

**TRABAJOS ESPECIALES DE GRADO DE  
INGENIERÍA DE MINAS  
1990-1999**

T.E.G-MINAS

**1990**

**CONCENTRACIÓN DE MUSCOVITA BIOTITA  
POR EL CICLÓN NEUMÁTICO A PARTIR DE  
LA MENA ESQUISTO - MICÁCEA DEL  
PÁRAMO PEÑAS BLANCAS - ESTADO MÉRIDA**

**José L. BENVENGA F.**

*Tutor Académico:* Mónica Martíz

La finalidad del presente informe es obtener concentrados de mica de las muestras provenientes del Páramo Peñas Blancas, Estado Mérida. Geológicamente, las muestras se encuentran dentro de la Formación Sierra Nevada, en el cual las rocas que lo componen son esquistos.

Los estudios de mineralogía, separación magnética y análisis químicos, revelaron que la mena de Peñas Blancas, está compuesta de mica, muscovita y biotita principalmente acompañada de cuarzo y óxidos de hierro, obteniéndose una separación efectiva de las micas, cuya composición química es:  $Al_2O_3$ , 12,44%;  $SiO_2$  total, 49,69%; o sea Mica, 80%; Cuarzo, 20%.

El análisis granulométrico sobre 1000 gramos de material, revelaron que los mayores pesos retenidos en las mallas TYLER 20 y 50 y una distribución homogénea de la mica en las mallas.

El método de concentración empleado, fue, por Ciclón Neumático, las micas se liberan en la malla 20 Tyler. Se realizaron treinta pruebas variando el caudal de aire, encontrándose que la mejor recuperación, se logró en el caudal 434 Gal/Min. Se concluye que los ensayos de concentración realizados, permitieron obtener resultados satisfactorio para conseguir una mica con buenas características para la industria. Se recomienda el retratamiento de recuperación de los mixtos, para la eliminación del cuarzo.

**OBTENCIÓN DE PRE-CONCENTRADOS DE  
ZIRCÓN, RUTILO E ILMENITA POR MÉTODO  
GRAVIMÉTRICO A PARTIR DE LAS ARENAS  
NEGRAS DE LA ZONA DE BOQUERONES,  
DISTRITO CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR**

**Sor Angel M. BOADA C.**

*Tutor Académico:* Mónica Martíz

En el presente trabajo se trata de exponer la manera de como obtener pre-concentrados de zircón, rutilo e ilmenita obtenidos de los yacimientos aluvionales de las

arenas negras de la zona de Boquerones, Distrito Cedeño en el Estado Bolívar.

Al mismo tiempo, se hace mención de los procesos de preparación y concentración a que es sometida la mena antes de su proceso metalúrgico o empleo industrial, tales como trituración, molienda y dureza Denver así como los métodos hidrogravimétricos de concentración como mesa Wilfley y espiral Humphreys, sus respectivos funcionamiento, uso y aplicación. Los productos resultantes durante el proceso se analizan y se presentan en tablas, fotos y gráficos. Finalmente se dan las conclusiones y recomendaciones pertinentes al caso.

**SIMULACIÓN DIGITAL DEL TRITURADOR DE  
CONO Y LA CRIBA VIBRANTE EN LOS  
PROCESOS DE TRITURACIÓN Y  
CLASIFICACIÓN DIMENSIONAL**

**Carlos A. PONTE.**

*Tutor Académico:* Mónica Martíz.

La simulación digital es una de las herramientas más útiles en el estudio de optimización y diseño de plantas de beneficio mineral. En tal sentido, se ha hecho, en este trabajo, un primer intento para la elaboración de un conjunto de programas que puedan ser aplicados a la industria.

En este trabajo se trata el tema de la simulación de plantas de beneficio mineral de una manera general, para luego, especificar los modelos matemáticos de los procesos de reducción dimensional y clasificación dimensional, específicamente el modelo matemático para triturador de cono y para criba vibrante.

Las ecuaciones utilizadas para describir los productos obtenidos de la trituración son: la ecuación de GAUDIN-MELOY-BERGSTRON para describir la distribución de partículas gruesas y la ecuación de ROSIN-RAMMLER, para la distribución de partículas finas. Para la simulación de la criba vibrante se usó el criterio de probabilidad que tiene una partícula de cierto tamaño de pasar a través de una determinada abertura de criba.

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DISTINTOS  
ENSAYOS EN ROCA**

**Ernesto G. ZAPATA C.**

*Tutor Académico:* Miguel A. Castillejo C

El trabajo consistió en elaborar una comparación de los diversos ensayos en roca, con las diferentes

opiniones de ciertos investigadores que estudiaron los efectos de la presión en confinamiento sobre la resistencia de las rocas, sin embargo estos ensayos no se realizaron debido a que el laboratorio está en proceso de montaje.

Sin embargo de acuerdo a las experiencias de diversos investigadores se encontró, que la resistencia se incrementa a medida que aumenta la presión en confinamiento y la resistencia de la roca disminuye con el aumento de la temperatura.

**1991**

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL  
YACIMIENTO DE MINERAL DE YESO  
MORROCOY (DTO. VALDEZ, EDO. SUCRE)**

**Francisco J. REVIDRIEGO R.**

*Tutor Académico:* Carlos Varela

El presente trabajo contempla un plan de explotación para la extracción de mineral de yeso, cuyo uso principal será el de actuar como controlador del cemento en la etapa final de molienda del clinker (mezcla de características químicas determinadas) en las diferentes fábricas de cemento de la C.A. Venezolana de Cemento.

Los resultados obtenidos en la evaluación de reservas revelaron un total de 689.199 toneladas de yeso en el yacimiento Morrocoy Este y de 390.039 toneladas para el yacimiento de Morrocoy Oeste; la vida de las cámaras será de 4 y 2 años respectivamente en base a una producción requerida de 165.000 toneladas al año.

El sistema de explotación a implementar será a cielo abierto con minería escalonada en forma descendente con frentes de arranque de 10 m de altura, una inclinación de taludes de 2.5:1 y un ancho mínimo de berma de 3 m.

El equipo a ser utilizado en las labores mineral, se calculó en base a equipos existentes en las canteras de yeso del área de Macuro y a una producción estimada de 15000 tn al mes, con el objeto de determinar las unidades necesarias para llevar a cabo una efectiva explotación de minería a pequeña escala.

El arranque del mineral se efectuará por el método de perforación y voladura, con barrenos cargados de Anfo y cartuchos de dinamita en el fondo, estos últimos como elementos activantes.

Las vías de acarreo a los frentes de explotación se diseñaron para tener una pendiente máxima del 10% y un ancho de 12 m. La longitud de las vías de acceso a los yacimientos es de aproximadamente 6 km, desde los sitios de carga hasta la planta de tratamiento en Macuro. La estrategia de explotación a implementar será llevando

secuencialmente la extracción de mineral desde los niveles superiores hasta el límite de excavación establecido, donde el estéril proveniente de los frentes será depositado en botaderos diseñados para tal fin. Los costos unitarios de producción de mineral estimados son del orden de los 363,29 bolívares por tonelada, dando un margen de utilidad a la empresa del 24,3% considerando como valor de venta del mineral de 480 Bs la tonelada.

Es de mencionar que las afirmaciones, consideraciones y resultados obtenidos en este trabajo dependen en su totalidad de la información básica disponible así como de ciertos requerimientos establecidos por la empresa; de aquí que dichos resultados adquieren un carácter que se considera preliminar, manteniendo su valor académico.

**1992**

**LA TÉCNICA DEL RELLENO HIDRÁULICO  
COMO ELEMENTO DE SOPORTE EN LA  
RECUPERACIÓN DE PILARES EN LA MINA  
COLOMBIA DE EL CALLAO**

**Francisco AGUIRRE G.**

*Tutor Académico:* Gianfranco Perri, *Tutor Industrial:* Roberto Ucar

La finalidad de este informe es de obtener un material de relleno hidráulico a partir de las escorias producidas por los hornos eléctricos de reducción de SIDOR. Para ello se realizaron pruebas físicas y químicas, tanto para las escorias como para la roca andesita proveniente de la Mina Colombia. También se realizaron ensayos mecánicos del cemento mezcla preparado con distintos porcentajes de escoria, agua y cemento Portland.

Con los resultados obtenidos en estos ensayos se plantea un análisis geomecánico para la obtención de los esfuerzos y deformaciones en cada una de las etapas del ciclo de relleno y recuperación de los pilares de sostén. Visualizando de esta manera el comportamiento del relleno cuando es sometido a cargas de compresión producidas por el terreno natural y determinando el factor de seguridad con el propósito de conocer si el material de relleno cumple con las necesidades requeridas para el soporte de la Mina Colombia.

