alto y del bajo están claramente definidos. Los métodos de explotación empleados permiten un minado altamente selectivo, por lo que la tasa de dilución es mínima (en yacimientos polimetálicos su porcentaje de dilución varía en el rango de un 5 a 10 %), con lo que podemos definir que básicamente no existe dilución.

Las reservas estimadas se encuentran disponibles en su totalidad. Actualmente no existe alguna estructura geológica, calidad de roca, bajo peso específico o afectación legal que imposibilite su extracción. Por lo tanto, existe una posibilidad de recuperación del 100 %.

La cantidad de mineral explotable se puede determinar conforme las siguientes características:

1. Bajo un criterio optimista, se considera la sumatoria de las reservas tanto probadas, probables y posibles, es decir, 430,288 [ton], 494,842 [ton] y 1,382,102 [ton], respectivamente, dando un total de 2,307,232 [ton].

Siguiendo el mismo criterio y a la par considerando la “posibilidad de existencia” del mineral en las reservas probables y posibles, se les afectará por una probabilidad de ocurrencia del 75^A y 50^B % respectivamente, con lo que se tendría: 430,288 [ton], 371,132 [ton] y 691,051 [ton], igual a 1,492,471 [ton] de barita explotable.

2. Al emplear un criterio optimista y conservador, se considera únicamente la sumatoria de las reservas probadas y probables, lo que equivale a 925,130 [ton].

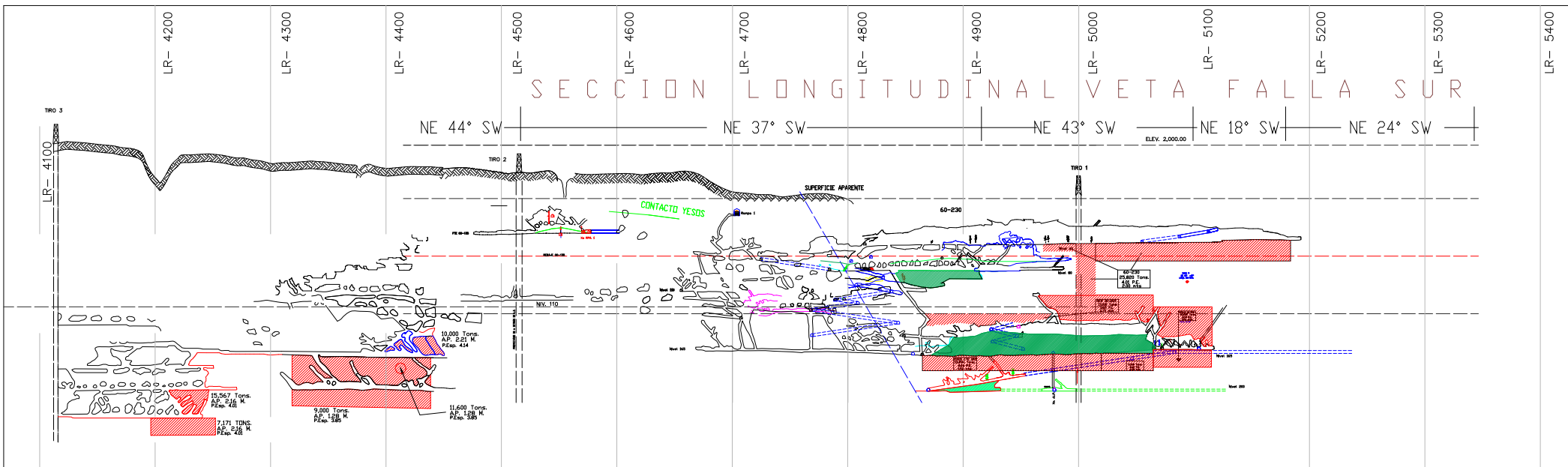
O afectando las reservas probables por el factor del 75 %, se tendrían 801,420 [ton].

3. Y estableciendo un criterio conservador y muy estricto, a veces llamado pesimista, sólo se indicaría la existencia de 430,288 [ton] de barita, es decir, solo se consideran las reservas probadas.

Finalmente, se integran un par de secciones longitudinales de la mina La Huiche en los cuales han sido localizados los diferentes bloques de reservas delimitados, las cuales sirven para considerar su ubicación espacial.

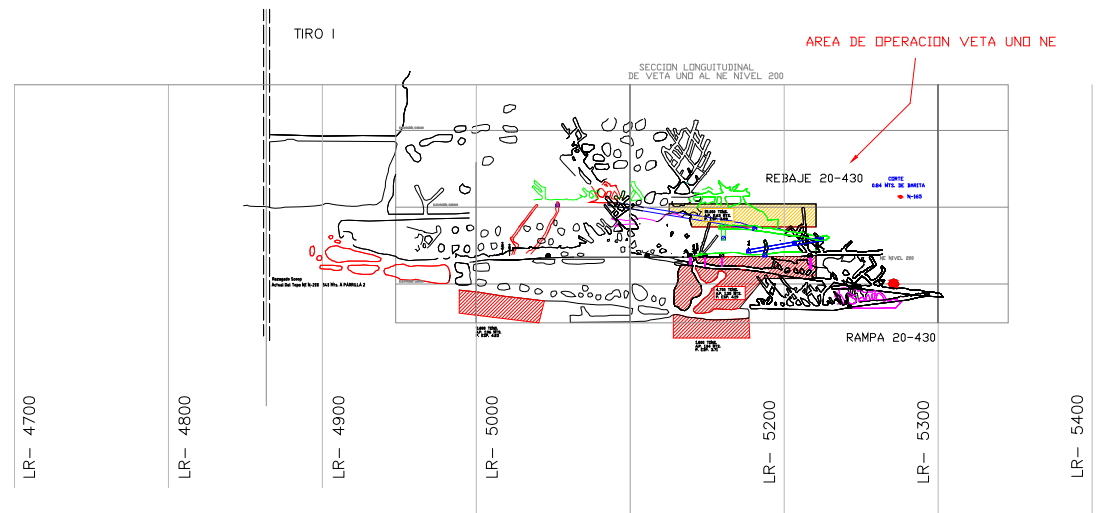
^A A las reservas probadas se dice que se les conoce por los cuatro lados (considerando una figura de dos dimensiones), se le conoce al 100 %. A las reservas probables se dice que se tiene certeza de su existencia por tres de sus cuatro lados, por lo cual, se consideró un 75 % de probabilidad de ocurrencia.

^B Siguiendo el criterio enunciado en [A], las reservas posibles son conocidas por dos de sus cuatro lados, equivalente al 50 % de probabilidad de ocurrencia.



L E Y E N D A

- Reservas probadas ■
- Reservas probables ■
- Reservas posibles ■



BARAMIN S. A. DE C.V. MINA "LA HUICHE"			
PLANO TOPOGRAFICO GEOLOGICO SECCION LONGITUDINAL DE RESERVAS		FORMO: J. ENRIQUE RIOS GARCIA REVISO: ING. JOSE MARIA ANGUIANO	
REV 1	PLANO No. 000	FSM No.	SIZE
AUTORIZO: ING. AGUSTIN ROZ. S.			
ELABORO: ING. ROBERTO O. RABAGO JESUS ENRIQUE RIOS G			
HUA	1 / 1	OCT- 2013	ESC: 1 :2,000

Figura 4.5 Sección longitudinal con bloques de reservas identificados en La Huiche. [11]

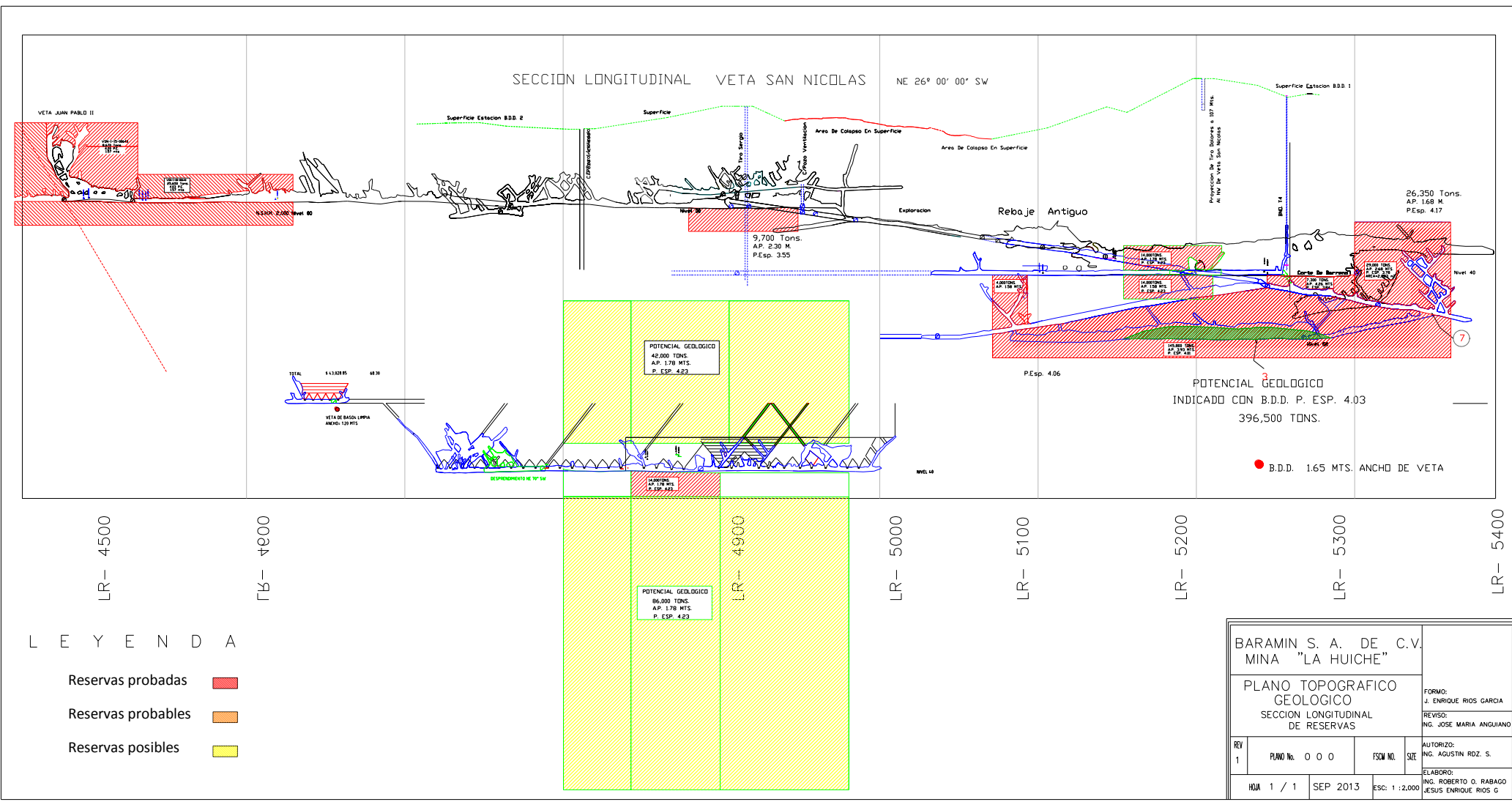


Figura 4.6 Sección longitudinal con bloques de reservas identificados en San Nicolás. ^[11]

4.6 Análisis de prefactibilidad

Se desarrolla un análisis de prefactibilidad con la finalidad de determinar si el proyecto en las condiciones actuales es rentable o no, sirviendo como punto de partida para definir las acciones necesarias para, en su caso, lograr esa factibilidad o mejorar las condiciones de la operación.

Considerando el promedio de la información de minado del año 2012 y 2013 de la tabla 4.3, 106,895 y 104,592 [ton/año] respectivamente, se define que una tendencia de explotación de barita de 105,743.5 [ton] para el 2014.

Tabla 4.4 Alimentación y recuperación de la planta lavadora durante 2009 al 2013. ^[11]

	2009	2010	2011	2012	^e 2013
ALIMENTACION	112,730.00	108,000.00	122,745.00	175,965.00	138,207.00
P. ESP.	3.8	3.73	3.74	3.72	3.68
CONCENTRADO	61,821.00	61,363.00	67,600.00	87,831.00	64,957.00
P. ESP.	4.2	4.19	4.17	4.15	4.12
RECUP. TONS.	55%	57%	55%	50%	47%
e – estimado a dic. 2013, 126,925.00 [ton] a nov. de 2013					

Y de la tabla 4.4, el promedio de procesamiento mineral durante los últimos cinco años de la planta es un aproximado 131,529 [ton/año], valor que se tomará como guía de la producción estimada para 2014.

Asimismo, se calcula el costo total de operación por tonelada equivalente producida considerando los precios de insumos, combustibles y mano de obra de 2013, dando como resultado 1276.25 [MXN/ton] (el detalle del cálculo se puede revisar en el capítulo V, sección 5.3).

En la sección anterior se plantearon tres casos para determinar la cantidad de mineral explotable, con lo que, al estimar la vida útil en función de la explotación promedio de 2012 y 2013, se tiene:

1. Criterio optimista: 21.82 años, es decir, 262 meses.
Criterio optimista considerando factor de ocurrencia: 14.11 años, es decir, 169 meses.
2. Criterio optimista – conservador: 8.75 años, es decir, 105 meses.
Criterio optimista – conservador considerando factor de ocurrencia: 7.58 años, es decir, 91 meses.
3. Criterio conservador – estricto: 4.07 años, es decir, 49 meses.

Siendo este último caso, el número 3, el que se ha elegido debido a que presenta una alta probabilidad sobre la existencia del mineral, con lo que se otorga una certeza a los cálculos y a la toma de decisiones superior al 90 %.

Para la tabla 4.5, la inversión no se ha considerado porque se quiere conocer la factibilidad en condiciones actuales, el costo de producción anual resulta de multiplicar el costo de total por tonelada por la producción anual estimada y el precio de venta es igual a 120.00 [DLS/ton], el cual, convertido a pesos, con una tasa de cambio de 13.30^[23] [MXN/DLS] resulta en 1596.00 [MXN/ton].

Tabla 4.5 Análisis de prefactibilidad en condiciones de operación actuales.

Análisis de Prefactibilidad		
Producción	131,529.00	Ton
Inversión	0.00	MXN
Costo de producción anual	174,802,041.00	MXN
Vida útil	4.07	Años
Precio de venta	1,596.00	MXN

Año	Producción/año	Inversión	Costo prod. anual
1	131,529.00	0.00	174,802,041.00
2	131,529.00	0.00	174,802,041.00
3	131,529.00	0.00	174,802,041.00
4	131,529.00	0.00	174,802,041.00
Total	526,116.00	0.00	699,308,164.00
Costo nivelado =		1,329.00	< 1,596.00

El costo nivelado indica que en las condiciones actuales sí es rentable la operación, sin embargo, es claro que la diferencia entre el costo de producción y los ingresos no es muy amplia, pues apenas se genera una ganancia del 16.73 %.

También es claro que es necesario otorgar alta prioridad a reiniciar una campaña de exploración y llevar los recursos mineros potenciales a reservas probables, y las reservas probables a probadas, para dar certeza que de realizarse alguna inversión, ésta resulte fructífera.

4.7 Recomendaciones

Topografía y Planeación

- a) A pesar de que la práctica común es seguir el rumbo de veta para la explotación, por la misma génesis del yacimiento, es recomendable que a partir de la geología, se programen las obras a explotar y el método aplicable (considerando ritmo de operación y la relación costo versus beneficio), y por ende, se definan las dimensiones.

Asimismo, debe de aplicarse en términos estrictos planeación al rebaje, es decir, indicar la mejor forma de acceder, si el método requiere contrapozos, hacer el diseño, indicar ubicación espacial y especificaciones; definir los límites, estructurar las zonas a minar en

cada disparo (evitando la mezcla de barita de diferente calidad o su mezcla con tepetate, lo que nos lleva a una dilución en su ley y, consecuentemente, pérdidas monetarias, ya sea al tener que procesar una mena que no requería beneficio o al perder volumen con calidad adecuada), entre otras.

Hacer hincapié en el rubro del requerimiento real de obras de preparación y desarrollo, pues se encuentra entre las prácticas inadecuadas más comunes observadas, el colar obras, principalmente contrapozos (empleados como obras de producción, cuya función no es de tal naturaleza), sin una base técnica sólida, como se dice comúnmente, “a sentimiento”, lo cual implica una “inversión” innecesaria de recursos materiales, humanos y de tiempo. Los contrapozos en particular representan las obras más improductivas tanto en avance como en producción y de mayor costo cuando son ejecutadas por el contratista.

- b) Topografía debe planear los sitios diarios a visitar para realizar el marcaje de las obras, ya sea del avance de rampa, contrapozos de comunicación u otros, asimismo, se deben indicar los días en que se realizará la medición del avance en las obras de obras coladas por contratistas.
- c) Deben de estar al pendiente de la actualización de los puntos para el marcaje de rumbos y pisos, ya que, fue observable en ocasiones, que dichos puntos estaban demasiado alejados de la frente de ataque y ello dificulta su proyección debida, provocando “picarse” en el suelo o desviar el rumbo.

Geología

- a) Campaña de barrenación a diamante para prospección y para comprobar continuidad de vetas. La relación costo vs. beneficio se muestra en el cuadro a continuación mostrado, asignándosele un valor de 1 a la mejor opción y de 0 a la restante.

Tabla 4.6 Valuación de beneficios al emplear voladuras para prospección vs. exploración mediante barrenación a diamante.

	Voladura empleada como prospección	Ponderación	Barrenación a diamante de exploración	Ponderación
Tiempo	1 turno de 8 [h] / voladura 25 bnos	0	1 turno de 8 [h] / barrenación	1
Tiempo efectivo	5.00 [h]	1	6.50 [h]	0
Avance	2.00 [m]	0	15.00 [m]	1
Personal	2 trabajadores	0	2 trabajadores	0
Salarios	474.75 [MXN]	0	474.75 [MXN]	0
Explosivos	719.63 [MXN]	0	0.00 [MXN]	1
MXN / [m]	597.19 [MXN]	0	31.65 [MXN]	1
Tiempo / [m]	4.00 [h]	0	0.53 [h] (32 min)	1
Relación C. vs B.		1		4

La campaña permitiría realizar un análisis de prefactibilidad como antesala para plantear una inversión de capital para adquisición de nuevos equipos que aumenten la productividad.

Además, representa una reducción de costos sustancial al no emplear obra directa como parte de la prospección (principalmente contrapozos, los cuales representan poco avance lineal, mínima generación de tonelaje y alto costo).

- b) Revisar los factores de influencia empleados en la definición de reserva probables, posibles y recursos minerales, considerando el comportamiento geológico del yacimiento, con lo cual se comprobaría que no se sobreestima la vida útil potencial de la mina, relaciónese con el punto anterior.

5 Método de minado

Un método se refiere a un procedimiento, es decir a una serie de pasos con un orden establecido, en el caso de un método de minado, se busca poder extraer el mineral de interés con la mayor tasa de retorno de inversión posible, sin dejar de lado un alto índice de seguridad, un óptimo ritmo de extracción y provocar el menor impacto ambiental posible.

Así que más allá de ser pasos ordenados, un método de minado se convierte en una estrategia que busca la explotación de un cuerpo mineral de forma eficiente, definiendo la forma como se han de realizar las operaciones unitarias que pertenecen al ciclo de minado.

5.1 Determinación de la forma de minado

Existiendo tanto el minado a cielo abierto como el minado subterráneo, para su elección deben considerarse ciertos criterios como son:

- Profundidad del yacimiento mineral
- Relación de descapote
- Impacto ambiental – movimiento de tierras
- Tiempo
- Producción diaria/mensual/anual
- Demanda y mercado del mineral
- Costos de inversión y operación
- Rentabilidad del proyecto

Usualmente la explotación de la barita se realiza a cielo abierto, pues la producción por tonelada tiene un menor costo en comparación con la minería subterránea y si bien, los cuerpos minerales de este lote minero no se encontraban a una profundidad considerable, la elección de un minado subterráneo podría ser idóneo al considerarse el precio de venta de la barita versus los costos de inversión inicial, mismos que se incrementan significativamente porque a mayor capacidad, el precio del equipo de minado a cielo abierto es más costoso que para minado subterráneo.

La extracción por tajo no hubiera resultado rentable debido a que el yacimiento está conformado por vetas, las cuales al ser minadas a cielo abierto pierden selectividad, además, según la literatura, un tajo está recomendado para yacimientos de origen residual (que tienden a ser masivos) y no hidrotermales, como es este caso.

La profundidad del mineral y el material estéril, generan una relación de descapote. Para la zona La Huiche, en su primera porción a partir del tiro 1, se calcula que el depósito mineral aflora a una distancia aproximada entre 20 a 30 [m] a partir de la superficie, presenta una extensión vertical media de 150 a 170 [m], horizontal alrededor de 700 [m] y una potencia promedio de 2 [m] (tabla 4.1), con lo que se tiene:

Relación de descapote = Estéril a remover : Material explotable

$$\text{Relación de descapote}_1 = 50,000 \text{ [m}^3\text{]} : 320,000 \text{ [m}^3\text{]} \rightarrow 0.16 \text{ [m}^3\text{]} : 1 \text{ [m}^3\text{]}$$

Para la segunda porción en la zona La Huiche, aflora aproximadamente entre los 70 a 140 [m] a partir de la superficie, con extensión vertical media de 120 a 150 [m], horizontal aprox. de 400 [m] y una potencia promedio de 2 [m] (tabla 4.1):

$$\text{Relación de descapote}_2 = 84,000 \text{ [m}^3\text{]} : 108,000 \text{ [m}^3\text{]} \rightarrow 0.78 \text{ [m}^3\text{]} : 1 \text{ [m}^3\text{]}$$

Y en la zona San Nicolás, el depósito mineral aflora entre los 30 a 70 [m], dando una distancia promedio a superficie de 50 [m], presentando una extensión vertical media de 50 a 90 [m], horizontal alrededor de 900 [m] y una potencia promedio de 2 [m] (tabla 4.1):

$$\text{Relación de descapote}_3 = 90,000 \text{ [m}^3\text{]} : 126,000 \text{ [m}^3\text{]} \rightarrow 0.71 \text{ [m}^3\text{]} : 1 \text{ [m}^3\text{]}$$

Considerando:

Relación de descapote < 1 → Se puede explotar a cielo abierto.

Relación de descapote = 1 → Emplear otros criterios: relación de descapote máximo, relación económica de descapote, análisis financiero detallado, etc.

Relación de descapote > 1 → No se debe explotar a cielo abierto.

Se tiene que: $R.D._1 < R.D._3 < R.D._2 < 1$; en teoría, se puede explotar a cielo abierto, sin embargo, $R.D._2$ y $R.D._3$ tienen valores cercanos a 1, es decir, se acerca a un valor que muestra que no es totalmente conveniente la minería a cielo abierto.

Bajo el supuesto de que el capital en el inicio de la operación era limitado, los costos asociados al movimiento de tierras podrían haber elevado en gran medida los costos de inversión y operación, provocando la no rentabilidad del proyecto en esa época.

La barita tiene un mercado cautivo (industria del petróleo: lodos de perforación), al considerar las cifras del mercado nacional e internacional, podemos decir que el ritmo de producción, a pesar de ser una explotación subterránea, ha logrado satisfacer la demanda nacional. Aunque, desde hace algunos años, la producción se ha completado con importaciones, que no son muy significativas. Por ende, el minado subterráneo ha permitido mantener un equilibrio entre el sistema de minado y un adecuado ciclado de las operaciones, sin embargo, es posible que requiera un aumento en la producción.

En resumen, se puede apoyar la elección de un método de minado subterráneo porque los costos de inversión son menores que para un minado a cielo abierto y se obtiene la selectividad necesaria. Siendo la barita un mineral no metálico, su precio de venta no depende de una cotización en la bolsa de valores, por lo que, no hubiera sido rentable si los costos de inversión, el tiempo de recuperación y la venta de la misma no fueran constantes. Considérese que la producción que genera un minado a cielo abierto estaría sobreexplotando el yacimiento y que sin la demanda adecuada, se generaría una sobreproducción considerable que disminuiría el precio de venta; se recomienda revisar periódicamente éstos aspectos de mercado.

Aunando que el impacto ambiental y paisajístico es menor, con lo que directamente se reduce la inversión para reintegrar paulatinamente las condiciones ambientales originales según normatividad y, al no ser evidente el minado, las poblaciones aledañas sienten que es una industria más confortable. La naturaleza no metálica de la barita presenta una probabilidad reducida de generar contaminación (sin embargo, deben de cuidarse zonas de oxidación y sitios con presencia de pirita) y, por ende, las medidas de control son menos intensas.

5.1.1 Análisis de las características geológicas, espaciales y estructurales del yacimiento

La selección de un método de minado subterráneo depende de una variedad de criterios, como son:

Definidos por la naturaleza^[12]

- Morfología, tamaño y posición espacial del cuerpo mineral.
- Valor absoluto y distribución espacial de valores minerales dentro del depósito.
- Propiedades mecánicas y químicas del mineral y de la roca huésped.
- Espesor y tipo de encape superficial.
- Localización, rumbo y buzamiento del depósito.
- Presencia o ausencia de aguas subterráneas y sus condiciones hidráulicas relacionadas con el drenaje de las obras.

Establecidos por criterios financieros, normativos e ingenieriles^[12]

- Arreglos financieros disponibles para la iniciación y conducción de las operaciones.
- Seguridad, seguro social y regulaciones del gobierno.
- Factores ecológicos y ambientales como la conservación del contorno topográfico original en el área de minado y la prevención de qué sustancias nocivas contaminen las aguas o la atmósfera.
- Efecto de las operaciones subsidiarias.
- Consideraciones especiales.

A continuación se mencionan las características físicas que determinan la elección de un método de minado subterráneo, a la par, se caracterizan para el yacimiento de La Huiche en particular:

- Resistencia del mineral y de la roca encajonante.

El yacimiento presenta rocas de tipo sedimentario como la roca encajonante: areniscas y ortocuarcitas, que se diferencian por el tamaño de partícula que las conforman: conglomerados por tamaño de grano tipo gravas, ortocuarcitas (contenido del 95% de cuarzo) y areniscas por tipo arena, las lutitas por tipo arcillas, como puede apreciarse en la tabla 5.1:

Tabla 5.1 Escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth, modificado de Adams y otros (1984).

CLASIFICACION DE SEDIMENTOS			
Límites de Clases (milímetros)	Clases de tamaño		Término para roca
256 16 4 2	G r a v a s	Peñascos	Conglomerado Brecha Rudita Rocas rudáceas
		Mataténas	
		Guijarros	
		Gránulos	
1 0.05 0.25 0.125 0.0625	A r e n a s	Arenas muy gruesas	Arenisca Arenita Rocas arenáceas
		Arenas gruesas	
		Arenas medianas	
		Arenas finas	
		Arenas muy finas	
0.0312 0.0156 0.0078 0.0039	L i m o s	Limo grueso	L i m o l i t a
		Limo medio	
		Limo fino	
		Limo muy fino	
	Arcilla	Lutita	

En general, presentan material cementante que provoca una litificación débil (principalmente las lutitas al ser expuestas), y por su origen, suelen presentar series de planos paralelos de debilidad como estratificaciones, por lo que estos macizos rocosos (areniscas) tienen mayor resistencia en el sentido de un plano que en otro o presentan dos o más sistemas paralelos de planos de debilidad: estratificación, fallas, fracturas, disyunciones, diaclasas y leptoclasas, disminuyendo más su resistencia en función del grado de separación y estado de los planos.

Podemos generalizar y decir que la roca del macizo es de resistencia media a baja cuando se presentan otros planos de debilidad además de la estratificación. A continuación se incluye la tabla 5.2 con la densidad, resistencia a la compresión y la profundidad a la cual se llega al límite de resistencia por compresión (presión de la columna litológica) de algunos tipos de roca.

Tabla 5.2 Características geomecánicas de diferentes litologías.

Material	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Profundidad a la cual se alcanza la resistencia máxima a la compresión por peso propio (m)
Granito	2 720	844	3 105
Arenisca	2 400	352	1 465
Caliza	2 700	563	2 085
Mármol	2 700	560	2 070
Cuarcita	2 820	703	2 500
Pizarra metamórfica	2 800	703	2 500
Dacita y Bostonita	2 960	1 406	4 750

Carbón antracítico	1 550	105	680
Carbón bituminoso	1 350	77	570

Por su parte, la barita presenta una competencia de media a buena. Estas características se mantendrán constantes mientras la explotación se encuentre en el rango de 1465 a 2500 [m] de profundidad. Deben considerarse la aplicación de sistemas de soporte que brinden estabilidad a la mina en conjunto como lo son pilares y relleno, y no solo en ciertas zonas críticas (en las que habrán de analizarse las condiciones particulares y elegir el método adecuado de soporte en considerando su costo: anclaje, enmallado, zarpeo, ademado, cerchas, etc.).

La resistencia también se verá afectada por la exposición al intemperismo y las dimensiones de las obras (secciones y claros), aplicándose medidas de control desde la etapa de planeación del desarrollo, preparación y explotación.

- Tamaño, ángulo y forma de buzamiento del depósito mineral.

Son cuerpos minerales tipo veta con espesores desde un par de decímetros llegando a potencias de cuatro metros, echados que varían de 45 - 90° y en tres direcciones preferenciales: NE20°SW, NE60°SW y NW70°SE.

Por lo que, con esta configuración, la determinación de un método de minado necesita enfocarse a la aplicación de un método naturalmente soportado o, en segunda instancia, de uno artificialmente soportado; pudiendo optar en algún momento, por una combinación de ellos.

- Profundidad del depósito y naturaleza del encape.

La exploración y obra directa permite establecer que la extensión en vertical de las vetas – falla, rondan desde los 50 a los 170 metros, es decir, el límite de los mismos se encuentra a un máximo de 290 [m] debajo de la superficie promedio aparente (cota: ≈ 1700 [m]), un depósito somero, típico de los yacimientos no metálicos.

