



UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y MINAS

PROGRAMA INGENIERÍA DE MINAS

MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES EN SAMSA/MINA LA

HERRADURA DE FRESNILLO PLC

Presentado por: **Luis Manuel Corella Parra**

Hermosillo, Sonora

Junio de 2018

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil y Minas
Academia de Operaciones Mineras

21 de mayo de 2018.

P.I.M. LUIS MANUEL CORELLA PARRA

Presente.-

Por este conducto le informo que después de presentar ante los miembros de la **ACADEMIA DE OPERACIONES MINERAS**, su solicitud de aprobación del Tema: **MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES EN SAMSA/ MINA LA HERRADURA DE FRESNILLO**, que usted propone para obtener el título de **INGENIERO MINERO**, me es grato hacer de su conocimiento que hemos acordado **APROBAR** la propuesta que nos ha enviado, a fin de brindarles la oportunidad de presentar su Examen Profesional según lo establecido por la normatividad vigente.

Asimismo, les informo que la Academia Revisora quedó integrada como sigue:

DIRECTOR:	M.C. FRANCISCO MIGUEL OLIVER OCAÑO
ASESOR:	DR. SERGIO ALAN MORENO ZAZUETA
ASESOR:	M.A. MANUEL EMILIANO QUIROZ JUÁREZ

Aprovecho la oportunidad para desearle el mayor de los éxitos y solicitarle su mejor esfuerzo para el bien del trabajo académico de nuestra institución.

ATENTAMENTE,
"EL SABER DE MIS HIJOS HARÁ MI GRANDEZA"

DR. SERGIO ALAN MORENO ZAZUETA
PRESIDENTE DE ACADEMIA



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil y Minas
Academia de Operaciones Mineras

12 de junio de 2017.

P.I.M. LUIS MANUEL CORELLA PARRA

Presente.-

Por medio de la presente, informo a usted que después de analizar su solicitud de aprobación del Tema de: **MEMORIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES EN SAMSA/ MINA LA HERRADURA DE FRESNILLO PLC**, hemos tenido a bien emitir un dictamen satisfactorio del contenido del mismo, después de revisar cuidadosamente el trabajo desarrollado y verificar que los objetivos propuestos se hayan alcanzado, según lo establecido con anterioridad.

Por tal motivo, la Comisión extiende su autorización para proceder a la edición e impresión final del documento y, posteriormente, presentar el examen profesional en la fecha que de común acuerdo se convenga.

A T E N T A M E N T E,
"EL SABER DE MIS HIJOS HARÁ MI GRANDEZA"

DR. SERGIO ALAN MORENO ZAZUETA
PRESIDENTE DE ACADEMIA

M.C. FRANCISCO MIGUEL OLIVER OCAÑO
PRESIDENTE DEL JURADO
(DIRECTOR)

DR. SERGIO ALAN MORENO ZAZUETA
SECRETARIO DEL JURADO
(ASESOR)

M.A. MANUEL EMILIANO QUIROZ JUÁREZ
VOCAL DEL JURADO
(ASESOR)

INDICE

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE TABLAS	2
1. INTRODUCCION.....	3
2. ORGANIGRAMA.....	4
3. OBJETIVOS.....	4
4. DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD	5
5. DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE	7
6. DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA.....	8
6.1 Función del geólogo de mina.....	9
7. DEPARTAMENTO DE PLANEACION.....	10
7.1 Funciones del planeador a largo plazo.....	10
7.2 Funciones de planeador a corto plazo.....	10
7.3 Objetivo de los planes a largo plazo	10
7.4 Objetivo de los planes a corto plazo	11
7.5 Liberación de polígonos.....	11
7.6 Reportes	13
8. Departamento de topografía	15
8.1 Tipos de barrenacion.....	20
8.2 Diseño de Rampas.....	23
9. Departamento de voladuras/Servicios y asesorías para la minería S.A. de C.V. (SAMSA)	25
9.1 Diseño de voladura	25
9.2 Calculo del bordo.....	26
9.3 Relación de rigidez	27
9.4 Calculo del espaciamiento	28
9.5 Calculo del taco.....	28
9.6 Calculo de la sub barrenación	29
9.7 Tumble	29
9.8 Longitud del barreno.....	30

9.9 Longitud de carga	30
9.10 Resumen de diseño	30
9.11 Tiempos.....	33
9.12 Secuencias de encendido.....	34
10. Análisis de las experiencias adquiridas	37
11. Conclusiones y recomendaciones.....	38
12. Apéndice.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación mina La Herradura	3
Figura 2.- Organigrama	4
Figura 3.- Plano geológico de la unidad.....	9
Figura 4 Generación de polígonos	12
Figura 5.- Reporte de áreas	13
Figura 6.- Reporte de áreas voladas	14
Figura 8 Reporte de áreas por rezagar.....	15
Figura 9.- GPS topográfico utilizado en todos los procesos topográficos.	16
Figura 10 y 11.- Levantamiento de plantilla de barrenación.....	17
Figura 12.- Croquis del diseño de plantilla terminado.	17
Figura 13.- Croquis de polígonos.....	18
Figura 14.- Colocación de estacas en campo.	19
Figura 15.- Escáner Maptek.	20
Figura 16.- Dimensiones de barrenación en tresbolillo.....	21
Figura 17.- Barrenación de pre corte.....	22
Figura 18.- Verde: pre corte, amarillo: amortiguada, naranja: producción.....	23
Figura 19.- Vista aérea de rampa.	24
Figura 20.- Control de rampas.....	24
Figura 21.- Nomenclatura del banco.	25
Figura 22.- Imagen izquierda: secuencia frontal comúnmente utilizada en plantillas con barrenación en tresbolillo, imagen de la derecha: secuencia en echelón.	34
Figura 23.- Plantilla con secuencia en echelón.	35
Figura 24 Plantilla de apertura de banco.....	36
Figura 25.- Plantilla con distintos tipos de barrenación.	40
Figura 26.- Voladura especial dividida en tres partes.	40
Figura 27.- Mala distribución de fuerzas causando sobre tamaño.	41
Figura 28.- Esponjamiento de material después de voladura.....	41
Figura 29.- Distribución de fuerzas correcta.....	42
Figura 30.- Voladura.	42

Figura 31.- Cargado de material con palas 6060 y camiones 785, 793.....	43
Figura 32.- Área de trabajo en mina cielo abierto, unidad La Herradura Fresnillo plc.	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Leyes de mineral	12
Tabla 2 relación de rigidez.....	27
Tabla 3 Cargado de barrenos dependiendo su longitud.....	31
Tabla 4 Porcentajes de mezcla heavy ANFO.....	322

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación. 1.-Bordo.....	¡Error! Marcador no definido.	6
Ecuación. 2.-Relacion de rigidez.....	¡Error! Marcador no definido.	7
Ecuación. 3.-Espaciamiento en instantanea		28
Ecuación. 4.-Espaciamiento con retardo		28
Ecuación. 5.-Taco.....		28
Ecuación. 6.-Sub barrenación.....		29
Ecuación. 7.-Longitud del barreno.....	¡Error! Marcador no definido.	0
Ecuación. 8.-Longitu de carga.....	¡Error! Marcador no definido.	0

1. INTRODUCCION

Las prácticas profesionales son un tipo de entrenamiento profesional el cual permite ejercitar las capacidades y conocimientos adquiridos en clase; diseñando y aplicando nuevos proyectos para evaluar sus resultados, determinando si se requiere una nueva acción o el seguimiento de un mismo procedimiento.

El siguiente reporte contiene información obtenida del día 08 de Enero de 2018 al 03 de marzo de 2018, donde se trabajó junto con la empresa SAMSA dedicada al servicio al barreno en mina la herradura de fresnillo PLC, localizada en el municipio de H. Caborca, Sonora (figura 1), siendo este un yacimiento mesotermal de oro.