El estudio sobre la técnica de voladuras subterráneas indica la importancia de crear una cara libre inicial para la salida eficiente del disparo. Esta cara libre inicial o boquete es creado por un barreno de perforación que se deja vacío, usualmente de mayor diámetro que los barrenos cargados, luego este boquete se hace mayor al dispararse los barrenos cargados en el área denominada

cuele y contracuele, creando de esta manera un frente libre para la salida de los barrenos de destroza, zapatera, hastiales y techo.

**PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO MINERO  
DEL SECTOR OESTE DE LA CANTERA LA  
VEGA. DISTRITO FEDERAL**

**Antonio J. GONZÁLEZ F.**

*Tutor Académico:* Carlos Varela, *Tutor Industrial:* Iván Abdala

El esquistó calcáreo de la Formación Las Mercedes aflora en los terrenos de la cantera La Vega, propiedad de la C.A. Fábrica Nacional de Cemento, material este, utilizado como materia prima en la elaboración del cemento. Se propone implementar el sistema de explotación a cielo abierto mediante sucesivos bancos descendentes, para la extracción del esquistó calcáreo del Sector Oeste de la cantera. El diseño del sistema de explotación se fundamenta en análisis geomecánico y estructural del macizo, del cual se obtuvo una inclinación de 45° para el talud final y un ángulo de 63° para la cara del banco. Además, se consideró los límites de explotación, el drenaje natural y los problemas de impacto visual. La evaluación de las reservas se realizó por los métodos de secciones verticales y horizontales, a partir del diseño de explotación, resultando por el de secciones horizontales un volumen de 8.938.025 m<sup>3</sup>.

La vida de la cantera se estimó en 31 años, con una producción diaria de 2.500 tn. En cuanto al arranque del mineral, éste se efectuará mediante un esquema de perforación y voladura al tresbolillo en "V", con un total de 39 barrenos inclinado 63° y una máxima carga operante de 165 kg por cada 20 m. de retardo. Con este esquema se estima producir 5.300 m<sup>3</sup> semanales de material, resultando bloques de 0,72 m de longitud media. La carga y transporte se realizará con una combinación entre un cargador frontal sobre ruedas CAT-980 C y 6 camiones de descarga trasera 769 C de 31,8 tn de capacidad.

**PLAN DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO  
DE CALIZA PASO DEL MEDIO, MUNICIPIO  
SAN SEBASTIAN, EDO. ARAGUA**

**Geraldine A. LÓPEZ R. & Carmen B. QUINTANA**

*Tutor Académico:* Carlos Varela, *Tutor Industrial:* Iván Abdala.

El presente proyecto contempla un plan de explotación para el yacimiento de caliza Paso del Medio,

ubicado en el municipio San Sebastián de los Reyes del Estado Aragua. El mismo es propiedad de C.A. fábrica nacional de cementos, compañía que explotará este mineral para su consumo en la elaboración de este producto.

De acuerdo con el estudio de evaluación de reservas, el yacimiento cuenta con 39.081.850 m<sup>3</sup> de roca caliza. De los cuales 9.818.950 m<sup>3</sup> están contenidos en un área de protección de las cavidades karsticas de interés espeleológico. Siendo las reservas a explotar de 62.315.955 tn y el requerimiento anual de producción de 2.128.000 tn, la vida útil de la mina será de 30 años aproximadamente.

Se propone un sistema de explotación a cielo abierto, con el desarrollo descendente de 26 bancos de 12 m de altura, con una inclinación de 3:1 para los taludes y con bermas de ancho mínimo de 4 m.

El diseño presenta tres vías: Dos de acceso y acarreo de mineral hasta la planta de trituración; una de las cuales va desde el Sector Este del morro con longitud de 1,548 km y tramos de 7% y 15% de pendiente y la otra desde el sector oeste, con longitud de 2,875 km y pendientes entre 6% y 12%.

La tercera, es la vía principal de acceso al área de explotación con una longitud de 152 m. Estas vías presentan un ancho de 12,7 m con radio de giro para las curvas de unos 20 m.

El drenaje de las aguas de lluvia se efectuará por medio de canaletas ubicadas al pie de los bancos, recogidas en un colector ubicado al extremo este de la propiedad, que se prolonga a orillas de la carretera nacional San Sebastián de los Reyes-San Juan de los Morros hasta su desembocadura en el río Guárico. Las operaciones de producción serán realizadas en tres frentes.

El arranque se realizará mediante el método de perforación y voladura en una plantilla 2,82 m x 3,53 m con barrenos cargados en el fondo con VEMULEX 300 y ANFOAL en la columna.

En cada frente se ubicará una perforadora Roc 400A y un cargador Caterpillar 980 C de 4 m<sup>3</sup> de capacidad al que se le asignarán tres camiones Caterpillar 769 C de 35 ton de capacidad.

La flota mínima de equipos auxiliares a las operaciones de producción estará formada por: un tractor Caterpillar sobre cadenas D9 ó D10; un tractor sobre neumáticos 814-B; una motoniveladora Caterpillar 140G y un camión de riego.

Se determinaron las siguientes superficies de infraestructuras de servicios: 20.000 m<sup>2</sup> para el área de trituración, 7.188 m<sup>2</sup> para el área de los talleres de mantenimientos y estacionamiento de la flota de camiones y se determinó la ubicación de los polvorines.

**FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE  
EMPLEAR UN MÉTODO DE EXCAVACIÓN  
MECANIZADO PARA LA CONSTRUCCION  
DEL TÚNEL DEL SECTOR LA BANDERA DE  
LA LÍNEA 3 DEL METRO DE CARACAS**

**Luis A. NUÑEZ F.**

*Tutor Académico:* Miguel Castillejo, *Tutor Industrial:*  
Gladys Achurra.

Este trabajo especial de grado tiene como objetivo, buscar la factibilidad técnico-económica de emplear un método de excavación mecanizado para la construcción del túnel del sector La Bandera de la Línea 3 del Metro de Caracas. Para poder encontrar las diferentes alternativas de excavación adaptables a dicha obra, fue necesario conocer detalladamente cada uno de los parámetros de la alternativa propuesta por la C.A. Metro de Caracas, así como las características del macizo rocoso en estudio (cerro La Bandera).

Finalmente, se buscaron las características, ventajas y desventajas tanto técnicas como económicas, que cada alternativa propuesta brindaba para escoger el método más adecuado a la obra.

Como conclusión, se encontró que técnicamente existen 2 alternativas (escudos y rozadoras), con mayor posibilidad de adaptarse a la excavación del túnel de La Bandera. Una vez escogidos estos dos 2 equipos de excavación (mecanizados y semimecanizados respectivamente), se procedió a seleccionar entre ambas alternativas cual era la más conveniente económicamente, el resultado de dicha escogencia fue el equipo de sistema Ripping (rozadora).

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL  
SUBSUELO POR EL PASO DE LOS TÚNELES  
GEMELOS DEBAJO DEL RÍO GUAIRE,  
TRAMO PLAZA VENEZUELA, ESTACIÓN  
UCV DE LA LÍNEA 3 DEL METRO DE  
CARACAS**

**Raúl A. URQUIA H.**

*Tutor Académico:* Miguel Castillejo

En el análisis del comportamiento del subsuelo por el paso de los túneles gemelos debajo del río Guaire del tramo Plaza Venezuela-Estación U.C.V., de la Línea 3 del Metro de Caracas se pretende hacer un aporte significativo a los problemas relacionados con la construcción de dichos túneles en el sector considerado

como el más problemático de la línea en construcción. Motivado a las características que presenta el subsuelo de dicha línea, constituido por suelos sedimentarios muy heterogéneos, de alta permeabilidad sobre todo en el sector donde los túneles gemelos pasan por debajo del río Guaire, donde se pronostica en base a los estudios realizados un fuerte flujo de agua que ocasionaría la inestabilidad del frente de excavación, siendo esto perjudicial para las estructuras superficiales y suprayacentes presentes en el tramo en estudio.

De allí que los objetivos fueron: a) Analizar el posible comportamiento global del subsuelo durante la construcción de los túneles debajo del río Guaire; b) Analizar los asentamientos que pueden producirse en la superficie y formular las recomendaciones para la protección de las estructuras adyacentes a la excavación de los túneles gemelos que son el canal del río Guaire y una tubería de 96 pulgadas de diámetro, con una separación del orden de 3 metros entre la corona de los túneles a excavar y la base de la tubería en referencia.

En función de los objetivos antes descritos la metodología utilizada para el análisis de asentamientos debido a la excavación de los túneles gemelos de la línea 3 son las siguientes:

1-Recopilación y revisión de la información básica relativa a las condiciones geotécnicas de la línea, a las condiciones geométricas del alineamiento y a la identificación de las estructuras adyacentes a las excavaciones.

2-Characterización geomecánica del subsuelo en perfiles representativos del tramo de alineamiento y estructuras a analizar.

3-Elaboración del modelo geonumérico de elementos finitos para cada uno de los perfiles representativos definidos.