El encape tiene una extensión en vertical que varía de los 30 a los 70 [m] o llegando a un mínimo de 20 a 140 [m] hacia los extremos de la veta, su naturaleza es sedimentaria, de mediana dureza.

Lo anterior nos indica que debido a la morfología de las vetas, mayormente se estarán presentando esfuerzos verticales, los cuales se pueden controlar mediante pilares y mediante el relleno (seco: tepetate, hidráulico: jal o pastas) controlando las presiones laterales. La masa del encape no provoca una compresión significativa sobre la columna litológica.

- Continuidad de la mineralización dentro de los límites del cuerpo e influencia de la geología en la estructura de las rocas.

El cuerpo mineral se encuentra perfectamente definido, básicamente no presenta interacción con los relieves. Se han observado pocos desprendimientos. Se supone la continuidad de la estructura, sin embargo, no es posible dictaminar con precisión pues no se tuvo acceso a esta información. Es importante constarlo con barrenos de exploración.

- Posición del depósito con relación a instalaciones superficiales, drenaje y otras obras subterráneas.^[4]

El desarrollo de labrados antiguos y la explotación de los mismos se realizaron originalmente en el sentido contrario al campamento de la mina. Actualmente se explotan los rebajes 16-255 y 16-355, de gran importancia para la producción, espacialmente se ubican relativamente por debajo del campamento.

En general, la mayoría de los rebajes se ubican en las cercanías de las instalaciones de vivienda, mantenimiento, planta, oficinas y comedor; la teoría nos dice que toda obra civil debe estar sobre un terreno en las cercanías del yacimiento, para disminuir costos de transporte, pero siempre fuera de los alcances del área de influencia, para evitar que la zona de minado afecte a la obra civil.

Es fundamental que se verifique con periodicidad la seguridad de las instalaciones con relación al dinamismo del macizo rocoso y las afectaciones a su naturaleza debido a la explotación, principalmente verificar subsidencia e impacto por vibraciones generadas por la voladura.

Con respecto a las instalaciones subterráneas, cabe destacar la ausencia de una acequia para un correcto drenaje de las obras y mantenimiento de los caminos, que va íntimamente relacionado con el desgaste y mantenimiento preventivo/correctivo de los equipos.

En general, los cuerpos en explotación tiene acceso mediante la rampa general y la mayoría se ubican cercanos a algún tiro.

En la mina La Huiche existe un antiguo taller mecánico que dejó de funcionar debido a la amplia distancia entre éste y los rebajes y frentes. Se recomienda elaborar una relación costo versus beneficio, la cual considere el costo que significa colar sobre tepetate una nueva obra de acceso al taller y el costo de continuar realizando todos los tipos de mantenimiento sobre superficie, aspectos que influyen directamente en la reducción de tiempos muertos, gasto en combustibles y desgaste de equipo.

5.1.2 Análisis de los métodos aplicables a las características del yacimiento

Las características anteriormente descritas nos llevan a generalizar e indicar que por el precio de mercado de la barita y el costo nivelado obtenido, lo idóneo sería emplear un método de explotación autosoportado. Sin embargo, la calidad de la roca hace necesario contar con un sostenimiento que estabilice al rebaje, por lo cual se opta por emplear un método artificialmente para poder laborar con un buen índice de seguridad.

5.1.3 Selección del método de minado

Actualmente en esta unidad minera se emplean tres métodos de minado:

1. Tumba sobre carga (Shrinkage Stope Mining)

Se caracteriza por ser un método ascendente en el cual el material es obtenido mediante cortes horizontales, se clasifica dentro de los métodos naturalmente autosportados, sin embargo,

diversos autores consideran que el propio mineral actúa como método de sostenimiento artificial por lo que lo categorizan como método artificialmente soportado.

El material fragmentado se emplea como plataforma de trabajo, el abudamiento deberá controlarse con la extracción del 30% al 40% del volumen que permita tener las dimensiones adecuadas de la sección, al inicio resulta ser poco productivo en comparación con la etapa final del minado.

El mismo mineral fragmentado funge a la par como medio de soporte para las tablas del rebaje, asemejando el efecto de un relleno con tepetate.

Cabe tener en cuenta, que durante la etapa de extracción, se pueden presentar desprendimientos del material estéril debido, ya que le mismo mineral funge como soporte, causando dilución.

Ciclo de operación

- Barrenación
- Voladura
- Ventilación, eficiente para que permita el ciclado turno tras turno.
- Amacice
- Rezagado [30 – 40 % del material]
- Tumbes, se puede realizar turno tras turno, siempre y cuando se cuente con una buena ventilación.

Variantes

- Pilares a los costados del bloque
- Relleno posterior (recomendado para rebajes profundos, mayor estabilidad)
- Para cuerpos con potencia transversal, labrar pilares laterales para separar los bloques
- Para cuerpos con potencia longitudinal, puede explotarse como rebajes separados con pilares intermedios recuperándolos al finalizar la extracción total del mineral
- En presencia de mineral medianamente competente, se permite el empleo de barrenación larga de abanico en avanzada

Desventajas

- Baja productividad al inicio.

2. Corte y relleno (Cut and filling)

Es un método ascendente clasificado dentro de los rebajes artificialmente soportados ya que el relleno proporciona soporte artificial a las tablas, las cuales presentan roca de pobre calidad, logrando con ello que el rebaje se mantenga abierto.

La roca encajonante, en particular la tabla del alto, usualmente está compuesta por un tipo de roca que no podrá permanecer soportada por un período de tiempo muy prolongado sin la ayuda de algún tipo de soporte artificial.

Actualmente, en la mina, el acarreo se realiza mediante scoop tram, el cual transporta el mineral hacia contrapozos de extracción o puntos de stock. Debe considerarse que el relleno aumenta los costos de producción por tonelada y, aunado a ello, con el empleo de equipo LHD, el alza es más significativa. Podría considerarse implementar contrapozos intermedios para minimizar costos.

Ciclo de operación

- Barrenado
- Voladura
- Ventilación
- Amacice
- Rezagado
- Relleno

Relleno

Cuando una rebanada de mineral ha sido completamente minada, se prosigue con el relleno, cuyo volumen está definido por la altura mínima necesaria para operar el equipo de perforación (máquinas de piernas), alrededor de 1.80 m. Este material proporciona piso de trabajo y otorga estabilidad al rebaje.

La selección del tipo de relleno depende del tipo y cantidad de material disponible, costos de tratamiento del material, costos por colocación del mismo, características resistentes del material ya colocado, preparación y colocación del relleno dentro del rebaje así como horizontalidad y consistencia del piso de trabajo. En La Huiche se emplea roca estéril fragmentada (tepetate).

Relleno con tepetate

La ventaja de este material es que ya no requiere de ser llevado a superficie y se evita invertir en su almacenamiento. Proviene de obras de desarrollo, exploración o preparación. Genera dispersión de polvos, contaminando el sitio de trabajo, sin embargo, esto se puede controlar mediante una buena ventilación y el oportuno rociado con agua, manualmente o con aspersor al estéril.

Desventajas

- Costo de operación mina de moderado a alto.
- Costo de la operación de relleno puede llegar al orden del 50 % del costo total de minado.
- La operación de relleno incrementa el tiempo del ciclo de minado. Debe cuidarse el ciclado sino se provoca una producción discontinua.

3. Descoste (Resuing - Split blasting)

Es una variante del corte y relleno para vetas muy angostas, cuya potencia no permite tener un área de trabajo con las dimensiones adecuadas por lo cual se tumba el mineral y luego se cuele el resto del rebaje sobre tepetate, material que sirve de piso de trabajo conforme el rebaje

ascienda. La explotación se realiza mediante barrenación horizontal o vertical con máquinas neumáticas.

En ocasiones el material del alto tiende a ser frágil, provocando desprendimientos sobre el mineral tumbado, y consecuentemente, la dilución del mismo. En tales casos, se puede optar por tumbar y rezagar inicialmente el tepetate y a continuación el mineral.

La potencia mínima de estéril a tumbar es alrededor de 1.50 [m], este material se puede dejar dentro del rebaje como relleno.

Desventajas

- Poca ventilación.

A continuación se presenta una comparativa entre la caracterización de los métodos de minado empleados.

Inicialmente, en la tabla 5.3 se pueden comprobar las características y forma de los cuerpos minerales a los que son aplicables el tumbado sobre carga y el corte y relleno.

Tabla 5.3 Criterios geomecánicos de los diferentes métodos de explotación subterránea.

Geologic and mechanical criteria in large-scale mining methods (Dravo, 1974).

Mining method	Orebody characteristics						Orebody configuration							
	Ore strength			Waste strength			Beds		Veins		Massive	Ore dip		
	Weak	Mod	Strong	Weak	Mod	Strong	Thick	Thin	Narrow	Wide		Flat	Mod	Steep
Room and Pillar ¹		X	X		X	X	X	X				X	X	
Sublevel Stopping ²		X	X			X			X	X	X			X
Shrinkage		X	X		X	X			X	X			X	X
Cut and Fill		X	X	X	X				X	X	X		X	X
Square Set	X			X	X				X	X	X		X	X
Block Caving ³	X	X		X	X					X	X			X
Sublevel Caving		X	X	X	X					X	X			X
Longwall	X	X		X				X				X	X	

1. Uniform thickness and grade
2. Regular hanging and foot walls
3. Strong fractured rock also can be caved

Las características generales de los tres métodos enunciados, se agrupan en la tabla 5.4:

Tabla 5.4 Resumen de las características del los métodos de minado empleados.

Método de Minado Característica	Corte y Relleno	Tumbe sobre Carga	Descostre
Tipo de cuerpo mineral	Vetas y en ocasiones mantos. Buzamiento mayor al ángulo de reposo. Potencia mayor a 3 [m]	Vetas anchas o angostas. A veces a depósitos sedimentarios (mantos) con buzamiento pronunciado.	Vetas muy angostas. Potencia menor a 3 [m], hasta menores a 1 [m]
Buzamiento	45° min.	45° min., ideal 60°	45° min.
Forma del cuerpo	Irregular	Bien definido, en forma y valores	Bien definido e irregulares
Productividad	Moderada a alta	Baja al inicio. Alta al completar el minado.	Baja
Selectivo	Si, bastante	Si	Si, altamente
Dilución	< 5 %	≈ 10 %	Máx. 10 %
Recuperación	> 90%	60 a 70 %	75 a 90 %
Resistencia de la roca	Medianamente competente al alto, incompetente al bajo	Competente al alto y al bajo	Incompetente
Soporte	Artificialmente soportado: relleno (permite almacenar material estéril y/o jales). Asegurar disponibilidad.	Naturalmente soportado. Considerando la carga como relleno, artificialmente soportado.	Variable: Natural o artificialmente soportado
Profundidad depósito	2250 [m]	850 [m]	1100 [m]
Otros	Buen grado de seguridad	Material que no compacte o cemente a tal grado que dificulte su extracción	Bajo costo de desarrollo. Empleo poco frecuente de soporte artificial.

Por último, se muestra un ranking donde se ordenan los métodos de minado en función de los costos operativos de cada uno de ellos según el análisis de Hartman y Hustrulid, donde se evidencia que el tumba sobre carga tiene costos operativos menos que el corte y relleno y, por ende, que su variante, el descostre.

Tabla 5.5 Listado de costos operativos según el método de minado. (Por: Hartman y Morrison).

Mining Method	Ranking Cost (Percent)
a. Hartman (1987) Ranking	
Hydraulicking, Dredging, Leaching	5
Open Pit/Open Cast Mining	10
Block Caving, Longwall Mining	20
Room and Pillar Mining	30
Stope and Pillar Mining	
Sublevel Stopping	40
Shrinkage Stopping, Sublevel Caving, Induced Caving	50
Cut and Fill Stopping	60
Square Set Stopping	100
<i>Source: Hartman, 1987.</i>	
b. Morrison (1976) Ranking	
Open Pit Mining	Lowest
Block Caving	
Sublevel Stopping	
Sublevel Caving	
Longwall Mining	
Room and Pillar Mining	
Shrinkage Stopping	
Cut and Fill Stopping	
Top Slicing	
Square Set Stopping	Highest

Recordando las pautas marcadas en la sección 5.1.2, se prefiere un método autosoportado sobre uno artificialmente soportado, previendo contar siempre con un adecuado índice de seguridad. Es vital elegir el método que se adapte a las características del yacimiento, y no tratar de adaptar un yacimiento a determinado método.

Por lo que, se concluye que los tres métodos actualmente empleados cubren las necesidades de los cuerpos minerales y son adecuados para este yacimiento mineral. Sin embargo, considerando la información de las tablas 5.4 y 5.5, la productividad y el costo operativo harán que el orden de predilección sea encabezado por el tumba sobre carga, seguido por el corte y relleno y, finalmente, por el descoste.

5.2 Capacidad de operación

Hace referencia a la cantidad de mineral que podrá ser explotado y, posteriormente, procesado por la planta. Dicha magnitud se determina en función de la disponibilidad mecánica de los equipos, disponibilidad de personal así como productividad y recuperación. Se suele expresar como el número de toneladas o metros cúbicos, extraídas o procesados por día, mes o por año.

5.2.1 Obras de desarrollo y explotación

Al día de hoy los rebajes en explotación son los siguientes:

Tabla 5.6 Rebajes en explotación a enero de 2014 en mina La Huiche y San Nicolás.

Mina	Nivel	Rebaje	Cuerpo	Método	Punto de Extracción	Contratista
La Huiche	110	11-700	Veta Uno	Corte y relleno	Rampa 1	Samuel Rodríguez
	110	11-840	Veta Santa Cecilia	Rebaje abierto con pilares casuales	Rampa 1	Benjamín Pedroza
	165	16-265	Veta Falla Sur	Corte y relleno	Tiro 1	GROM
	165	16-355	Veta Falla Sur	Tumbe sobre carga	Tiro 1	GROM
	200	20-625	Veta San Orlando	Tumbe sobre carga	Tiro 4	GROM
	235	23-430	Veta Uno	Corte y relleno	Tiro 1	GROM
San Nicolás	00	00-640	Veta San Nicolás	Corte y relleno	Rampa Gral.	GROM
	40	04-830	Veta San Nicolás	Tumbe sobre carga	Rampa Gral.	GROM
	80	08-830	Veta San Nicolás	Corte y relleno	Rampa Gral.	GROM

De los cuales deben de minarse 627.20 [ton/día], que dependiendo del peso específico que arroje el muestreo y de los requerimientos de venta de la barita, se embarcarán directamente o se habrán se procesar en la planta lavadora para su beneficio.

Respecto a preparación y desarrollo se cuenta con obra en:

Tabla 5.7 Resumen de obras de preparación y desarrollo a enero de 2014 en mina La Huiche y San Nicolás.

Mina	Nivel	Rebaje	Obra	Responsable
La Huiche	110	11-840	Frente	Benjamín Pedroza
	165	16-265	Rampa	Baramin
	165	16-355	Frente	GROM
	165	16-355	Contrapozos	GROM
	200	20-390 [Maestro]	Crucero	Samuel Rodríguez
	200	20-625	Frente	GROM

	200	20-625	Contrapozos	Baramin
	235	23-430	Rampa	GROM
San Nicolás	00	00-417	Contrapozos	GROM
	00	00-420	Frente	GROM
	40	04-830	Crucero	GROM
	40	04-830	Contrapozos	GROM
	80	08-027	Rampa	GROM
	80	08-830	Rampa	GROM

Obras que en conjunto deben sumar 20 [m/día] de avance en las obras de preparación y desarrollo con el fin de que al mes se hayan colado 500 [m].

5.2.2 Determinación preliminar del equipo a utilizar

Se aprovechará el equipo disponible (tabla 5.8) para realizar la explotación minera. Actualmente, la barrenación sobre el mineral se realiza con maquina de pierna y para obra de desarrollo [Cro. “Maestro” – 20-390, N-200] se emplea el jumbo de perforación de un brazo.

Tabla 5.8 Equipo disponible para la explotación, dependiente del departamento de Mina.

Equipo	Marca	Cantidad	Número	Características
Perforadora tipo Máquina de Pierna Pneumática	Atlas Copco	14	N/A	1.20, 1.80, 2.00, 2.40 [m]
Perforadora de barrenación larga tipo Jumbo	Atlas Copco – Boomer T1	1	1	3.048 [m] [10 ft] 1 brazo
Equipo de Bajo Perfil LHD – Scoop Tram	N/D	Disponibles: 4. [Existentes: 6]	5, 7, 10, 12. [11 y 14].	1.5 [yd ³]
Equipo de Bajo Perfil LHD – Scoop Tram Camión	N/D	Disponibles: 4. [Existentes: 6]	2, 13, 15, 16. [1, 8, 9].	2 [yd ³]
Subterráneo Articulado	MTI – DT 704	1	1	6.364 [ton]
Camiones de Acarreo	N/D	3	2, 4, 5	-
Camión Pipa	N/D	1	3	-

Para incrementar la productividad y optimizar el proceso en busca de conseguir el aumento en la producción del tonelaje deseado, se consideran tres opciones:

- El aprovechamiento del jumbo de perforación en frentes de mineral, con su uso durante los tres turnos y no solo en obra de preparación durante el primer turno, como se ejecuta actualmente.
- La adquisición y empleo de un martillo hidráulico para mejorar la explotación selectiva del mineral, con su uso principalmente enfocado a la barita de grado de embarque.
- Continuar con el empleo únicamente de máquinas de pierna para laborar en las frentes de trabajo.

El objetivo es obtener la mayor cantidad de mineral sin sacrificar su calidad, considerándose los costos del empleo de cada una de las variantes o las pérdidas que se genera el no emplearlas, así como tener presente la curva granulométrica propia de cada equipo y considerarla como un factor primordial para eficientar el proceso de lavado o embarque, para que con estos criterios se realice una recomendación adecuada.

Por lo que, a continuación, se caracterizan los procesos y se muestra un análisis comparativo para visualizar el panorama con cada opción.

Empleo del jumbo de perforación.

El rebaje de corte y relleno es idóneo para su empleo, con lo que se conseguiría un mayor grado de mecanización y, por ende, de producción. La mayor problemática es que las obras de preparación y acceso a la obra no cuentan con las dimensiones adecuadas para el ingreso del jumbo, además, solo un operador sabe manejarlo, por lo que, se requiere capacitar al menos a un par más de trabajadores.

La granulometría es controlable a partir de la barrenación, su sistema permite un paralelismo idóneo y mayores alcances al efectuar la voladura.

Adquisición de un martillo hidráulico.

Se cotizaron dos modelos de la marca Brokk, uno con capacidad para 3 [ton/h] con un costo de 30,000 [DLS] y otro con capacidad para 8 [ton] cuyo precio es de 100,000 [DLS], véase figura 5.1.

Se puede manipular con control automático y permitiría una mayor selectividad, además sus dimensiones son mínimas y puede acceder a cualquier obra. Por contraparte, la granulometría depende de la habilidad del operador y no es constante, también requiere de capacitación previa, su productividad es baja e implica la necesidad de un capital de inversión.

Continuar explotación con perforación con máquinas de pierna.

Por una parte, el personal ya conoce el funcionamiento y tiene experiencia en esta forma de barrenación, además, resulta inconcebible deshabilitar esta forma de barrenación, pues es la maquinaria con la que se realiza la mayor parte de las perforaciones. Genera un ritmo de trabajo adecuado para mantener el ciclado del minado, sin embargo, la efectividad de la voladura no es la idónea.

Brokk Comparison Chart













		Weight	Width (mm)	Height (mm)	Motor output	Recommended max weight attachment	Vertical reach (incl. breaker)	Horizontal reach (incl. breaker)
Brokk 50		600 kg (1102 lbs)	690 mm (23.2 in)	940 mm (31 in)	6.6 kW	70 kg (154 lbs)	3.1 m (10.2 ft)	2.6 m (8.2 ft)
Brokk 60		600 kg (1102 lbs)	690 mm (23.2 in)	870 mm (28.3 in)	6.6 kW	80 kg (176 lbs)	3.1 m (10.2 ft)	2.6 m (8.2 ft)
Brokk 90		1016 kg (2238 lbs)	780 mm (25.7 in)	1210 mm (39.5 in)	11 kW	160 kg (331 lbs)	4.3 m (14.1 ft)	3.7 m (12.1 ft)
Brokk 100		990 kg (2183 lbs)	780 mm (25.7 in)	1147 mm (37.2 in)	16 kW	160 kg (331 lbs)	4.3 m (14.1 ft)	3.7 m (12.1 ft)
Brokk 160		1600 kg (3527 lbs)	780 mm (25.7 in)	1264 mm (41.4 in)	18.6 kW	270 kg (595 lbs)	4.8 m (15.7 ft)	4.8 m (15.7 ft)
Brokk 180		1830 kg (4055 lbs)	800 mm (26.1 in)	1392 mm (45.4 in)	18.6 kW	270 kg (595 lbs)	4.8 m (15.7 ft)	4.6 m (14.8 ft)
Brokk 260		3060 kg (6724 lbs)	1200 mm (39.2 in)	1630 mm (53.2 in)	22 kW	420 kg (926 lbs)	6.2 m (20.3 ft)	5.8 m (19 ft)
Brokk 330D		4600 kg (9921 lbs)	1600 mm (52.1 in)	1880 mm (58.4 in)	60 kW	660 kg (1213 lbs)	6.4 m (21 ft)	6.8 m (22.3 ft)
Brokk 400		6100 kg (11244 lbs)	1800 mm (57 in)	1792 mm (55.5 in)	30 kW	600 kg (1323 lbs)	7.1 m (23.3 ft)	6.7 m (22 ft)
Brokk 400D		6600 kg (12125 lbs)	1800 mm (57 in)	1880 mm (58.2 in)	70.8 kW	600 kg (1323 lbs)	7.1 m (23.3 ft)	6.7 m (22 ft)
Brokk 800S		11060 kg (24361 lbs)	2.2 m (7.2 ft)	2.66 m (8.7 ft)	46 kW	1200 kg (2646 lbs)		
Brokk 800P		11280 kg (24890 lbs)	2.2 m (7.2 ft)	2.66 m (8.7 ft)	46 kW	1200 kg (2646 lbs)		

Figura 5.1 Tabla de comparación de características mecánicas entre diferentes modelos de martillos hidráulicos Brokk. ^[16]

El tiempo efectivo de un turno es de 5 horas, la producción con jumbo generaría alrededor de 74 [ton/turno], un martillo entre 15 y 24 [ton/turno], en función de la capacidad del martillo, y con máquina de pierna de 61.5 [ton/turno] si se considera la eficiencia teórica de las voladuras con cuñas quemadas.

La ampliación de la sección de las obras de acceso y preparación tendrían una distancia aproximada de 500 [m], con desbordes laterales y de cabeza de 0.5 [m], representa un volumen de mineral estéril a mover de:

$$\text{Lateral: } 0.5 * 2.5 * 500 = 625 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\text{Cabeza: } 0.5 * 3.0 * 500 = 750 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\text{Total: } 1,357 \text{ [m}^3\text{]}$$

El cobro del contratista por remoción de estéril a diciembre de 2013 es de 91.01 [MXN], lo que representa un costo de 125,138.75 [MXN].

Por su parte, para ser competitivo en cuanto a producción, si se adquiriera el martillo hidráulico sería el de 8 [ton/h], es decir, un costo aproximado de inversión de 1,330,000 [MXN].

Y respecto a la perforación con máquinas de pierna, el costo sería capacitación, una revisión de resultados para definir si ha quedado resuelto el problema o no. Como medidas de control se recomienda el empleo de una plantilla de barrenación calculada estandarizada y supervisión respecto al paralelismo de barrenos de la cuña y de la forma del cargado.

En conclusión, se recomienda el rediseño de plantillas de barrenación e implementación de medidas de control en la ejecución de las voladuras, lo cual implica una inversión nula. Además, por razones financieras y de productividad, se prefiere emplear el jumbo, lo que significa una inversión de aprox. 125 mil [MXN] para acceder al rebaje. La compra de un martillo hidráulico representa en comparación con estas dos opciones, un alto costo de capital, alrededor de un 940 % más con respecto a ampliar la sección para el acceso del jumbo.

5.3 Inversión y costos de operación en la mina

Es básico para la planeación de un proyecto minero metalúrgico determinar los centros de costos, obteniéndose un control de los egresos. Para el caso de los costos fijos, permite definir la capacidad de pago de sueldos y salarios, organizar el mantenimiento preventivo; para los costos variables, al conocer el dinero destinado a solventar los costos variables, se identifican áreas de oportunidad para reducción de costos, además de ser indicadores de la eficiencia de los procesos.

Como consecuencia, al conocer las inversiones realizadas, se tiene cuál es la capacidad de pago necesaria y se pueden estimar las posibles nuevas inversiones que permitan cumplir con las necesidades de la operación, como adquisición de equipo, ampliación de instalaciones, etc.

5.3.1 Estimación de costos de producción

El costo total resulta de la suma de los costos fijos y variables, el costo unitario indica cuánto cuesta generar cada tonelada de la producción. Estos elementos son parte integral de la planeación, principalmente en la elaboración de un presupuesto anual y mensual.

Se emplearán como costo de referencia fijo, variable y total de la producción, la media aritmética obtenida durante la operación del año 2013. Para ello se considera que los centros de costos habilitados para planta y mina son los siguientes:

Tabla 5.9 Centros de costos fijos de mina y planta.

Centro de costos fijos	Mina [MXN]	Planta [MXN]
Sueldos	4,980,722	1,106,944
Salarios	8,616,875	899,844
Prima dominical	54,587	7,822

Tabla 5.10 Cuentas de cargo y monto en 2013 para costos fijos mina y planta.

Centro de costos fijos	Mina [MXN]	Planta concentración gravimétrica [MXN]	Planta molienda y envasado [MXN]	Envasado en planta [MXN]
Nominas	8,415,206.40	5,236,977.89	1,825,787.06	188,822.71
Asociados a nómina	2,211,797.44	1,376,452.78	652,998.17	23,153.16
Impuesto sobre nómina	4,180,492.33	2,601,617.23	562,909.11	58,360.15
Materiales diversos	629,617.98	629,617.98	872,298.07	-
Honorarios	13,246.18	13,246.18	-	-
Arrendamientos	2,223,491.09	2,223,491.09	-	-
Gastos de oficina	167,032.67	167,032.67	274,584.42	64,509.18
Estudios y servicios diversos	282,877.41	282,877.41	0.00	-
Comunicaciones	42,572.88	42,572.88	20,264.01	-
Otros fletes	81,892.34	81,892.34	71,968.24	-
Gastos de vehículos	473,760.04	473,760.04	169,751.46	-
Impuestos y derechos	850,387.26	850,387.26	21,431.00	-
Gastos de empleados	486,758.28	486,758.28	78,973.38	-
Gastos de terceros	26,436.48	26,436.48	4,491.74	-
Gastos por convenio y seguridad	153,008.67	153,008.67	159,364.74	-
Depreciación	1,705,150.50	1,705,150.50	152,994.00	-
Total [MXN]	21,943,727.90	16,351,279.65	4,867,815.40	334,845.20
Producción [ton]	104,729.96	92,162.37	48,875.75	13,836.82
Costo unitario [MXN]	209.53	177.42	99.60	24.20
Costo total unitario [MXN]	209.53		301.21	

Tabla 5.11 Cuentas de cargo y monto en 2013 para costos variables mina y planta.

Centro de costos variables	Mina [MXN]	Planta concentración gravimétrica [MXN]	Acarreo entre plantas [MXN]	Planta molienda [MXN]	Envasado en planta [MXN]
Tiempo extra	302,392.88	188,186.09	-	170,496.52	-
Bonificaciones por contrato	1,261,739.67	785,209.82	-	5,268.90	-
Bono por asistencia	130,917.16	81,472.78	-	0.00	-
Explosivos y artificios	4,581,318.78	-	-	-	-
Materiales y refacciones	10,998,752.38	2,262,904.45	-	3,911,902.54	1,888,789.26

Diesel	5,579,683.15	-	-	196,533.83	-
Combustibles y lubricantes	736587.295	736587.295	-	170,459.42	35,901.16
Energía eléctrica	1,322,152.12	2,900,203.53	-	2,040,222.13	-
Gastos de vehículos	1,733,906.88	-	-	-	-
Contratistas	13,089,154.07	-	-	-	-
Choferes, sustitutos y otros	56,175.20	-	-	-	-
Fletes y acarreos	-	-	6,671,530.15	-	-
Gas	-	-	-	752,366.41	-
Adquisiciones extraordinarias	-	-	-	-	55,933.48
Total [MXN]	39,792,779.57	6,954,563.98	6,671,530.15	7,247,249.75	1,980,623.90
Producción [ton]	104729.96	92,162.37	93,318.47	48,875.75	13,836.82
Costo unitario [MXN]	379.96	75.46	71.49	148.28	143.14
Costo total unitario [MXN]	379.96		438.37		

Por lo que, el costo fijo unitario total es de 510 [MXN], el costo variable unitario total es de 818 [MXN] y el costo total unitario es de 1329 [MXN].

5.4 Determinación del tonelaje de operación

Es de suma importancia emplear la teoría de la economía minera para determinar la magnitud adecuada a extraer y procesar considerando los costos totales de producción y los ingresos generados.

Teniendo presente que las autoridades de Baramin S.A. de C.V. plantearon como objetivo aumentar la producción del concentrado de barita de 300 [ton/día] a 500 [ton/día]. Se realizó una revisión de la información disponible a partir de los reportes diarios de producción (considérense 306 días laborados al año):

- Teóricamente, para 2013 y 2014, se estableció minar 627.20 [ton/día], de las cuales, 75.26 [ton/día] (12 %) con peso específico mínimo de 4.18 y hasta 4.21 que serían embarcadas en breña (directamente, sin procesar). El resto, 551.40 [ton/día] con un peso específico promedio de 3.74 alimentarían la planta de procesamiento mineral para que, con una recuperación del 46 %, obtener 256.20 [ton/día] de concentrado con un peso específico promedio de 4.16.