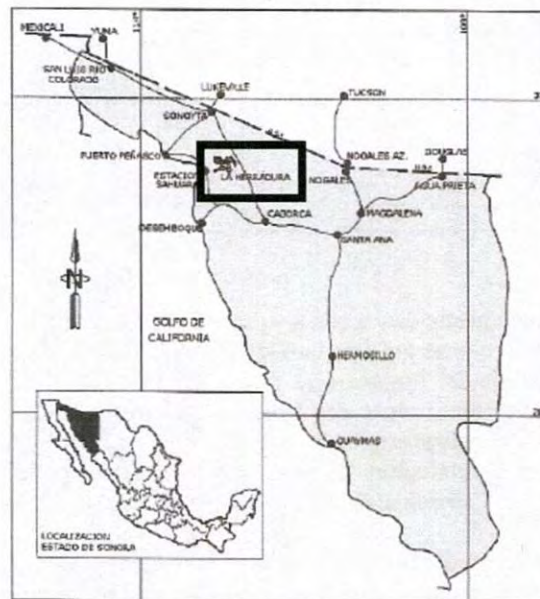


Figura 1.- Ubicación mina La Herradura

2. ORGANIGRAMA

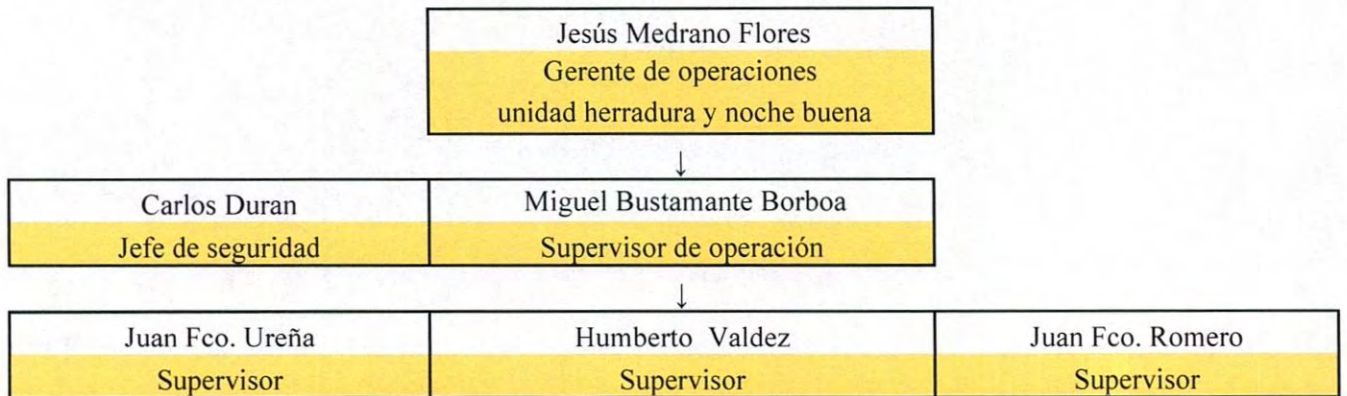


Figura 2.- Organigrama

3. OBJETIVOS

Aproximar al estudiante a un ambiente laboral-profesional donde pueda practicar y desarrollar sus capacidades y aptitudes adquiridas durante su formación; aplicando, diagnosticando y evaluando situaciones reales en una organización.

4. DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD

Fresnillo sigue los lineamientos de salud y seguridad en el trabajo de la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial de la Salud para desarrollar nuestras políticas y programas del lugar de trabajo.

Cada mina tiene una comisión de salud y seguridad, quienes dan seguimiento y revisan el cumplimiento, proporcionando capacitación continua a través de programas tales como el Programa de Prevención de Enfermedades de Trabajo, el Programa de Conductas de Seguridad, el Programa de Seguridad para Facilitadores, Administración de Materiales Peligrosos, además de Primeros Auxilios.

4.1 Curso de inducción

Al ser contratado por mina o algún contratista relacionado para cualquier tipo de servicio que se deba realizar en mina, se ocupa de una inducción en la cual se presentan a grandes rasgos lo que se hace en la unidad minera, su historia, procesos y su relación con la localidad y medio ambiente. Principalmente se enfocan en la seguridad, lo más importante en cualquier actividad a realizar, ya que nosotros como personas somos la materia más importante para la empresa y no somos reemplazables como una maquinaria.

Cualquier obra conlleva un peligro y este puede dañar tanto a nosotros como a los que nos rodea, siguiendo una reacción en cadena terminando por afectar a la empresa en sí y para poder evitar estos accidentes necesitamos conocer los procedimientos, normas y reglas de seguridad que salvan vidas generales que todo trabajador independientemente de su área de trabajo debe conocer.

El curso de inducción tiene una duración de aproximadamente 5 horas, en las cuales mencionan las reglas más importantes de la empresa, las cuales al no cumplirlas se pone en riesgo a perder algo más importante que nuestro trabajo, nuestras vidas; con la ayuda de material visual (videos, imágenes), muestran accidentes producidos por no cumplir el procedimiento adecuado en una actividad, lo que termina en un accidente el cual puede ser fatal. Otro punto importante en el curso de inducción, fue el énfasis en el cuidado al medio ambiente, siendo esta unidad una empresa social y ambientalmente responsable.

Al término del curso se presenta un examen de lo enseñado en el curso, el cual de no aprobarse, no se permitirá el acceso a la mina hasta ser aprobado.

4.2 Uso del EPP

El equipo de protección personal (EPP), es lo primero que se menciona en relación a seguridad, ya que trabajar sin el equipo adecuado es un riesgo elevado en contra de uno mismo, por lo que antes de acceder a la unidad, incluso aunque no sea para trabajar directamente en el tajo, se necesita usar el EPP mínimo (Botas con casquillo, casco, chaleco de seguridad) para prevenir cualquier accidente.

En el interior del tajo, el equipo de seguridad que se vaya a utilizar, dependerá del área de trabajo al cual sea asignado, por ejemplo, en el caso del área de voladuras sería: botas de seguridad, uniforme de la empresa, chaleco, casco, lentes de seguridad, guantes, cubre bocas/respirador, tapones para oído.

5. DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE

El objetivo de este departamento, es limitar el impacto ambiental de sus operaciones en todo el ciclo de vida, minimizando el uso de recursos no renovables e invirtiendo en conservación. El cuidado del medio ambiente es fundamental para la aceptación social de los proyectos mineros. Se monitorea continuamente el desempeño y respuesta de la administración con respecto a desafíos ambientales que se presenten.

- Energía: Reducir el consumo unitario de energía
- Agua: Reducir el consumo unitario de agua dulce mediante la reutilización de la misma
- Emisiones: Contener polvos y minimizar las emisiones de CO2 unitarias de fuentes de energía indirectas
- Desechos: Maximizar la tasa de reutilización de materiales peligrosos y garantizar su contención adecuada
 - Desechos mineros: Incluye roca o suelo que recubre un depósito mineral, la roca o mineral que se produce con el depósito mineral, pero carente de valor comercial o la concentración está por debajo de la ley de corte y no puede ser procesado económicamente. La mayoría de los desechos mineros se transportan y depositan en tepetateras para almacenamiento permanente; una parte de los escombros se utiliza bajo tierra en operaciones de corte y relleno.
 - Desechos de procesamiento: Se refiere a la parte del mineral considerada muy pobre para ser procesada. Los jales son el desecho de procesamiento del beneficio. En algunas de nuestras operaciones, los jales se consideran como residuos que pueden

servir como suministros para las plantas de procesamiento de jales para la recuperación posterior de metales.

- Desechos metalúrgicos: Se refiere a las presas de mineral gastado y los jales producidos por lixiviación en patios y lixiviación dinámica. El uso de una membrana impermeable en los patios y jales evita la filtración a las aguas subterráneas.
- Desechos no minerales: Son manejados más comúnmente a través del reciclaje, tratamiento fuera del sitio y desecho. Los desechos peligrosos están sujetos a regulaciones estrictas por las autoridades mexicanas en nuestras propias instalaciones de almacenamiento y en instalaciones de recepción de desechos peligrosos.
- Biodiversidad: Minimizar las afectaciones a la flora y fauna endémicas en nuestros terrenos, mitigar cualquier impacto a través de esfuerzos de conservación, reubicación y reforestación

6. DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

La mina Herradura, es un gran depósito de oro controlado por fallas inversas activas, formado por vetas mayores a 20 centímetros y buzamiento mayor a 60°, vetillas con buzamiento menor a 50°. Las vetas y vetillas están compuestas principalmente de gneis cuarzo feldespático y rara vez con gneis biotita (figura 3), esta mineralización fue causada por un evento hidrotermal del tipo mesotermal.