4-Ejecución de los cálculos numéricos de simulación de las excavaciones hasta la obtención de los valores de desplazamiento esperarencadaperfil con la construcción de los túneles. 5 Evaluación estructural en términos de asentamientos y distorsiones esperables para las estructuras afectadas y clasificación de las mismas en base a un parámetro de riesgos potenciales.

5-Recomendaciones específicas tendentes a la protección de las estructuras afectadas.

Los resultados del cálculo numérico indican para la estructura del canal del río Guaire un asentamiento absoluto máximo de 2,28 cm, con unas distorsión angular máxima del orden de 0.000028. Para el caso de la tubería de 96 pulgadas indican un asentamiento máximo de 2,91 cm en la base de la tubería con una distorsión angular máxima de 0,00108. En consideración de los resultados anteriores se estima conveniente y necesario implementar medidas preventivas a objeto de reducir la magnitud de tales movimientos los cuales podrían causar perjuicios a las estructuras estudiadas,

poniendo en peligro el éxito de las excavaciones de los túneles gemelos.

**1993**

**FLOTACIÓN DE NO METÁLICOS,  
UT+ILIZANDO  
UNA CELDA DE FLOTACIÓN EN COLUMNA**

**Hugo J. CAPODICASA A.**

*Tutor Académico:* Mónica Martíz

El mineral fosfático requiere de un tratamiento especial para su implementación en la industria petroquímica y de los fertilizantes. En este trabajo se establece una comparación entre los procesos de flotación de columna y convencional respectivamente, para determinar cuál es el más idóneo por el índice de recuperación obtenido, que cumpla con la especificación a nivel comercial. En el presente estudio, se demuestra como la flotación en columna resulta efectiva en la recuperación de mineral fosfático, mientras que en el proceso de flotación convencional presenta inconvenientes.

La procedencia, diagénesis, importancia y situación actual de los fosfatos en Venezuela, el fundamento teórico de la flotación, los principios básicos de la flotación en columna, así como, las ventajas y diferencias entre ambas técnicas de flotación, se discutirá ampliamente.

Se explica la caracterización del mineral mineralógica y petrográficamente, además de la composición química de sus constituyentes. Igualmente, se describe la preparación mecánica de la muestra mineral, a la cual se le efectúa una clasificación y lavado para así obtener el alimento de flotación.

Finalmente, se enfoca las condiciones de la flotación, el procedimiento experimental y los resultados alcanzados para definir el proceso ideal, implementando los siguientes parámetros:

- 1) dosis de colector FA:FO 0,29 kg./tn.,
- 2) una dilución con un contenido de sólido de un 70%,
- 3) empleando un caudal de aire de 3,74 m<sup>3</sup>/min.,
- 4) con un tiempo de acondicionamiento para la pulpa de 2,0 min,
- 5) manteniendo un pH de 8,0
- 6) utilizando una dosis de espumante equivalente a 4,44 kg./tn.

Concluyéndose con un análisis comparativo con el método de flotación convencional.

**1994**

**PROYECTO EXPANSIÓN MINA COLOMBIA**

**Teodoro TIPPE N.**

*Tutor Académico:* Carlos Varela

El estudio de factibilidad del "Proyecto Minerven I", se inicia sobre la base de reservas determinadas por sondeos desde superficie en el orden de 2.040.000 tn, con una ley de 22,4 g/tn.

El proyecto se ejecuta en el lapso comprendido de 1974 a 1978, lo cual contempla la exploración, explotación y tratamiento de mena de 700 tn/día, dando origen así a la Mina Colombia. Para mayo de 1983 la Mina Colombia entra en la fase de explotación propiamente dicha, mediante los métodos de explotación Shrinkage, Cámaras y Pilares. Para el año de 1993, la mina alcanza su producción proyectada, satisfaciendo la capacidad instalada de la planta de 700 tn/día. Para el mismo año las reservas de la mina se acumulan en 7.582.152 tn con ley media de 10,75 g/tn.

La gerencia de la CVG-Minerven, estudia la posibilidad de ejecutar el "Proyecto Expansión Mina Colombia", con la finalidad de incrementar la producción en un mediano plazo de 700 a 1500 tn/día, y luego de 1500 a 3000 tn/día introduciendo los siguientes métodos de explotación: Sublevel Stopping, Relleno y Realce, Sand Fill y Bancos Horizontales.

El suscrito sugiere remplazar los métodos anteriores por el único método de explotación de "Corte y Relleno Ascendente", para el efecto se desarrolla ampliamente en el Cap. VI complementada con el Cap. VII, motivo de la presente tesis.

**EXPERIENCIA VENEZOLANA EN EL USO  
DE LA TECNOLOGÍA JET GROUTING PARA  
CONSOLIDAR TERRENOS INCOMPETENTES**

**Elis M. VILLAMEDIANA & José M. FIRVIDA D.**

*Tutor Académico:* Gianfranco Perri

Ciertos terrenos presentan incidencias en su capacidad portante para sostener mediante fundaciones directas las cargas de determinadas estructuras. En estas circunstancias, se puede optar por llevar las mismas a un estrato de suelo más resistente mediante algún medio de fundación profunda, o mejorar la calidad del suelo superficial por medio de inyecciones u otras técnicas.

Uno de los métodos de mejoramiento de suelos incompetentes, lo constituye la tecnología de Jet Grouting, la cual se fundamenta en inyectar en el terreno una mezcla cementante a elevada presión, con el objeto

de conformar estructuras columnares de elevadas características mecánicas constituidas por la mezcla íntima entre la sustancia cementicia y el mismo terreno disgregado por la energía del chorro inyector.

El empleo de equipos de perforación e inyección de dimensiones reducidas y de fácil movilidad, permite utilizar esta técnica, en lugares con escasos espacios a disposición, convirtiéndose en un método muy versátil, propiedad esta que ha determinado su selección para ser empleada en el caso práctico tratado en esta Tesis de Grado.

En el presente trabajo, efectivamente, se describe detalladamente el procedimiento Jet Grouting, incluyendo el análisis de un caso específico de aplicación en una obra industrial, ubicada en la población de Guatire del Estado Miranda.

Para tal fin, se ha dividido este informe en 4 capítulos, que involucran los fundamentos teóricos y prácticos de esta técnica de inyección. El objetivo del primer capítulo, es dar a conocer los aspectos técnicos básicos de esta metodología, así como los principales campos de aplicación.

En el segundo capítulo, se realizan los cálculos para el diseño de las columnas de fundación por Jet Grouting, a ser construidas en la planta industrial preexistente en el sector conocido como Las Delicias, y en el tercer capítulo, se recopilan un conjunto de datos técnicos operativos, tales como metodología, tiempos empleados en las diferentes fases del proceso, consumos, características de los equipos utilizados y resultados alcanzados en el caso práctico tratado.

Finalmente, en el último capítulo, se determinan las características mecánicas de las columnas así formadas, mediante la preparación y ensayos de las muestras extraídas de las mismas.

### 1995

#### FLOTACIÓN DE ROCAS FOSFÁTICAS DE RIECITO, ESTADO FALCON

**Pedro E. CASTILLO QUIROZ.**

*Tutor Académico:* José Peña

El mineral fosfático objeto del presente Trabajo Especial de Grado, procedente del yacimiento de Riecito en el estado Falcón, con un tenor de 23,41% de  $P_2O_5$  y 47,29% de  $SiO_2$  fue sometido a un proceso de reducción de tamaño por medio de operaciones de fragmentación, lográndose una granulometría menor a  $\frac{1}{4}$ " (6,35 mm).

Luego se procedió a la etapa de lavado y clasificación de la cual se obtuvieron tres productos: una fracción denominada grueso, cuya granulometría es mayor a la malla 28, con un 51,42% en peso, tenor de

22,05% de  $P_2O_5$  y 28,50% de  $SiO_2$ ; otra fracción denominada Alimento de Flotación cuya granulometría está comprendida entre menor de la malla 28 y mayor de la malla 200, con 25,93% en peso, tenor de 11,24% de  $P_2O_5$  y 65,44 % de  $SiO_2$ ; finalmente la fracción fino con granulometría menor a la malla 200, con 17,24% en peso, con tenor de 24,13% de  $P_2O_5$  y 21,02% de  $SiO_2$ .

El producto Alimento de Flotación fue sometido a un proceso de beneficio mineral por medio del método de Flotación Catiónica Inversa el cual se realizó en dos etapas, siendo la primera la realización de pruebas exploratorias, en donde el tenor de fosfato se incrementa de 11,24% a 27,11% de  $P_2O_5$ . Posteriormente en las pruebas de optimización se logra un incremento hasta 29,22 % de  $P_2O_5$ .