Se programó enviar 350 [ton/día] de mineral a la planta de molienda de Baramin S.A. de C.V. en Linares, N.L., de las cuales, 256.20 [ton] son concentrado y las restantes 75.26 [ton] son breña, dando un total de 331.46 [ton]. Se ha inferido que la diferencia de 18.54 [ton/día] son tomadas de los patios de almacenamiento.

Tabla 5.12 Producción mina, alimentación planta y concentrado programada y real en 2013 y objetivo 2014 – 2015.

	Mineral minado		Mineral procesado		Mineral concentrado		Recuperación
	ton/día	ton/año	ton/día	ton/año	ton/día	ton/año	%
Programado 2013	627.20	191,923.20	551.40	168,728.40	256.20	78,397.20	46
Real 2013	341.80	104,592.00	451.66	138,207.00	212.28	64,957.29	47
Objetivo teórico	1,210.07	370,282.22	1,063.83	331,914.89	500.00	156,000.00	47

- Ahora, en la práctica, durante 2013 se minaron 341.80 [ton/día], 45.5 % menos de lo esperado. Se procesaron 451.66 [ton/día], un 18.09 % por debajo del estimado, por ende, se obtuvieron 212.28 [ton/día] de concentrado, 17.14 % menos que el teórico. La recuperación fue igual al 47 %.

Por su parte, se embarcaron a la planta de Linares 326.64 [ton/día], un 6.67 % menos de lo programado; de las cuales, 207.83 [ton] fueron de concentrado (18.88 % menos de lo presupuestado) y 118.81 [ton] de breña (21 % más de lo esperado).

En concreto, las condiciones actuales demuestran que el tonelaje diario real de concentrado (212.28 [ton]) presenta un déficit de 17.14 % en comparación con el tonelaje programado (256.20 [ton]), el cual, a su vez presenta un déficit del 14.6 % versus el objetivo de 300 [ton/día]. En total, la brecha entre el tonelaje de concentrado real y la el punto de partida asciende a un 29.24 %.

Por lo que, para verificar que la producción actual es acorde para los costos generados, a continuación se incluye el análisis del punto de equilibrio de la operación y se estudia el volumen óptimo de producción.

Así, para extracción en mina tenemos la información de costos, ingreso y producción, agrupada en la tabla 5.13.

Tabla 5.13 Resumen de costos diarios y anuales de mina.

Mina	Día	Año	Punto de equilibrio [1]
Costo fijo [MXN]	210	64,115	0.57
Costo variable [MXN]	380	116,267	
Costo total [MXN]	589	180,382	
Ingreso [MXN]	750	229,608	
Producción [ton]	452	138,207	
Días laborados / año	306		

Tabla 5.14 Hoja de datos de la relación tonelaje – costos de producción – ingresos mina.

Ton	C.F.	C.V.	C.T.	Ingresos	Ganancia
0	210	0	210	0	-210
1	210	380	589	750	161
2	210	760	969	1,501	531
3	210	1,140	1,349	2,251	902
4	210	1,520	1,729	3,001	1,272
5	210	1,900	2,109	3,752	1,642
6	210	2,280	2,489	4,502	2,013
7	210	2,660	2,869	5,252	2,383
8	210	3,040	3,249	6,003	2,754
9	210	3,420	3,629	6,753	3,124
10	210	3,800	4,009	7,504	3,494
120,000	210	45,594,722	45,594,931	90,042,313	44,447,382
125,000	210	47,494,502	47,494,711	93,794,076	46,299,365
130,000	210	49,394,282	49,394,491	97,545,839	48,151,348
135,000	210	51,294,062	51,294,271	101,297,602	50,003,331
138,207	210	52,512,581	52,512,790	103,703,983	51,191,193

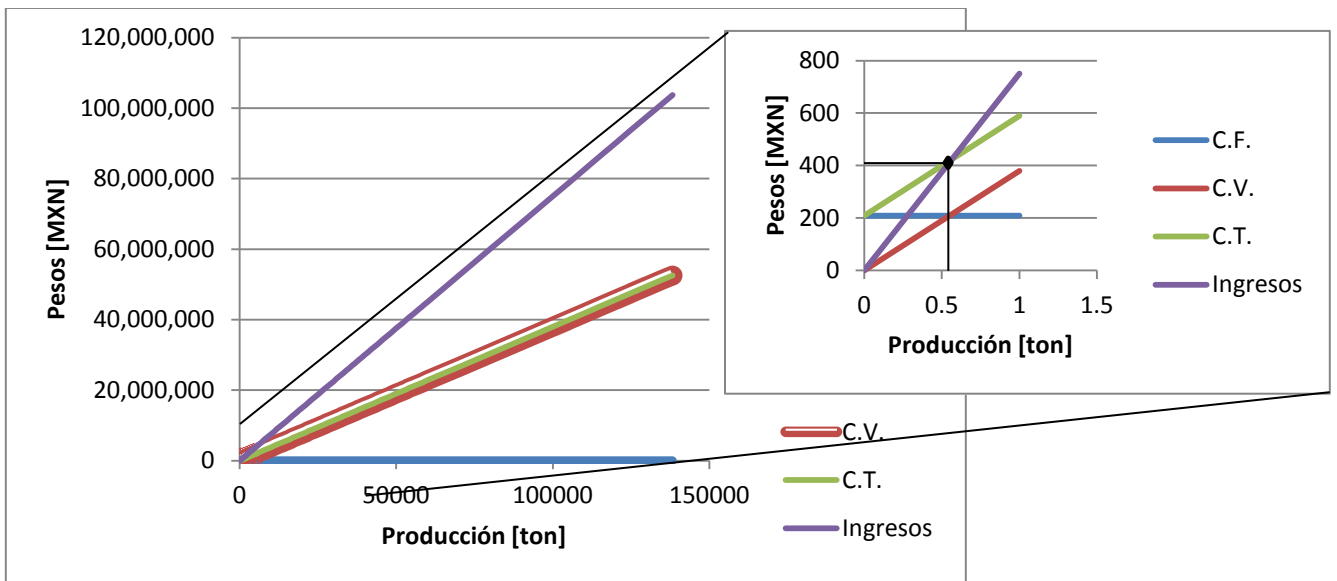


Figura 5.2 Gráfica de tonelaje vs. Ingresos mina.

En la tabla 5.14 y figura 5.2, se puede observar que a partir de la tonelada 1, los ingresos superan los costos de producción, es decir, existe ganancia, comprobándose la rentabilidad de la operación. Esto sucede porque el punto de equilibrio se presenta en la intersección entre la curva

de costos totales e ingresos, que en este caso es igual a 0.57 [ton], también se puede calcular mediante la expresión:

$$\text{Pto. Eq.} = \text{C.F.} / (\text{Ingreso} - \text{C.V.})$$

$$\text{Pto. Eq.} = 201 / (750 - 380) = 0.57$$

Para el caso de los procesos existentes en la planta de procesamiento mineral (concentración gravimétrica, acarreo entre plantas, molienda y envasado), la información disponible se aloja en la tabla 5.15, en la tabla 5.16 se han tabulado la producción versus costos, ingresos y ganancia.

Tabla 5.15 Resumen de costos diarios y anuales de planta.

Planta	Día	Año	Punto de equilibrio [1]
Costo fijo [MXN]	511	156,287	0.66
Costo variable [MXN]	818	250,409	
Costo total [MXN]	1,329	406,695	
Ingreso [MXN]	1,596	488,376	
Producción [ton]	212	64,957	
Días laborados / año	306		

Tabla 5.16 Hoja de datos de la relación tonelaje – costos de producción – ingresos planta.

Ton	C.F.	C.V.	C.T.	Ingresos	Ganancia
0	511	0	511	0	-511
1	511	818	1,329	1,596	267
2	511	1,637	2,147	3,192	1,045
3	511	2,455	2,966	4,788	1,822
4	511	3,273	3,784	6,384	2,600
5	511	4,092	4,602	7,980	3,378
6	511	4,910	5,421	9,576	4,155
7	511	5,728	6,239	11,172	4,933
8	511	6,547	7,057	12,768	5,711
9	511	7,365	7,876	14,364	6,488
10	511	8,183	8,694	15,960	7,266
60,000	511	49,099,716	49,100,227	95,760,000	46,659,773
61,000	511	49,918,045	49,918,555	97,356,000	47,437,445
62,000	511	50,736,373	50,736,884	98,952,000	48,215,116
63,000	511	51,554,702	51,555,213	100,548,000	48,992,787
64,507	511	52,787,923	52,788,434	102,953,172	50,164,738

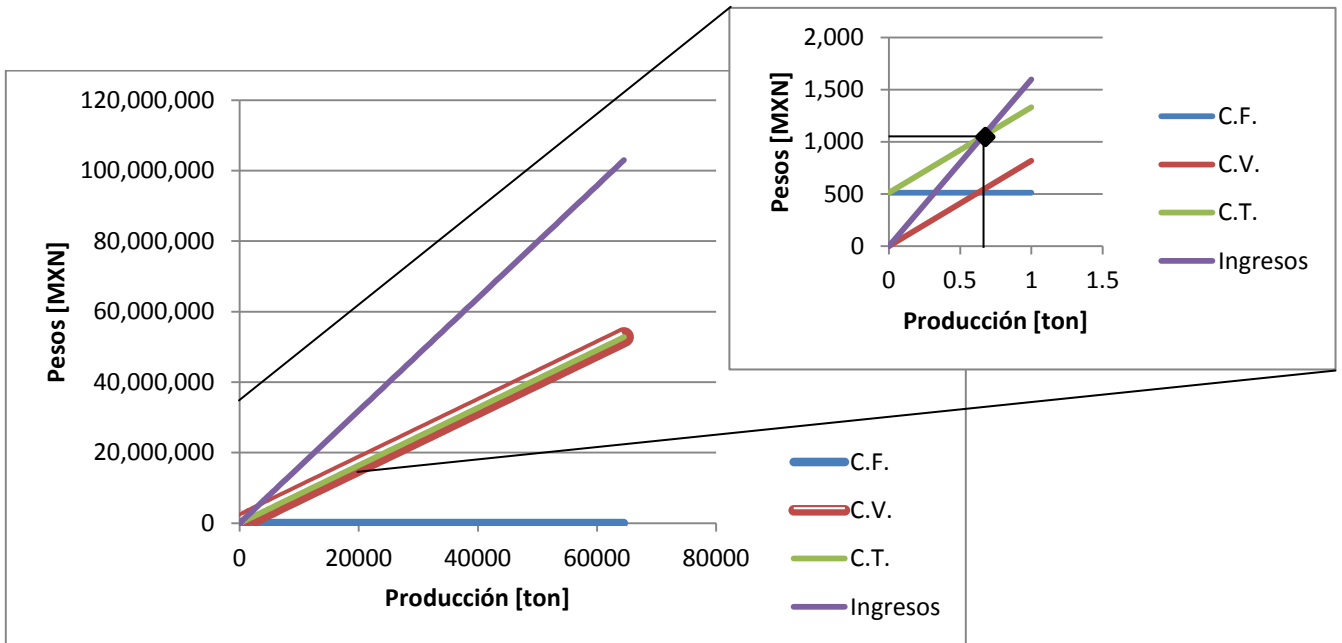


Figura 5.3 Gráfica de tonelaje vs. Ingresos planta.

En la tabla 5.16 y gráfica 5.3, se muestra el mismo comportamiento positivo que en la tabulación y la gráfica para la producción y costos de mina, es decir, también resulta rentable. Sin embargo, para los procesos de la planta se tiene:

$$\text{Pto. Eq.} = 511 / (1596 - 818) = 0.66$$

Como existen ganancias desde la primera tonelada, el proceso indica que entre más se produzca más se ganará.

Dado que es rentable la operación minero metalurgista, es importante determinar el volumen óptimo de producción, para ello, se tabularon los costos totales que implica producir “n” tonelada y se relacionó versus la relación inversa de los ingresos generados, para posteriormente, obtener el gráfico respectivo. En primera instancia, la tabla 5.17 y la figura 5.4 muestran que el volumen óptimo de producción diaria a extraer de la mina con las condiciones actuales de costos e ingresos es igual a 522 [ton/día].

Tabla 5.17 Tabulación costos totales vs ingreso mina.

Ton	C.T.	Ingresos Inverso
1	589	103,703,983
2	969	51,851,992
3	1,349	34,567,994
4	1,729	25,925,996
5	2,109	20,740,797
480	182,588	216,050
490	186,388	211,641
500	190,188	207,408
510	193,778	203,341
522	198,337	198,667
530	201,586	195,668
600	228,183	172,840
700	266,179	148,149
800	304,174	129,630
120,000	45,594,931	864
125,000	47,494,711	830
130,000	49,394,491	798
135,000	51,294,271	768
138,207	52,512,790	750

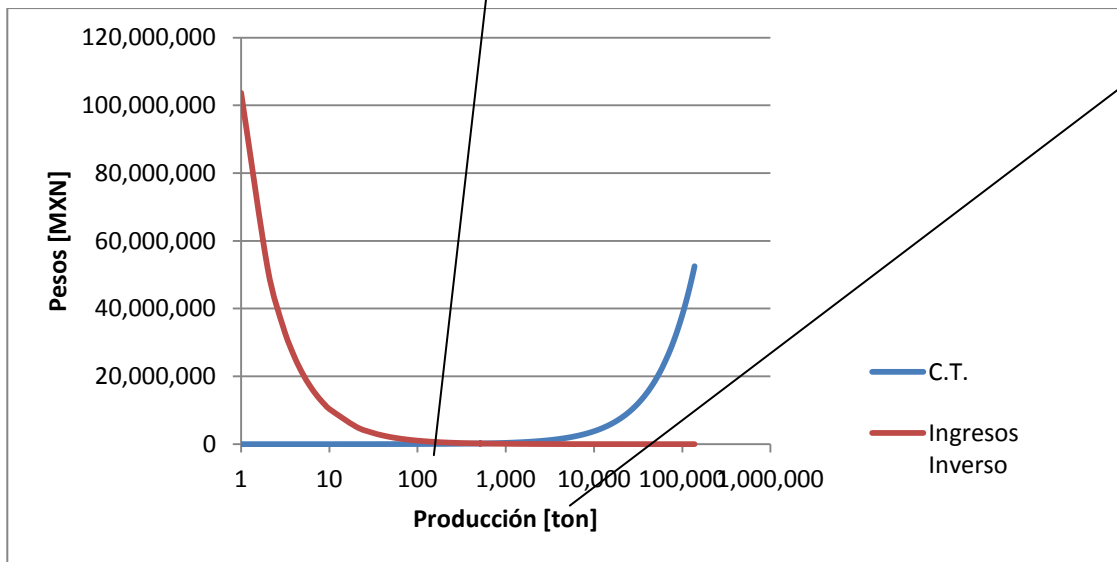
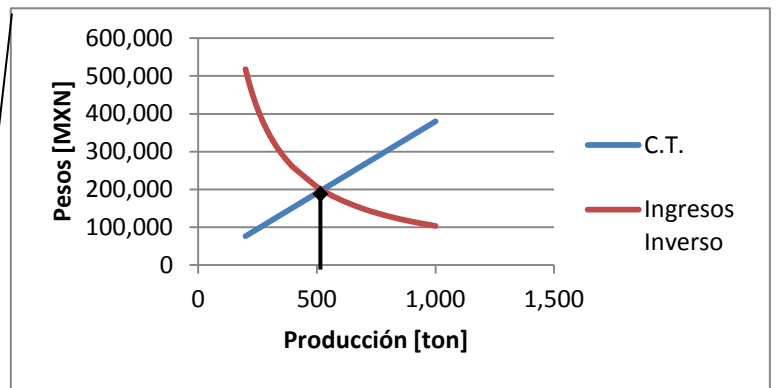


Figura 5.4 Gráfica C.T. vs ingresos.

Tabla 5.18 Tabulación costos totales vs ingreso planta.

Ton	C.T.	Ingresos Inverso
1	1,329	103,671,372
2	2,147	51,835,686
3	2,966	34,557,124
4	3,784	25,917,843
5	4,602	20,734,274
340	278,742	304,916
350	286,926	296,204
354	289,688	292,857
355	291,017	292,032
356	291,836	291,212
357	292,654	290,396
358	293,472	289,585
360	295,109	287,976
370	303,292	280,193
61,000	49,918,555	1,700
62,000	50,736,884	1,672
63,000	51,555,213	1,646
64,000	52,373,541	1,620
64,957	53,156,682	1,596

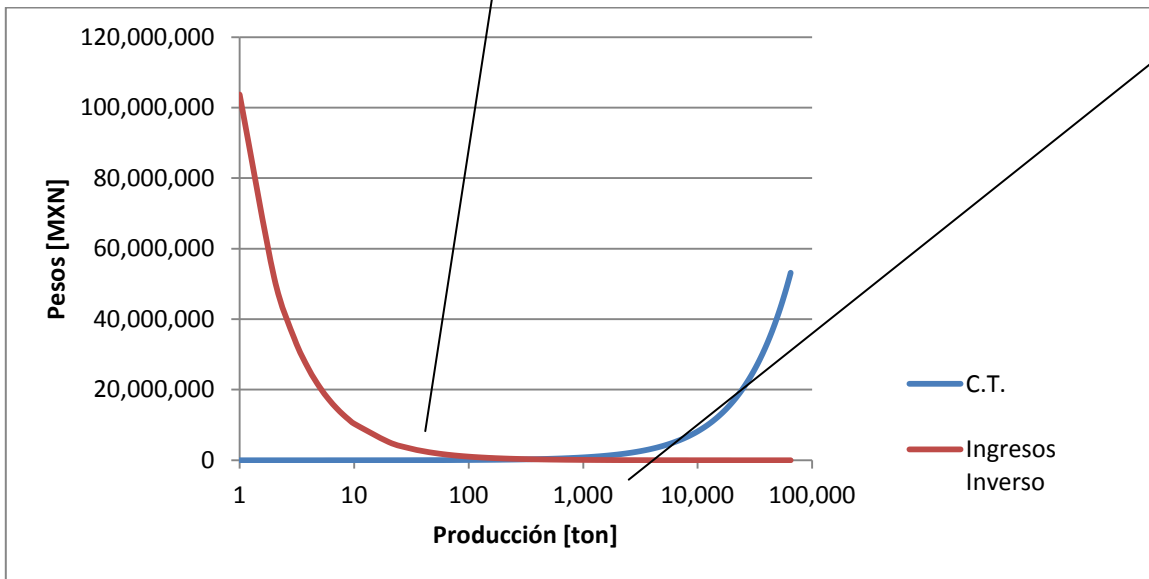
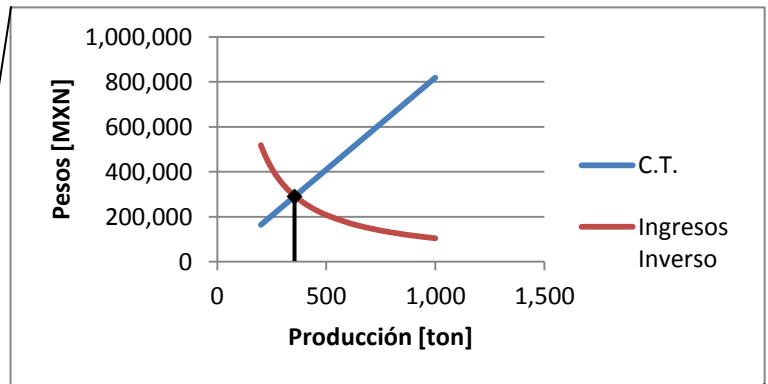


Figura 5.5 Gráfica C.T. vs ingresos.

Se concluye que la para las condiciones actuales, el volumen de producción óptimo para mina (barita en breña para alimentar a la planta) es de 522 [ton/día] y para planta (concentrado seco) es de 356 [ton/día].

Al comparar el volumen de producción mineral explotado para procesar, de la tabla 5.12, resulta ser que la producción programada para el 2013 casi coincide (5 % más), sin embargo, la producción real se encuentra con un déficit (aprox. 13.48 %) y con respecto al objetivo teórico, está por debajo en un 50.93 %.

El volumen de producción de mineral concentrado se encuentra por encima tanto de la producción programada como de la real por un 28.03 % y un 40.37 % respectivamente. Y la producción objetiva teórica tiene un excedente en un 40.45 % con respecto a la óptima.

Teniéndose un tonelaje de planta de 356 [ton/día] y una recuperación del 47 %, implica que se requieren minar 757 [ton/día] para lograr alimentar la planta. Sin embargo, el tonelaje óptimo resultó en 522 [ton/día], con lo que sería improbable lograr las 356 [ton] de concentrado, a menos que la recuperación aumentara en un 68.20 %.

Esta diferenciación indica que los procesos de minado y beneficio son ineficientes, pues el capital que se ha destinado a cubrir los costos fijos y variables no está siendo aprovechado como debiera. También, se observa que la producción óptima para las condiciones actuales se encuentra entre 40 y 50 % por debajo del objetivo que se ha establecido, ésto indica que los costos actuales no son los adecuados. Por ello, es necesario revisar las operaciones, pues los parámetros con los cuáles se están desarrollando no son los adecuados para alcanzar este volumen de producción.

Tabla 5.19 Tabulación costos totales vs ingreso planta para una producción establecida en 500 [ton/día].

Ton	C.T.	Ingresos Inverso
1	1,329	244,188,000
2	2,147	122,094,000
3	2,966	81,396,000
4	3,784	61,047,000
5	4,602	48,837,600
530	433,714	460,732
540	441,897	452,200
543	444,352	449,702
545	445,989	448,051
546	446,807	447,231
547	447,626	446,413
548	448,444	445,599
550	450,081	443,978
553	452,536	441,570
120,000	98,199,943	2,035
130,000	106,383,229	1,878
140,000	114,566,515	1,744
150,000	122,749,801	1,628
153,000	125,204,787	1,596

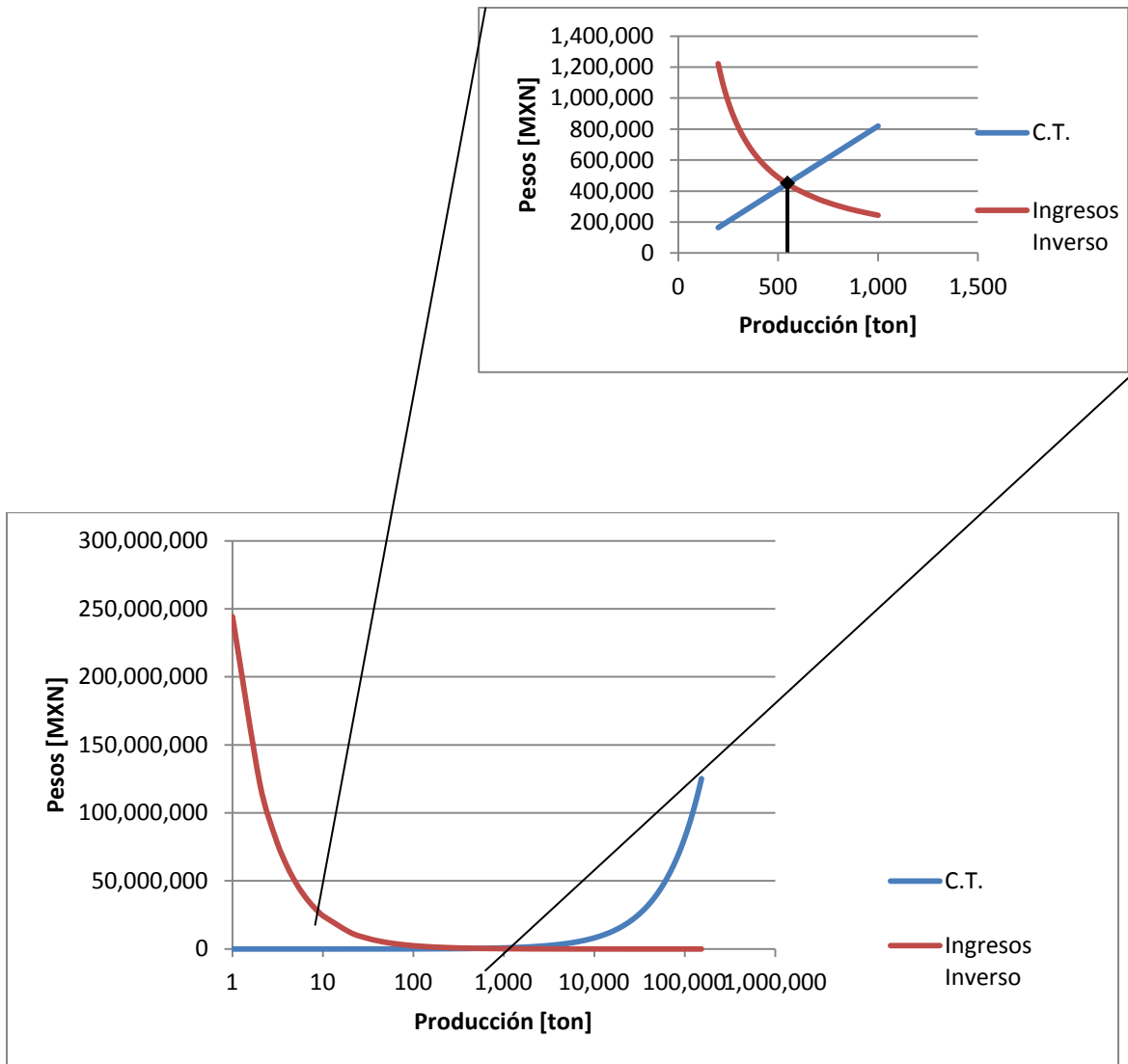


Figura 5.6 Gráfica C.T. vs ingresos.

En la tabla 5.19 se buscó el volumen de producción suponiendo el objetivo de las 500 [ton/día] de concentrado con las condiciones dadas, la gráfica 5.6 indica que la producción debería de ser de 546 [ton/día], un 9 % más que el objetivo.

Tabla 5.20 Tabulación costos totales vs ingreso mina para una producción establecida en 500 [ton/día].

Ton	C.T.	Ingresos Inverso
1	589	277,842,065
2	969	138,921,032
3	1,349	92,614,022
4	1,729	69,460,516
5	2,109	55,568,413
750	285,177	370,456
800	304,174	347,303
825	313,673	336,778
850	323,172	326,873
855	325,072	324,961
860	326,972	323,072
875	332,671	317,534
900	342,170	308,713
950	361,168	292,465
200,000	75,991,412	1,389
250,000	94,989,213	1,111
300,000	113,987,014	926
350,000	132,984,815	794
370,282	140,691,082	750

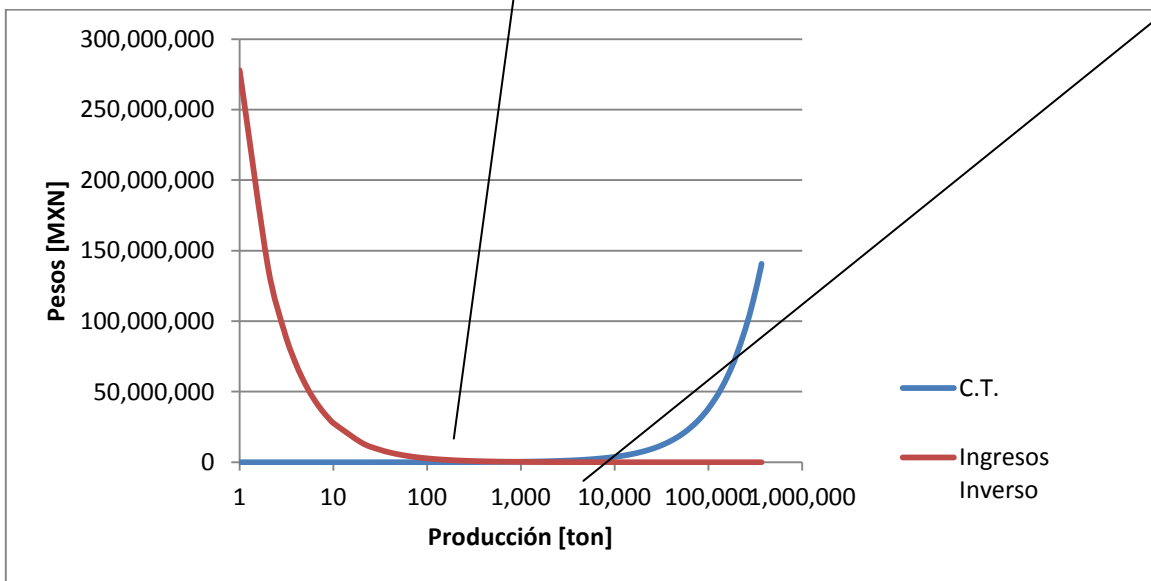
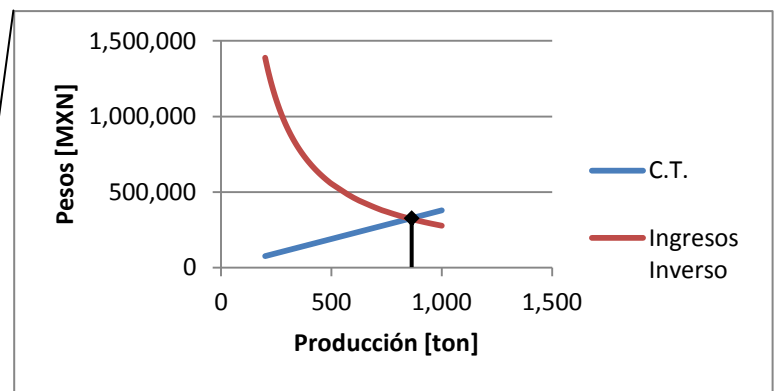


Figura 5.7 Gráfica C.T. vs ingresos.