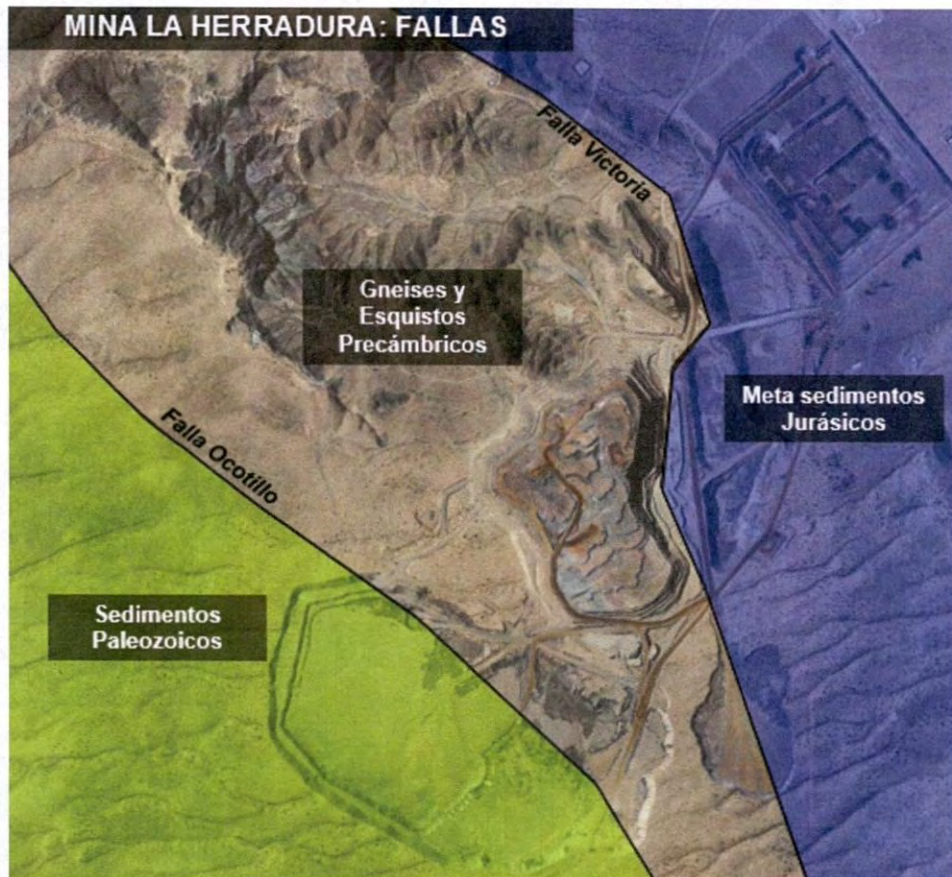


Figura 3.- Plano geológico de la unidad

6.1 Función del geólogo de mina

Analizar las muestras en campo y laboratorio, además de las estructuras geológicas (seguimiento de fallas y tipo de rocas). El análisis de muestras en campo es solo para verificar si hay o no mineral en la zona y se realiza al momento de terminar la barrenación, examinando el detritus, cuando estas muestras se llevan al laboratorio es para conocer el contenido de minerales y la ley aproximada.

6.2 Muestreo

El muestreo se realiza después de la barrenación de la plantilla, estas son tomadas del detritus acumulado alrededor del barreno donde se toman 15 kg de muestra de cada punto para enviar a laboratorio. Las bolsas que contienen las muestras son etiquetadas en base a la numeración que realizo topografía en el diseño de plantillas, para el momento de subir la información obtenida de la muestra sea asignada al punto correcto.

7. DEPARTAMENTO DE PLANEACION

7.1 Funciones del planeador a largo plazo

Es el responsable de elaborar los diseños o planes sobre el futuro de vida de la mina, relacionados con los objetivos del planeador a corto plazo, comprendiendo análisis de acarreo, avances del diseño y reportes volumétricos del final del mes, además de la operación de la mina con contratistas.

7.2 Funciones de planeador a corto plazo

Es el encargado del diseño de planes diarios, semanales o mensuales con la ayuda del planeador de largo plazo, estos también llevan una coordinación con el equipo de mantenimiento y planta para la mejor optimización de recursos y lograr todas las metas consideradas.

7.3 Objetivo de los planes a largo plazo

Optimizar los recursos de la empresa, maximizando los recursos y reduciendo los costos de operación, para obtener el mayor beneficio económico entre la compañía y el equipo de trabajo.

7.4 Objetivo de los planes a corto plazo

Optimización de los recursos de operación día con día, de acuerdo a las necesidades de operación.

7.5 Liberación de polígonos

El área de topografía diseña las plantillas de barrenación y las distribuye a los diferentes departamentos de mina; con esta información, el área de geología recolecta sus muestras y los resultados obtenidos son ingresados a la plataforma de la unidad. Los datos son procesados por planeación para la evaluación de polígonos (figura 4); Estos son áreas que delimitan zonas de ley (tabla 1) y su creación es simplemente para la separación de materiales al momento de cargado y acarreo, además de facilitar los cálculos de tonelaje/volumen por ley.

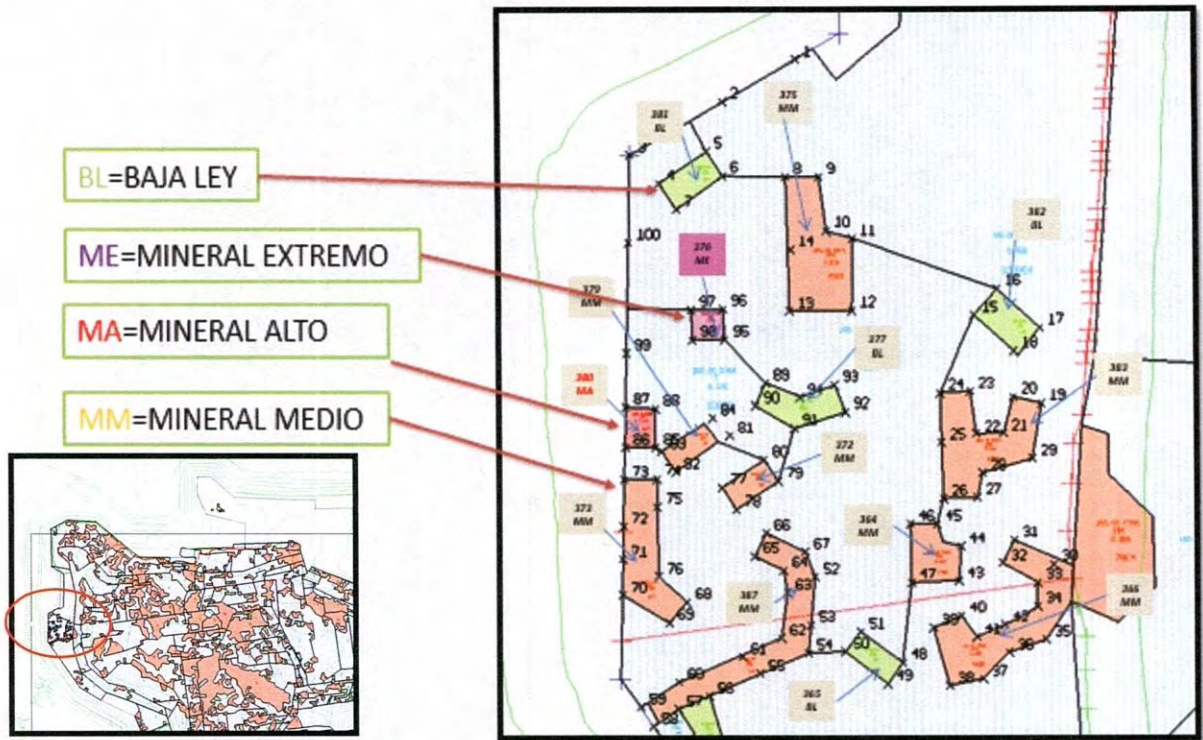


Figura 4 Generación de polígonos

Tabla 1.- Leyes de mineral

Leyes de óxidos	
Tepetate	0 – 0.2 gr/ton
Baja ley	0.2 – 0.25 gr/ton
Media ley	0.25 – 0.93 gr/ton
Ley extrema	0.93 – 999 gr/ton
Leyes de sulfuros	
Tepetate	0 – 0.2 gr/ton
Baja ley	0.2 – 0.3 gr/ton
Media ley	0.3 – 0.8 gr/ton
Ley extrema	0.8 – 999 gr/ton

7.6 Reportes

Estos se realizan en diferentes lapsos de tiempo, desde semanal hasta anual y su función es analizar los resultados del avance en los diferentes frentes del proyecto.