### 1996

#### FLOTACIÓN DE ORO Y PLANIFICACIÓN MINERA DEL YACIMIENTO DE FELDESPATO DE VETA EN EL HATO

**MATARIA, TINAQUILLO, EDO. COJEDES**

**Enrico GALLI.**

*Tutor Académico:* Carlos Varela, *Tutor Industrial:* Simón Rodríguez

El objetivo principal de este trabajo es el de desarrollar una planificación minera a pequeña escala, en la Hacienda Mataria, Tinaquillo, Estado Cojedes, donde se localiza la concesión minera de exploración y subsiguiente explotación, la cual contiene una significativa reserva de mena feldespática. El yacimiento se encuentra dentro de la Faja Caucagua-El Tinaco, Complejo de El Tinaco, y está conformado casi en su totalidad por gneises cuarzo-plagioclásicos de color blanco en contacto con rocas cuarzo-hornabléndicas.

Los estudios litológicos y estructurales de la mena cuarzo-feldespática, revelaron una constitución aproximada de 55% de cuarzo, 40% de oligoclasa y 5% de sericita. El rumbo generalizado del gneis cuarzo-plagioclásicos es de N 45° E y el buzamiento es hacia el sur entre 30° y 40°. La concesión cubre una superficie de 20 ha y su posible producción estaría en el orden de las 150.000 t al año por 40 años. La explotación será a Cielo Abierto sobre bancos horizontales de altura 10 m; se emplearan un tractor escarificador, un cargador frontal, dos bombas de succión y dos camiones con descarga trasera para el transporte del feldespato.

### 1997

#### MEDICIONES DE CONVERGENCIAS EN EL TÚNEL LA CABRERA, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

**Nelson B. BLANCO Y.**

*Tutor Académico:* Gianfranco Perri.

El objetivo Fundamental perseguido con la ejecución de las mediciones de convergencia en el túnel de La Cabrera, es el de confirmar si se están aún produciendo deformaciones, en las secciones de ambos tubos (Norte y Sur), con levantamientos del pavimento que hasta ahora han motivado el deterioro físico del falso techo de los ductos de ventilación, frecuentemente impactado por vehículos pesados, que transitan a alta velocidad.

Actualmente los problemas que presentan ambos tubos, se pueden resumir como sigue:

- En el hastial derecho del tubo Norte (sentido Maracay-Valencia), el recubrimiento de concreto proyectado de 3 cm de espesor está seriamente agrietado en el tramo intermedio.

- En un tramo del tubo Sur (sentido Valencia-Maracay), aproximadamente 150 m de longitud, el pavimento presenta deformaciones con abombamiento cerca de la línea central y hundimientos con agrietamientos; tales irregularidades en el pavimento han ocasionado que vehículos pesados impacten con el falso techo dándole en la zona intermedia del túnel y cerca del portal de entrada.

- La estructura arqueada en concreto armado para el soporte de la bóveda del túnel, ha sido construida dejando en su extrados una irregular cámara, por lo cual no cumple ninguna función de soporte estructural.

El túnel presenta una serie de problemas de diversas índole que no permite los servicios mínimos para una buena transitabilidad. Los problemas fundamentales son:

- El pavimento de concreto presenta una deformación (abultamiento) motivado por una redistribución de carga no adecuada en la geometría del túnel, y por no estar sus vínculos cerrados.

- Existen una cantidad de anclajes sin cabezal y sin tensar, que no contribuyen a la estabilización del túnel, también en el sostenimiento existe una cámara vacía en sus extrados que no permiten interactuar con el macizo rocoso.

Es recomendable continuar las mediciones a lo largo de un lapso de tiempo que puede ser significativo para un fenómeno que, de estarse eventualmente aún produciendo, ciertamente es de intensidad muy reducida y no puede ser apreciado con certeza en un lapso tan corto como dos meses: se recomienda medir durante por lo menos 1 año con una frecuencia bimensual.

Solamente después de un lapso suficientemente largo podría llegarse a conclusiones que pudiesen asegurar, que el túnel haya alcanzado nuevamente condiciones geostáticas de equilibrio o, que por contrario, esta siendo afectado en algunas de sus progresivas por deformaciones ciertas.

En cuanto a las posibles obras de refuerzo estructural necesarias, después de completar las obras inconclusas iniciadas (esencialmente procede al tensado de los anclajes del pilar central y a completar el refuerzo con anclajes y concreto proyectado en el estribo externo del tubo Norte: lugar de mayor afectación del fenómeno de deformación ocurrido), deberá esperarse el resultado de las futuras mediciones antes de tomar las decisiones que indiquen si y donde intervenir con un refuerzo estructural integral similar al que se ha diseñado y se ha propuesto ejecutar a lo largo de 40 metros lineales del tubo Sur, entre las progresivas 0+350 y 0+390.

Después de haber introducido los ajustes necesarios al diseño para tomar en cuenta, para cada caso, las reales condiciones y vínculos geométricos existentes in situ.

#### MEDIDAS DE PREVENCIÓN / MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO EN: LA CALIDAD DE LAS AGUAS, CALIDAD DEL AIRE Y POR RUIDO, EN LA EXPLOTACIÓN DE CARBÓN. MINA PASO DIABLO, CARBONES DEL GUASARE S. A. ESTADO ZULIA

**Luis G. BOLÍVAR A.**

*Tutor Académico:* Alba Castillo

Las operaciones de extracción y beneficio de minerales en el subsuelo, conocidas como operaciones mineras, representan sin lugar a dudas actividades que conducen necesariamente a la oportunidad de generar impactos ambientales de consideración, tanto directa como indirectamente, en el área de influencia del yacimiento mineral en explotación.

En la denominada Mina Paso Diablo, ubicada en la Cuenca Carbonífera del Guasare de la Sierra de Perijá en el estado Zulia, el yacimiento de carbón mineral con reservas hipotéticas de 2.018 MMT, ha venido siendo desarrollada y explotada en los últimos diez años. La explotación en progreso ha ido atendiendo en lo posible las condiciones del tipo ambientalistas, establecidas en las normativas vigentes de la Ley Penal del Ambiente.

Programas de monitoreo de la calidad de las aguas de mina y de los niveles piezométricos del agua subterránea, así como de la calidad del aire del perímetro de la mina, con la aplicación de técnicas y metodologías adecuadas, han estado arrojando

resultados durante los últimos ocho años. De allí que la empresa Carbones del Guasare encomendara como trabajo de tesis, la recopilación y análisis de aquellos resultados y la oportunidad de atender requerimientos de datos adicionales potenciales.

En este estudio se estableció la vulnerabilidad potencial a los impactos en la calidad de las aguas y del aire del área de la mina, de acuerdo con la magnitud, intensidad y calidad de emisiones y efluentes generadas en los distintos procesos de minería. Por otra parte, y de acuerdo con la necesidad creciente de atender los impactos producidos por el nivel de ruido generado en la mina, se procedió a establecer consideraciones de tipo teórico en los ámbitos de la seguridad industrial.

Como resultado de este estudio se presentan diversas medidas como estrategias para prevenir y mitigar impactos ambientales en algunos factores ambientales de tipo ecológico e institucional. Estas medidas no pretenden ser las únicas, pero con seguridad las mejores y más requeridas en la mina para el momento presente, después del análisis y la búsqueda consciente en la literatura disponible. Adicionalmente, se establecieron aspectos y parámetros económicos de consideración para el diseño y proyecto de algunas de las medidas propuestas en este estudio.

Queda de parte de la empresa Carbones del Guasare, S. A. tomar en cuenta estas recomendaciones para la implementación de estas y otras medidas de mitigación de impactos ambientales. Y asimismo continuar y optimizar en la medida de las necesidades los programas de monitoreo y control de la calidad de los factores ambientales afectados por las operaciones mineras y de transporte de mineral de carbón, tanto en la Mina Paso Diablo, como en los proyectos mineros futuros a corto y mediano plazo.

#### PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE ROCAS FOSFORITAS UBICADO EN SAN PEDRO RÍO, EDO. TÁCHIRA

**Guillermo G. GARCÍA B.**

*Tutor Académico:* De Abreu, J.

El propósito del presente proyecto es el de analizar la factibilidad técnico-económica para el desarrollo del yacimiento de rocas fosforitas del sector Monte Fresco en San Pedro del Río del estado Táchira.

Dicho yacimiento será explotado por el método a cielo abierto, con el sistema de Tajos Largos de 18 m de ancho x 120 m de largo en 02 frentes de explotación (Capa N°1 y Capa N°2).

El arranque de ambas capas de roca fosforita y el material estéril se realizará por medio de voladuras y equipos mecanizados cuando las condiciones del terreno

lo permitan. La producción de roca fosforita estará orientada hacia la elaboración de fertilizantes y abono de los suelos ácidos en su forma natural (micronizada) y una vez tratada, como complemento alimenticio para animales.