De la tabla 5.20 se obtiene como volumen óptimo de producción de mina 855 [ton], menor a las 1,064 [ton/día] con recuperación del 47 % que se requieren para obtener 500 [ton/día]; mayor a las 452 [ton/día] que actualmente alimentan a la planta.

Resulta ser que con las 855 [ton/día] de mina solo se obtendrían 416 [ton/día] de concentrado, es decir, no se lograrían las toneladas objetivo (recuperación del 47%). Y con las 546 [ton/día] que son el óptimo para la planta, se requeriría minar 1,162 [ton/día], lo cual triplica la producción actual, que sin considerar invertir un capital, resultaría muy complejo concretarse.

Por lo que, a partir de minar 855 [ton/día], se desprenden dos opciones:

- Establecer 416 [ton/día] como el objetivo meta, aunque ello signifique menor productividad y un aprovechamiento parcial de los costos de operación.
- Considerando que una recuperación del 47 % es un índice relativamente bajo para la concentración gravimétrica (se estudiará a detalle en el capítulo VI), y que los volúmenes de producción óptimos permitirán obtener índices de eficiencia mayores, se recomienda revisar los parámetros de las operaciones unitarias para lograr una recuperación mínima del 58.48 % (para 500 [ton/día]) o una recuperación óptima del 63.86 % (para 546 [ton/día]).

De las cuales, se ha considerado que la más adecuada en la segunda opción, en la que se optará por una recuperación del 58.48 %, que es una meta más conservadora pero que permitirá cumplir con el objetivo principal de este trabajo, es decir, producir 500 [ton/día].

Como se verá en tanto en las siguientes secciones como en el capítulo siguiente, los equipos disponibles no son tecnologías tan actuales y sus condiciones no permitirían contar con el margen de seguridad mecánico - operativa, forzándolos e incrementando la frecuencia de mantenimiento mecánico, por lo que, de preferir optar por la producción óptima de 546 [ton/día], resultará oportuno considerar el cambio de algunos de los equipos y, por ende, a necesidad de un capital de inversión.

5.5 Personal

La unidad minero-metalurgista La Huiche cuenta tanto con personal de confianza como personal operativo, el cual está integrado por personal contratado por la empresa como por el que labora por parte de los tres contratistas: GROM S.S. de C.V., Benjamín Pedroza y Samuel Rodríguez.

5.5.1 Número de trabajadores y categoría

En la tabla 5.21 se ha cuantificado el personal que opera con cada contratista o con la empresa y, a la par, se ha clasificado en función de su puesto, con esto se pueden asignar y organizar el recurso humano a las tareas que lo requieran. Baramin es quien aporta un mayor número de personal, seguido por GROM.

Tabla 5.21 Listado de categoría y cantidad de ellos.

Categoría	Baramin S.A. de C.V.	GROM S.A. de C.V.	Benjamín Pedroza	Samuel Rodríguez
Supervisor	1	2	1	1
Perforistas	12	28	4	4
Ops. Scoop Tram	15	N/A	N/A	N/A
Malacateros	6	N/A	N/A	N/A
Manteros	4	N/A	N/A	N/A
Ops. Locomotora	6	N/A	N/A	N/A
Ops. C.B.P.	8	N/A	N/A	N/A
Polvoreros	2	N/A	N/A	N/A
Servicios Grls.	10	N/A	N/A	N/A

5.5.2 Distribución de personal por turno de 8 horas de duración

En la tabla 5.21 se organizaron el número de elementos que labora en cada turno, la mayor concentración de personal ocurre durante el turno de primera. Solo el personal de Baramin se rige bajo el régimen de turnos de 8 [h].

Tabla 5.21 Distribución del personal operativo por turnos de ocho horas.

Categoría	Turno 1ra	Turno 2da	Turno 3ra
Supervisor	1	1	1
Perforistas	4	4	4
Ops. Scoop Tram	5	5	5
Malacateros	2	2	2
Manteros	1	1	2
Ops. Locomotora	2	2	2
Ops. C.B.P.	4	2	2
Polvoreros	1	1	-
Servicios Grls.	6	4	-

En la tabla 5.22 se ha clasificado al personal de los contratistas, quienes laboran turnos de 12 [h]. la disparidad en la duración de los turnos requiere de una buena organización para realizar las voladuras sin exponer a algún elemento. Asimismo, permite cubrir de forma continua labores que demandan mayores periodos de trabajo.

Tabla 5.22 Distribución del personal operativo por turnos de doce horas.

	Turno 1ra	Turno 2da
Supervisores		
GROM [12h]	2	2
Benjamín Pedroza [8h]	1	-
Samuel Rodríguez [8h]	1	-

Perforistas		
GROM [12h]	14	14
Benjamín Pedroza [8h]	4	-
Samuel Rodríguez [8h]	4	-

5.5.3 Actividades específicas del personal

Se han delimitado las funciones a ejecutar en función del puesto que se ocupa, lo que permite la adecuada asignación de las tareas cotidianas con el personal calificado para ello, ya que se observó que frecuentemente en la mina La Huiche, al no estar claramente definidas las funciones, se le asignan tareas que no corresponden propiamente a cierto personal.

Supervisor.- Su función radica en poblar al personal operativo, proveer de materiales necesarios para las diversas labores así como de verificar al interior de la mina que existan las condiciones óptimas para laborar y que el personal lleve en tiempo y forma su labor. Sus funciones incluyen realizar la relación del personal y pueble en la bitácora diaria así como reportar los pormenores del turno tanto al supervisor entrante, al jefe de mina y al superintendente de mina durante el pueble.

Perforista [Máquina de pierna o jumbo].- Su labor comienza al recibir el pueble por parte del supervisor. En su área de trabajo debe de verificar la ventilación, lavar y amacizar. Reportar condiciones inseguras. Revisar el estado de su equipo de trabajo. Llevar servicios. Barrenar, cargar y detonar en el horario dictaminado la zona poblada. Reportará su labor y pormenores al supervisor.

Operador de equipo de acarreo [Scoop tram o MTI].- Debe ser poblado por el supervisor. Verificar el buen estado mecánico del equipo. Solicitar combustible. Reportar condiciones inseguras. Verificar que el área de trabajo este ventilada y amacizada. Realizar el rezagado del material indicado, ya sea mineral o tepetate, maniobrando con seguridad y dentro de los límites de velocidad establecidos. Reportará su labor y pormenores al supervisor.

Operador de malacate.- Una vez poblado, debe verificar el adecuado estado mecánico del malacate a cargo. Reportar condiciones inseguras. Realizar la operación del manto de mineral o tepetate y/o de personal en función del código sonoro por timbrazos. Reportará su labor y pormenores al supervisor.

Mantero.- Es poblado y en su lugar de trabajo debe verificar la existencia de condiciones seguras para laborar. En función de su pueble, llevará a cabo el acarreo de mineral o tepetate a través del bote del malacate. Reportará su labor y pormenores al supervisor.

Operador de locomotora.- Ya poblado, en su área de trabajo verificará la existencia de óptimas condiciones para laborar. Revisará el óptimo estado mecánico de la locomotora, las vías y el chute. Llevará a cabo el cargado de cada uno de los carros mineros, los trasportará a la parrilla indicada y llevará a cabo la maniobra de descarga. Al finalizar ajustará los seguros y regresará la locomotora a su posición inicial. Reportará su labor y pormenores al supervisor.

Operador de camión de bajo perfil.- Recibirá el pueble por parte del supervisor. Debe revisar el óptimo estado de su equipo. Solicitará el combustible necesario. En su área de trabajo y en el

trayecto, observará la existencia de condiciones adecuadas para laboral con seguridad para él y sus compañeros. Realizará el transporte del material cargado al sitio que indique su pueblo, maniobrando con cuidado y dentro de los límites de velocidad establecidos. Reportará su labor y pormenores al supervisor.

Polvoreros.- Identificará en conjunto con el supervisor las áreas donde se llevarán a cabo operaciones de barrenación, para proporcionar el explosivo necesario para el cargado y voladura. Llevará un estricto control escrito mediante el llenado de una bitácora. Realizará el corte de cañuelas a la medida necesaria, armará el sistema fulminante cañuela. Revisará que su área de trabajo tenga las condiciones necesarias para laborar. Repostará condiciones inseguras en su área de trabajo o en los sitios que visite. Mantendrá el orden y limpieza del polvorín general y los polvorines provisionales. Reportará su labor y pormenores al supervisor.

Servicios Generales.- Recibirá el pueblo por parte del supervisor. Ejecutará labores determinadas durante la sesión del pueblo, como son: limpieza, mantenimiento a servicios de agua y aire comprimido, apoyo en diversas tareas. En cualquier asignación, revisará las condiciones óptimas del sitio de trabajo: ventilación y amacice. Reportará condiciones inseguras. Reportará su labor y pormenores al supervisor.

5.5.4 Organigrama

A continuación se representa en forma esquemática al personal de confianza que labora en la unidad minero – metalúrgica “La Huiche”:

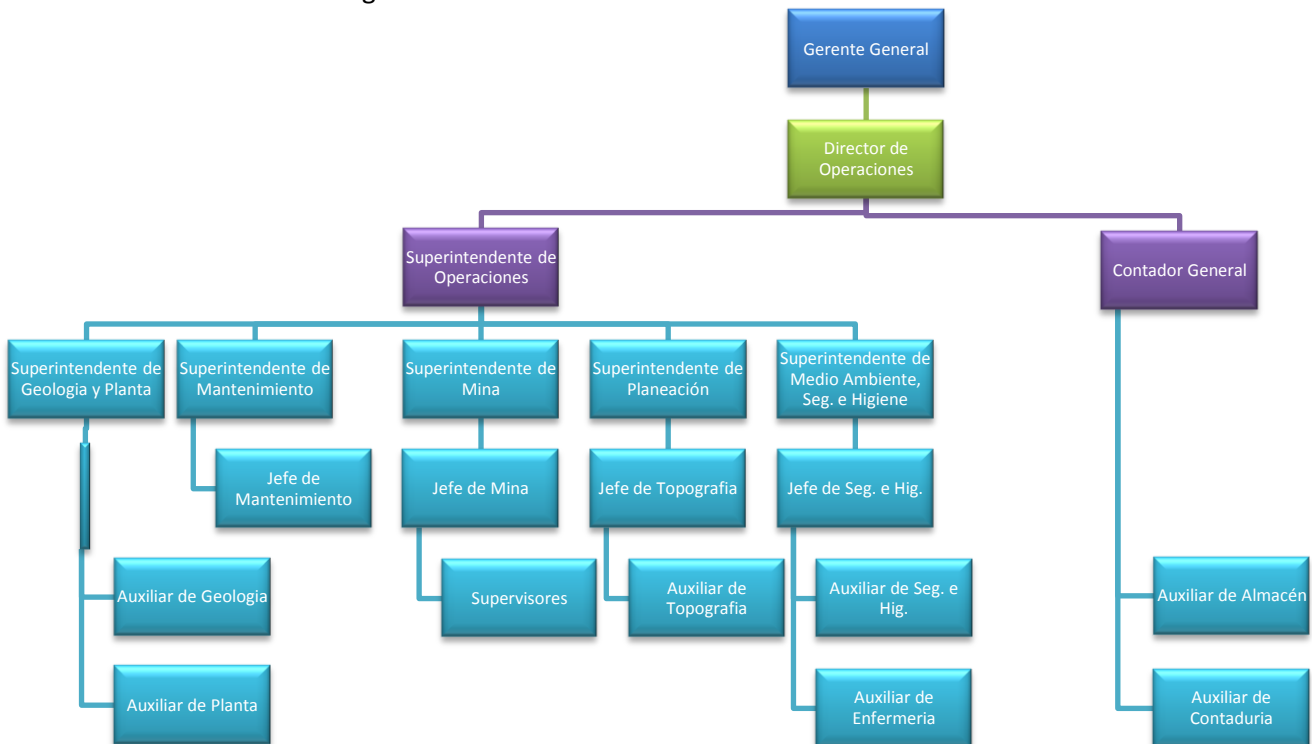


Figura 5.8 Organigrama general de Baramin S.A. de C.V.

5.6 Infraestructura y Servicios

Esta unidad minera cuenta con servicio de agua, electricidad, drenaje, servicio de red telefónica e internet satelital. En la propiedad de la misma existe una colonia habitacional para alojar a los trabajadores.

Dentro de la mina La Huiche existen dos compresores para generar el aire comprimido necesario para la barrenación y uno más en la mina San Nicolás. Se tiene instalado un ventilador de 110 [psi] en el desarrollo del nivel 165 con una manga cuya extensión es de 120 [m].

No cuenta con servicio de drenaje (caballo o baños portátiles) ni acequia para el encausamiento del agua presente. Se cuentan con cárcamos y piletas para recibir el agua bombeada de las obras y direccionarlas a sitios de trabajo.

Existen comedores con parrillas eléctricas y agua en garrafón. En ciertos puntos se cuenta con botiquín de primeros auxilios. Sin embargo, no hay existencia de teléfono tradicional o teléfono radio a superficie.

Para acceder a La Huiche se cuenta con la Rampa general 1. Existen 4 tiros denominados: Tiro I (200 [m]), Tiro II (185 [m]), Tiro III (235 [m]) y Tiro IV (270 [m]) para manto y transporte de personal, actualmente se operan el tiro I y el tiro IV, existe una campaña para rehabilitar el tiro III.

La operación de manto se lleva a cabo a través del tiro I y el tiro IV. La capacidad de manto se enlista a continuación:

Tabla 5.23 Puntos de captación y descarga del manto.

Tiro	Capacidad de manto [ton/día]	Capacidad del bote [ton]	Descarga
I	450	1.5	Planta Lavadora
II	180	1.2	Tolva Gral. – Patio o P.L.
III	120	1.2	Tolva Gral. – Patio o P.L.
IV	200	2.0	Tolva Gral. – Patio o P.L.

Asimismo, se cuenta con infraestructura férrea al interior de la mina para el avance de la denominada Locomotora 501. Sus carros mineros cuentan con capacidad de 6 [ton]. Son alimentados a partir de tolvas de control, para los niveles 110, 200 y 235. En el caso del nivel 165, el scoop tram alimenta las parrillas del nivel 200 [grande y chica] que al ser choreadas, el material se manta a través del tiro.

5.7 Plantillas de barrenación

A continuación se presenta una recapitulación de las plantillas de barrenación para las diferentes obras coladas.

Tabla 5.24 Relación de barrenación para diferentes tipos de obra.

Tipo de Obra	Barrenos perforados	Barrenos cargados
Contrapozo	15	12
Producción	25	22
Rampa	28	24
Frente	33	30
Crucero (Jumbo)	32	29

Se emplea la denominada cuña “Triangular de Seis Barrenos” perteneciente a la clasificación de cuñas quemadas (barrenos perforados muy cercanos entre si, en forma paralela a la dirección del avance y que permite aumentar la profundidad para incrementar el avance lineal), en la que se perforan seis barrenos y se dejan cuatro de ellos como barrenos de aire. Es recomendable escariarlos, principalmente en el uso de perforación con jumbo. Su esquematización es la siguiente:

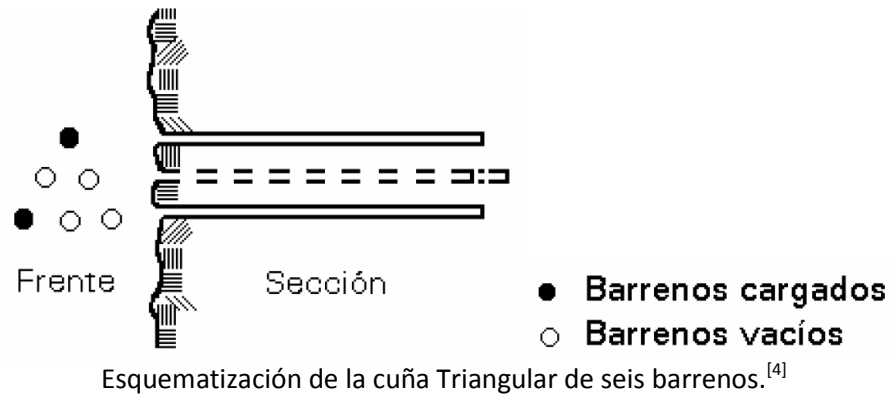


Figura 5.9 Esquema de la cuña de seis barrenos triangular.^[12]

Cabría hacer una revisión del diseño de las diversas plantillas, para adecuarlas correctamente a la geología del lugar, dureza de la roca y sección de las obras.

Secciones empleadas en las diferentes obras de la mina:

Tabla 5.25 Dimensiones de la sección para diferentes tipos de obra.

Tipo de Obra	Sección [m]
Desarrollo	2.00 x 2.50
Preparación	2.50 x 2.50
Explotación	3.00 x 3.00
Contrapozos	1.50 x 1.50

Aceros de barrenación empleados:

Tabla 5.26 Dimensiones de barras y brocas disponibles.

Barras de barrenación [m]	Brocas [in]
1.20	1 ½ de botón
2.00	2 ½ escariadora
2.40	1 ¾ para jumbo
2.40 (escariadora)	2 ½ para jumbo
3.05 (10 [ft] – para jumbo)	

Uso y manejo de explosivos

Los explosivos son parte fundamental del minado de gran cantidad de operaciones, sin su empleo la producción no llegaría a los niveles deseados. Sin embargo, no son el único medio para extraer minerales.

En el caso particular de la barita, existen yacimientos que son explotados a cielo abierto, en los que a veces se emplean medios mecánicos para su minado, ya sea mediante una pala mecánica, picos hidráulicos, etc. Sin embargo, su tasa de productividad es baja en comparación al empleo de explosivos; se requiere un permiso por parte de la SEDENA, con el cual esta unidad minera sí cuenta.

La Huiche cuenta con un polvorín general ubicado en un crucero colado a un costado de la Rampa 1. El mismo cuenta con un almacén para el explosivo propiamente dicho y otro para los artificios, los cuales han sido acondicionados según la normatividad, es decir, cuenta con la señalización adecuada, la descarga a tierra para el acceso del personal, control de la humedad, etc.

Tabla 5.27 Presentaciones de explosivo empleado.

Explosivo o Artificio	Presentación
Magna frac	Bombillo de 1" x 8"
Tovex [T1]	Bombillo de 1" x 39"
Emulgel	Bombillo para plasteo de 1 kg
Cañuela	Rollo de 100 m
Conector Thermalita	Rollo de 30 m
Fulminante	Caja de 100 pzs. del No. 6 ó No. 8
Mexamón	Saco de 25 kg

En la Huiche, se ha desarrollado ya durante algún tiempo una campaña para minimizar el empleo de explosivo. Para ello entregan la cantidad establecida de explosivo de baja densidad según la sección de la obra.

Además, han implementado una serie de pruebas en las que se opta por utilizar sólo destinar la mitad de un bombillo para la carga de fondo o en algunos casos, no emplear bombillo para los barrenos de cuña.

Ciertamente, el simple hecho de no detonar un bombillo ya genera un costo menor, ya que entonces el costo del fulminante es menor y el único; sin embargo deberá de estudiarse la forma y grado de afectación que provoca al macizo rocoso, frecuentemente es fracturado más allá de la sección, debilitándolo y, por ende disminuyendo el índice de seguridad, además de la generación de vibraciones de mayor frecuencia e intensidad.

Estos métodos se han aplicado por igual a obra de desarrollo que a producción, sin considerarse el tipo de litologías y de barrenación (horizontal o vertical y su profundidad); en lo que se observó, la efectividad era bastante variable, efectivo sobre mineral, no tanto sobre estéril.

Aunado a ello, estas maniobras tienden a generar un chocolón más marcado, que al salir del rango hace que el ahorro efectuado por no usar bombillo se nulifique por la pérdida de generada por el material que no se está tumbando.

Respecto al ya mencionado chocolón, es muy frecuente que en esta unidad se presente por encima de los 0.30 [m], será adecuado verificar que el factor de carga sea realmente suministrado y que se realice adecuadamente. Para que los retardos sean adecuados y no existan barrenos quedados o chocolones pronunciados, es necesario que la longitud a la que es cortada la cañuela sea precisa. A continuación, se presentan las extensiones idóneas de la cañuela según su fin:

Tabla 5.28 Dimensión de la cañuela.

Uso	Longitud [m]
Voladuras secundarias [plasteo]	1.50
Barrenación con acero de 1.20 m	2.00
Barrenación con acero de 2.00 m	2.20
Barrenación con acero de 2.40 m	2.50
Barrenación con acero de 3.05 m [jumbo]	3.20

5.8 Recomendaciones

- a) Barrenación, cuidar el paralelismo y la distancia entre los barrenos. Establecer factor de carga y plantilla de barrenación según litología.
- b) Supervisión, ya sea dependiente de la empresa o contratista, deberá de procurar realizar el marcaje de las obras para evitar la dilución de la ley, tener las dimensiones adecuadas

en la obra, seguir adecuadamente el rumbo de veta o el establecido y, de ser necesario, también indicar la plantilla de barrenación y la ubicación de la cuña, pues a pesar de contar con perforistas con mucha experiencia, no siempre aplican un criterio técnico adecuado para determinar el número de barrenos y su ubicación.

- c) Establecer comunicación efectiva entre los distintos turnos y con el departamento de planeación, pues es importante contar con personal que ejecute tanto obras de producción como obras de desarrollo y preparación, aplicando tanto con el personal de confianza como con contratistas. Esto implica principal atención a la elaboración del pueble para establecer los sitios a barrenar, la falta o descompostura de equipo, servicios, la efectividad del amacice, etc.
- d) Cuidar las afectaciones al macizo rocoso, mediante una detección visual de las condiciones de fragmentación del mismo. Al evaluar costo versus beneficio, la implementación de bombillos T1 o Magnafrac 1"x39" (Austin Power u Orica respectivamente) para evitar fracturar y dañar el macizo rocoso, representan una inversión, no un gasto.

Si bien, el costo del T1 es mayor al cargado de barrenos comunes, ciertamente se minimizan riesgos, aumentando por ende el factor de seguridad y, además, el tiempo y personal empleado en labores de amacice se reducen (la mayor disponibilidad del personal implica que se puedan enfocar a otras tareas); también podrá evitar el costo de un posible zarpeo o enmallado.

Su empleo se recomienda para los barrenos de cabeza, principalmente en las obras de desarrollo y acceso, cuya permanencia temporal es mayor, con frecuente exposición a intemperismo. Son sitios de tránsito diarios, razón que genera en ocasiones se omita su inspección, provocando un riesgo latente.

Como alternativa al T1, debido a su costo, se puede orientar a los perforistas para cargar los barrenos de cielo solo en su mitad inferior o llenado de contenedores tipo "bolis" con el Mexamón, cuyo resultado es bastante cercano al T1, pues generan una cama de aire que evite se propague el daño al macizo, es decir, se realiza un precorte del cielo.

- e) Hacer una revisión a estructuras sensibles y al campamento, con relación a las vibraciones generadas en los rebajes ubicados por debajo del campamento, considérense los límites establecidos por el Bureau de Minas de EUA.

VALORES	FRECUENCIA (Hz)		
	2 – 15	15 – 75	>75
LÍMITES DEL			
CRITERIO	VELOCIDAD (mm/s)	DESPLAZ. (m)	VELOCIDAD (mm/s)
GRUPO I	20	0.212	100
GRUPO II	9	0.095	45
GRUPO III	4	0.042	20

En los tramos de frecuencia comprendidos entre 15 y 75 Hz, se podrá calcular la equivalente, v , a través de la ecuación:

$$v = 2 \pi f d,$$

siendo;

f : frecuencia

d : desplazamiento indicado en la tabla

Esta tabla expresada en forma de gráfico, queda como sigue:

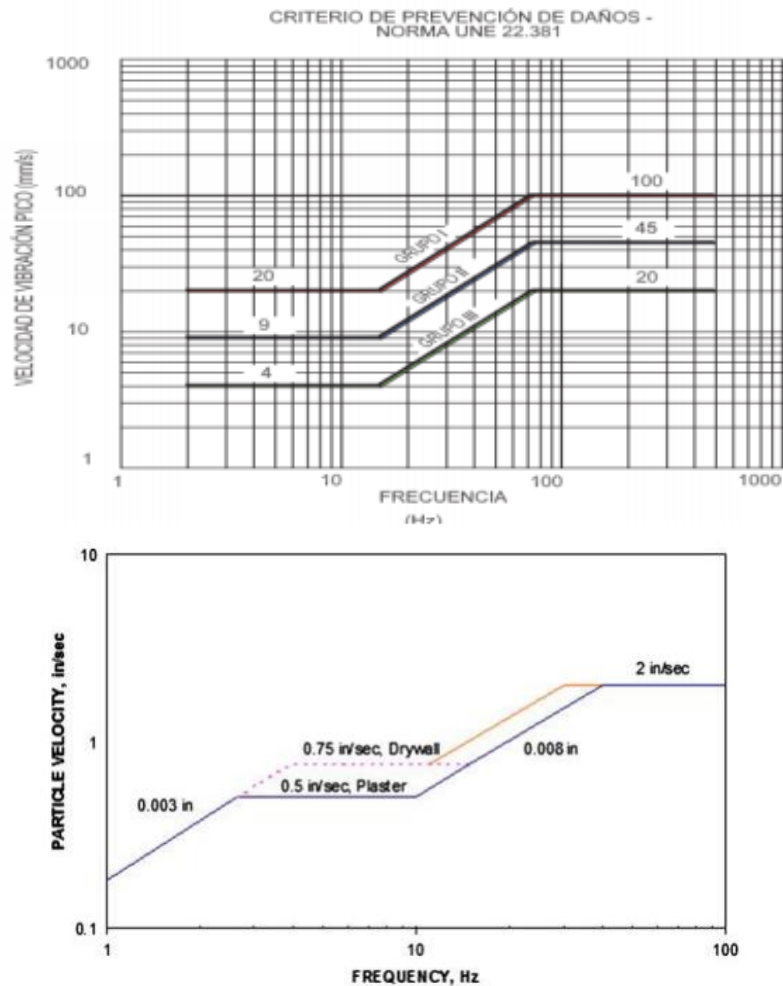


Figura 5.10 Criterios de prevención de daños por vibración.

- f) Establecer el plan de minado en conjunto, realizando juntas donde se visualice el estado actual de la mina así como a futuro empleando los planos. Definir las acciones a corto plazo por escrito y presentarlas en un lugar visible. Toda modificación deberá ser aprobada y comentada en dicha reunión.
- g) Capacitación a los operadores para la correcta aplicación de los sistemas de soporte. Implementación de plantilla de anclado según tipo de roca. Empleo de acero estructural

para ademes en obras mineras definitivas (rampas, frentes, etc.) y de madera para obras temporales, considerar el impacto ambiental que genera emplear únicamente este recurso natural.

- h) Considerando la relación costo beneficio, resulta adecuado invertir en obras de preparación y desarrollo para minar nuevos cuerpos aunque inicialmente no estén sobre mineral y sea lenta la recuperación, tener presente que un sistema de minado tarda en la preparación pero una vez listo, la producción será rápida.
- i) Por seguridad e inversión en el material y la mano de obra, preferir colar *draw-points* o *draw-holes* antes que tolvas de madera como es la práctica usual en La Huiche; pues los atascamientos por sobredimensión de la roca son más frecuentes y la maniobra para desatascarlo riesgosa, principalmente si para ello se tiene que implementar un plasteo.
- j) Por parte de supervisión, procurar verificar que se apliquen las plantillas con las dimensiones dadas sobre todo en las obras en las que se aplica descostre (minado selectivo: Split blasting o resuing).
- k) Capacitar al personal de perforación sobre la diferencia entre mineral de barita con alta calidad, de mediana calidad, marginal y estéril, con el fin de evitar confusiones en su manejo como ha sucedido, ya sea al disparar mineral sobre tepetate o viceversa o al rezagar minera a una parrilla donde se esté acumulando tepetate. Errores que diluyen el mineral y generan pérdidas.
- l) Reforzar la seguridad mediante la correcta aplicación del ciclo: ventilación, lavado, amacice y operación. Verificar que los operadores lo realicen, en caso contrario, dialogar con quiénes ocurran en ello, demostrar los beneficios de aplicar el ciclo para ellos, sus compañeros y la empresa.
- m) Evitar procedimientos riesgosos de ventilación. El uso de aire comprimido para tal efecto es una práctica poco efectiva, altamente riesgosa y peligrosa. Debe optarse por implementar ventiladores auxiliares y obras que otorguen el caudal adecuado de aire limpio al sitio.
- n) Los equipos que usan gasolina como combustible están prohibidos en la operación de una mina, pues sus emisiones tóxicas son considerablemente mayores a la de los equipos diesel. Es una práctica no aprobada por la NOM 023 STPS.

A primera vista, esta unidad no presenta problemas de ventilación más es necesario verificarlo con instrumentos de medición de caudal, humedad, para emisiones tóxicas.

Debe controlarse el número de unidades que ingresen (cuatrimotos) y evitar su uso en focos rojos de ventilación, en obras ciegas y zonas operativas con gran tránsito de personal. Este tipo de comodidades no deben estar por encima del bienestar general, por lo cual, debe de invertirse en transporte interno que emplee diesel como combustible y así evitar o disminuir la concentración de dichos gases que afectan paulatinamente la salud de quienes allí laboran día a día.

- o) Será adecuado que la superintendencia de mina, planeación y de operaciones fijen y realicen recorridos frecuentes a las áreas operativas de la mina, tanto individuales como en conjunto, para verificar la aplicación de procedimientos y del plan de trabajo diseñado, pues actualmente no es la práctica común y ha generado problemáticas. De existir fallas, son factibles de corregirse en tiempo y forma mediante el diálogo y visualización de alternativas en las reuniones de planos.

- p) Contar con servicios sanitarios es idóneo para aseverar la salud industrial del área de trabajo, mediante el empleo de caballos clásicos o letrinas tipo “Sani-rent”.