La unidad tiene que cumplir con el presupuesto acordado del año (cantidad de mineral procesado al mes), por lo que si el resultado del reporte mensual no es un aproximado a la proyección se harán cambios en la operación.

En 2018 el presupuesto de mineral es de 575,000 onzas, lo que al mes serian 48,000 onzas aproximadamente

Ejemplos de reportes:

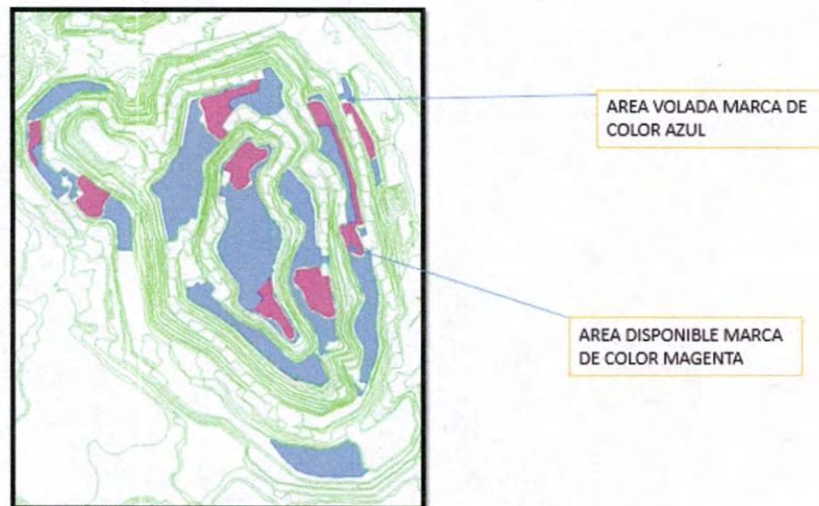
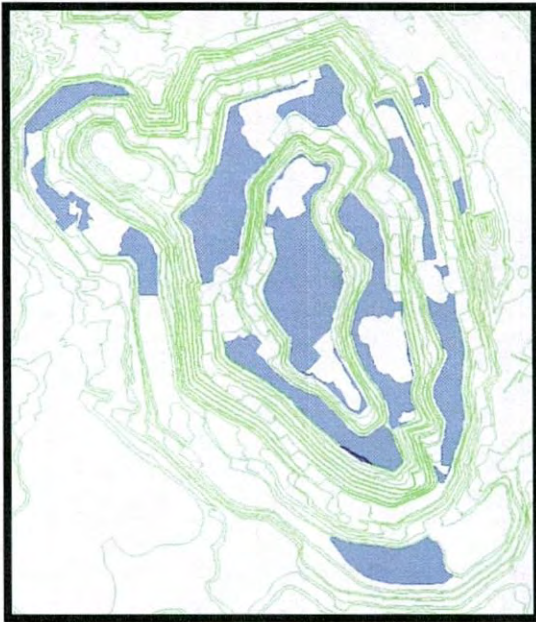


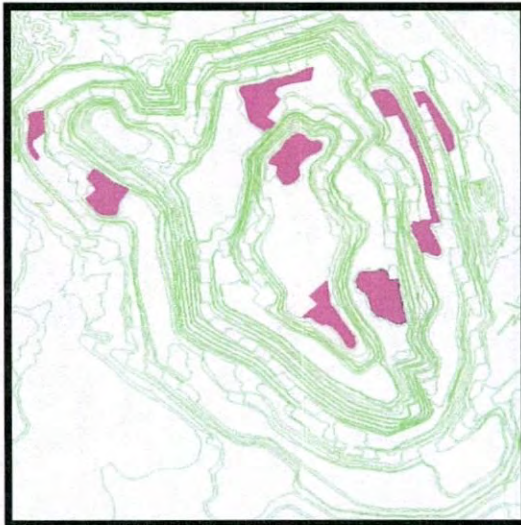
Figura 5.- Reporte de áreas



Summary of Tonnage Calculation
 DIG Object: TUMBE_al_030915
 Total polygons: 23
 Density: 2.50

Bench_Base	Area (K)	Volume (K)	Tonnage (ktons)
144.000	30	237	593
136.000	26	204	510
128.000	92	735	1,839
72.000	2	12	31
64.000	59	472	1,181
56.000	25	200	500
-8.000	105	838	2,096
-16.000	34	270	675
-32.000	79	632	1,580
-40.000	1	8	21
-48.000	70	563	1,408
-104.000	6	48	121
-112.000	138	1,100	2,751
TOTAL	665	5,322	13,305

Figura 6.- Reporte de áreas voladas



Summary of Tonnage Calculation
 DIG Object: AREA DISPONIBLE PARA BARRENAR_030915
 Total polygons: 8
 Density: 2.50

Bench_Base	Area (K)	Volume (K)	Tonnage (ktons)
136.000	10	76	191
128.000	12	97	241
120.000	22	175	438
56.000	36	287	717
-16.000	33	264	659
-40.000	32	256	639
-112.000	21	170	425
-120.000	27	215	536
TOTAL	192	1,539	3,847

Figura 7.- Reporte de áreas disponibles para barrenar.

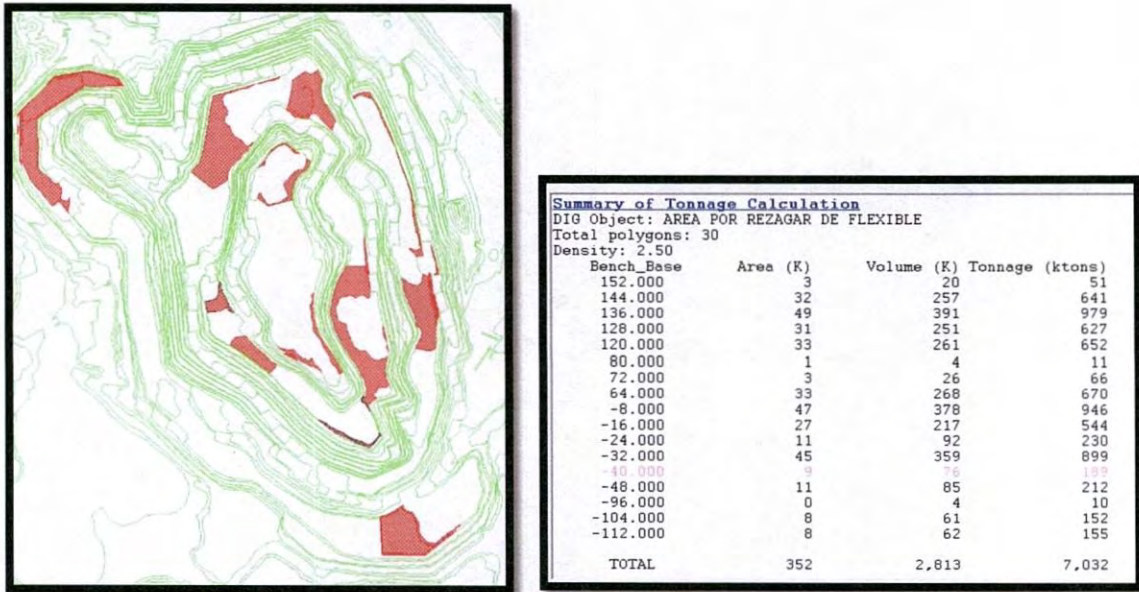


Figura 8 Reporte de áreas por rezagar.

8. Departamento de topografía

Los levantamientos topográficos se realizan todos los días, antes y después de una voladura para delimitar zonas y llevar un control con los niveles del tajo por medio de GPS (figura 9), marcación de plantilla de barrenación en físico para conseguir las coordenadas exactas de cada barreno, levantamientos en cada frente de ataque y escaneos en todo el tajo para calcular avances. Cuadrillas de topógrafos se reparten por todo el tajo en equipos: barrenación, escaneo/avance y polígonos.



Figura 9.- GPS topográfico utilizado en todos los procesos topográficos.