Los consumidores potenciales de roca fosforita están representados por PEQUIVEN, S. A. quienes la utilizarán como materia prima para la producción de ácido fosfórico en la fabricación de fertilizantes como fosfatos monoamónicos y fosfatos diamónicos; y a partir de estos, para fertilizantes complejos tipo NPK, en forma granular o en polvo.

El proyecto de explotación ha sido concebido de manera de alcanzar un volumen de producción de 60.000 tm/año, durante el primer año de actividades de la misma; un aumento de producción a 85.000 Ton/año, durante el segundo año y 120.000 tm/año, a partir del tercer año, hasta el décimo año.

#### REDISEÑO Y PLANIFICACIÓN MINERA DE LA CANTERA QUEBRADA HONDA, MUNICIPIO SAN SEBASTIAN, EDO. ARAGUA

**Lecxida I. RIAL R.**

*Tutor Académico:* De Abreu, J.

El presente proyecto contempla un estudio de las condiciones actuales de la Cantera Quebrada Honda, desde el punto de vista de planificación minera, con el objeto de optimizar la explotación de la roca caliza.

De acuerdo con el estudio de la reserva, el yacimiento cuenta con 3.791.040 m<sup>3</sup> de roca caliza considerando un 10 % en pérdidas por las operaciones y otros factores, se tiene que la reserva a explotar es de 9.208.412 tm. y con un requerimiento anual de producción de 294.998 tm/año; la vida de la cantera será de 31 años.

Este yacimiento litológicamente corresponde a las calizas arrecifales fosilíferas con abundantes vetillas de calcita. A nivel regional es correlacionable con el Miembro del Morro del faro de la Formación Guárico.

El ciclo de operaciones es realizado a cielo abierto y comprende: arranque de mineral mediante el uso de explosivos, utilizando voladuras primarias y secundarias; carga de los camiones con payloader de 4,6 m<sup>3</sup> de capacidad; acarreo mediante camiones roqueros de 15 a 20 m<sup>3</sup> de capacidad hasta la planta de trituración. En la actualidad se encuentran 4 frentes de explotación con bancos de aproximadamente 21 m de altura, los cuales son trabajados alternativamente.

Se revisó los parámetros involucrados en cada una de las operaciones de producción con la finalidad de lograr la mayor recuperación del mineral a un menor costo de producción.

Se comparó tiempos reales con tiempos teóricos de las operaciones mineras, con el fin de evaluar eficiencia. Además se verificaran los posibles factores que afectan directa o indirectamente el buen funcionamiento de las operaciones mineras.

Se propone un rediseño de las operaciones, con especial énfasis en el patrón de voladura, arranque del mineral, el cual debería realizarse mediante la perforación y voladura con patrón de 3 x 4 m, con tamaño de banco de 14 m de altura, con sobreperforación de 1m, y barrenos cargados en el fondo con dinamita Venagel 40% y Anful en la columna. Se disparan barreno a barreno con detonadores de micro-retardo eléctrico de 25 ms con una dispersión de tiempo de ± 10 ms.

**1998**

#### UTILIZACIÓN DEL ARCO DE ESTABILIZACIÓN EN LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL CORUMA DEL FERROCARRIL CARACAS-CÚA.

**José M. VIEIRA R.**

*Tutor Académico:* Gianfranco Perri.

Una de las técnicas que permite proporcionar al terreno un aumento de sus propiedades de resistencia y de deformabilidad, la constituye la armadura del terreno con la construcción de un presostenimiento troncocónico a paraguas (arco de estabilización), el cual se fundamenta por la introducción de elementos estructurales en el terreno, que son más resistentes y rígidos que este mismo, con el objetivo de mejorar las características geotécnicas y el comportamiento del terreno del núcleo de avance y de la cavidad.

En el presente trabajo, efectivamente, se describe detalladamente el procedimiento constructivo del arco de estabilización incluyendo el análisis de un caso específico de aplicación en el túnel Coruma el cual ha sido el primero de los túneles en que se ha iniciado su excavación por el portal Norte de toda la línea ferrocarrilera Caracas - Cúa.

El objetivo del primer capítulo, es dar a conocer los fundamentos de la consolidación, y de la problemática de la excavación de túneles en terrenos inestables. En el segundo capítulo, se analiza la técnica de la armadura del terreno mediante el uso de y un arco troncocónico de presostenimiento a ser aplicado en el túnel Coruma.

En el tercer capítulo se recopilan un conjunto de datos geológicos y geotécnicos del túnel Coruma. Se ha llevado mi continuo y detallado seguimiento en obra de todas las etapas constructivas del arco de estabilización

lo cual se refleja en el quinto capítulo.

Finalmente, en el último capítulo, se concluye con una evaluación del arco de estabilización en términos de eficiencia, rendimiento y estabilidad alcanzada en la excavación.

**1999**

#### DISEÑO DEL PLAN DE EXPLOTACIÓN CORRESPONDIENTE AL AÑO 1999 DE LA MINA DE CARBÓN MINA NORTE, MUNICIPIO PÁEZ, ESTADO ZULIA

**Luis A. APONTE C & Angel E. LAGARDERA D.**

*Tutor Académico:* José Peña.

El diseño del plan de explotación para el año 1999 de la mina de carbón Mina Norte, se inicio con la elaboración de los planos estructurales e isópacos de los mantos de carbón 5A, 4A-5B y 4B; a partir de los cuales se calcularon las reservas minables en la zona a explotar este año denominada Miraflores 99, obteniéndose un total de 3.351.466 toneladas de carbón.

De las reservas medidas, se extraerán 1.097. 903 toneladas; completando la meta de producción de 1.3 millones de toneladas, con las 228.284 toneladas existentes en la actual zona de explotación conocida como Buenavista.

Para ello se requiere remover 8.002.546 metros cúbicos banco (mcb) de material estéril con una relación de sobrecarga de 6:1. Empleando los planos estructurales e isópacos se elaboraron los planos de avance mensuales de mina, los cuales contemplan un desarrollo a cielo abierto del área Miraflores 99 en dirección norte y este, con avances en dirección del rumbo de los mantos de carbón y cortes en dirección del buzamiento, estimándose la mayor producción en los niveles medios e inferiores en los últimos meses del año. Aplicando los factores que se deben considerar para la ubicación de escombreras, se determinó que esta debe ubicarse al oeste de Miraflores 99.

Para la carga de carbón y estéril se emplearán palas hidráulicas y para el acarreo camiones roqueros, a los cuales una vez establecidas los tramos de acarreo para carbón y estéril se les realizó junto a los demás equipos de minería un estudio de productividad con el propósito de considerar el requerimiento de nuevos equipos.

Los resultados del mencionado estudio indican que no es necesario incorporar nuevos equipos de minería, ya que las capacidades de producción de estos superan las metas de producción fijadas. Igualmente se consideró en este trabajo los programas de recuperación ambiental conducidas por la Unidad de Asuntos Ambientales de la

empresa. Finalmente se elaboró el presupuesto de ingresos y gastos, dando lugar a un flujo de caja positivo en todos los meses del año a excepción del mes de abril; lo cual indica la viabilidad de aplicar este plan para lograr las metas de producción establecidas por la empresa y de esta manera cumplir con los compromisos adquiridos con sus clientes

**ANÁLISIS DE LAS CARGAS Y DEFORMACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL PITAHAYA DEL FERROCARRIL CARACAS-CÚA EN ARCILLAS EXPANSIVAS**

**Johnny BARBIERO GÓMEZ**

*Tutor Académico:* Omar Márquez, *Tutor Industrial:* Gianfranco Perni

Este Proyecto Especial de Grado contiene en su primer capítulo, una breve descripción de las actividades desarrolladas en este proyecto, así como la ubicación, los objetivos, alcances y una breve introducción al tema de instrumentación de túneles.

En el segundo capítulo, se presenta la información geológica referente a la zona en la que se llevó a cabo el proyecto, más específicamente a la Formación Tuy.

El tercer capítulo contiene una breve síntesis de los diversos métodos que se aplican para la exploración del suelo así como la descripción detallada de algunos ensayos que permiten su clasificación.

En el capítulo cuarto, se describen brevemente las diversas operaciones involucradas en la construcción del túnel Pitahaya.

El capítulo cinco, es básicamente la completa descripción de los instrumentos instalados en el túnel Pitahaya indicando su funcionamiento, las partes que los componen, la instalación de los mismos, la ejecución de mediciones y su mantenimiento.

El sexto capítulo involucra todos los resultados obtenidos durante la ejecución de este trabajo, desde los ensayos realizados en el laboratorio hasta las mediciones instrumentales obtenidas en el campo. También se presenta una interpretación de los fenómenos que generan dichos resultados.

Un último capítulo permite dar a conocer las conclusiones obtenidas de todos los datos recabados y hace algunas sugerencias al respecto.