6 Método de concentración

La barita es un mineral que se caracteriza por su considerable peso específico. Conociendo y analizando los diversos métodos de concentración existentes se procederá a determinar las especificaciones de nuestra mena y la aplicabilidad, con lo cual se determinará el método más viable, de acuerdo a la clasificación de la figura 6.1:

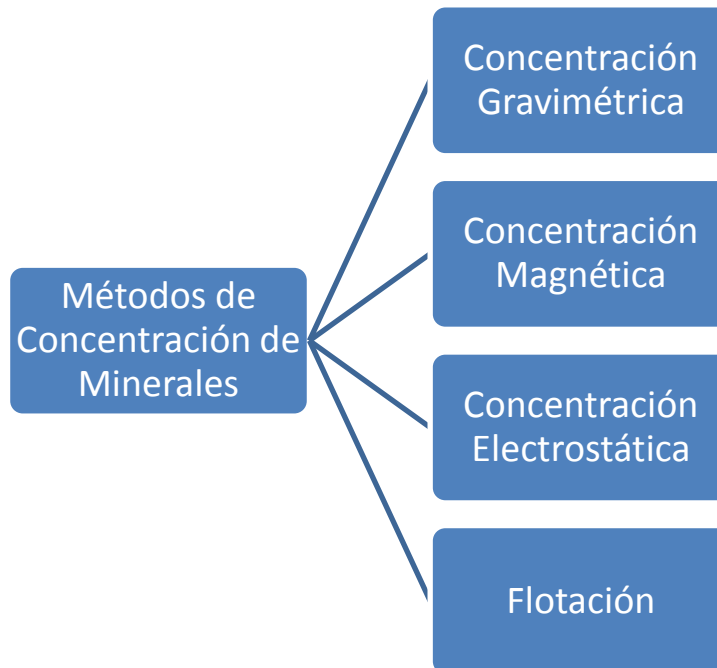


Figura 6.1 Clasificación de los métodos de concentración de minerales.

6.1 Análisis de la información sobre las características metalúrgicas del mineral

La barita se caracteriza por su densidad en estado puro de $4.20 \text{ [kg/m}^3\text{]}$, es un mineral de tipo industrial, cuyo precio de venta es establecido directamente por la demanda del mercado.

A pesar de que el bario que la compone es un elemento metálico, su conductividad eléctrica ($3 \times 10^6 \text{ [S/m]}^3$, es baja, en ocasiones sirve como recubrimiento eléctrico) y su magnetismo (el bario es paramagnético⁴, como barita es un no magnético, en ocasiones diamagnético²) no son características preponderantes de esta mena.

³ [S/m] – Siemens por metro

⁴ Paramagnético: magnetismo intermedio. Atraído por una barra magnética.
Diamagnético: material débilmente magnético.

6.2 Selección del método de beneficio

La aplicabilidad de un método sobre otro es definida, en general, por las características físicas y químicas del mineral a procesar, así como por el costo de producción por tonelada, la granulometría obtenida de la voladura y la requerida para el producto terminado así como el costo de inversión que representan la adquisición de los diversos equipos.

Con la simple inspección se determina que las características de conductividad eléctrica y magnetismo no son lo suficientemente notables como para considerar la concentración magnética o electrostática.

Por otro lado, la flotación implica la implementación de reactivos que permitan la conglomeración, hidrofiliidad o depresión de la mena o ganga, lo cual se traduce en un significativo aumento tanto en los costos de inversión como de producción.

Dado que la barita es un mineral industrial, cuya producción está sujeta principalmente a la demanda de un mercado cautivo y cuyo precio de venta depende directamente de este aspecto, el costo de producción podría superar el precio de venta, generándose un costo nivelado desfavorable con lo cual la operación minera – metalurgista no es adecuada. Esto se apoya en el bajo margen de ganancias que se observó en el análisis de prefactibilidad (tabla 4.5, sección 4.6, capítulo IV).

Por otro lado, la densidad de la barita es tan significativa y representativa, que la concentración gravimétrica resulta ser el método más viable debido a lo económico que representa su operación, la inversión inicial y el prescindir del uso de reactivos, con lo que se generará la mayor tasa de retorno posible. Existe una gama de equipos que permiten la concentración por gravedad, la clasificación está realizada en función del tipo de movimiento aplicado a las partículas para su separación (figura 6.2):

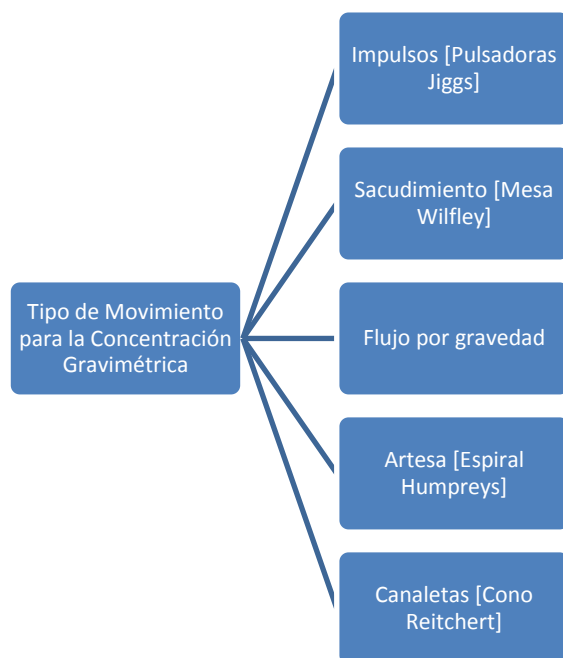


Figura 6.2 Clasificación de movimientos en la concentración gravimétrica.

Los parámetros principales que influyen en la elección del tipo de concentración por gravedad, es la diferencia relativa de densidades, que se genera entre la mena y la ganga que entrarán al proceso, y el tamaño de partícula, la cual aumenta la eficiencia de la separación.

Se determinará si existe una adecuada diferenciación para lo cual se aplica la siguiente expresión matemática:

$$X = \frac{SH - R}{SL - R}$$

Donde:

R es la gravedad específica del medio

SH es la gravedad específica del mineral más pesado

SL es la gravedad específica del mineral más ligero

El resultado define la factibilidad de realizar concentración gravimétrica y también define la granulometría de acuerdo a lo siguiente:

- Si X es negativa ó $X > 2.5$, es posible concentrar en tamaño de arenas finas.
 X = 1.75, es posible con tamaño en el rango de menos 85 a 100 mallas.
 X = 1.50, es posible concentrar partículas con tamaño ≈ 10 mallas.
 X = 1.25, es posible concentrar con tamaño grava, no arenas.
 X < 1.25, es necesario emplear un modificador de la gravedad específica del medio, no es factible económicamente a nivel industrial.

Considerando que la densidad de la roca encajonante es de 2,200 y 2,300 [kg/m³], según el promedio de los valores de la tabla 6.1.

Tabla 6.1 Densidad y porosidad de diversas litologías.^[17]

Roca	Densidad (kg/m ³)	Porosidad (%)
Granito	2,600 - 2,800	0.15 - 1.50
Gabro	3,000 - 3,100	0.10 - 0.20
Riolita	2,400 - 2,600	4.00 - 6.00
Basalto	2,800 - 2,900	0.10 - 1.00
Arenisca	2,000 - 2,600	5.00 - 25.00
Lutita	2,000 - 2,400	10.00 - 30.00
Caliza	2,200 - 2,600	5.00 - 20.00
Dolomía	2,500 - 2,600	1.00 - 5.00
Gneis	2,900 - 3,000	0.50 - 1.50
Mármol	2,600 - 2,700	0.50 - 2.00
Cuarcita	2,650	0.10 - 0.50
Pizarra	2,600 - 2,700	0.10 - 0.50

Así como la densidad de la barita pura es de 4,200 [kg/m³], del medio (agua) es de 1,000 [kg/m³] y de las bolas de acero es de 7,850 [kg/m³].

Tenemos entonces:

Para la arenisca:
$$X = \frac{4\ 200 - 1\ 000}{2\ 300 - 1\ 000} = 2.46$$

Para la lutita:
$$X = \frac{4\ 200 - 1\ 000}{2\ 200 - 1\ 000} = 2.67$$

Ambos coeficientes rondan el valor de 2.5, con lo que se concluye que la concentración es posible a tamaño de arenas finas.

Al inclinarnos por este método, las principales ventajas con las que se cuenta son:

- Costos de operación bajos.
- Baja producción de polución.
- No es necesario agregar químicos en el proceso, con lo cual se facilita el drenaje del medio (agua), su recuperación y reutilización.

En la figura que se muestra a continuación, es observable que las mesas de vuelco y las Mozley actúan bien en un rango de 10 a 70 [µm], mientras que las canaletas, conos y espirales funcionan de las 100 a las 500 [µm] y los jigs presentan su mejor rendimiento con partículas mayores a las 500 y hasta las 1,000 [µm].

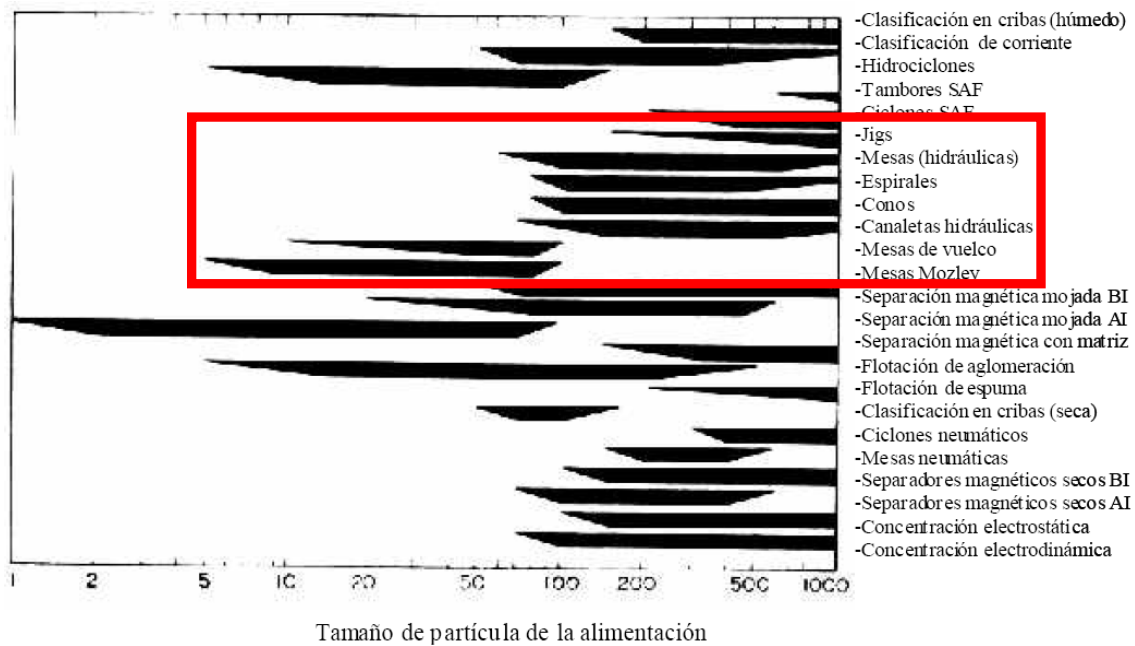


Figura 6.3 Capacidad de concentrar de los diversos equipos gravimétricos.^[18]

Lo anterior implica que la descarga de la etapa de molienda no requiere una granulometría marcadamente fina, impactando directamente en una menor remolienda y, además, según la

teoría, a mayor tamaño de partícula la diferenciación se vuelve más sencilla con lo cual la eficiencia de esta etapa aumentaría a la par que el costo disminuye.

En la figura siguiente, se agrupan específicamente los concentradores gravimétricos con los rangos de tamaño de alimentación requeridos por los equipos más actuales, donde se confirma que los jigs trabajan adecuadamente con tamaño de 3 a 10 [mm], es decir, arenas finas, tal como se determinó anteriormente. Tamaño que evita una molienda demasiado fina y el costo que generaría si se llevara a los rangos de los otros equipos.

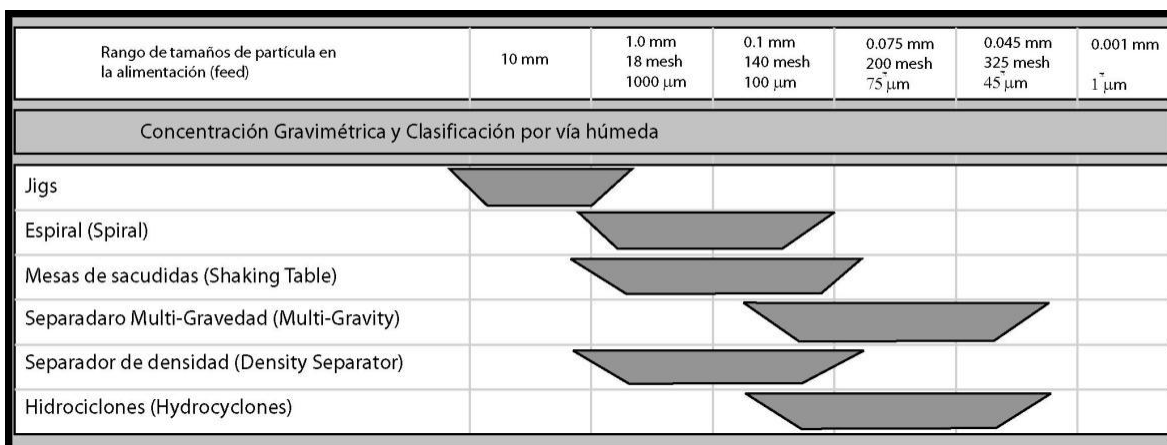


Figura 6.4 Clasificación de los separadores por gravedad más comúnmente usados, basados en el tamaño de las partículas de la alimentación.

6.3 Diseño conceptual del sistema de concentración

Capacidad de producción diaria normal: 500 [ton/día] de concentrado

Relación de concentración: 2.128 : 1

Producción de molienda: 33.33 [ton/h]

Remolienda: 10 [ton/h]

Lecho: Bola de acero

Reactivos: No se emplean

Mineral en greña proveniente de la mina: 80% de -8 a +4 [in] (-20 a + 20 [cm])

Mineral molido: 80% a -3/8 [in]

6.4 Selección del equipo

Debido a que las instalaciones ya existen y a que se está manejando llegar al objetivo meta de producción en las condiciones actuales, es decir, sin considerar un capital de inversión, no se realiza una propuesta de equipo, sino que se empleará con el que ya se cuenta, el cual se enlista en la tabla 6.2.

Tabla 6.2 Equipo disponible para el beneficio, dependiente del departamento de Planta.

Planta	Equipo	Características
La Huiche – Galeana, N.L.	Cargador frontal	Cat 950, capacidad de cucharón de 2.5 a 3.5 [m ³], potencia neta de 146 [kW]
	Trituradora de quijada	Alim. máx 20 [in], descarga mín. 4 [in]
	Quebradora de cono	Alim. máx. 6 [in], descarga mín. 3/8 [in], marca Symons
	Criba vibratoria	De 1 cama, arreglo cuadrangular, clasificación a 5/8 [in]
	Jigs [2 unidades]	Tipo Hazard, de cuatro compartimientos
Linares, N.L.	Cargador frontal	Cat 950, capacidad de cucharón de 2.5 a 3.5 [m ³], potencia neta de 146 [kW]
	Trituradora de Impacto	Alim. máx. 6 [in], descarga mín. 3/8 [in]
	Criba vibratoria	De una cama, dim.: 3 x 7 [ft], clasificación a 3/4 [in]
	Molino vertical [3 unidades]	Tipo Raymond [pulverizador], capacidad 2, 5 y 10 [ton/h]
Nanchital, Ver.	Cargador frontal	Cat 950, capacidad de cucharón de 2.5 a 3.5 [m ³], potencia neta de 146 [kW]
	Trituradora de impacto	Alim. máx. 6 [in], descarga mín. 3/8 [in]
	Criba vibratoria	De una cama, dim.: 3 x 7 [ft], clasificación a 3/4 [in]
	Molino vertical	Tipo Raymond (pulverizador), capacidad 20 [ton/h]

6.4.1 Características de los Jigs tipo Hazard

Son de los primeros tipos de jigs que se diseñaron, en ellos el émbolo se mueve verticalmente arriba y abajo en un compartimiento separado. Tiene hasta cuatro compartimientos en serie. Un concentrado de alta ley se concentra en el primer compartimiento, concentrados de menor ley se van produciendo sucesivamente en los otros compartimientos, en el último compartimiento se descargan las colas.

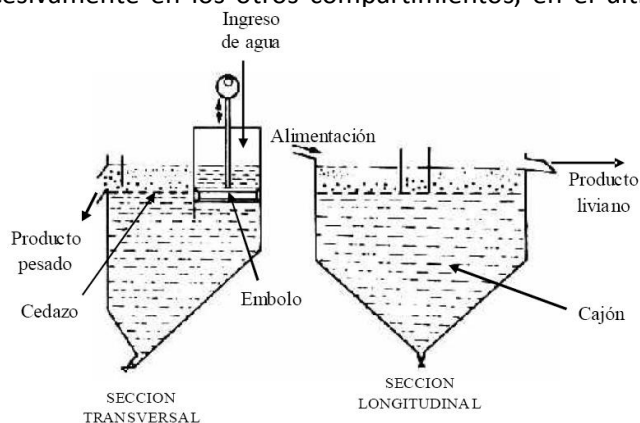


Figura 6.5 Esquemización de los jigs tipo Hazard.

6.5 Instalaciones y operación

Para el procesamiento del mineral se cuenta con tres instalaciones:

- Una planta de concentración gravimétrica localizada en Galeana, N.L.
- Dos plantas de trituración y molienda, localizadas en Linares N.L. y en Nanchital, Veracruz.
- Cada unidad cuenta con un laboratorio para el control de calidad de la barita.



Figura 6.6 Ubicación de las instalaciones para el procesamiento mineral de la barita de la compañía Baramin S.A. de C.V.^[19]

El proceso de beneficio a realizarse para concentrar la barita se realizará con dos procedimientos: “lavado” de la barita, es decir, concentrar la mena y la molienda de acuerdo a las especificaciones de la industria que la adquiera.

El primer procedimiento se realiza en la unidad minero-metalúrgica “La Huiche”, en Galeana, N.L. es una reducción de tamaño que tiene como fin proporcionar el material en el tamaño adecuado para permitir la alimentación de los pulsadores jigs, los cuales conforman la concentración gravimétrica, es decir, el segundo procedimiento.

La alimentación para el proceso se puede realizar con descarga directa de mineral proveniente de la mina o de alguna pila del patio de stock, en el cual se almacena y clasifica en diferentes pilas (stocks piles) tanto mineral de embarque directo a molienda como mineral de alimentación para la planta de concentración gravimétrica (“lavadora”). Además, en él se ubica un área de carga para los camiones que trasladan el embarque.



Figura 6.7 Pilas de mineral numeradas.

Para la reducción de tamaño, se emplea una criba fija tipo parrilla de arreglo cuadrangular que clasifica el mineral proveniente de mina a 152 [mm] (-6 [in]), la descarga es dirigida mediante una banda transportadora a la una criba vibratoria con abertura cuadrada de 16 [mm] (5/8 [in]).

La descarga a -16 [mm] alimenta las tolvas de finos y el sobretamaño debe pasar por una reducción de tamaño, conformada en su primera etapa por trituración mediante el funcionamiento de una quebradora de quijada con un rango de descarga de 10.2 a 12.7 [mm] (4 a 5 [in]).

El mineral es enviado por banda transportadora a la trituración secundaria, la cual es ejecutada por quebradora de cono marca Symons con abertura de salida de 9.5 [mm] (3/8 [in]), para ser nuevamente clasificarlo a -16 [mm] en la criba vibratoria, terminando con ello el circuito cerrado de molienda.

Finalmente, el mineral es depositado en las tolvas de finos, las cuales alimenta a la denominada “planta lavadora”.



Figura 6.8 De izquierda a derecha: banda transportadora, quebradora de quijada y alimentador a jigs.

La operación de concentración está conformada por un sistema de lavado gravimétrico mediante el empleo de jigs tipo Hazard modificados, los cuales cuentan con 4 compartimientos de 0.54 m² [2ft 5in] cada uno, recubiertos con malla de clasificación de 12.7 [mm], 19.0 [mm], 16.0 [mm] y 17.5 [mm] (1/2 [in], 3/4 [in], 5/8 [in] y 11/16 [in] respectivamente) con velocidad de golpeteo a

243.9 [rpm]. La cama es una mezcla de mineral y bola de acero de 25.4 [mm] (1[in]), se controla su altura a 15.24 [cm] (6 [in]).

Después de procesar el mineral en los jigs, las colas son enviadas al depósitos de residuos mineros y el concentrado se descarga en un canalón, el cual cuenta con un tornillo sinfín que permite descargarlo a un stock pile, el cual es muestreado y analizado en laboratorio para control de su densidad, previo a embarcarse a la planta de molienda de Linares, N.L. o a la de Nanchital, Ver., cuya ubicación es estratégica para suministrar de barita tanto a la industria petrolera en el norte del océano Pacífico como en el sur.



Figura 6.9 A la izquierda, una pila de mineral ya concentrado. A la derecha, se observa un tornillo sinfín para distribuir el concentrado.

El segundo procedimiento, la molienda, está conformado por cinco operaciones idénticas en ambas plantas (Linares y Nanchital): recepción de mineral, trituración, molienda, manejo de mineral molido y control de calidad.

Al ser recibidos los embarques ya sean de barita en greña de alta calidad o de concentrado, éstos son pesados en la báscula digital, muestreados y analizados para confirmar la ley (peso específico) y colocados en el patio de almacenaje conforme al lote y peso específico.

Se diseñan compósitos con las diferentes pilas de mineral para conseguir la densidad requerida de acuerdo a las especificaciones del pedido que en proceso. Se lleva registro estricto sobre el tonelaje empleado de cada pila.

Un cargador frontal deposita el mineral a una tolva de traspaso que descarga en un alimentador de placas, donde, dependiendo de la humedad del material, puede ser sometido a un secado previo. A partir de ahí, mediante una banda transportadora se alimenta la trituradora de impacto, cuyo tamaño de alimentación máximo es de 254 [mm] (10 [in]) y de descarga es de 19 [mm] (3/4 [in]).

SECCION TRITURACION

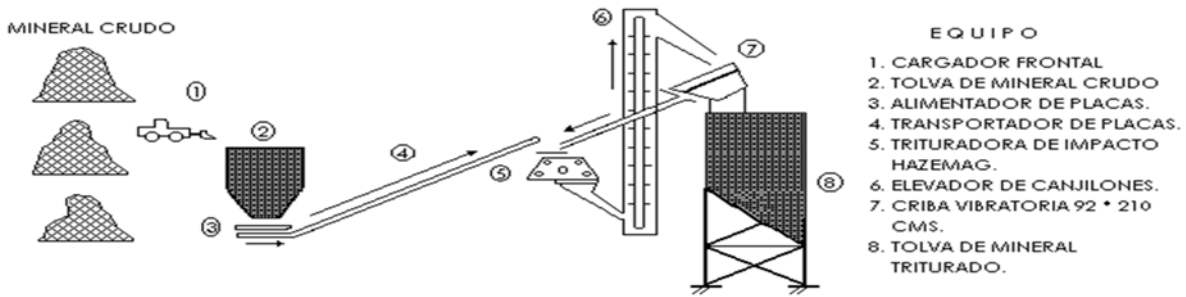


Figura 6.10 Circuito de trituración.^[26]

Se conforma un circuito cerrado en conjunto con una criba vibratoria de 9 x 21 [mm] (3 x 7 [ft]), con malla de abertura cuadrangular de 19.1 [mm], asegurando así que el tamaño de alimentación de partícula a molinos sea un 100 % a - 19.1 [mm]. La capacidad de trituración en cada planta es de 40 [ton/h].

La etapa de molienda está conformada por el empleo de molinos verticales Raymond, de tipo pulverizador. La planta de Linares cuenta con tres de ellos cuyas capacidades son: 2, 5 y 10 [ton/h], mientras que la planta de Nanchital únicamente tiene un molino pero de mayor capacidad 20 [ton/h], ambos sistemas operan en circuito cerrado con un ciclón colector y un ventilador que proporciona el medio de arrastre del material molido.

Además, tienen integrado un sistema de inyección de aire caliente para la eliminación de la humedad (quemador de diesel) y una salida de gases (conformados básicamente por vapor de agua) mediante mangas filtrantes de un colector de polvos. El tamaño de alimentación que admiten los molinos es de -19.1 [mm] y como producto final se obtiene un 97% del material a -200 mallas.

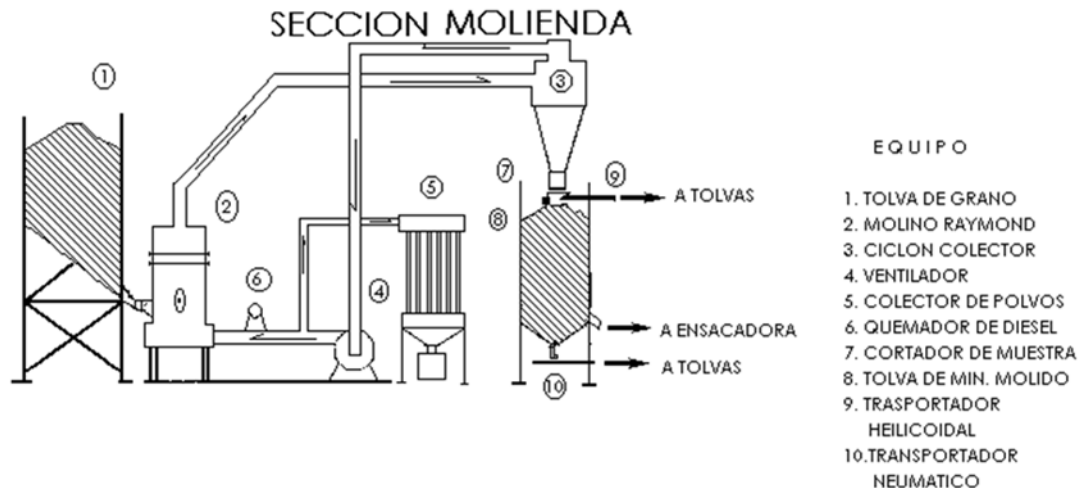


Figura 6.11 Circuito de molienda.^[26]

En función del programa de producción y ventas, se realiza el envase de la barita. Existen tres formas de disponerlo:

- A granel, para lo cual se cuenta con tornillos sinfín que transportan el material a tolvas de almacenamiento ubicadas fuera de la nave de la planta, las cuales cuentan con un dispositivo que permite cargado directamente a tolvas tráiler de 28 [ton].
- Mega sacos o sacos jumbo, con capacidad de 1.8 a 2.0 [ton], los cuales son llenados a partir de alguna de las tres tolvas 1, 2, 3 (cada una correspondiente a un molino), son estibadas mediante montacargas.
- Saco de papel, de triple hoja, con capacidad general de 50 [kg] y de 25 [kg] para la compañía MI, son llenados con una ensacadora de operación semiautomática.

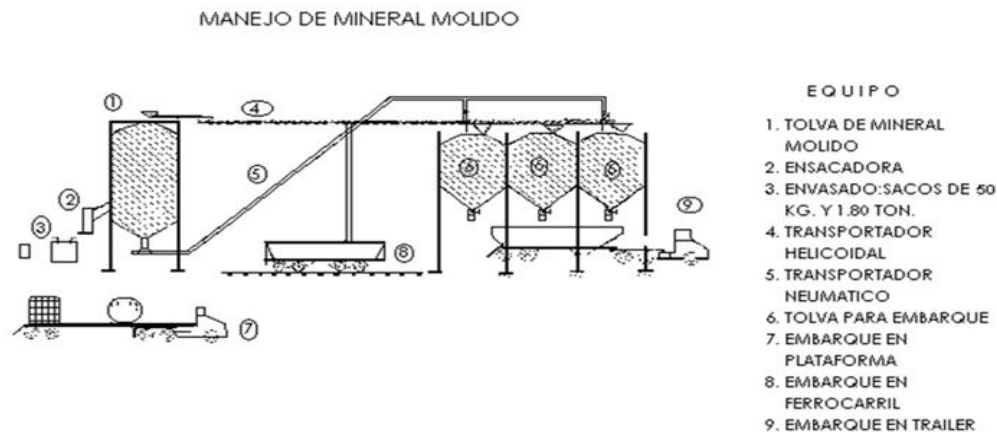


Figura 6.12 Manejo y transporte interno del mineral. ^[26]

6.6 Control de calidad: pruebas de laboratorio

La prueba más importante que se realiza en los tres laboratorios es el análisis del peso específico, en el caso específico del laboratorio de “La Huiche”, se analiza el mineral en greña de embarque directo, la alimentación de planta lavadora, el concentrado y las colas finales. Se analiza cada stock pile que se encuentra en patio, el concentrado cada hora y el embarque que se proporciona a los camiones transportistas.

El procedimiento general para el muestreo de mineral y concentrado es el siguiente (figura 6.13):

1. Se seleccionan puntos aleatorios del stock de mineral para realizar el muestreo.
2. Se toma una muestra en cada punto seleccionado.
3. Sobre una superficie limpia y seca, se homogeniza la muestra mediante el proceso estándar de cono cuarteo, hasta recuperar aproximadamente 500 [g].
4. Se realiza el secado de la muestra en una parrilla de gas butano.
5. Se hace pasar por el pulverizador de discos, previa verificación de su correcto ajuste.
6. Nuevamente se ejecuta un cono – cuarteo para la obtención de 80 [g] de muestra pulverizada.
7. Se coloca en un vaso de precipitados y se mide la temperatura, hasta que sea la misma que la temperatura ambiente.
8. Se afora un matraz volumétrico con capacidad de 250 ml hasta 0 (cero) con petróleo (en ocasiones con diesel).
9. Con ayuda de un embudo se coloca la muestra en el matraz.
10. Se agita la muestra y se coloca en una cuba hasta que alcance la temperatura ambiente.