Barrenación se encarga de marcar los puntos de los barrenos diseñados en topografía físicamente en el área (figura 12). El procedimiento es simple, tres personas toman una cinta en forma triangular con las medidas del bordo y espaciamiento colocando una roca en cada vértice, esta roca indica a una perforadora la ubicación del barreno. Mientras el grupo termina la plantilla, otra persona levanta la posición de cada barreno con el equipo GPS obteniendo sus coordenadas exactas utilizadas después en procesos del departamento de topografía (figura 10 y 11).



Figura 10 y 11.- Levantamiento de plantilla de barrenación.

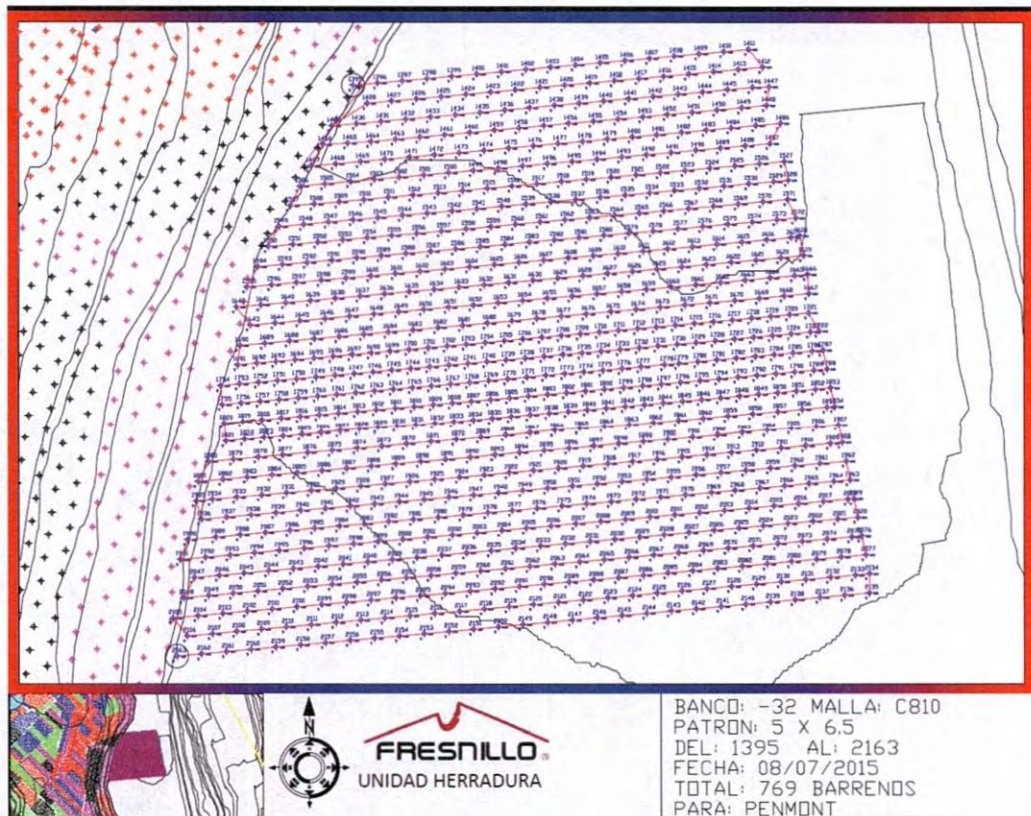


Figura 12.- Croquis del diseño de plantilla terminado.

Los polígonos delimitan las áreas de extrema/alta, media y baja ley por medio de croquis y coordenadas mandados del área de planeación y topografía (figura 13).

Este procedimiento solo se utiliza en áreas de contratistas ya que ellos no cuentan con equipos de posicionamiento global en su maquinaria; este equipo se coloca en el área volada indicada y con la ayuda del croquis de polígonos creado en planeación, señalan los vértices del polígono con estacas junto con cintas de colores para identificar el tipo de material de cada figura (figura 14).

- Blanco: límite del área de trabajo.
- Azul: tepetate.
- Verde: Baja ley.
- Naranja: Media ley.
- Rojo: Alta ley.
- Magenta: Ley extrema.

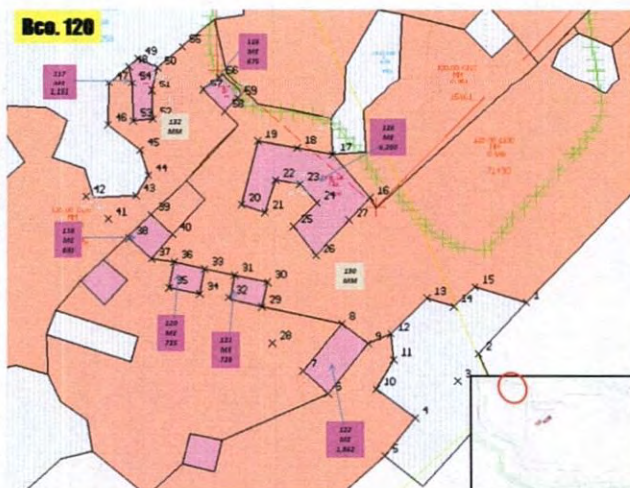


Figura 13.- Croquis de polígonos.



Figura 14.- Colocación de estacas en campo.

El escaneo hace levantamientos con GPS o escáner en todos los frentes de ataque para calcular avances.

EL escáner I-Site 8800 (figura 15) es un dispositivo que toma imágenes y al mismo tiempo crea puntos sobre cada superficie que visa, por lo que al subir los datos al programa topográfico se puede observar toda el área de alcance del equipo (500 metros a 360°) cubierta de puntos con coordenadas, la densidad de puntos puede ser cambiada para tener más exactitud a cambio de más tiempo de operación, es como realizar un levantamiento con GPS pero con mucha mayor facilidad y rapidez.

Se utiliza GPS en casos donde no se pueda completar la operación por tiempo o falta de espacio de trabajo, también cuando el área a levantar es pequeña o aún se está trabajando.



Figura 15.- Escáner Maptek.

8.1 Tipos de barrenación

La barrenación no solo se utiliza para producción, existen distintos usos, pero con ellos cambian sus características.

Producción sigue el diseño en tresbolillo calculado por formulas (6 x 5.5 metros) (figura 16), estas dimensiones permanecen constantes en el tajo.

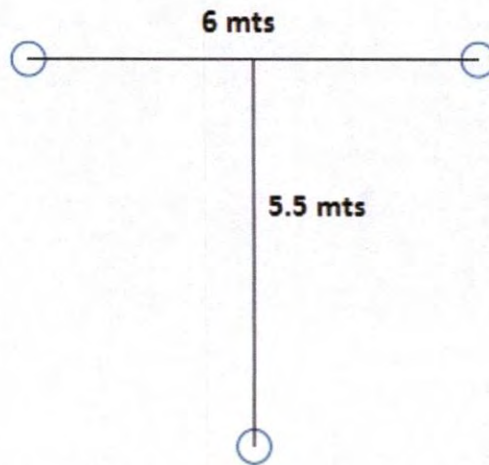


Figura 16.- Dimensiones de barrenación en tresbolillo.

El pre-corte se utiliza para delimitar el área final del banco a trabajar (figura 17), siendo su disparo primero a los demás para evitar daños al talud, sus principales características son su pequeño diámetro, corto espaciamiento, no se utiliza taco ni agente explosivo y solo es una línea de barrenos (1.5 metros entre barrenos). Al momento de la voladura se inician en grupos dependiendo del diseño utilizado, en este caso cada 10 barrenos.



Figura 17.- Barrenación de pre corte.

Los barrenos de amortiguación tienen el mismo diámetro que los de producción, pero sus dimensiones son más pequeñas (4 x 4.5 metros) ya que su función es evitar que la potencia del explosivo dañe al talud y para esto su cargado es menor y más controlado (figura 18). Su detonación es después de la producción.

La barrenación cuadrada solo se usa en casos de apertura de banco, siendo sus dimensiones de 5 x 5 metros.