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE LAS DIFERENTES FACIES EXISTENTES Y DETERMINACIÓN DE LAS DIRECCIONES DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES, EN EL YACIMIENTO EOCENO C/VGL-3676 ÁREA 2SUR, CAMPO CEUTA, CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO, ESTADO ZULIA.**

**Gustavo BERTORELLI.**

*Tutor Académico:* Pietro De Marco, *Tutor Industrial:* Walter Poquiona

El estudio realizado en el Área 2 Sur del Campo Ceuta, tuvo como objetivo fundamental caracterizar geomecánicamente las diferentes facies presentes en el yacimiento VLG-3676 y determinar las principales direcciones y magnitudes de esfuerzos para el mismo.

Se estudiaron principalmente los pozos VLG-3743, VLG-3768, VLG-3780 y VLG-3782, debido a que los mismos eran los que contenían información geomecánica de núcleos y registros, generada a través de ensayos de laboratorio.

Se utilizó la información existente para la zona en estudio, específicamente la proporcionada por las empresas Terratek, Applied Paleomagnetism, V.V.A Consultores C.A, Intevep S.A y Maraven S.A.

En el estudio se realizó una discriminación sedimentológica por facies, mediante la descripción de núcleos y muestras de canal, complemento por análisis petrográficos, petrofísicos y de difracción de Rayos X.

Posterior se interpretaron los datos geomecánicos, obtenidos a través de los ensayos de laboratorio (ensayo de compresión simple, carga puntual y compresión triaxial), de manera de caracterizar cada una de las facies.

Los resultados obtenidos permitieron determinar la resistencia de las facies, los parámetros geomecánicos estáticos y dinámicos, la Envolvente de Mohr y la constante de poroelasticidad de Biot's para cada una. Se determinó geomecánicamente que las facies S3 (arenisca de grano medio) es la más propensa a sufrir el fenómeno de arenamiento.

La determinación de las direcciones de esfuerzos se realizó a través de los resultados de los ensayos de laboratorio AAA ( Acoustic Anisotropy Analysis), SWAA (Shear Wave Acoustic Anisotropy), DSCA (Differential Strain Curvee Analysis) en los pozos VLG-3743, VLG-3768, VLG-3782, aunado con los resultados obtenidos en el estudio "Determinación de la Orientación de las direcciones en el yacimiento Eoceno, campo Ceuta, mediante la utilización de perfiles" (SANTANA, 1998).

Existen indicios que permitieron proponer la existencia de dos bloques geomecánicos distintivos, que cotejan con el marco estructural del área. El bloque I (Bloque Primario) presenta una dirección preferencial en el esfuerzo horizontal mayor de N40W, asociada a el esfuerzo compresional  $\sigma_3$  (local).

Este razonamiento permite dos posibilidades a la hora de planificar una perforación horizontal, ya que su dirección dependerá del bloque geomecánico donde se quiera perforar. Es de recalcar que el Bloque II es el que presenta mayores problemas de arenamiento, lo cual está asociado a las altas porosidades que presentan las arenas, así como al hecho de que las mismas están más drenadas con respecto al Bloque I (primario), encontrándose muy cerca del límite del Drawdown crítico.

Las magnitudes de los esfuerzos principales en el Área 2 Sur del Campo Ceuta fueron determinada mediante la ejecución de pruebas de campo, tales como: Prueba de Integridad Extendida (LEAK - OFF TEST) y la Prueba de Microfrac, así como, a través del empleo de los Registros: Densidad, Sónico Dipolar, Porosidad Neutrón, Resistividad, Gamma Ray y Caliper.

El ordenamiento de los esfuerzos para el área de estudio corresponde a  $\sigma_H = \sigma_v$ . El valor estimado para el gradiente horizontal máximo () en el Área 2 Sur, fluctúa entre  $1,0\sigma_h - \sigma_H < 1,4\sigma_h$ .

**ESTUDIOS SEMI INDUSTRIALES PARA LA RECUPERACIÓN POR FLOTACIÓN DEL GRAFITO PROVENIENTE DEL YACIMIENTO DE OSUMITA, ESTADO COJEDES**

**Clara BRICEÑO & Jaime SALAZAR.**

*Tutor Académico:* Monica Martíz, Carlo Di Giorio & Jaime Salazar.

Como un aporte a la búsqueda de soluciones, ante la necesidad del sector industrial venezolano que utiliza grafito natural como materia prima, de poder abastecer su demanda sin tener que depender de las importaciones, la Universidad Central de Venezuela, a través del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (C.D.C.H.-U.C.V), patrocinó la realización del presente trabajo, con miras a la obtención de un concentrado de grafito a partir del procesamiento de la roca del yacimiento de Cerro Osumita, Estado Cojedes, mediante procesos de flotación en planta piloto; comenzando su fase técnica con la preparación mecánica de unos 200 kg. de roca grafitosa procedente del yacimiento, hasta alcanzar un grado de moliendabilidad que permitió la liberación del mineral útil en más de 80% y una producción de lamas aceptable.

El material, mecánicamente preparado, sirvió para la ejecución de nueve pruebas en un circuito de flotación integrado por seis celdas Denver, modelo Sub A N° 5, dispuestas en parejas para las fases de desbaste, agotamiento y limpieza, respectivamente.

Con excepción del primer ensayo, en cada uno de ellos se utilizó 20 kg. de material mineralizado para la preparación de la pulpa; de reactivos se emplearon kerosene como colector, froths 400 y aceite de pino como espumantes, Durante las pruebas realizadas se modificó el caudal del agua, la alimentación, la dosis de reactivos, así como el sitio de adición de los mismos.

Los resultados de este trabajo son por demás alentadores 89% de recuperación y concentrado de 68% de carbono) y serán sin duda, punto de referencia obligada para los estudios futuros de concentración por flotación de grafito en Venezuela.

**DISMINUCIÓN POR MÉTODOS MAGNÉTICOS DE LOS NIVELES DE HIERRO EN ARENAS SILÍCEAS PROVENIENTES DE LA ARENERA EL POZOTE, TINAQUILLO-ESTADO COJEDES**

**Daniel A. CHIQUITO.**

*Tutor Académico:* Mónica Martíz & Carlo Di Giorio

El objetivo de este trabajo es disminuir el nivel de óxido de hierro presente en las arenas silíceas de la Arenera el Pozote por medio de métodos magnéticos, con el fin de cumplir especificaciones de calidad de este elemento en las arenas para la fabricación de vidrio, u otros productos. De acuerdo a lo anterior se caracterizó la mena a estudiar y a partir de esto se aplicó un proceso de atricción con el fin de reducir los niveles de hierro antes de aplicar la concentración magnética.

Se adoptó un diseño experimental *n factorial* con fines comparativos, de manera de aplicar un estudio estadístico que permita verificar cuales son las mejores condiciones de trabajo. El equipo de separación magnética utilizado fue un equipo de rodillo inducido de alta densidad marca Carpcó modelo MLH (13) 11-5, capaz de ofrecer una intensidad de campo de hasta 16.000 Gauss. Bajo las mejores condiciones de trabajo se obtuvieron las siguientes concentraciones de  $Fe_2O_3$ , para material P-40 0,1693%  $Fe_2O_3$ , y para el material Rebose 0,2907%  $Fe_2O_3$ .

No se alcanzaron las especificaciones de %  $Fe_2O_3$  de requeridas por la industria del vidrio, sin embargo se disminuyeron considerablemente los niveles de  $Fe_2O_3$ , hasta niveles idóneos para ser usados en la fabricación de fibra de vidrio y como material para el filtrado de agua.

**FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE UN  
NUEVO MÉTODO DE VOLADURA EN  
CARBONES DEL GUASARE S.A., MINA PASO  
DIABLO, SECTOR BAQUETA, DISTRITO MARA,  
EDO. ZULIA**

**Rosanela GALINDO CHIRINOS.**

*Tutor Industrial:* Ladislao Pregitzer, Mario Perales

El objetivo de este proyecto, consiste en investigar la factibilidad de implementar un nuevo método de voladura de rocas, como lo es la voladura a través de mantos de carbón, en la Mina Paso Diablo, sector Baqueta, perteneciente a la empresa Carbones del Guasare S.A., y ubicada en el Distrito Mara, Estado Zulia. Si bien es cierto que el sistema actual de voladura de rocas cumple con los objetivos para los cuales fue diseñado, en la actualidad se requiere de su reforma, debido a la necesidad de incrementar la producción de 5 millones de toneladas de carbón para el año 1998 a 5,5 millones de toneladas de carbón estimadas para el año 1999.

Para tal fin, se recopiló información de trabajos realizados con anterioridad. Luego de esto, se realizaron una serie de voladuras, que permitieron obtener datos para analizar los factores más importantes, tanto en la optimización del arranque del manto de carbón como de sus condiciones físicas en sitio. Posteriormente se comparó el nuevo método con los métodos de voladura existentes en la mina.