11. La relación se expresa: $P.E. = \frac{\text{Masa de la muestra}}{\text{Volumen resultante}}$
12. Debe reportarse el valor obtenido en bitácora.

En el caso de los otros dos laboratorios, también se ejecutan pruebas para medición de peso específico en caliente, se analiza la presencia de ppm de calcio para cumplir con las especificaciones de producto terminado y se verifica la distribución de la granulometría, con lo cual se asegura el óptimo funcionamiento de los equipos para conseguir la granulometría deseada.

Con ello se busca tener un control de calidad y cumplir con las especificaciones de la NMX-L-159-SCFI-2003.

Tabla 6.3 Parámetros de calidad para la barita.

Parámetros	Especificaciones
Densidad (g/cm ³)	4,20 mínimo
HUMEDAD (%)	0,3 máximo
Granulometría: Retenido en malla 200 ASTM (Abertura A 75 μm) (%)	4,0 máximo
Retenido en malla 325 ASTM (Abertura 45 μm) (%)	8,5 mínimo
Metales alcalinotérreos (mg/kg) como calcio soluble (Ca ⁺²)	250,0 máximo
Alcalinidad total como carbonato de calcio (CaCO ₃) (%)	6,0 máximo

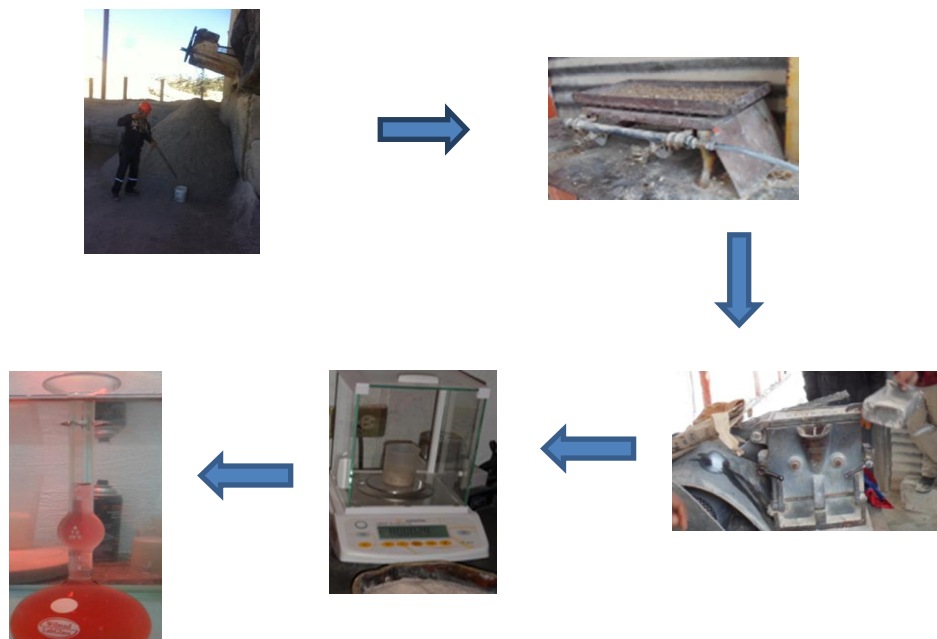


Figura 6.13 Procedimiento para medición del peso específico.

Así, de acuerdo al control que se tiene, se espera que el peso específico del concentrado varíe en los siguientes rangos de acuerdo al peso específico del mineral de cabeza:

Tabla 6.4 Rango de concentración gravimétrica de acuerdo al peso específico del mineral de cabeza.

Material de Cabeza		Concentrado
3.40 a 3.49		3.90 a 3.96
3.50 a 3.60		3.97 a 4.08
3.61 a 3.69		4.09 a 4.15
3.70 a 3.80		4.16 a 4.20
3.81 a 3.99		4.21 a 4.22
4.0 a 4.08		4.23 a 4.24

6.7 Establecimiento de los parámetros de operación

En general, los operadores desconocen los parámetros de operación, por lo que inicialmente se recomienda capacitarlos, además, colocar en lugares visibles los parámetros operativos para que sean del conocimiento de todos así como realizar los manuales de operación de los equipos.

Espeor del lecho: Empíricamente se ha establecido una relación de siete veces el diámetro de partícula para partículas gruesas o doce veces para partículas finas,^[27] para este caso, de 112 a 192 [mm], con una media de 152 [mm]. Considérese la predominancia en la presencia de gruesos y que a mayor espesor de la cama, menor ley y viceversa. La ley obtenida comúnmente va de 4.16 a 4.19, una ley intermedia para la barita. Por lo que, se preferirá hacer el ajuste considerando el rango de 112 a 152 [mm].

Lecho o cama: Los finos se asientan sobre el tamiz del jig provocando que el tiempo de concentración aumente, se debe realizar la limpieza de la misma con regularidad; tras la limpieza el flujo irá a mayor velocidad (pudiendo atascarse) por lo que es necesario que el operador se mantenga atento, después de cierto lapso, se estabilizará el flujo. Fijar el periodo depende meramente de un criterio empírico, sin embargo es usual que este mantenimiento se programa cada una o dos semanas.

Granulometría del lecho intermedio: Debe ser mayor a la granulometría de alimentación (para generar intersticios por donde pasen los densos), para concentrados altos se recomienda un material redondeado y homogéneo. Por ende, la aplicabilidad de la bola de acero queda solventada, cuya dimensión es de 25.4 [mm] (1 [in]) > a los 16 [mm] del tamaño de alimentación. La adición debe ser controlada, buscando que el espesor del lecho sea constante. Partiendo desde cero la adición será igual a

$$\text{Adición de bola de acero [kg]} = \text{Área del tamiz del jig [m}^2\text{]} * 25.4 \text{ [m}^2\text{]} * 7,850 \text{ [kg/m}^3\text{]}.$$

La abrasividad de la barita es baja, por lo que la adición será en lapsos amplios.

Alimentación de agua: El lecho requiere de cierta fluidez constante, se logra mediante la inyección del agua durante la fase de succión del pistón, produciendo un flujo ascendente largo (debe ser apenas perceptible a la vista) y descendente corto (provoca pérdida de finos) generando fuerza ascendente, permitiendo el transporte horizontal. Se debe suministrar la mínima cantidad posible, para ello, considérese una pulpa de alimentación con un 10 a 20 % en volumen de sólidos, es decir, densidad de pulpa de 1.1 a 1.3 [kg/l]. Debe controlarse la presencia de finos (menores a 50 micras) pues dificulta la adecuada separación.

Abertura del tamiz: La superficie abierta debe de ser de al menos 20 % de la superficie.

Largo del golpe: Se determina empíricamente para cada operación, en general se dice que para alimentación gruesa y pesada, el golpe debe ser largo y viceversa, variando de 50 a 60 golpes por minuto [rpm] hasta 380 [rpm] para material muy fino. El valor actual es de 244 [rpm], recomendado correr una serie de pruebas a partir de las 93 [rpm].

6.8 Contenidos y recuperación

Para ser embarcado previo análisis de peso específico en el laboratorio, la planta en tres turnos, de 8 horas cada uno con 5 horas efectivas (se evita trabajar en horas punta y se considera el mantenimiento), se espera que procese 180 [ton/turno] de mineral y se concentren 85.3 [ton/turno], para cuyos valores, se diría que la planta está sobredimensionada. Los valores reales de procesamiento en 2013 fueron de 150.5 [ton/turno] de alimentación y 85.4 [ton/turno] concentradas.

Actualmente la operación de la concentración gravimétrica es alimentada con barita con peso específico promedio 3.7 [g/cm³], dando como resultado un concentrado con 4.18 [g/cm³] y colas finales con 3.4 [g/cm³] de peso específico.

El promedio de la recuperación metalúrgica es de 47% pata 2013, históricamente se han logrado recuperaciones de hasta 60%. Parámetros que indican una marcada ineficiencia del proceso de concentración, aún cuando, la mena y la ganga presentan una diferenciación de pesos específicos altamente favorable para el aprovechamiento de sus características.

Considerando la experiencia de un máximo de 60 % de recuperación y la teoría relacionada^[28], la cual explica que la concentración gravimétrica por lo general presenta al menos un índice del 70 % de recuperación, la propuesta realizada en la sección 5.4 del capítulo V, sobre una recuperación del 58.48 % ó de 63.86 % ([500 y 546 [ton/día] respectivamente) es viable. Considerando no invertir en el cambio de equipos, se establecería que la producción objetivo es de 500 [ton/día],

6.9 Producción

Al día de hoy, la planta de concentradora tiene una capacidad de producción de 500 [t/día], que en ocasiones no es aprovechada debido a paros provocados principalmente por falta de mineral de mina o inconvenientes en los equipos, como atascamientos, provocando que le proceso no sea continuo.

Por su parte, la capacidad de producción de la planta de molienda de Linares es de 306 [ton/día] y de Nanchital de 360 [ton/día] (la cual es alimentada en parte por barita importada procedente de Marruecos) parando durante las horas punta de cobro de energía eléctrica.

6.9.1 Producción de concentrados y colas

Como ya se mencionó, la recuperación metalúrgica es de 47%, lo que implica que para producir una tonelada de concentrado de barita se requiere que la mina provea 2.128 [ton], es decir, se trabaja con una relación 2.128 : 1.

La generación de colas se rige por una proporción 1.128 : 1, es decir, por cada tonelada de barita producida, se generan 1.128 [ton] de colas, lo que implica pérdidas de mineral beneficiable y un volumen considerable para el depósito de residuos e impacto ambiental y paisajístico en el área ambiental.

6.10 Personal

La unidad minero-metalurgista “La Huiche” en el área operativa de planta, laboratorio y embarque cuenta con personal operativo contratado exclusivamente por la empresa, sin intervención alguna de contratistas.

El organigrama del personal de confianza de la planta está integrado en el organigrama general de la figura 5.8 del capítulo V.

6.10.1 Número de trabajadores y categoría

Tabla 6.5 Distribución de los trabajadores por categoría.

Categoría	Baramin S.A. de C.V.
Encargado general planta	1
Encargado general laboratorio	1
Auxiliar laboratorio	3
Ops. Jigs	3
Ops. Trituración	3
Ops. Control Eléctrico	3
Pepenadores	9
Op. Cargador frontal	3

6.10.2 Distribución de personal por turno de 8 horas de duración

Tabla 6.6 Distribución de los trabajadores por turno de ocho horas.

Categoría	Turno 1ra	Turno 2da	Turno 3ra
Encargado general planta	1	-	-
Encargado general laboratorio	1	-	-
Auxiliar laboratorio	1	1	1
Ops. Jigs	1	1	1
Ops. Trituración	1	1	1
Ops. Control Eléctrico	1	1	1
Pepenadores	3	3	3
Op. Cargador frontal	1	1	1

6.10.3 Actividades específicas del personal

Encargado General Planta.- Su función radica en vigilar el óptimo desempeño de la planta en general, informar del requerimiento de mineral, fallas mecánicas de los equipos y supervisar al personal de la pepena, además de observar un correcto funcionamiento de las instalaciones para la descarga de los residuos al depósito.

Encargado General de Laboratorio.- Su labor consiste en informar durante el pueble de turno de primera las condiciones de la planta, controlar los embarques, realizar las pruebas de laboratorio y llevar un control del mineral en stock respecto a su masa y su peso específico.

Auxiliar laboratorio.- Colabora en la realización de pruebas de laboratorio así como en el muestreo, coordina a los operadores de acarreo del mineral tanto de mina a planta como de embarque.

Operador de Jig.- Verifica el correcto funcionamiento del equipo. Con la correcta capacitación debe de poder llevar un control adecuada de la cama de medios, la adición de bola de acero y densidad de la pulpa.

Operador Trituración.- Encargado de verificar que el material alimentado no contenga materiales que dañen al equipo, tales como anclas o malla, etc. Además debe ser capaz de notar los cambios en la granulometría esperada del equipo y por ende realizar los ajustes al equipo para asegurar el adecuado tamaño de descarga.

Operador de Control Eléctrico.- Tiene por obligación supervisar que los lecturas de voltaje se mantengan en las lecturas estándar para evitar sobrecorrientes y cortos circuitos. Realizar ajustes necesarios para el correcto suministro de la energía eléctrica.

Pepenador.- Su área de trabajo se localiza en el patio de stock, trabaja sobre las pilas de mineral para eliminar en la medida de lo posible la roca tipo ganga que provoca dilución en la barita.

Operador Cargador Frontal.- Encargado de apilar adecuadamente las pilas de mineral, así como de cribar en la malla fija el mineral y alimentar la tolva de gruesos.

6.11 Recomendaciones

Planta

- a) Considerando la figura 5.8 del capítulo V, se puede notar que el manejo de la planta depende del departamento de geología, lo cual no resulta idóneo, por ello, sería beneficioso integrar al personal un ingeniero o técnico del área metalurgista capacitado, cuya labor permitirá en primer término, un control más preciso de la operación general del proceso de la planta; y en segundo término, deslindar de las responsabilidades de la planta al personal del departamento de geología, la disponibilidad sería la siguiente:

Tabla 6.7 Comparativa de la disponibilidad del personal del departamento de geología y planta.

Disponibilidad en [%]	Disponibilidad Actual - Geología -		Disponibilidad Actual - Planta -		Disponibilidad Proyectada - Geología -		Disponibilidad Proyectada - Planta -	
	La Huiche	Grecia	La Huiche	Grecia	La Huiche	Grecia	La Huiche	Grecia
Operación Minera								
Superintendente de Geología	41.66	16.67	41.66	0.00	83.33	16.67	N/A	N/A
Auxiliar de Geología	83.33	16.67	N/A	N/A	83.33	16.67	N/A	N/A
Auxiliar de Planta	N/A	N/A	100.00	0.00	N/A	N/A	100.00	0.00
Auxiliar de Laboratorio	N/A	N/A	83.33	16.67	N/A	N/A	83.33	16.67
Superintendente de Planta	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100.00	0.00

Como es observable, la disponibilidad del superintendente de geología sería el principal rumbo afectado favorablemente, para llevar a cabo actividades relacionadas con prospección y cálculo de reservas. Considerando la teoría del confort humano, ello permite un desarrollo técnico pleno y otorga una atmósfera de bienestar general en dicho departamento.

Las responsabilidades del superintendente de planta se enfocarían a supervisar muestreos del mineral procesado, manejo y disposición del mineral en los patios, cálculo de compósitos según plan de embarque. Supervisión del proceso de pepena para maximizar la efectividad. Establecimiento y revisión periódica de los parámetros óptimos para el funcionamiento de la planta [índice de trabajo, consumo de kw/h, granulometría del material, abertura de la quebradoras, condiciones de las cribas, suministro de medios de molienda, etc.] así como implementación en la planta. El nuevo organigrama quedaría conformado como se muestra a continuación:

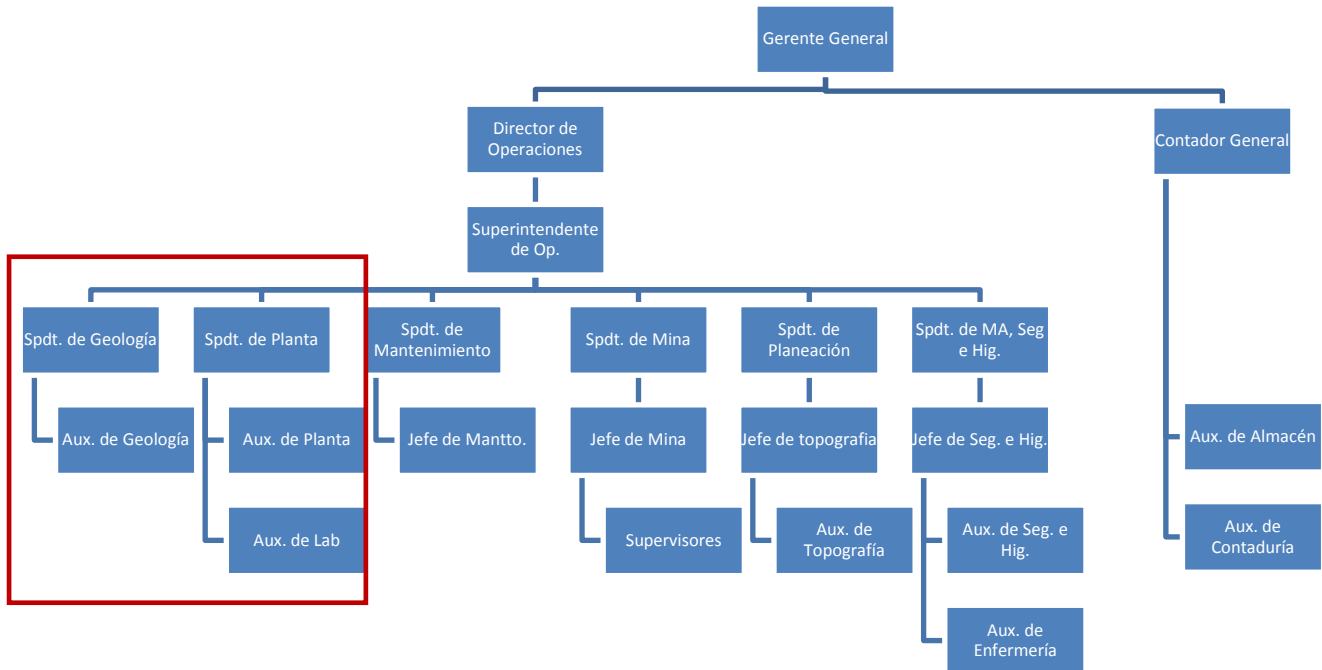


Figura 6.14 Organigrama modificado.

- b) Los equipos presentan un sobredimensionamiento al considerar la producción actual, esta subutilización implica la capacidad de procesar el mineral requerido en el aumento de la producción a futuro. Actualmente, el mismo sobredimensionamiento provoca pérdidas, debido al costo de la energía eléctrica usada innecesariamente. Igualmente, es necesario informar al encargado de planta (o supervisor de planta, considerando la aplicación de la recomendación el inciso anterior) las horas pico para evitar el funcionamiento de la misma y planear adecuadamente los tiempos de funcionamiento de los diversos subprocesos, entre los cuales, la molienda puede evitarse en los periodos de mayor costo como ha sucedido.
- c) Indicar a los operadores la necesidad de establecer como parte de sus labores de trabajo la revisión de los equipos, realización de reportes a mantenimiento, limpieza de área de trabajo.
- d) Implementar pruebas de laboratorio para control de presencia de calcio así como muestreo de humedad desde el almacenamiento en patios en el laboratorio de la unidad La Huiche, con lo cual se conocerán los parámetros del material, permitiendo realizar compósitos que cumplan con los requisitos de los pedidos. Verificar las condiciones del equipo de laboratorio y sustituir material con defectos en las mediciones cuantitativas, adquirir instrumental normado.
- e) Verificar la abertura de la quebradora de quijada y de cono (obtener mínimo 80% a - 3/8 [in]) para controlar la granulometría y eficientar el proceso en jigs. Verificar el estado de las lanas, de ser necesario, hacer cambio.
- f) Realizar cambio e inspección de rodillos en bandas transportadoras para una mejor operación.

- g) Controlar la humedad del mineral que se alimenta, pues provoca apelmazamiento del mismo en los equipos del circuito de trituración, disminuyendo la eficiencia y aumentando la carga circulante del circuito, sobrecargando los equipos.
- h) Alimentar con carga constante los jigs y evitar paros por falta de mineral o agua.
- i) Controlar la adición de los medios de molienda a los jigs, tanto en cantidad como en frecuencia. Indicar los parámetros adecuados para el control de la adición de los medios (bola de acero] así como de la composición de la pulpa.

Para los incisos e) – i) , es indispensable que el operador tenga conocimiento del equipo y su funcionamiento, se hace dicha aclaración, pues fue detectada la falta de capacitación del personal en esta unidad minera, principalmente de los operadores de la planta, lo que conlleva al no control de los parámetros y, por ende, ineficiencia en el proceso de beneficio.

- j) Velar por el mantenimiento de las instalaciones. Es importante contar con pasillos, escaleras, bardas, barandales en buen estado pues existen tramos en las mismas que están defectuosos.
- k) Aumentar el área efectiva de la criba vibratoria, ya que debido a la falta de área la eficiencia de cribado disminuye.
- l) Equipar con equipo certificado el laboratorio para eficientar y obtener mejores resultados en las pruebas.

Depósito de residuos mineros

- a) Rediseño del depósito. Implementar la conformación de taludes. Establecimiento de un sistema de drenaje más óptimo e ingenieril para la recuperación de agua de proceso. Establecimiento e implementación de programa de reforestación paulatino, lo cual implica una “inversión” (no un gasto) que durante la vida útil de la mina existe una fuente de donde destinar recursos y que puede ser realizada paulatinamente, restaurando ecosistemas y disminuyendo el impacto ambiental y reintegrando el sitio al paisaje. Control de los parámetros del jal enviado (humedad, porcentaje de sólidos – líquido, presencia de calcio o elementos traza que pudieran generar contaminación).
- b) Cálculo de la vida útil del mismo.

7.1 Delimitación del área de minado

A continuación se presentan espacialmente las instalaciones existentes en la unidad minera – metalúrgica La Huiche.

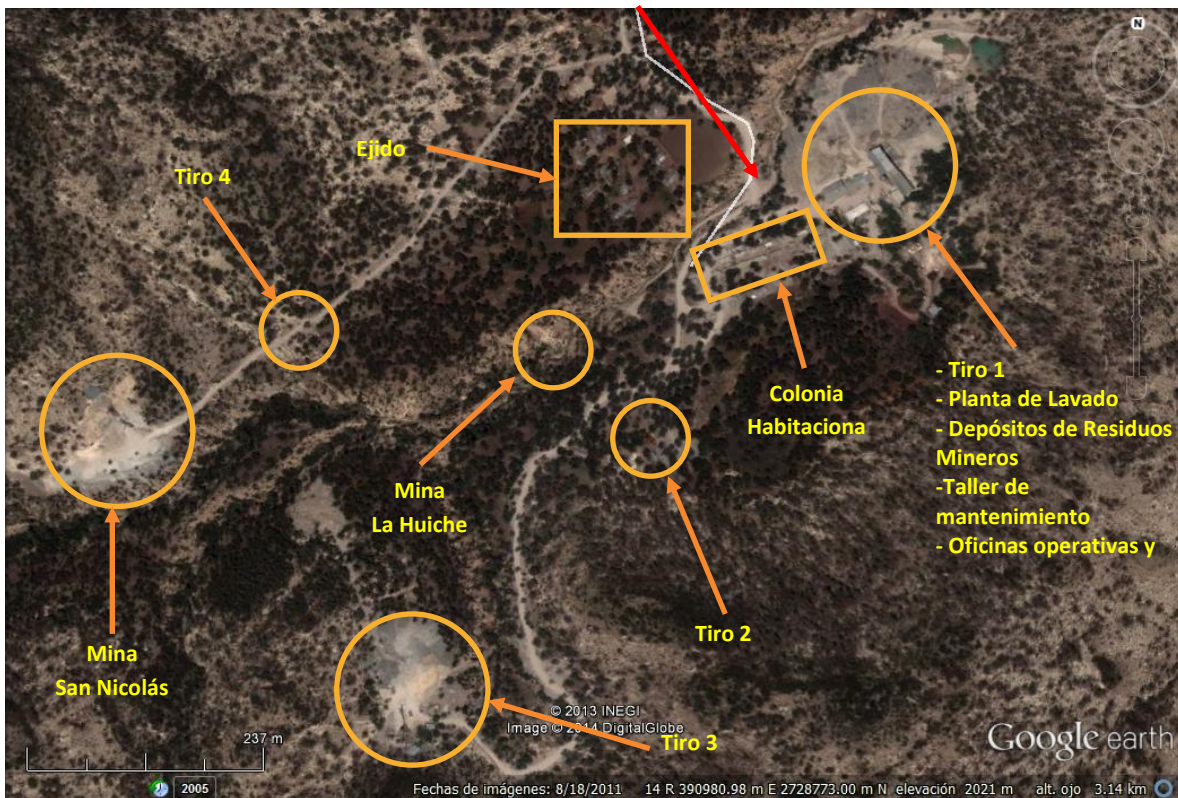


Figura 7.1 Instalaciones del fundo minero. ^[20]

En la figura 7.1 se puede apreciar la distribución de las principales instalaciones, notándose que el área de minado ha quedado delimitado por la exploración geológica realizada desde hace 50 años, con lo cual, el desarrollo de la unidad minero – metalúrgica se extiende de la parte noreste del predio hacia el sureste.

Es observable hacia la esquina superior derecha de la misma figura 7.1 el camino de acceso principal, el cual permite acceder al tiro 1 y la nave que conforma la planta de procesamiento mineral, teniendo a sus extremos tanto las oficinas como otra nave que contiene al taller de mantenimiento y laboratorio.

Hacia el centro se halla el tiro 2 y el socavón de la mina. El área de minado principal queda delimitada también por el tiro 3 al sur del tiro 2, y el 4 al este.

El socavón de San Nicolás es el acceso a otro conjunto de vetas a explotar, hacia el noroeste se ubica un área de exploración geológica llamada La Osa del Oso.

7.2 Ubicación de terreros

El terrero contiene tanto mineral estéril como de baja ley agrupado en una pila con un diámetro de aproximadamente 100 [m], teniendo como extensión un área de aproximadamente 314 [m²], conteniendo aproximadamente 26,154 [m³] de material.

El apilamiento se realiza mediante el vaciado del directo del camión a las faldas de la pila, un cargador frontal termina de acomodar el material sobre el terrero. El control que se tiene sobre su estabilidad es inexistente además de ser un elemento que daña la integración paisajística, no existe plan de reforestación o uso alternativo, por lo cual es un foco rojo al que es importante aplicar medidas de planeación y control para que prevalezca la seguridad tanto para el personal que labora en ésta área como para el ambiente.



Figura 7.2 Al fondo se observa el terrero en pila.

Por su parte, el depósito de residuos mineros es una presa de tipo convencional aguas arriba con un diámetro aproximado de 50 [m], cuyo espejo de agua tiene una dimensión de 25 [m] hasta el borde de la presa.

Principalmente en esta región del país se debe apostar por un eficiente uso del recurso hídrico, este tipo de depósito no permite una adecuada recuperación del mismo. Al igual que el terrero, es recomendable verificar la estabilidad de la misma, así como la presencia de metales y metaloides (debido a la presencia de pirita en ciertas zonas del yacimiento), revisar y dar mantenimiento al sistema de drenaje e instalar un sistema de medición del flujo recuperado para realizar el balance del agua implementada en el proceso.



Figura 7.3 A la izquierda se presenta vista del espejo de agua. A la derecha se muestra el sistema de bombeo del depósito de residuos mineros.

Será idóneo hacer una revisión ingenieril del diseño del terrero y el depósito de jales para proveer de un talud adecuado que permita implementar una restauración y reforestación de los mismos gradual que evite la erosión y dispersión de polvos, dañinos para la estabilidad y salud, respectivamente, con lo cual se puede lograr la integración de estos dos elementos al entorno.

Al costado contrario del depósito de residuos mineros, se ubica un patio donde se realiza la descarga y distribución en pilas del mineral de mina, en función de densidad específica. El número de pilas es variable, en ellas se realizan trabajos de pepena para salvaguardar la pureza de la barita. El patio tiene un área aproximada de 900 [m²], cada pila almacena alrededor de 30 [ton] y hasta a 90 [ton].



Figura 7.4 Patio de almacenamiento en pilas de mineral.



Figura 7.5 Instalaciones relacionadas con el procedimiento de concentración mineral. ^[20]

7.3 Instalaciones de servicio y oficinas

En forma perpendicular a la nave que ocupa la planta, se encuentra otra nave que comprende en su extremo al laboratorio y control de embarque, al lado de ellos se ubica el almacén general de la unidad y posteriormente el taller de mantenimiento mecánico, cada uno de ellos con sus respectivas oficinas para el control administrativo de dicha área.

Enfrente de esa nave se encuentran cuatro edificaciones. Dos de ellas son conjuntos de oficinas, una concentra al personal de ingeniería, desde la oficina de superintendencia de operaciones, de mina, geología, planeación hasta sala de juntas. El otro conjunto es para personal administrativo relativo a contaduría y recursos humanos, así como enfermería y departamento de seguridad, higiene y ecología.

Hacia el sureste se cuenta con el comedor industrial dependiente de la empresa, con servicio en tres horarios a lo largo del día para personal de confianza así como para dos de los contratistas. A la izquierda del mismo, se encuentra la oficina del pueblo, donde se concentran las bitácoras de operación, el programa de producción y la calendarización de los roles.



Figura 7.6 Instalaciones de servicio: oficinas, almacén, taller y comedor industrial. [20]



Figura 7.7 Al centro se observa el tiro 1, planta, laboratorio, almacén, taller de mantenimiento y parte de las oficinas.

7.4 Zona habitacional

El campamento de la unidad está conformado por un total de 18 casas habitación, cada una con 2 recámaras y capacidad máxima de alojamiento para 4 personas, para una capacidad total 72 personas. Existen 4 casas disponibles para el personal de Baramin S.A. de C.V., suficientes porque la gran parte de la plantilla laboral es oriunda y habita en la cabecera municipal, el resto están a disposición del contratista GROM como parte del contrato con la empresa. Todas las casas cuentan con servicio de energía eléctrica, drenaje y agua potable. Hacia la extrema izquierda de esta área se ubica el comedor industrial del contratista GROM.