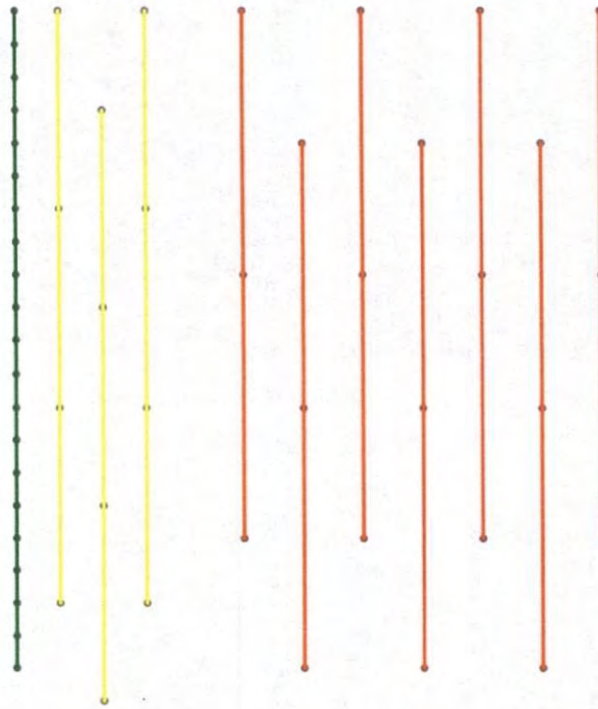


Figura 18.- Verde: pre corte, amarillo: amortiguada, naranja: producción.

8.2 Diseño de Rampas

Los caminos intervienen directamente en el ciclo de minado, ya que dependiendo de su condición puede acelerar o ralentizar el recorrido de un equipo (figura 19). En el caso de las rampas la pendiente más eficiente es del 10%, aumentando este número los equipos de cargado derraparían o simplemente no tendrían la potencia suficiente para subir debido a las grandes cantidades de material que cargan (figura 20).



Figura 19.- Vista aérea de rampa.

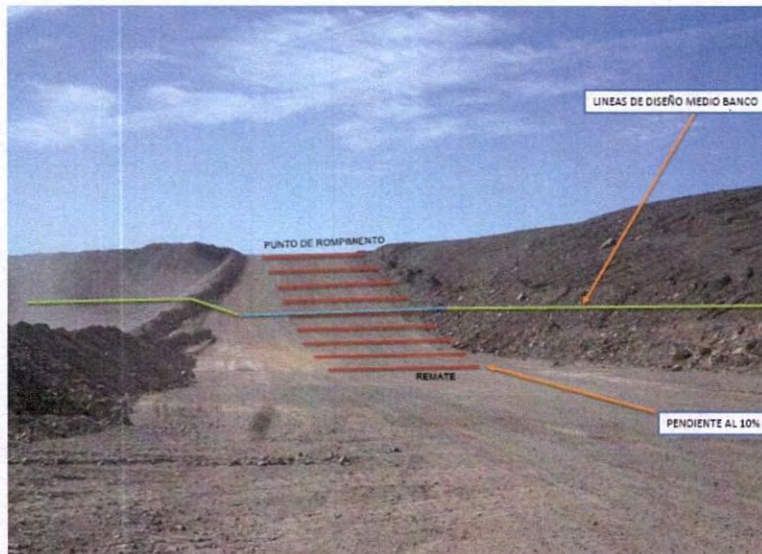


Figura 20.- Control de rampas.

9. Departamento de voladuras/Servicios y asesorías para la minería

S.A. de C.V. (SAMSA)

La unidad no se encarga directamente de explotar el material, de esto se encarga el contratista SAMSA para el control, manejo y detonación de explosivos, así como de asesor minero.

9.1 Diseño de voladura

Elementos del diseño de cargado (Figura 21):

- Bordo (B)
- Espaciamiento (E)
- Taco (T)
- Sub barrenación (SB)
- Altura de banco (H)
- Profundidad del barreno (LB)
- Longitud de la columna de explosivo (LC)

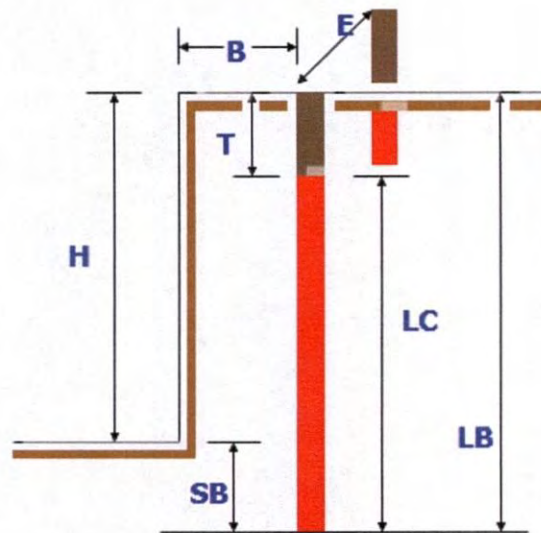


Figura 21.- Nomenclatura del banco.

9.2 Calculo del bordo

$$B = (2 \text{ de/dr} + 1.5) \text{ Db} \dots \dots \dots \text{ Ecuación. 1}$$

Donde:

B= Bordo, metros.

de = densidad del explosivo gr/cm^3

dr= Densidad de la roca, gr/cm^3

Db = diámetro del barreno, pulgadas

Sustituyendo los valores en la ecuación 1

$$B = 0.012(2*0.80/2.5+1.5)216$$

$$B = 5.5, \text{ metros.}$$

Altura de banco =8.0 metros.

Diámetro de barreno =216 mm.

Densidad de roca = 2.5 gr/cm^3

Densidad alto explosivo =1.1 gr/cm^3

Densidad agente explosivo = 0.80 gr/c^3

9.3 Relación de rigidez

$$R_r = H/B \dots \dots \dots \text{Ecuación. 2}$$

Datos:

H = 8.0 m.

B = 5.5 m.

Sustituyendo los valores en la ecuación 2

$$R_r = 8/5.5 = 1.45$$

Tabla 2.- relación de rigidez.

Relación de Rigidez	Fragmentación	Golpe de Aire	Roca en Vuelo	Vibración
1	Pobre	Severo	Severo	Severo
2	Regular	Regular	Regular	Regular
3	Buena	Buena	Bueno	Bueno
4	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

9.4 Calculo del espaciamiento

Instantánea $E = (2B + H)/3$ $E = 2B$Ecuación. 3

De retardo $E = (7B + H)/8$ $E = 1.4B$Ecuación. 4

Donde:

E = Espaciamiento, m.

B = Bordo, m.

H = Altura de Banco, m.

Datos:

$$Rr \geq 4$$

$$H = 8.0 \text{ m.}$$

$$B = 5.5 \text{ m.}$$

$$E = 1.4B \quad E = (7B + H)/8$$

Secuencia Retardada

$$E = (7(5.5) + 8)/8$$

$$E = 6 \text{ m.}$$

9.5 Calculo del taco

$$T = B \text{..... Ecuación. 5}$$

$$T = 5.5 \text{ m}$$

9.6 Calculo de la sub barrenación

$$S_b = 0.3 B \dots \dots \dots \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

S_b = Sub barrenación, m.

B = Bordo, m.

$$S_b = 0.3 \times 5.5$$

$S_b = 1.6 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ m}$ Por la altura del banco y facilidad de operación se dejó en 1 metro

9.7 Tumbe

B.S.H.D

B = Bordo

S = Espaciamiento

H = Altura del banco

D = Densidad de la roca

$T = 660 \text{ Kg/barreno}$

9.8 Longitud del barreno

$$L_b = H + S_b \dots\dots\dots \text{Ecuación.7}$$

H= Altura del banco

S_b= Sub barrenación

$$L_b = 8 + 1 = 9 \text{ metros}$$

9.9 Longitud de carga

$$L_c = L_b - T \dots\dots\dots \text{Ecuación 8}$$

T= Taco

$$L_c = 9 - 5.5 = 3.5 \text{ m}$$

9.10 Resumen de diseño

Altura de banco = 8.0 metros.

Diámetro de barreno = 216mm.

Densidad de roca = 2.5 gr /cc

Densidad alto explosivo = 1.1g/cc

Densidad agente explosivo = 0.80g/cc

Bordo = 5.5 metros

Relación de rigidez = $8/5.5 = 1.45$

Espaciamiento = 6 m

Taco = 5.5 m

Sub barrenación = 1 m

Longitud del barreno = 9 metros

Longitud de carga = 3.5 metros

Tumbe = 660 Kg/barreno

Kilogramos de explosivo por cada barreno: 145 Kg

Factor de carga = Tumbe total/cantidad de explosivo total

El cargado de barrenos depende del tipo de roca y su ubicación, ejemplo: al estar cerca de voladeros o talud, el taco puede aumentar para disminuir la potencia del explosivo; y al contrario cuando la roca es muy dura el taco disminuye para aumentar la potencia (tabla 3).