Los resultados obtenidos indican que el nuevo método de voladura bajo manto reporta mayores ventajas en cuanto a la unificación del patrón de perforación, perforación sobre pisos horizontales y por ende la eliminación del uso de tractores para la construcción de terrazas, entre otros. Incrementando así el inventario de material volado, la productividad de los equipos y del personal que labora en la mina, disminuyendo así los costos de producción del carbón. En virtud de éstos resultados, se propone la aplicación del nuevo método de voladura de rocas.

**RECUPERACIÓN DE ORO FINO POR  
CONCENTRADOR KNELSON A PARTIR DE LAS  
COLAS DEL PROCESO DE BENEFICIO DE LA  
MENA AURÍFERA DE LA EMPRESA CVG  
MINERVEN C.A.**

**Manuel O. GARCÍA V.**

*Tutor Académico:* Mónica Martíz & Carlo Di Giorio

El presente trabajo se realizó con el objetivo de recuperar el oro fino contenido en el material de la Laguna de Colas de la empresa C.V.G. Minerven C.A., mediante la aplicación del Concentrador Knelson, el cual trabaja mediante dos principios fundamentales: una fuerza centrífuga con la que se consigue aumentar los efectos de la fuerza gravitacional y un proceso de fluidización con el que se previene al compactación del material debido a la fuerza centrífuga aplicada.

La muestra recibida se sometió a un estudio de caracterización con el que se determinó que dicha muestra contiene una ley de 0,829 g/ton, una distribución granulométrica con 81,25% menor a 38 µm donde está contenido el 84,67% del oro. Esta muestra presenta un contenido de sílice de 63,56% y 0,77% de azufre.

Los ensayos de concentración del oro se llevaron a cabo mediante la ejecución de dos diseños experimentales, para determinar los efectos de presión de agua de fluidización, dilución de la pulpa y la granulometría en la recuperación de oro. Por lo cual se realizaron ensayos con la muestra original recibida y se realizó un corte granulométrico en la malla 400 (38 µm) y se usó la fracción pasante a dicha malla.

Los ensayos se realizaron en dos etapas, sometiendo la muestra dos veces al proceso de concentración. Las condiciones de operación fueron: diluciones de pulpa de 40% y 50% en peso de sólido, razón de alimentación de 60kg/hora, niveles de presión de agua de fluidización comprendidos entre 2 y 6 psi, obteniéndose la máxima recuperación de oro con el material pasante malla 400 a una presión de agua de fluidización de 2 psi y dilución de pulpa de 40% sólido. El máximo tenor de oro alcanzado fue de 8,49 g Au/Ton.

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIONES  
GEOTÉCNICAS EN ESTABILIZACIÓN DE  
TALUDES EN EL ÁREA METROPOLITANA**

**José HERRERA.**

*Tutor Académico:* Miguel Castillejo & José Luis De Abreu

El presente proyecto contempla el análisis de distintas alternativas de solución geotécnica de cuatro sitios donde se han presentado problemas geotécnicos.

El objetivo final es el de determinar la viabilidad de analizar las alternativas posibles y determinar si la adoptada es la más apropiada y satisface los requisitos de seguridad necesarios. Los sitios de estudio son:

A.- Talud en el kilómetro 9 de la carretera el Junquito, calle los Nisperos.

B.- Talud en la urbanización Caraballo, cuarta calle el Retiro, bloques 5,6 y 7.

C.- Talud en el barrio Terraplén, final de la calle norte 3.  
D.- Talud en la urbanización Santa Mónica ruta 2.

En los sitios seleccionados se realizó un levantamiento geológico local con la finalidad de comprobar las condiciones litológicas de la zona.

El trabajo de oficina consistió en verificar la estabilidad de los taludes (suelo/roca) por los métodos pertinentes según el caso. Como resultados se obtuvo una serie de información, con lo cual se definieron las conclusiones y recomendaciones, anexos.

**ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO Y  
DISPOSICIÓN DE MINERALES NO  
CONFORMES EN EL CUADRILÁTERO  
FERRÍFERO SAN ISIDRO, ESTADO  
BOLÍVAR CVG FERROMINERA  
ORINOCO, C.A**

**Karlo J. PINILLA GUTIÉRREZ.**

*Tutor académico:* Alba Castillo.

Ferrominera Orinoco C. A es la empresa que se encarga de la explotación y comercialización del mineral de hierro en Venezuela, actualmente mantiene operaciones en el Cuadrilátero Ferrífero San Isidro, el cual está conformado por los Yacimientos San Isidro, Los Barrancos I y II, Las Pailas y San Joaquín, tiene una extensión superficial de 5500 ha y se encuentra ubicado a 12 km de Ciudad Piar, al sur de Venezuela en el estado Bolívar.

En las practicas de manejo de minerales no conformes, no se previeron la aplicación de medidas de estabilización geotécnica ni de protección ambiental.

Los depósitos y botaderos existentes se encuentran cerca de su máxima capacidad de almacenamiento. Próximamente se dará inicio a la explotación en Los Barrancos II. Durante los primeros años del 2000 se comenzará a concentrar minerales no conformes.

Por lo tanto, son requeridas nuevas alternativas para el almacenamiento de los minerales no conformes, de allí que la empresa encomendara como trabajo de tesis elaborar un diseño adecuado para las nuevas estructuras de almacenamiento que sean requeridas, además el proponer potenciales áreas para su ubicación, definir su comportamiento geotécnico e integrar al nuevo diseño medidas de estabilización geotécnica y de protección ambiental que garanticen un adecuado desempeño geotécnico-ambiental de las nuevas estructuras de almacenamiento.

Como resultado de este proyecto se presentan áreas potenciales para la ubicación de nuevos depósitos y escombreras, se define el tipo de estructura de almacenamiento que mejor se adaptan al entorno

fisiográfico, sus capacidades de almacenamiento y su comportamiento geotécnico. También se realizó la identificación de las alteraciones ambientales producidas por los botaderos y depósitos existentes, a partir de las cuales, se proponen medidas de protección ambiental para los nuevos depósitos y escombreras. Las cuales sirven a su vez para la adecuación de los botaderos y depósitos existentes.

**EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LAS  
OPERACIONES MINERAS EN CANTERA  
LAS MARIAS C.A.**

**Jesús A RAMOS R.**

*Tutor Académico:* José L. De Abreu

El trabajo presenta una valoración de las operaciones mineras realizadas en la cantera "Las Marias", ubicada en la hacienda Lira, sector Filas de Mariche, Parroquia La Dolorita Municipio Autónomo Sucre, Estado Miranda. Donde continuará con el método de explotación a cielo abierto, pero con ciertas modificaciones para cumplir con el objetivo de optimizar las operaciones, con un desarrollo descendente, nivel o en forma de bancos horizontales mediante el método de arranque con el uso de explosivos.

Se presentará un estudio de la evaluación de las reservas, donde se clasifican en: reservas medidas (probadas), reservas indicadas (probables) y reservas inferidas (posible) para el juego determinar la vida útil de la mina.

Se expondrán los usos y especificaciones del mineral, así como sus propiedades, evaluación y ensayos realizados, las características y especificaciones de los explosivos y accesorios utilizados en las operaciones de arranque del mineral; para poder sugerir lineamientos técnicos para el mejoramiento de las operaciones e incrementar en forma positiva la producción.

Se expone un diseño de explotación con un corte de excavación y sus respectivos patrones de perforación, carga y voladura, para mejorar el tamaño de la fragmentación.

Se determinó el volumen de material in-situ y suelto, necesario para ser cargado, y acarreado y procesado para ser transformado en materia prima para la construcción y el resto se destina a las industrias procesadoras de asfalto.

Como también se determinó el número de camiones requeridos para la producción deseada.

**EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO  
GEOTÉCNICO-ESTRUCTURAL EN EL  
PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TÚNEL  
ALDOMONTE, TRAMO IV, DEL FERROCARRIL  
CARACAS-CÚA.**

**Luis O. RÍOS V.**

*Tutor Académico:* Gallovich, E.

En este trabajo especial de grado se hizo un análisis del diseño geotécnico preliminar del túnel Altomonte, evaluación y seguimiento durante el proceso de excavación que incluyó además la revisión geotécnica de los taludes de protección de los portales. Se destaca la importancia de determinar en el laboratorio las características de resistencia mecánica de las rocas, que conjuntamente a una adecuada caracterización geotécnica permitieron retroalimentar el modelo geomecánico utilizado en el proyecto. Además mediante el uso de la clasificación geomecánica de Bieniawski en el levantamiento del frente durante la excavación, se verificó el RMR y la clase de roca para la aplicación del soporte primario de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

El diseñar una excavación subterránea consiste en la utilización de la roca misma como elemento estructural, procurando en todo momento alcanzar el estado tensional de equilibrio, luego de la alteración producida por la excavación al campo de tensiones originales del macizo rocoso. Se emplearon técnicas que hicieron posible proporcionar al macizo rocoso un aumento de sus propiedades de resistencia y deformabilidad, en el proceso de la excavación y durante la inestabilidad presentada durante el mismo avance. Estas técnicas la constituyeron el uso del soporte primario como primer recurso para lograr la interacción terreno sostenimiento, la construcción de un pre-sostenimiento llamado arco de estabilización y empleo de vidrio-resinas; todo esto con la finalidad de consolidar la roca y reparar los daños ocasionados por tensiones ocurridas y las deformaciones que tuvieron lugar.