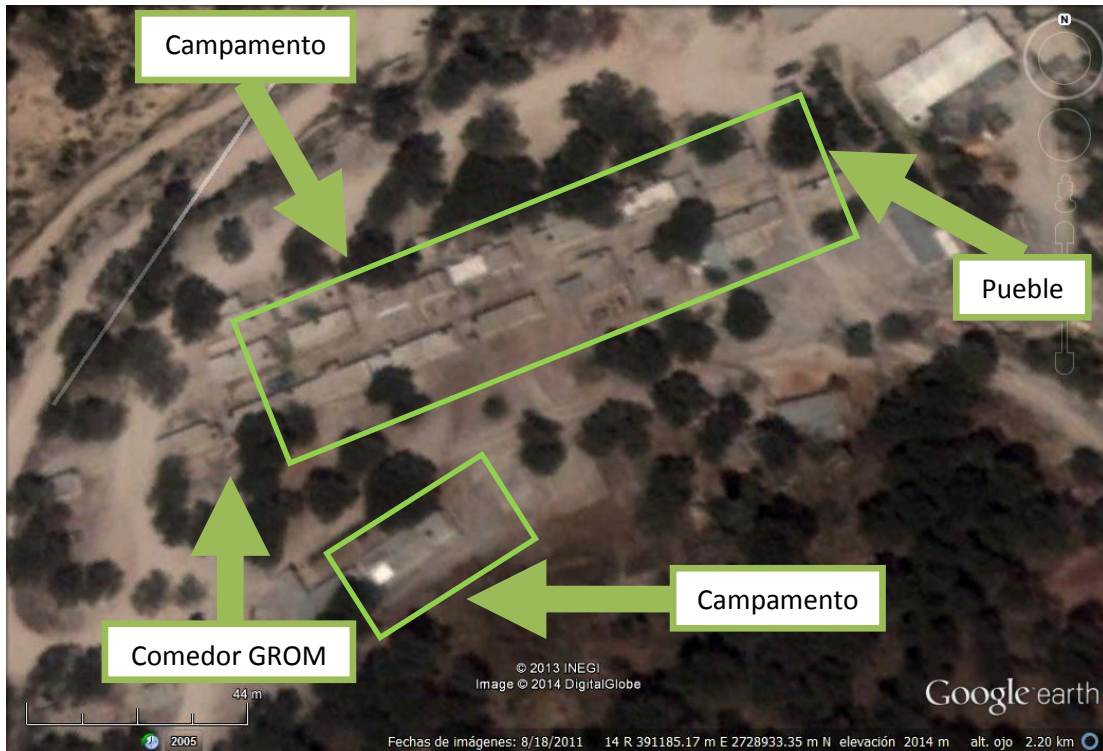


Figura 7.8 Instalaciones de la zona habitacional.^[20]



Figura 7.9 Zona habitacional de la unidad La Huiche.

7.5 Caminos de acceso

El acceso a esta unidad minera es mediante la Carretera Federal 57 [San Luis Potosí - Saltillo], al llegar al entronque “San Roberto”, se continúa por la Carretera Federal 60 [San Roberto – Galeana - Linares] hasta encontrar la desviación de acceso a la unidad minera “La Huiche” sobre la Carretera Federal 31 y continuando sobre camino de terracería pasando por el ejido de San Juan de Traquitas y subiendo a través de una rampa hasta dar con el campamento de la unidad.

La distancia entre Galeana, N.L. hasta la mina La Huiche es de alrededor de 21.5 [km], de los cuales aproximadamente 5 [km] son terracería.

Si bien es un camino empleado casi exclusivamente para el transporte del mineral, es de vital importancia diseñar un plan de mantenimiento y darle seguimiento, ya que durante época de lluvias, los patrones de escurrimiento provocan un flujo constante de agua, lo cual provoca que la seguridad del camino no sea la idónea y, en ocasiones, ha causado interrupciones en el transporte.

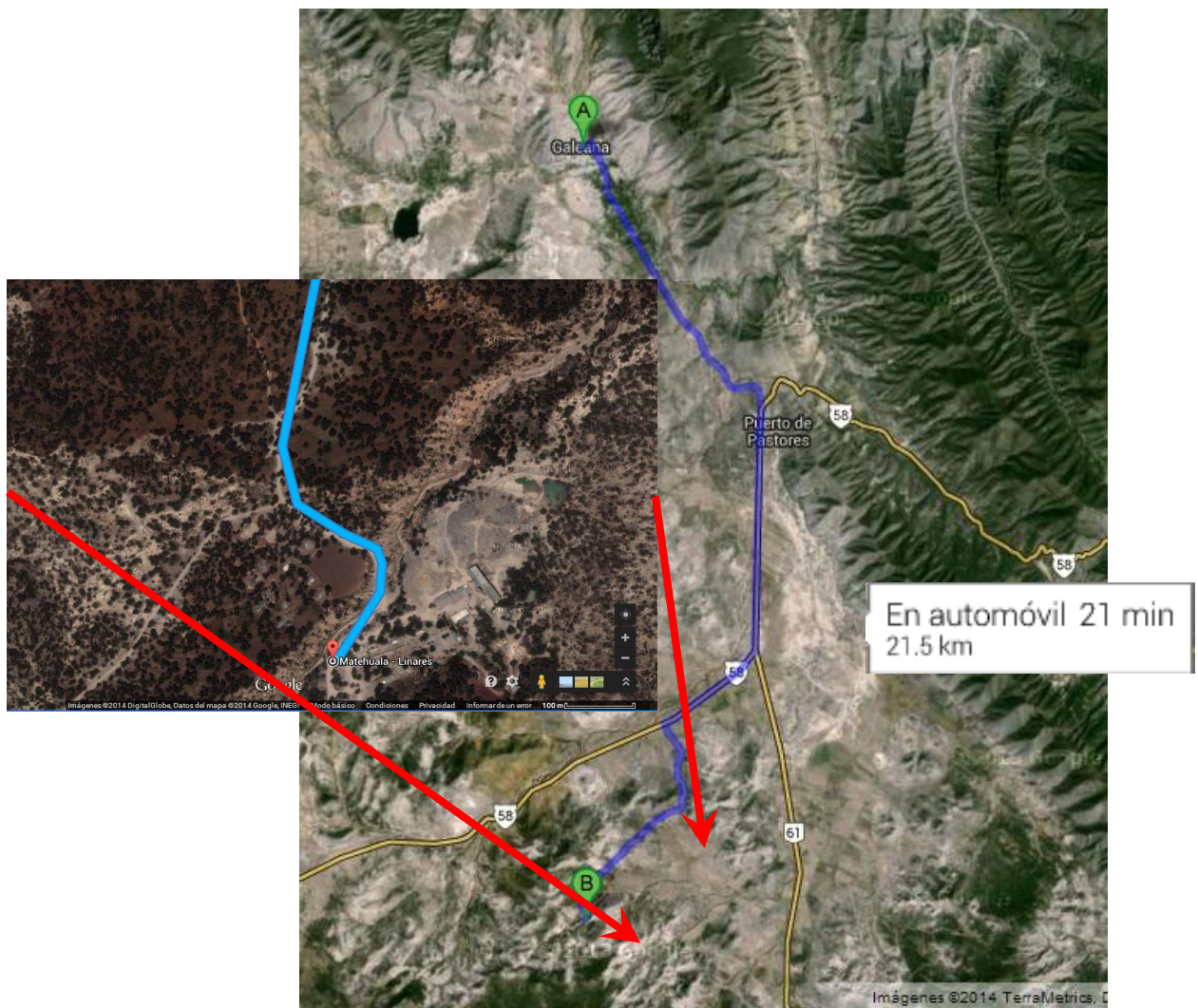


Figura 7.10 Ruta Galeana – La Huiche. ^[20]



Figura 7.12 Vista del camino de terracería.

7.5.1 Medios de transporte

El transporte es estrictamente terrestre, mediante automóvil particular, taxi o autobús empresarial para transporte de personal, al cual se puede acceder solo bajo autorización de la compañía. No existe transporte de ruta que acceda hasta el sitio.

7.6 Suministro de energía eléctrica

El suministro de la energía eléctrica es realizado por la Comisión Federal de Electricidad. Para la región noreste de suministro de tipo media tensión con tarifa H-M, las tarifas son las siguientes:

Tabla 7.1 Cargo del [kW] en hora punta, intermedia y base. ^[21]

Zona geográfica	kW demanda facturable	kW hora punta	kW hora intermedia	kW hora base
Noreste	\$ 165.62	\$ 2.0065	\$ 1.2487	\$ 1.0228

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
Domingo y días festivos	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

* Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
Domingo y días festivos	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

*Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril.

Para el año 2012 se tuvo el siguiente consumo:

Tabla 7.2 Consumo y costo por el uso de energía eléctrica.

Energía eléctrica	Consumo [\$]	Consumo [kw]
Kw base	937,218	916,316
Kw intermedio	1,736,822	1,351,928
Kw punta	248,398	123,797
Total	4,355,493	2,392,051

La tensión recibida por ser de media tensión esta en el rango de entre 1,599 y 2,500 [V], una vez que pasa por el transformador de la unidad, se entregan se suministran 127 [V] a la zona habitacional de la unidad minero – metalúrgica, a las oficinas, comedor y 220 [V] al área de mantenimiento, planta, la cual cuenta con su propio cuarto de control eléctrico, y a la mina es distribuida mediante tomas que se dirigen a través de barrenos de exploración.

Se recomienda realizar una planeación estricta que relacione los horarios de tarifas de consumo punta y mantenimiento eléctrico para disminuir el costo de la energía eléctrica, así como realizar un inventario de los equipos eléctricos, motores y bombas para elaborar estimar el consumo además de revisar el adecuado estado de las instalaciones.

7.7 Suministro de agua

El suministro de agua se obtiene del río San Roberto, para lo cual la unidad cuenta con licencia de uso de agua por parte de CONAGUA, así como para el aprovechamiento del agua de mina se debe tener un permiso por parte de la misma institución.

No se existe un sistema de medición en los diferentes puntos de alimentación y descarga, lo que imposibilita definir el balance de agua empleado en la planta y, por ende, si la recuperación del agua de proceso es del orden adecuado o se está integrando demasiada agua corriente.

En el caso de zona habitacional y oficinas, el suministro es al cien por ciento de agua potable, para lo cual se cuentan con dos tanques con capacidad de 5000 [l] cada uno.

7.8 Seguridad social

La Ley del Seguro Social, según el artículo 2, menciona que:

“La seguridad social tiene como finalidad garantizar el derecho a la salud, la asistencia médica, la protección de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo, así como el otorgamiento de una pensión que, en su caso y previo cumplimiento de los requisitos legales, será garantizada por el Estado.”.

Y conforme al artículo 12, es obligación del patrón inscribir en el régimen obligatorio a todo aquel trabajador que labore en la industria minera, principalmente debido a su característica de ser una industria de alto riesgo.

El área de recursos humanos aseveró que todos los trabajadores contratados por la empresa gozan de seguridad social y que la empresa realiza las aportaciones correspondientes. Asimismo, la empresa se encarga de verificar que las tres empresas contratistas solo ingresen personal que previamente hayan dado de alta en el sistema de seguridad social.

7.9 Educación

Aproximadamente a 1.5 [km] de esta unidad minero –metalúrgica, se encuentra la desviación que lleva al ejido de San Pablo de Traquitas, el cual cuenta con una escuela primaria y secundaria. En la cabecera municipal de Galeana existe, escuelas elementales, una de nivel medio superior y una técnica.

En la zona habitacional únicamente se aloja una familia con hijos. La no presencia de niños y la cercanía con la cabecera municipal, no hacen prioritario contar con instalaciones escolares en la unidad.

El nivel educacional de la mayoría de los trabajadores es medio básico. Menos del 5% son analfabetos y alrededor del 80% del personal de confianza tiene una licenciatura.

El conocimiento operativo de la mayoría del personal es empírico, sería conveniente invertir en su capacitación para una adecuada operación de los equipos, lo cual conlleva a identificar la conveniencia de que realicen sus labores conscientes de la importancia de su seguridad y salud, además de las consecuencias que tendría el no hacerlo así.

7.9.1 Recomendaciones en materia de educación

Como recomendaciones se tiene implementar programas estratégicos de capacitación:

- a) Elaboración de manuales de procedimientos para operación de mina y planta: perforación, cargado, rezagado, acarreo, locomotora, manto, limpieza de tolvas, aplicación de métodos de soporte, amacice, operación de trituradora: quijada, cono, jigs, bandas transportadoras, embarque, pruebas de laboratorio, procedimientos mecánicos: clausura

de la corriente eléctrica, operación de cuartos de control, mantenimiento a scoops, camiones, tiros, trituradoras, motores, etc. Y su debida difusión.

- b) Verificación por parte de los supervisores del correcto procedimiento y si no, corrección de las acciones mal ejecutadas.
- c) Actualización en los conocimientos para el personal de confianza mediante diplomados, cursos, talleres. Impartición de cursos y talleres a personal operativo que vayan dirigidos a formar una cultura de la responsabilidad, seguridad y de la sensibilización de sus capacidades en la ejecución de su trabajo.

7.10 Recreación

La única instalación deportiva cercana a “La Huiche”, se ubica en el mismo sentido del camino que lleva a la escuela primaria y secundaria del ejido, la cual está integrada por dos canchas de basquetbol y una de futbol.

Siguiendo las tendencias mundiales, una parte prioritaria en la unidad será la de conseguir que el trabajador cuente con condiciones que favorezcan su bienestar tanto en aspectos físicos como emocionales. Por lo cual, siguiendo la teoría del confort humano, se recomienda hacer una revisión a detalle de los elementos que pueden elevar la calidad de vida de quienes habitan en el campamento, mejorando los servicios y proveyendo de áreas y actividades que permitan un sano esparcimiento al finalizar el turno de trabajo.

Asimismo, se deben de revisar las condiciones de confort durante el turno laborado, las cuales variarán según el área de operación. Estos aspectos van ligados directamente con la seguridad e higiene industrial, en tópicos como ventilación, mejoramiento de vestidores y comedores, disposición de zonas de hidratación dentro de mina, etc.

7.11 Seguridad

El ejido de San Pablo de Tranquitas se encuentra muy cercano a la operación, esto es consecuencia de que la principal ocupación de los habitantes del ejido es la minería. Es importante que se realice un estudio ambiental para verificar que la dispersión de jales no recaea sobre el ejido, visualmente no se nota su presencia.

7.11.1 Recomendaciones en materia de seguridad

A continuación se adiciona una serie de recomendaciones sobre seguridad en general en todos los procesos de la mina para una operación segura, que vele por el bienestar de su capital humano:

- a) Implementación de sistema de credencialización y tableros de control para mina. A pesar de que la supervisión pueda ser muy cercana a la cuadrilla de trabajadores a su cargo, es importante tener la certeza del personal que ha ingresado a una mina subterránea en caso de emergencia.

La implementación del tablero de seguridad se intentó en el pasado cercano sin éxito, esta es una práctica importante. Considérese que el diseño del anterior tablero es incorrecto básicamente por dos situaciones, primero, porque el control por áreas resulta más que complejo debido a que un pueble puede incluir más de un área de trabajo y, en segundo lugar, debido al dinamismo en el crecimiento de una mina, la reapertura de un área o el abandono de otra, por lo que hacer dichas modificaciones en el dibujo del tablero resulta inapropiado.

Se recomienda implementar una matriz de doble entrada en donde se indique en el área de columnas el departamento y en las filas el turno en el cual ingresó. De suceder algún accidente, como máximo al finalizar el turno, supervisión podrá notar y cerciorarse de la posible ausencia de un elemento de la cuadrilla.

Tabla 7.3 Ejemplo de matriz para control del personal que ingresa a mina.

	Turno 1ra [2da ó 3ra] de 8 h	Turno de 1ra [ó 2da] de 12 h
Geología		
Mina		
Mantenimiento		
Planeación – Topografía		
Contratista		

- b) Control en bitácora del equipo de seguridad personal dotado, así como la fecha del último cambio y la razón [pérdida o deterioro], lo que implica que el personal sienta mayor responsabilidad para cuidar de su equipo y que sepan que en caso de dos extravíos continuos, podrá ser descontado de sus sueldo o salario. Además de mantener un control para realizar el cambio en tiempo de aquel equipo que así lo requiera aunque no lo soliciten, pues es una obligación. Dar a conocer la forma adecuada de emplear y asear el EPP.
- c) Inversión en equipo de protección respiratoria, visual. Es una práctica a la que no está acostumbrado el personal, principalmente porque la unidad minera no les provee de dicho equipo. Esta es una obligación normada por la Secretaria del Trabajo y Previsión Social y una responsabilidad moral de que el patrón vele por la salud de sus empleados.

La protección respiratoria del día a día mediante el uso de mascarillas no es lo más recomendable debido a la eficiencia de una mascarilla desechable versus un respirador con filtros para partículas, además son incómodas. Recuérdese que la atmósfera de la mina presenta gran cantidad de polvo en sus cuatro granulometrías, y que gran aporte del mismo esta dado de la roca encajonante o por la misma barita. Sin la protección adecuada, el riesgo de padecer silicosis o baritosis específicamente [enfermedades laborales consideradas en la Ley Federal del Trabajo] aumenta significativamente para el personal que labora a diario.

Por otra parte, la falta de protección visual es otro foco rojo que crea alarma y llama la atención. Increíblemente, la práctica común tanto al interior mina como en la planta y en el área de mantenimiento, es laborar sin lentes de seguridad. Personal que barrena o amaciza sin proteger sus ojos de las pequeñas partículas de roca que se desprende del contacto de la barra con la roca, mecánicos que taladran, cortan, etc. fierro sin protegerse de las virutas de metal y operadores del área de trituración y jigs que laboran sin usar lentes, son elementos que preocupan considerablemente.

Ténganse en cuenta que los accidentes que pudieran ocurrir serán registrados por el IMSS y ello aumentará la prima del seguro a pagar.

- d) Adquisición de autorescatadores. Se puede implementar la rotación de los mismos, entregándolos a inicio de turno y recogiendo al final para que hagan uso de ellos el turno entrante, disminuyendo así la inversión inicial para su adquisición.

Recuérdese que la minería es una industria de alto riesgo y si bien, la creencia general del personal tanto de confianza como operativo es que, por la naturaleza no metálica de la mina no se requiere el uso de autorescatador, ello es falso. Las causas del uso de este equipo no radica solo por la mayor cantidad de gases tóxicos e inflamables que se liberan en una mina metálica, sino también la probabilidad de incendio de un equipo como los scoops trams, camiones de acarreo, etc., la presencia de madera y su inflamabilidad, entre otros.

- e) Considerar la relación costo vs. beneficio en relación a adquirir y sustituir las lámparas de ácido o seguir adquiriendo refacciones para las lámparas de ácido que actualmente se emplean, se inclina por la primera opción.

Ello se sustenta en que los equipos nuevos son más ligeros, proveen de luz blanca de mayor intensidad y duración, lo cual tiene un impacto directo desde la salud visual y confort del trabajador, tocando la materia de seguridad al no correr el riesgo de quedarse sin luz al interior mina [como se observó en diversas ocasiones].

Permite que el trabajador pueda realizar adecuadamente las inspecciones visuales de los caminos y su área de trabajo, y finalmente impactando en permitir ejecutar la labor de forma continua y lograr la producción requerida.

Este último punto debe de ponderarse sensiblemente, pues principalmente en la última estadía, era frecuente ver que trabajadores que ya habían ingresado a mina al inicio de turno, tuvieran que salir a mitad de éste, debido a que la luz de su lámpara estaba baja y no les permitía laborar. Asimismo, en lampistería se debe trabajar con orden para conocer qué equipos están en carga y cuáles ya están disponibles para emplearse.

- f) Establecer señalizaciones internas en mina, tanto de rutas de evacuación como de los caminos de acceso a las diferentes obras, debe ser una labor constante. Considérese que es uno de los elementos en los que las comisiones de seguridad hacen más énfasis.
- g) Verificar el uso de barricadas en los sitios donde operan los scoops trams. Implementar señalizaciones en áreas riesgosas [contrapozos, rebajes antiguos] mediante cinta amarilla de precaución con elementos reflejantes.

- h) En planta es importante definir áreas riesgosas y caminos y realizar su marcaje con pintura amarilla y letreros. Al no existir señalización ni comunicación idónea, cualquier persona tiende a transportarse por cualquier sitio sin considerar la posibilidad de caída de roca desde las bandas transportadoras, roca proyectada desde la quebradora de cono, etc.
- i) Establecer e indicar los caminos peatonales y de vehículos en las zonas de carga y descarga de los camiones de acarreo, en patios, en la planta en el área de trituración.
- j) Señalización de los límites de velocidad al interior mina y en superficie. Establecer el procedimiento y control de los equipos de acarreo y rezagado que se transportan en superficie.
- k) Colocación de elementos de seguridad en los distintos equipos de la planta, como son las guardas y cercas de malla metálica, cuya ausencia es notoria y representa un riesgo latente.
- l) Establecer un calendario para la aplicación del alcoholímetro [se recomienda de viernes a lunes y el día siguiente a fechas festivas y/o puentes]. Asimismo, debe de establecerse un protocolo para su aplicación para evitar conflictos. También será beneficioso la adquisición de al menos un par de equipos más de buena calidad y de uso industrial, los cuales disminuyen la incertidumbre y realizan lecturas más rápidas, pues se registró que el tiempo empleado para revisar a todo el personal operativo del turno supera los 30 minutos en promedio, los cuales son pérdidas en el tiempo efectivo de trabajo.

Se recomienda que jefe de seguridad, auxiliar de seguridad y auxiliar de enfermería ejecuten la labor para disminuir el tiempo empleado, asimismo, que se realice inmediatamente al descenso del personal del camión de transporte y no una vez finalizado el pueble [tiempo muerto nuevamente]. Además, realizar tablas con el registro de personal de forma impresa disminuye el tiempo invertido en realizar el registro del nombre y el valor obtenido en el test de alcoholímetro, pues al realizarlo todo a mano se vuelve ineficiente.

La referencia a establecer el procedimiento se enfoca a que debe definirse si el test incluye primero toma de presión y luego alcoholímetro, toma de presión y en caso de sospecha por salir de rango, implementación del alcoholímetro; o simplemente la aplicación directa del alcoholímetro [opción que personalmente se considera más recomendable por ser más rápido el procedimiento, disminuir la incertidumbre y otorgar credibilidad].

También es de suma importancia definir y dar a conocer al personal si la política es de cero tolerancia o se trabajará con algún límite [como el empleado en el alcoholímetro para manejar: 0.40 grados de alcohol = 0.40 mg/l – equivale a una copa de vino o una cerveza]. Asimismo, definir sí el personal de confianza habrá de realizar el test o no [los lazos de credibilidad, veracidad y confianza en este tipo de industrias se fortalecen si el cambio de cultura, en este caso, del NO consumo de alcohol, se ejemplifica con los elementos que encabezan la unidad minera].

- m) Establecimiento de un *check list*, calendarización y verificación por parte del departamento de seguridad e higiene de condiciones de seguridad adecuadas en los equipos [canopy, extintores cargados].
- n) Urgente hacer que todo supervisor porte consigo detectores de monóxido de carbono y de corriente eléctrica [fluke] y verifique las zonas de trabajo pobladas. Asimismo, se detecte con ello focos rojos con problemas de ventilación, para alertar a los trabajadores y darle solución mediante técnicas de ventilación [corrección al circuito de ventilación, implementación de ventiladores].

A pesar de que la mina no se presenta grandes problemas en este rubro, no olvidar que la no presencia de concentraciones de humo y partículas de polvo, quiere decir que no existan gases tóxicos [monóxido de carbono, gases nitrosos].

- o) Implementación de un sistema de reportes de condiciones inseguras semanal por parte de cada departamento que realice recorridos en mina, el departamento de seguridad deberá tomar acciones en concreto y darle seguimiento hasta eliminar, minimizar y/o controlar dichas condiciones. No limitarse a señalarlas.
- p) Verificación de la correcta aplicación del protocolo de amacice. Capacitación. Proveer a toda zona de trabajo productiva y en lugares estratégicos sobre la rampa de barras de amacice y escaleras disponibles. La frecuente falta de ellas provoca un acto inseguro, es frecuente que suceda.
- q) Establecer una revisión periódica de la disponibilidad y abastecimiento de botiquines, así como del equipo de primeros auxilios en buenas condiciones en zonas estratégicas.
- r) Sistema de teléfonos radio interno para la mina y teléfonos que comuniquen a superficie o empleo de radios.
- s) Protocolos para actuar en caso de emergencias. Deben de establecerse acciones puntuales a seguir así como los ejecutores de cada una, tener a la mano un directorio con los números telefónicos pertinentes. El protocolo implica indirectamente capacitación en primeros auxilios, principalmente a los supervisores de turno.
- t) Mismos puntos que el inciso anterior pero considerando los diversos siniestros factibles de ocurrir, principalmente en referencia a la existencia de incendios y otros como derrumbes, etc.
- u) Cursos de primeros auxilios.
- v) Elaboración de directorio para casos de emergencia.
- w) Sistema de contactos o acercamientos para faltas en las que incurran los trabajadores, siempre con una visión de prevenir accidentes, corregir actos inseguros en los que se incurre por desconocimiento o terquedad, con fines de cambiar paulatinamente la cultura existente por una más solidaria y adecuada a industrias de alto riesgo y sus implicaciones.

- x) Control de la mecánica de rocas. Implementación de métodos de soporte en función de litologías y geología estructural. – ingeniero asesor o integrar a un elemento dependiente de departamento de seguridad, planeación o mina que esté capacitado para ello según la visión que se tenga sobre la estructuración de la empresa.
- y) Revisión de las condiciones estructurales de los sistemas de soporte: anclado, enmallado, zarpeo y principalmente ademados. Mantenimiento y corrección de los mismos, en caso contrario, se convierten en condiciones inseguras.
- z) Revisiones de seguridad a las instalaciones y operaciones de la planta, mantenimiento, comedor, campamento, oficinas, patios, etc.
- aa) Participación del personal de confianza en pláticas de 5 minutos con los trabajadores a su cargo. Emplear como guión los manuales existentes. Cuidar vocabulario y forma en cómo se dirigen a ellos, si bien, se busca un acercamiento y la concientización, no se debe infringir el respeto, la jerarquía y la seriedad de las mismas.
- bb) Verificar condiciones de andamios de las bandas transportadoras y sus paros de emergencia.
- cc) Implementación de cuadrilla de rescate colaborando en ella personal que provenga de los tres turnos operativos, quiénes conocerán procedimientos de primeros auxilios, protocolos de emergencia y serán líderes en auxiliar a compañeros en situaciones riesgos o al haber sucedido un accidente o siniestro. Obviamente habrá de invitar a formar parte a elementos responsables y con las capacidades psicológicas y físicas adecuadas, y realizar un reforzamiento positivo a su trabajo, mediante reconocimiento social y económico de su labor.
- dd) Uso de línea de vida en trabajos riesgosos que presenten una notable diferencia de altura con respecto al nivel de la obra [se recomienda a partir de 3 m].

7.12 Mantenimiento

La mina La Huiche cuenta con un taller de mantenimiento que emplea a su personal indistintamente para dar mantenimiento a mina y a planta. En el capítulo V se sugirió re-implementar el uso del taller mecánico al interior de mina para que los equipos no requieran ser atendidos en superficie y así optimar recursos, y además, asignar personal en específico para mantenimiento mina y planta.

7.12.1 Recomendaciones en materia de mantenimiento

Las sugerencias mostradas a continuación son un listado de medidas de planeación y control mínimos para un funcionamiento adecuado de este departamento, con base en la teoría de

- a) Establecer un calendario con programación estricta para mantenimiento para mina y planta. La calendarización debe considerar la estandarización del procedimiento, es decir, indicar una serie de pasos ordenados para cada acción preventiva y/o correctiva, así como

el número y el elemento responsable para cada acción, una aproximación del tiempo a ocupar y los insumos y herramientas necesarios para ello.

- b) Especializar al personal, es decir, asignar a ciertos elementos del equipo de trabajo al mantenimiento de mina y otros al mantenimiento de planta. Ello implica mayores beneficios que contras, por el hecho de que una persona que se dedica al mantenimiento de ciertos elementos, conoce a profundidad el mecanismo y las posibles causas del daño, lo que resulta en un ahorro de tiempo e insumos.

Ejemplifíquese de la siguiente manera, actualmente se puede observar que para la reparación de un scoop tram se reúnen alrededor de 7 a 9 elementos, de los cuales están ejecutando alguna tarea sobre el equipo solo 2 ó 3. Lo cual representa un alrededor de un 300% de personal no aprovechado. Ahora, considérese personal especializado, se tendrían 3 elementos para mina, 3 para planta y un jefe de mantenimiento. Por ende, en el tiempo de no ocupación original de esos tres elementos, se estaría destinando para el mantenimiento preventivo [o correctivo] del equipo de planta.

Considérese que de acuerdo al plan de mantenimiento proyectado, la asignación del recurso humano no tendrá que ser estrictamente 50 – 50, podría ser 40 – 60 y con una supra-especialización de algún elemento en la reparación del equipo de perforación [máquina de pierna].

- c) Los planes de mantenimiento son de diversas índoles, se recomienda la aplicación de los esquemas básicos: preventivo, correctivo y programado. Habrán de elaborarse individualmente y luego conjuntarse para verificar la factibilidad de su ejecución en cuanto a tiempo y recursos asignados.

8.1 Estado de resultados y análisis de factibilidad

El estado de resultados para las condiciones actuales es el siguiente:

Tabla 8.1 Estado de resultados en condiciones actuales.

Estado de resultados proforma [MXN]				
Año	1	2	3	4
1. Ingresos	103,671,835	103,671,835	103,671,835	103,671,835
2. Costos de operación	86,328,238	86,328,238	86,328,238	86,328,238
3. Utilidad de operación	17,343,596	17,343,596	17,343,596	17,343,596
4. Gastos de administración	8,632,824	8,632,824	8,632,824	8,632,824
5. Depreciación	-	-	-	-
6. Intereses	-	-	-	-
7. Agotamiento	-	-	-	-
8. Utilidades antes de impuestos	8,710,773	8,710,773	8,710,773	8,710,773
9. ISR 30%	2,613,232	2,613,232	2,613,232	2,613,232
10. RUT 10%	871,077	871,077	871,077	871,077
11. Utilidad	5,226,464	5,226,464	5,226,464	5,226,464
12. Derecho especial 7.5%	391,985	391,985	391,985	391,985
13. Utilidad neta	4,834,479	4,834,479	4,834,479	4,834,479
14. Utilidad neta acumulada	4,834,479	9,668,958	14,503,436	19,337,915

Se consideran solo reservas probadas para el cálculo de la vida útil, no hay ninguna inversión actualmente que considerar. Se ha calculado una utilidad neta anual de 4,834,479 [MXN].