Tabla 3 Cargado de barrenos dependiendo su longitud.

Longitud del barreno (metros)	Taco (metros)
9-8-7	5.25
6	4
5	3.5
4	3

El principal explosivo utilizado en esta unidad es heavy ANFO, el cual es una mezcla de nitrato de amonio y emulsión, con un pequeño porcentaje de diésel/aceite que es de 6% aproximadamente. El diésel es más eficiente que el aceite, por su gran costo solo se utiliza en caso de falta de aceite, este es obtenido de la misma maquinaria utilizada en mina.

Los porcentajes de nitrato y emulsión varían en función del terreno y sus condiciones, desde dureza de material hasta presencia de agua (tabla 4).

Tabla 4 Porcentajes de mezcla heavy ANFO.

Condición	Emulsión (%)	Nitrato (%)
Presencia de agua	50	50
Roca blanda	20	80
Normal	30	70

La presencia de agua solo es considerada problemática cuando su altura supera 1 metro dentro del barreno, con la ayuda del equipo de bombeo se extrae el agua hasta una altura controlable y se inserta una bolsa en el barreno, en caso de un relleno de agua o que simplemente su altura es demasiada, se usa el porcentaje 50-50 denominado “alto explosivo” para evitar problemas con la permeabilidad del explosivo. Cuando se tiene medio metro o menos se hace uso de bolsas utilizadas como contenedor del explosivo.

9.11 Tiempos en el diseño de voladura

Se manejan dos tipos de iniciadores dependiendo de la zona a volar, pirotécnicos utilizados en áreas de poca importancia donde la afectación del explosivo sea de poca importancia, y los eléctricos comúnmente utilizados en zonas con mineral por su gran capacidad de control y excelentes resultados.

- Iniciadores pirotécnicos
- Primadet de 18 metros
- Tiempo en cabeza de 9 ms
- Tiempo de fondo 600 ms
- Retardos entre filas de 65 ms
- Iniciadores eléctricos

Los iniciadores electrónicos no tienen tiempos fijos como los pirotécnicos, se programan según el resultado que se requiera.

- Digishot: detonador electrónico
- Blastbox: Detecta los iniciadores automáticamente al conectar con el cable de superficie, por la opción de trazado manual se da tiempo entre barrenos, filas o independientemente a cada barreno con un límite de programación de 300 barrenos; en resumen la blastbox programa y dispara la voladura.
- Bench station: caja que prueba, programa y arma directamente en el banco, se conecta al cable de superficie.
- Base station: solo arma a una distancia segura, se conecta inalámbricamente con una antena.

- Tagger: Etiqueta cada iniciador dándole un número y fila, si el barreno no es etiquetado la blastbox no puede dar comienzo al disparo.

9.12 Secuencias de encendido

La secuencia en echelón es usada en barrenación de tresbolillo para aumentar y uniformar la fragmentación (figura 22), en esta el espaciamiento se duplica y el bordo disminuye a la mitad por lo que los tiempos entre filas aumentan para evitar sobre fragmentación. Pueden usarse iniciadores pirotécnicos o eléctricos, en los primeros los retardos entre filas de 65 ms se conectan cada 3 barrenos, mientras que en los eléctricos pueden cambiarse dependiendo de la zona a volar. La salida siempre es a la cara libre normalmente donde se encuentra la rezaga de voladuras anteriores, los voladeros no se utilizan como cara libre por la pérdida de material que puede causar y bloqueos en caminos (figura 23).

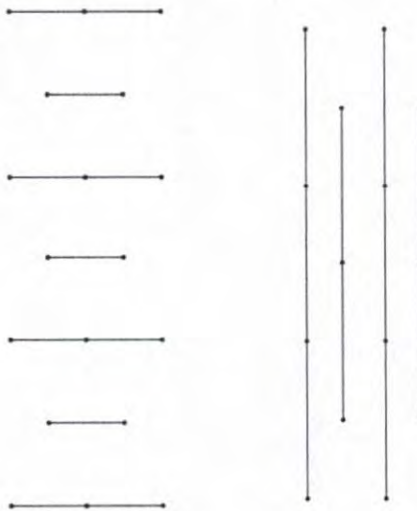


Figura 22.- Imagen izquierda: secuencia frontal comúnmente utilizada en plantillas con barrenación en tresbolillo, imagen de la derecha: secuencia en echelón.

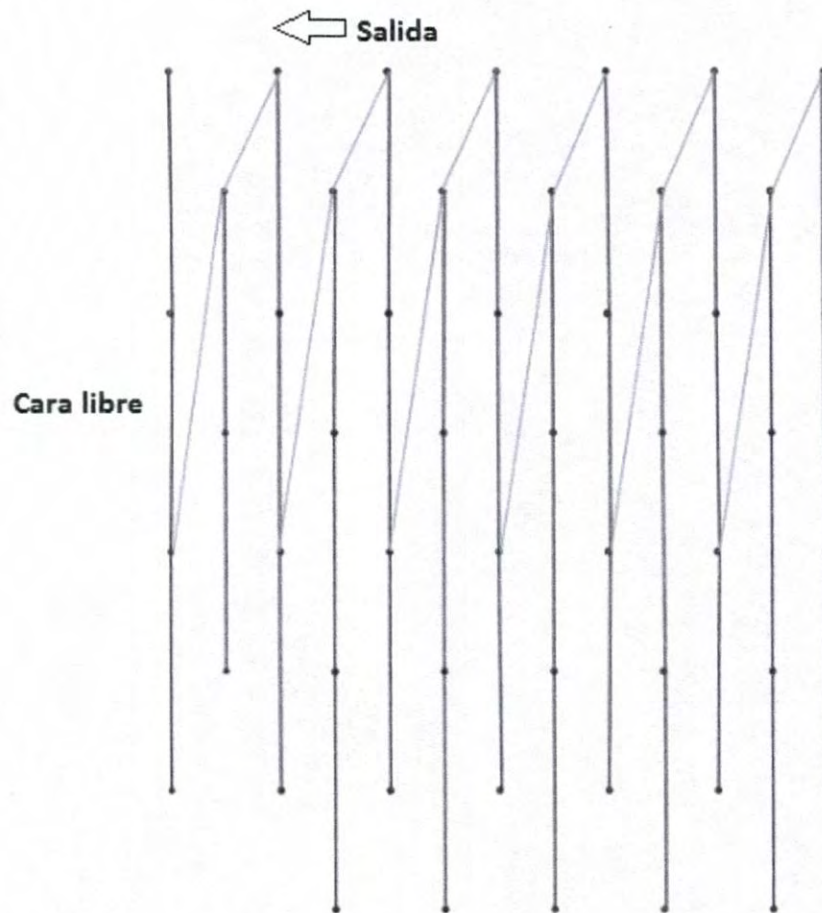


Figura 23.- Plantilla con secuencia en echelón.

Las aperturas son una operación especial en las cuales se utilizan las plantillas cuadradas por falta de cara libre, estas se realizan en zonas amplias para tener área de trabajo y no afectar otras operaciones; su función es simple, crear una cara libre para futuras voladuras alrededor (Figura 24).