**ALTERNATIVAS DE SOSTENIMIENTO EN LA  
EXCAVACIÓN DEL TÚNEL TAZÓN NORTE  
DEL FERROCARRIL CARACAS-CUA**

**José A. SIERRA.**

*Tutor Académico:* Gianfranco Perri.

Analizar los tipos de soporte empleados en la excavación del túnel Tazón Norte y dar aportes a las

posibles alternativas de sostenimiento a emplear, es la finalidad del presente tema de Trabajo Especial de Grado, para lo cual se ha hecho un análisis del método constructivo empleado y un seguimiento a las portal norte progresivas 1+080 hasta la progresiva 1+274.

La elaboración del proyecto inicial y la ejecución de la obra, están a cargo de la firma del consorcio Contuy Medio, empresa transnacional con experiencia en la elaboración de túneles ferrocarrileros.

Este proyecto de construcción estipula, soporte primario constituido por costillas metálicas del tipo IPN-300, IPN-200, dobles o sencillas de acuerdo a las condiciones geomecánicas del macizo intervenido, además se estima colocación de pernos y micropilotes de anclaje y de fundación, malla electrosoldada y concreto proyectado.

La construcción del túnel así como los criterios y métodos empleados en la excavación y soporte del tramo en estudio se describen por capítulos, para lo cual en el capítulo I se estudia la geología de la zona, tema primordial de análisis en cualquier proyecto de obra subterránea.

En el capítulo II referente a los métodos constructivos, se estudia la metodología en la excavación de un túnel ferrocarrilero en condiciones geológicas precarias con especial referencia a la consolidación de terrenos poco competentes.

El método constructivo empleado en la excavación del túnel Tazón Norte, se analiza en el aparte del capítulo III. Las fases y secuencias constructivas, se muestran en el capítulo IV y en el capítulo V se detallan las labores de ejecución realizadas por tramos de avance diferenciados por el tipo de roca existente de acuerdo a la clasificación de BIENIAWSKI. (1989).

Las posibles alternativas de sostenimiento a emplear en la excavación del túnel se exponen en el capítulo VI, las cuales se concretan con las conclusiones y recomendaciones.

**MODELIZACIÓN Y DISEÑO DEL LÍMITE FINAL  
DE EXCAVACIÓN DE LA MINA SAN ISIDRO,  
ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**

**Arturo J. URDANETA PUMAR.**

*Tutor Académico:* José Peña.

La empresa CVG Ferrominera Orinoco, C.A (F.M.O) adquiere el software Medsystem para realizar la modelización y diseño de mina de forma computarizada de cada uno de los yacimientos que explota así como también de los depósitos en estudio. Esto responde a una necesidad de la empresa en optimizar el control de la información de los yacimientos (o depósitos), lo que

conlleva a una mejor utilización de las reservas de mineral de hierro contenidas en el Distrito Ferrífero Piar.

En el yacimiento San Isidro, se realiza una modelización geológica, dispuesta dentro de un arreglo tridimensional de bloques. Cada bloque posee una dimensión de 25x25x15 m, respondiendo los dos primeros a la conjunción de dos conceptos, el primero corresponde a la mitad de la malla ideal de perforación utilizada y el otro al área operativa de los equipos operativos utilizados, el tercero corresponde a la altura de los bancos de explotación de las minas explotadas por F.M.O y contendrán toda la información litológica y química del yacimiento. Bajo esta configuración, la información estará contenida en un total de 380.225 bloques repartidos a lo largo de 16 bancos de explotación. Para la creación del modelo geológico es necesario contar con una base de datos actualizada para ser vaciada dentro del mismo. Dicha base consta de sondeos geoexploratorios, secciones verticales y topografía actualizada distribuidas de la siguiente manera: 715 perforaciones (generadoras de sondeos), 71 secciones verticales y la intersección de la topografía original con los pies y rampas de explotación. Cuando se crea el modelo geológico de bloques se cuenta con una información al instante de los parámetros químicos contenidos en el yacimiento y de sus reservas.

Para San Isidro los resultados de la modelización arrojan un total de 235.500.000 tm en mineral de alto tenor (que incluye costras con 62.703.000 tm; Finos con 117.063.000 tm, Finos síliceos con 235.500.000 T. M, finos muy síliceos con 31.125.000 T.M y limolita con 565.000 T.M) y 151.113.000 toneladas para mineral tenor (58.745.000 T.M de cuarcita friable y 92.368.000 T. M de cuarcita dura), para un total de 386.118.000 toneladas de mineral. El promedio de los parámetros químicos para la mena de alto tenor arroja un 66.04% de hierro (Fe), un 2.60% de sílice (SiO<sub>2</sub>), 0.61% de alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 2,35% de pérdida por rojo (PPR), 0.050% de fósforo (P) y 0.044% de manganeso (Mn).

En lo que respecta al bajo tenor, los parámetros químicos se distribuyen de la siguiente manera: 44.89% de Fe, 34.04% de SiO<sub>2</sub>, 0.36% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.40% de PPR, 0.041% de P y 0.039% de Mn. Determinados los parámetros químicos y las reservas del yacimiento, el paso siguiente consiste en la realización de un modelo económico o de mina. Este último no es más que la condensación de los parámetros litológicos y la ponderación de los parámetros químicos del modelo geológico, para anexar posteriormente las variables económicas correspondientes (16 \$/TM venta promedio para el mineral con egresos correspondientes a la extracción y al tratamiento, dependiendo de cada grupo litológico) y persigue como objetivo la obtención de las reservas recuperables del yacimiento.

Una vez optimizado el límite final de excavación, las reservas recuperables obtenidas son: 205.992.000

toneladas de mineral de alto tenor cuyos parámetros químicos son 65.03% de Fe, 3.72% de SiO<sub>2</sub>, 0.75% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2,53% de PPR, 0.050% de P y 0.045% de Mn; 70.312.000 toneladas de bajo tenor friable (con unos parámetros químicos iguales a: 53.06% de Fe, 21.50% de SiO<sub>2</sub>, 0.66% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.96% de PPR, 0.044% de P y 0.041% de Mn) y 88.574.000 toneladas de bajo tenor duro (con 44.11% de Fe, 33.79% de SiO<sub>2</sub>, 0.90% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2.20% de PPR 0.043% de P y 0.044% de Mn) lo que sumado da un total de mineral extraíble de 364.878.000 toneladas. Asociadas a todo este mineral, es necesario extraer 172.263.00 toneladas de estéril, que represente una relación de extracción mena-estéril igual a 2:1.

**EVALUACIÓN Y DISEÑO DE TÉCNICAS DE  
PERFORACIÓN Y VOLADURAS  
SUBTERRÁNEAS, LA CAMORRA**

**Hector VENEGAS SIMANCAS.**

*Tutor Académico:* Miguel Castillejo

La perforación y voladuras de rocas en minería implican una serie de parámetros que si no son bien diseñados y aplicados pueden traer consecuencias muy negativas para cualquier proyecto minero.

En el presente trabajo se describen algunos métodos aplicados en minería subterránea, así como algunos tipos de explosivos y accesorios para tronadura existentes en el mercado nacional y extranjero y se realizó un seguimiento exhaustivo de las operaciones mineras desarrolladas en las minas subterráneas La Camorra, en especial en lo referente al método de explosión utilizado, técnicas de perforación y voladuras y rocas y tipos de explosivos utilizados.

Luego de un estudio detallado y basándose en referencias teóricas y procedimientos teóricos aplicados en la mina se compararon los métodos utilizados con los propuestos, se diseñaron nuevas técnicas de perforación y voladura en las diferentes áreas de la mina.

Para realizar este estudio se dividió el área de la mina en dos sectores que son el área de desarrollo que tiene que ver con la definición y configuración de los bloques de mineral mediante la perforación de galerías (subniveles) con jumbos y perforadoras manuales y el área de producción que abarca todo lo relativo a la perforación y tronadura de estos bloques mediante el método de Barrenos largos. De este estudio se puede concluir que la metodología de explotación utilizada no es la óptima y por lo tanto, si es mejorada a la brevedad siguiendo las recomendaciones pertinentes se pueden reducir los altos costos generados en la actualidad, colaborando en algo a la reactivación económica de la mina.