Con las condiciones actuales de recuperación del 47 % en peso y la producción estimada al año 2013 se realizó el análisis de factibilidad (tabla 8.2), en el cual se observa que efectivamente es rentable pero tiene un margen de ganancia estrecho.

Tabla 8.2 Análisis de factibilidad, condiciones actuales.

Análisis de factibilidad			
Producción mina	104,592.00	Ton	
Producción equivalente	64,957.29	Ton	
Inversión	0.00	MXN	
Costo de producción anual	86,328,238.41	MXN	
Vida útil	4	años	
Precio de venta	1,596.00	MXN	
Recuperación	47.00	%	
Año	Producción/año	Inversión	Costo prod. anual
1	64,957.29	0.00	86,328,238.41

2	64,957.29	0.00	86,328,238.41
3	64,957.29	0.00	86,328,238.41
4	64,957.29	0.00	86,328,238.41
Total	259,829.16	0.00	345,312,953.64
Costo nivelado =		1,329 < 1,596	

Al considerar que ya se han aplicado las medidas para optimar los recursos y eficientar las operaciones, se realizó otro análisis de factibilidad. Inicialmente, se realizó el nuevo cálculo de vida útil de la mina para el nuevo ritmo de producción establecido a partir de 5.4 Determinación del tonelaje de operación, es decir, 855 [ton/día] minadas, recuperación del 58.48 % y producción de 500 [ton/día] de concentrado.

Siguiendo los criterios de 4.5 Determinación del mineral explotable y recuperación, las 430,288 [ton] de reservas probadas, se ha asegurado la operación de La Huiche durante 1.64 años (20 meses).

También se ha realizado una estimación de cuánto aumentarán los costos variables para mina y planta al incrementar la producción (tabla 8.3), específicamente en rubros como consumo de explosivos y artificios, diesel, energía eléctrica, gas y acarreo entre plantas.

Tabla 8.3 Cuentas de cargo y monto de costos variables mina y planta para las condiciones proyectadas.

Centro de costos variables	Mina [MXN]	Planta concentración gravimétrica [MXN]	Acarreo entre plantas [MXN]	Planta molienda [MXN]	Envasado en planta [MXN]
Tiempo extra	332,632.17	207,004.70	-	187,546.17	-
Bonificaciones por contrato	1,387,913.64	863,730.80	-	5,795.79	-
Bono por asistencia	144,008.88	89,620.06	-	0	-
Explosivos y artificios	8,883,740.81	-	-	-	-
Materiales y refacciones	13,198,502.87	2,715,485.34	-	4,694,283.05	2,266,547.11
Diesel	11,541,365.63	-	-	216,187.21	-
Combustibles y lubricantes	1,523,603.23	1222828.306	-	533,608.16	396,978.59
Energía eléctrica	2,563,815.64	4,513,645.44	-	5,987,377.18	-
Gastos de vehículos	2,080,688.26	-	-	-	-

Contratistas	25,381,480.26	-	-	-	-
Choferes, sustitutos y otros	61,792.72	-	-	-	-
Fletes y acarreos	-	-	10,938,373.21	-	-
Gas	-	-	-	2,355,216.62	-
Adquisiciones extraordinarias	-	-	-	-	67,120.18
Total [MXN]	67,099,544.09	9,612,314.65	10,938,373.21	13,980,014.18	2,730,645.88
Producción [ton]	216,630.00	153,001.22	153,001.22	153,001.22	153,001.22
Costo unitario [MXN]	309.74	62.83	71.49	91.37	17.85
Costo total unitario [MXN]	309.74	243.54			

Con lo que el costo unitario total proyectado será de 1,063 [MXN] (costo fijo: 510 [MXN], costo variable: 492 [MXN]), es decir, reduciéndose en un 20 %.

Tabla 8.4 Análisis de factibilidad, condiciones proyectadas.

Análisis de factibilidad		
Producción mina	216,630.00	Ton
Producción equivalente	153,001.22	Ton
Inversión	0.00	MXN
Costo de producción anual	162,640,296.86	MXN
Vida útil	2	años
Precio de venta	1,596.00	MXN
Recuperación	58.48	%

Año	Producción/año	Inversión	Costo prod. anual
1	153,001.22	0.00	162,640,296.86
2	153,001.22	0.00	162,640,296.86
Total	306,002.44	0.00	325,280,593.72

Costo nivelado =	1,063 < 1,596
-------------------------	---------------

Así, el análisis de la tabla 8.4 indica que aumentar la producción es viable tanto operativa como financieramente, pues, si bien es cierto que los costos variables aumentan en función de la producción de la mina, los costos fijos se mantienen y, por ende, los costos totales bajan,

generando una ganancia de 533 [MXN/ton], un 99.63 % más en comparación con la ganancia que actualmente se obtiene.

Tabla 8.5 Estado de resultados en condiciones proyectadas.

Estado de resultados proforma [MXN]		
Año	1	2
1. Ingresos	244,189,947	244,189,947
2. Costos de operación	162,682,969	162,682,969
3. Utilidad de operación	81,506,978	81,506,978
4. Gastos de administración	16,268,297	16,268,297
5. Depreciación	-	-
6. Intereses	-	-
7. Agotamiento	-	-
8. Utilidades antes de impuestos	65,238,681	65,238,681
9. ISR 30%	19,571,604	19,571,604
10. RUT 10%	6,523,868	6,523,868
11. Utilidad	39,143,209	39,143,209
12. Derecho especial 7.5%	2,935,741	2,935,741
13. Utilidad neta	36,207,468	36,207,468
14. Utilidad neta acumulada	36,207,468	72,414,936

Con el estado de resultados que arrojaría el ejercicio contable del proyecto, observable en la tabla 8.5, la utilidad neta crecería considerablemente en comparación con los datos arrojados en la tabla 8.1. Con ello, se puede considerar destinar cierto capital permitiendo cubrir los costos que implican las recomendaciones elaboradas a lo largo de este trabajo, en rubros como capacitación, contratación de personal, exploración, certificaciones, pero principalmente, para invertir en la mina La Huiche, en la renovación de equipos y herramientas, como se recomendó en el Capítulo V, sección 5.4.

8.2 Aplicación de un método de planeación y control

La aplicación de la teoría de la administración al diseño, gestión y control de un proyecto es imprescindible. Téngase en cuenta que es deseado alcanzar un objetivo mediante la realización de acciones concretas y, para ello se cuenta con cierto tiempo, recursos limitados y se busca cierto grado de calidad. Por lo cual se hace uso de ciertas estrategias, técnicas y herramientas que permiten facilitar el proceso y lograr satisfactoriamente el objetivo.

Debido a la magnitud que implica un proyecto minero – metalúrgico, tanto en empleo de recursos, como capital de inversión, recurso humano y el riesgo que implica esta industria, una buena herramienta que se ha usado con eficiencia es el diagrama de Gantt y la ruta crítica, con lo cual el panorama estará mejor estructurado y facilitará la toma de decisiones.

8.2.1 Programación de actividades

Las actividades enlistadas se concretan a la implementación de las recomendaciones realizadas a lo largo de la descripción del proyecto para lograr optimar la producción y lograr la meta de aumentar la producción diaria.

1. Capacitación del personal en el procedimiento de su área operativa.
2. Realización de los manuales de operación.
3. Control de los parámetros de seguridad.
4. Implementación rigurosa de las plantillas de perforación diseñadas para cada litología.
5. Contratar un ingeniero metalurgista para el control del proceso de la planta lavadora.
6. Cambio a instrumental certificado de laboratorio para certeza de datos.
7. Implementación de plan de análisis de laboratorios para control de granulometría, presencia de calcios.
8. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para equipos de mina y planta.
9. Mantenimiento correctivo a equipos de la planta.
10. Sistema de control para el embarque de mineral.

8.2.2 Identificación de actividades críticas

No se presenta ruta crítica porque las acciones son independientes entre sí, la única acción que tiene una relación con el resto es la capacitación.

8.2.3 Control de avances del proyecto

Se establecieron acciones concretas para lograr el objetivo de este proyecto (figura 8.1), que es la optimar el empleo de recursos y la realización de las operaciones de mina y planta. A dichas acciones se les ha asignado una duración así como fecha de inicio – termino (figura 8.2), igualmente se identifico quién o quiénes son los encargados de desarrollar la acción o de colaborar (figura 8.3), ya sea con los recursos materiales o humanos del departamento al que corresponda.

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
• Capacitación	2/06/14	28/06/14
• Desarrollo de manuales de operación	30/06/14	12/07/14
• Campaña de re-capacitación anual	1/06/15	27/06/15
• Revisión, corrección y adaptación de los manuales de operación	29/06/15	11/07/15
• Identificación de problemática en la seguridad	30/06/14	12/07/14
• Elaboración de plan de acción correctivo [seguridad]	14/07/14	26/07/14
• Implementación medidas correctivas [seguridad]	28/07/14	27/09/14
• Recorridos de evaluación [seguridad]	29/09/14	29/11/14
• Pruebas y cambios de plantillas de barrenación	14/07/14	9/08/14
• Supervisión de aplicación habitual de las plantillas	11/08/14	6/09/14
• Aplicación indefinida de nuevas plantillas	8/09/14	8/09/15
• Contratar a un ingeniero metalurgista para el control de la P.L.	2/06/14	28/06/14
• Inventario del material de laboratorio	30/06/14	2/07/14
• Inclusión de pruebas de laboratorio: granulometría, calcios, etc.	3/07/14	12/07/14
• Cotización y compra de instrumental [certificado], equipos, reactivos e instalación [lab.]	14/07/14	2/08/14
• Implementación indefinida sistemática de las pruebas de laboratorio	4/08/14	4/08/15
• Elaboración del plan de mantenimiento preventivo y correctivo	30/06/14	5/07/14
• Compra de lonas, cable de acero, cintillos de seguridad y adaptaciones a camiones de embarque	30/06/14	12/07/14
• Sistematización del control en la seguridad del embarque de mineral	14/07/14	14/07/15

Figura 8.1 Acciones concretas con fecha de inicio y fin.

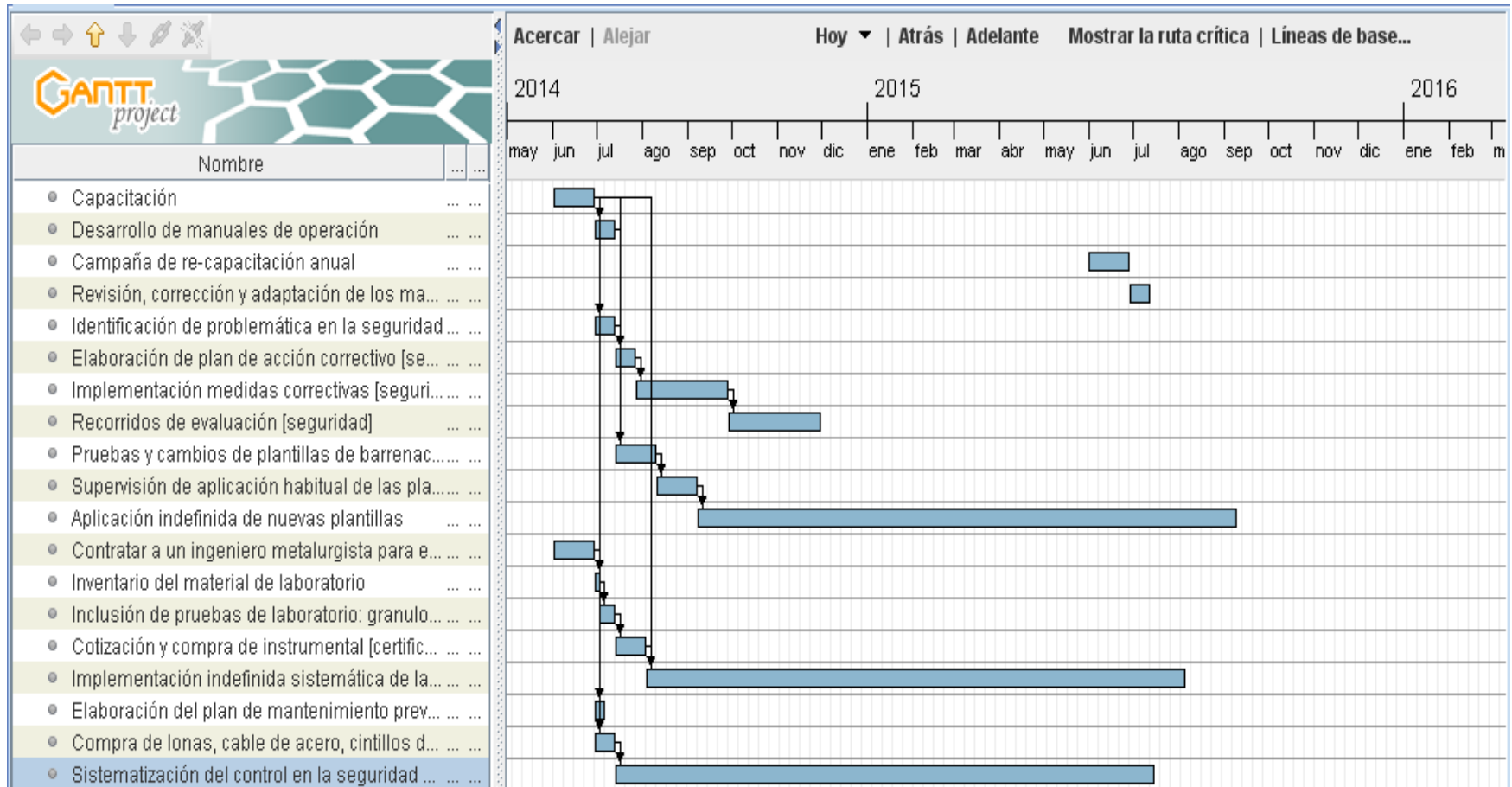


Figura 8.2 Diagrama de Gantt para las acciones definidas.

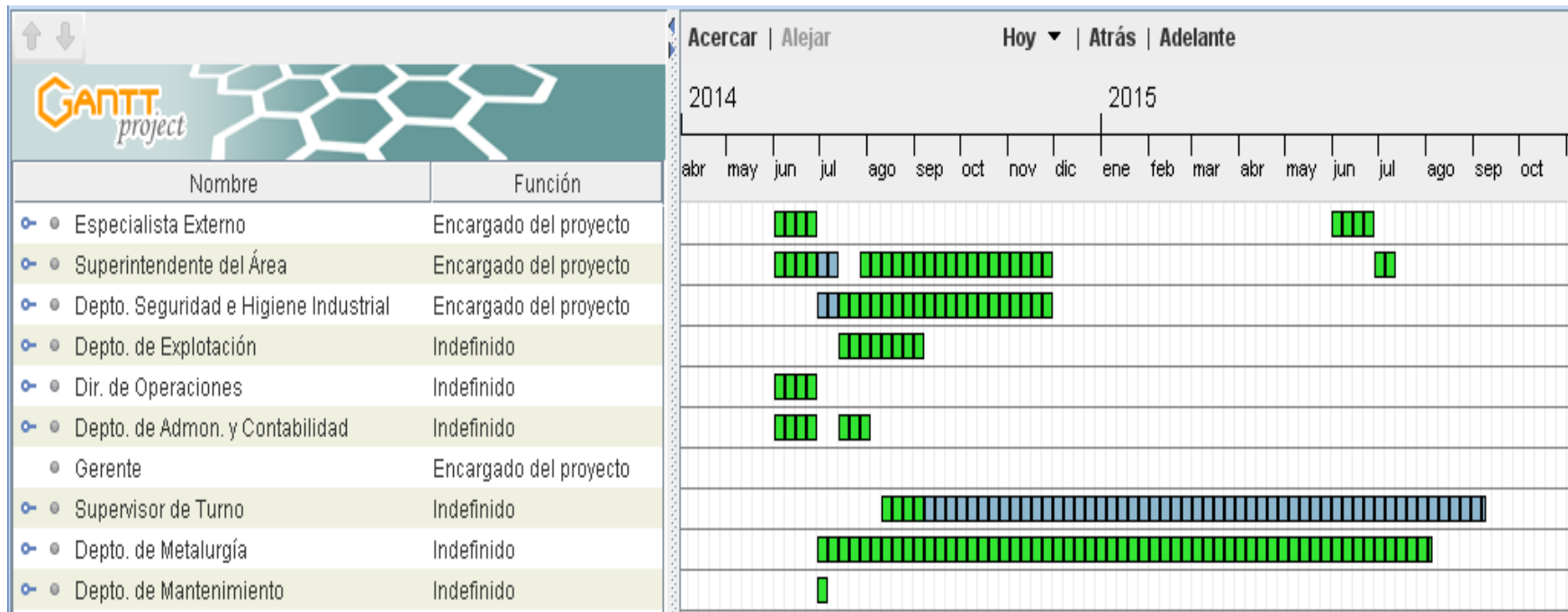


Figura 8.3 Definición de responsables de las acciones.

Conclusiones

Tanto una persona como una empresa deben buscar estar siempre a la vanguardia en la medida de lo posible, pues ello nos enriquece y nos permite crecer y fortalecernos, colaborando a ser útiles a nuestra sociedad. La tendencia en minería es cambiar la imagen destructiva, despreocupada e inhumana de cómo se ejecutaron sus labores en un pasado no tan lejano, en las que las condiciones para laborar no eran las idóneas, con un ambiente de trabajo muy difícil y una relación con el ambiente y la comunidad no tan grata ni amable.

Para ello, se necesita cambiar la cultura de la minería en sus diversos rubros y con sus diferentes actores, es decir, en el área operativa, de seguridad, ambiental, social, gubernamental considerando a los trabajadores, habitantes de la comunidad huésped, empleados, accionistas, elementos del gobiernos, organizaciones no gubernamentales, etc.

Para una reestructuración de tal índole debe de comenzarse por las entrañas de esta industria, los modelos mundiales de minería se enfocan a una explotación sustentable, y entiéndase sustentable no como propio del medio ambiente, sino en todos los aspectos, sustentable con la comunidad, con el país, económicamente.

Específicamente en la mina La Huiche, se puede observar el potencial para ello, pues es una empresa que abre sus puertas a la mejora. Lograr el incremento deseado en la producción tiene dos bifurcaciones, la primera de índole totalmente técnica y de diseño, lo que implica emplear planeación para definir la ubicación de reservas y poder realizar una mayor extracción. La segunda, que nos muestra que parte del potencial de esta unidad se desperdicia por una serie de condiciones que no permiten su máximo aprovechamiento, como lo son la falta de equipo, gran presencia de tiempos muertos, inadecuada distribución del capital humano, falta de control en los procesos y en los parámetros del mineral, falta de control en la planta de beneficio, etc., lo que lleva a una reducción drástica del potencial de producción.

Inicialmente, se consideró que el único enfoque de este trabajo sería definir un nuevo sitio a explotar con el método más adecuado, sin embargo, trascendió ésa idea y se convirtió en búsqueda de áreas de oportunidad para optimar y eficientar las operaciones con ajustes sencillos pero que se vuelven trascendentales sino son detectados y manipulados.

El objetivo del presente trabajo fué el de, tras plantear un universo de posibilidades, discriminar las opciones disponibles hasta lograr establecer una serie de acciones, las más idóneas, que en su conjunto permitieran que una operación minero – metalurgista, como lo es la mina La Huiche, pudiera producir 500 [ton/día]; ese fue el objetivo que el equipo de Baramin S.A. de C.V. planteó como deseable.

Para lo cual, se elaboró un anteproyecto que buscaba empaparse de la información disponible respecto a las condiciones con las que se estaban operando, para proceder a identificar áreas de oportunidad. Por lo cual, la investigación bibliográfica y el conocimiento previo, así como el trabajo de campo y de gabinete, permitieron plantear los criterios y parámetros deseables para la extracción y procesamiento del mineral.

Es decir, se inspeccionaron y evaluaron cada una de las partes del proceso minero para definir, con base en sus resultados, que tan eficientes o ineficientes era, y con ello, buscar una solución tangible. Este procedimiento se inició desde el departamento de geología, donde se identificaron problemas de planeación reflejados básicamente en la ausencia de un programa de barrenación de exploración, relacionado con una disponibilidad del recurso humano menor a la esperada.

En el departamento de planeación se detectó falta de topografía, lo que en ocasiones lleva a la realización incorrecta de las obras de preparación y desarrollo. En el departamento de mina se analizó el plan de minado, cuyas metas son bastante asequibles, sin embargo, la falta de capacitación por parte del personal, tiende a derivar en voladuras con baja eficiencia (chocolones muy marcados, contrapozos como obras de producción, error al distinguir la mena de la ganga, malas prácticas y contaminación de la ley del mineral), así como en la no detección de la necesidad de mantenimiento preventivo a los equipos, lo que satura al taller de mantenimiento mecánico, disminuyendo considerablemente la disponibilidad mecánica y, por ende, la productividad.

La capacitación es un problema que aqueja en toda la operación, pero sus repercusiones más marcadas se encuentran en mina y en la planta de concentración gravimétrica, donde no hay medidores para controlar los parámetros y, a su vez, los trabajadores desconocen esos indicadores para el óptimo funcionamiento del circuito. Esto se refleja en la inadecuada clasificación granulométrica del mineral molido, que en conjunto con la inadecuada adición de medios de separación o de flujo de agua, disminuye la eficacia de los jigs Hazard, manteniendo recuperaciones muy por debajo de la óptima que la literatura indica.

Esta falta de control, debe su origen a la inexistencia de un encargado capacitado en materia de concentración gravimétrica, cuyos conocimientos sean aplicados desde el momento de definir el compósito y hasta el control del caudal del agua como de la presencia de impurezas para cumplir con los requerimientos de las normas o grados de pureza que requiere la barita.

Es por ello que, se definió que con las condiciones de equipo y maquinaria disponibles actualmente es posible minar y procesar una mayor cantidad de mineral de barita, siempre y cuando se cuide el cumplimiento de los criterios de extracción, los parámetros de procesamiento, para lo cual se debe capacitar al personal.

A su vez, es para asegurar la disponibilidad mecánica, se deben establecer en este y todos los departamentos metodologías de planeación y control para poder observar avances en las prácticas establecidas. Indirectamente, se llegó a conocer la problemática de seguridad que resulta muy latente, para lo cual, también se definieron los lineamientos que deben considerarse si no lo hacían o revisarse para dar cumplimiento a la normativa, pero, más allá de eso, velar por la salvaguarda del bienestar de las personas que laboran ahí.

Las estrategias planteadas a lo largo del presente trabajo se presentan de manera puntual y completa, las medulares para este trabajo fueron desarrolladas a lo largo de los capítulos, sin embargo también podrán observarse algunas que son meramente enunciativas y requieren desarrollo, el cual no fue incluido no por omisión, sino por los alcances de este trabajo.

A criterio propio, antes de comenzar el desarrollo de este trabajo, se consideró indispensable averiguar si el mercado de la barita era rentable y si tenía futuro, pues, partiendo de ello, se puede definir la viabilidad de realizar una inversión de capital, ya sea propio o prestado, para adquirir tecnologías que permitan sistematizar la operación, elevar el índice de seguridad, disminuir el riesgo de fallo, reducir el costo del mantenimiento correctivo que implican equipos deteriorados.

De dicho análisis se puede concluir que el mercado de la barita es amplio, siendo su principal cliente la industria petrolera, con quien presenta un mercado cautivo, el cual, a nivel nacional, los productores de barita no logran satisfacer, por lo que hay que echar mano de importaciones.

Estas importaciones hasta hace un par de años venían generando una balanza negativa, lo cual indica que si la producción de Baramin S.A. de C.V. aumenta, no llevará a un desplome en el precio, pues si existen consumidores interesados y apenas estaría dando abasto. Cabe destacar que para 2013, la balanza comercial fue positiva, lo cual viene dado por el afloramiento de productores de barita en estados que tradicionalmente no eran extractores a pesar de contar con ella, como es el caso de Sonora, Coahuila y hasta Zacatecas.

Por lo cual, para que Baramin siga encabezando la lista de minas productoras de este mineral, deberá invertir en las correcciones necesarias para que su operación sea óptima, y, considerando los análisis de factibilidad y estados de resultados realizados a las condiciones actuales y a las condiciones que se establecieron en este proyecto, ese capital de inversión podrá cubrir eficazmente un préstamo para la modernización requerida.

En conclusión, de las 256 [ton/día] de concentrado programadas por Baramin S.A. de C.V., es habitual que solo se concentraran 212 [ton/día], aprox. un 21 % menos, debido principalmente a que apenas se extraen cerca de la mitad de las toneladas requeridas de mina, 342 [ton/día] y a que la concentración gravimétrica ronda una recuperación del 46 %, cuando la teoría indica que puede ser entre 65 al 85 % [SME; Industrial Mineral and Rocks; p. 437].

Es por ello que al controlar los parámetros de los equipos de planta, se fijó alcanzar una meta conservadora del 58.5 % de recuperación en peso, para lo que la extracción programada en mina de 627 [ton/día] requeriría aumentar a 855 [ton/día], un 36 % más, del cual, un 10 % estaría cubierto si los cholones se redujeran de 30 [cm] promedio a un máximo de 10 [cm]. El porcentaje restante se podrá obtener al contar con mayor disponibilidad mecánica por parte de los equipos y, al contar con la información que arroje la campaña de barrenación a diamante, poder definir un rebaje más de explotación, ya sea mediante corte y relleno o tumba sobre carga.

Finalmente, se considera que esta unidad tiene promisorias posibilidades de crecer mediante la estabilización de su producción, la implementación de estándares de calidad, pasando de mediana minería a gran minería.

Bibliografía

SGM; Panorama Minero del Estado de Nuevo León, 2012.

Ley Minera.

Dana, J.; Mineralogía.

Cummins, B. Arthur; Mining Engineering Handbook; 1976.

Hartman, H.L.; SME-Mining Engineering Handbook; 1992.

Coordinación General de Minería; Perfil de Mercado de la Barita, 2012 y 2013.

López-Aburto, Víctor Manuel; Fundamentos para la explotación de minas; UNAM.

López-Aburto, Víctor Manuel; Elementos para la explotación de minas subterráneas; UNAM.

López-Aburto, Víctor Manuel; Principios básicos en los procesos para la concentración de minerales; UNAM.

Industrial Mineral and Rocks, p. 427 – 441.

Mesografía

<http://www.economia-dgm.gob.mx/cartografia/>

Sistema de Información Empresarial Mexicano - www.siem.gob.mx

http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_barita_1013.pdf

<http://www.brokk.com/>

Referencias

- [1] Panorama Minero del Estado de Nuevo León del SGM.
- [2] <http://www.economia-dgm.gob.mx/cartografia/>
- [3] Sistema de Información Empresarial Mexicano - www.siem.gob.mx
- [4] Mineral Data Publishing.
- [5] SGM - Análisis por elemento.
- [6] Departamento de Calidad, Salud, Seguridad Industrial y Medio Ambiente (QSSIMA).
- [7] Perfil de Mercado de la Barita, Coordinación General de Minería, Dirección General de Desarrollo Minero, 2012, 2013, 2014.
- [8] Fundamentos para la explotación de minas; López-Aburto, Víctor Manuel; UNAM.
- [9] Panorama Minero del Estado de Coahuila del SGM; Panorama Minero del Estado de Sonora del SGM.
- [10] Manifestación de Impacto Ambiental por cambio de uso de suelo en el predio minero propiedad de la empresa Baramin, S.A. de C.V. – Proyecto: “Actividad de exploración con máquina de perforación a diamante desde superficie en los proyectos NE y SW, La Puerta y Brasil, Cerro Blanco y La Osa del Oso”.
- [11] Información de campo.
- [12] Manual para la selección de métodos de minado; López-Aburto, Víctor Manuel; UNAM.
- [13] Smith-Aguilar, Arturo Eduardo, Justificación económica del tunel "As de oros", Capítulo 4, <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/12171/Capitulo4.pdf>
- [14] Cummins, Underground Mining Systems and Equipment, Hand Book, SME Editor, 1973.
- [15] Hustrulid, W.A., Kennedy, Bruce; “Underground Mining Methods, Hand Book”, SME Editor, 1982.
- [16] <http://www.brokk.com/>
- [17] Tarbuck E.J.; Ciencias de la Tierra, Prentice Hall, 2005.
- [18] Kelly, E.G., Introducción al procesamiento de minerales, 1990.
- [19] Página web Baramin S.A. de C.V.: Ubicaciones - <http://www.baramin.mx/>
- [20] Google Earth, 2014.
- [21] Página web de CFE –

http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_industria.asp?Tarifa=HM&Anio=2014&mes=4

[22] Con información de: Baramin S.A. de C.V., Estudio geológico, 2013.

[23] Obtenido a partir de los datos del Banco de México, disponibles en <http://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF373§or=6&locale=es>

[24] El Financiero, Prevén auge de barita en Nuevo León, 2015-03-16, <http://www.elfinanciero.com.mx/monterrey/preven-auge-de-barita-en-nuevo-leon.html>

[25] El Financiero, Zacatecas impulsará exploración de mineral de barita, 2015-01-04 <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/zacatecas-impulsara-exploracion-de-mineral-barita.html>

[26] Con información de: Baramin S.A. de C.V., Estudio metalúrgico, 2011.

[27] <http://www.geocities.ws/ivanmet1/concentracion.html>

[28] Procesamiento de minerales industriales