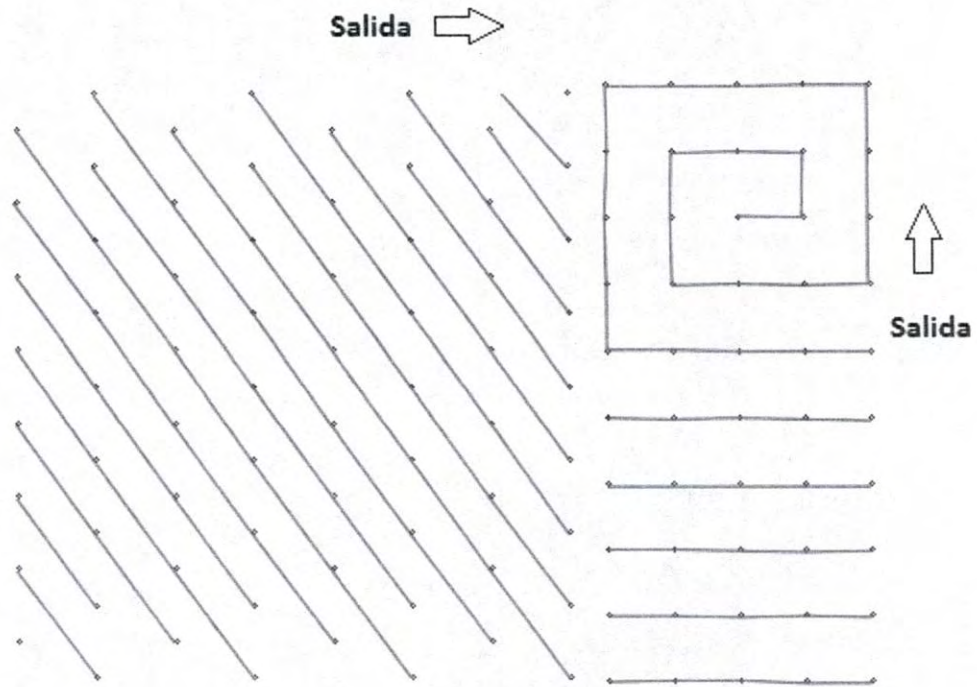


Figura 24 Plantilla de apertura de banco.

En la figura 24 se puede observar el seguimiento de la secuencia, los barrenos van detonando uno por uno con el uso de iniciadores electrónicos. Terminando esta plantilla se da inicio al echelón para desplazar a la nueva cara libre, en este caso donde se ubicaba la apertura.

10. Análisis de las experiencias adquiridas

Las prácticas profesionales son un adelanto de lo que se vendrá en el futuro cuando termines y empieces a ejercer tu carrera profesional, es un método mucho más eficaz que cualquier clase teórica que se puede tener, aplicar la teoría directamente en campo reconociendo los procedimientos, métodos, herramientas, equipos vistos en teoría facilitando su aprendizaje y dominio.

Los procesos mineros son un simple procedimiento a seguir para obtener un producto final, cualquier error en un paso puede tener como consecuencias perdidas millonarias por mínimas que sean, por esto se crean reportes cada cierto tiempo analizando los altos y bajos que se presentaron además de un monitoreo del personal. Los principales errores no son producidos por la maquinaria sino por error humano y el supervisor tiene como una función detectar errores antes de que ocurran.

En resumen al realizar las prácticas profesionales muestra lo que verdaderamente es nuestro campo de trabajo, las diferencias entre aprender en la escuela y aprender para poder realizar tu trabajo de todos los días, lo que conlleva hacer las cosas bien desde la primera vez y las consecuencias de no hacerlo así.

Se aprende como funciona una mina desde su interior, como es la división del trabajo y que tan importante es la coordinación entre departamentos, como afrontar problemas a corto plazo y evitarlas en el futuro, el proceso de extracción y cómo funcionan los explosivos, clasificar material por leyes y su manera de transporte y por último la responsabilidad que recae en mi como un empleado.

11. Conclusiones y recomendaciones

La teoría y el trabajo en campo aunque muy unidas nunca son lo que aparentan, la teoría te presenta todos los datos, métodos, procedimientos, ambientes de una forma sencilla donde todo se relaciona para una explicación más fácil; mientras que en el trabajo de campo los conocimientos teóricos de los procesos a realizar sirven para no iniciar desde cero, es un lugar donde todas las variables nunca son las mismas y su manejo solo se desarrolla trabajando directamente en el área.

Las fortalezas que un estudiante puede tener en estos casos es el conocimiento transmitido de experiencias de maestros, así como su forma de enseñar las materias, dando sugerencias de posibles soluciones a problemas y métodos para más fácil desarrollo. Mostrar algo de estos conocimientos mientras estas de prácticas profesionales demuestra a tu tutor o agente bajo el que estés a cargo que tienes interés en el tema y facilitara la explicación de su trabajo y sus alrededores.

Las debilidades en su principal es la inexperiencia en campo, en caso de ser la primera vez que se visita una mina o esa mina en específico, por lo que no se tiene alguna idea de cómo es el trabajar aplicando directamente tu profesión.

Mis sugerencias para ayudar en la experiencia de realización de una práctica profesional seria, realizar más salidas al campo durante la formación del alumno así como platicas de profesores donde cuentas sus experiencias con problemas durante su trabajo y el cómo lo resolvieron.

Oportunidades detectadas durante el proyecto: cursos o pláticas en el plantel escolar de parte de instituciones relacionadas al programa académico (prestador de servicios, técnico de productos, personal con experiencia).

12. Apéndice



Figura 25.- Plantilla con distintos tipos de barrenación.

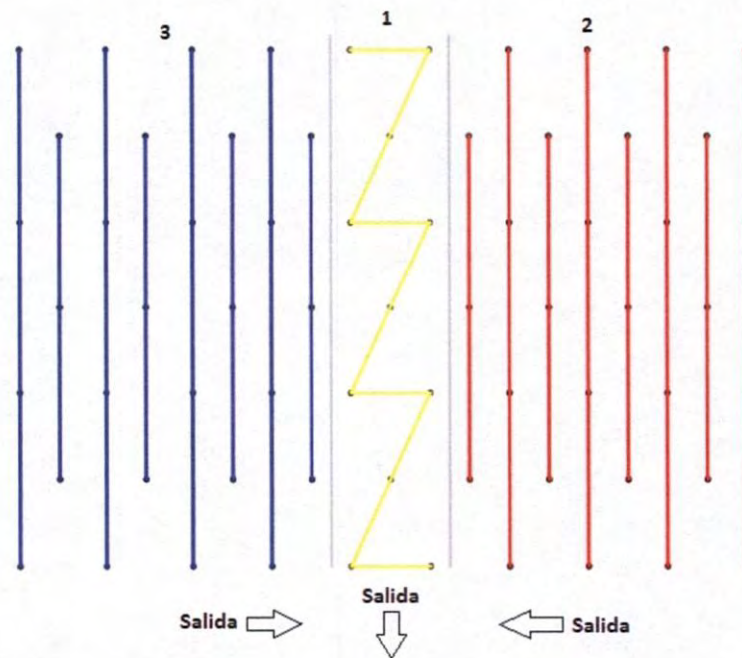


Figura 26.- Voladura especial dividida en tres partes.

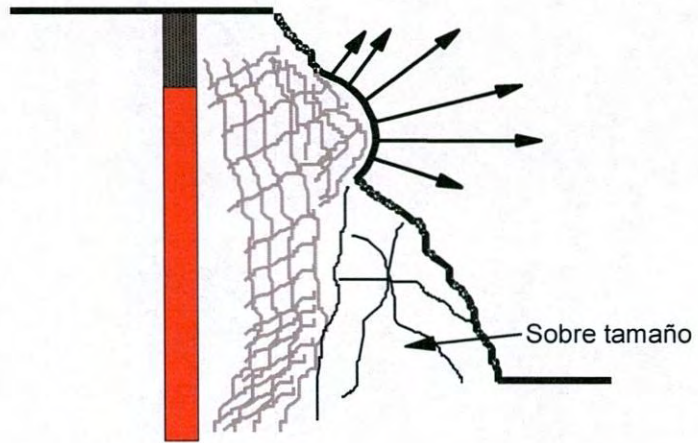


Figura 27.- Mala distribución de fuerzas causando sobre tamaño.



Figura 28.- Espongamiento de material después de voladura.

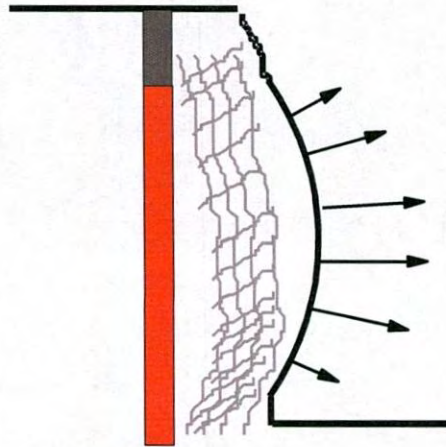


Figura 29.- Distribución de fuerzas correcta.



Figura 30.- Voladura.



Figura 31.- Cargado de material con palas 6060 y camiones 785, 793.



Figura 32.- Área de trabajo en mina cielo abierto, unidad La Herradura Fresnillo plc.