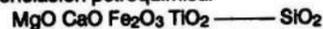


bolitas por lo que no nos es posible realizar un análisis más profundo acerca de las mismas.

A pesar de estas pequeñas diferencias, las anfibolitas del Pural y Duarte conservan el mismo tipo de diferenciación petroquímica.



En conclusión acerca de los esquistos verdes podemos decir que entre ellos existen dos grupos petroquímicos que se diferencian sustancialmente.

Hacia el primero tienden los esquistos de las regiones de La Farola y La Tinta y parcialmente Esquistos Amina. Por sus características petrográficas y petroquímicas (bajos contenidos de K, presencia de albita meta-

mórfica y de granos relictos de plagioclasas y Px, en particular en los esquistos de La Farola) pueden ser considerados como rocas del complejo basáltico. En el segundo grupo están los esquistos de las regiones Posanco, Imías y Cajobabo y también el pequeño campo figurativo de la región Farola los cuales se diferencian de los otros esquistos por valores más elevados de SiO₂ y K por lo que probablemente representen los complejos más ácidos (subvolcánicos) del desarrollo del arco insular.

Con respecto al otro campo figurativo de los Esquistos Amina este pudiera representar los productos derivados de la erosión de tobas (Draper y Lewis, 1983).

CONCLUSIONES

En general los prototipos de los diferentes complejos metamórficos, presentes en el resto de las Grandes Antillas y en el extremo oriental de Cuba son muy similares y están representados fundamentalmente por basaltos probablemente de corteza oceánica metamorfozados en las facies de las anfibolitas y de la anfibolita con epidota (en Cuba, Puerto Rico y probablemente en Dominicana y Jamaica) y en la facies de los esquistos glaucofánicos (en Jamaica y probablemente también en la Sierra del Pural). Otros prototipos están representados por series de rocas típicas de los arcos de islas, como por ejemplo las metavulcanitas del Grupo Pural (en Cuba Oriental), esquistos verdes de la Fm. Esquistos Amina. Otra analogía que presentan estos complejos metamórficos es su estrecha relación con rocas de la asociación ofiolítica (serpentinitas principalmente).

Esta similitud de las rocas metamórficas del extremo oriental de Cuba y de las áreas adyacentes en el Caribe algunos autores [2,5] las han relacionado con la

existencia de 2 direcciones de un complejo de subducción.

- Noreste durante el Cretácico
- Suroeste durante el Cretácico superior parte inicial del Paleógeno.

Sin embargo hasta hace muy poco tiempo el proceso de subducción no fue explicado para la parte oriental de Cuba pero la comparación con otras regiones permite presuponer que el Complejo Sierra del Pural es también un ejemplo de complejo de subducción si se tiene en cuenta los tipos de rocas presentes en el mismo, la existencia de diferentes fases de deformación de las rocas metamórficas, la presencia de un metamorfismo de alta presión y de zonación metamórfica. Tales características permiten presuponer que las rocas de Complejo Sierra del Pural fueron formadas en condiciones similares a las condiciones de formación de las rocas de las restantes islas de las Grandes Antillas.

BIBLIOGRAFIA

- BOWEN, C.: "Geology of Hispaniola (in AEM) Hairn, and F. Stchil (eds). The ocean basins and margins. in *Plenum Publishing Corp.* Vol. 3, p. 501-552, 1975.
- BUTTERLIN, J.: Progresos recientes en el conocimiento de la evolución geodinámica de las Antillas y problemas todavía objeto de controversias. "Geodinámique des Caraibes Symposium". París, 1985.
- DRAPER, G. y J. Lewis: Petrology, deformation and tectonic significance of the Amina schists, northern Dominican Republic. 9th Caribbean Geological Conference. Santo Domingo, 1980.
- DRAPER, G.: "Blueschists and associated rocks in eastern Jamaica and their significance for Cretaceous plate margin development in the northern Caribbean". *Geological Society of American Bulletin*. Vol. 97, p. 48-60, 1986.
- MATTSON, P.: Subduction, buoyant bracking, flipping and strike-slip faulting in the northern Caribbean. in *Journal of Geology*, Vol. 87, p. 293-304, 1979.
- MIYASHIRO, A.: "Classifications, characteristics and origin of ophiolites". in *Journal of Geology*. Vol. 83, p. 20, 1975.

ASPECTOS DE LA PREPARACION DE UNA MINA SUBTERRANEA YA EXPLOTADA CON VISTAS A UBICAR EN ELLA UN FRIGORIFICO

C.Dr. Roberto Blanco Torrens
Ing. Roberto Watson Quesada,

Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: En el presente trabajo se recogen los principales aspectos tenidos en cuenta por los autores en la tarea de proyectar la ubicación de un frigorífico en condiciones subterráneas, utilizando para ello una mina ya explotada de la región oriental del país.

Se ofrecen datos de los costos de construcción y explotación de un frigorífico "típico" en condiciones subterráneas, comparándose con los costos de dicho frigorífico en la superficie.

ABSTRACT: This work gathers the principal aspects considered by the authors in solutioning the task of placing refrigerator in underground-mine, utilising on already exploited mine in the eastern part of the country. The dato on the cost of construction and exploitation of a typical refrigerator in underground condition is compared to this system built on the surface.

INTRODUCCION

Dentro de la problemática estudiada de utilización de las minas abandonadas con otros fines económicos, y sobre la base de los estudios realizados al respecto se elige una mina que posea condiciones para ubicar en ella cualquier obra de interés económico.

Atendiendo a los objetivos del trabajo se valora la posible ubicación en ella de un depósito de combustible o de un frigorífico, enfocándose el presente trabajo a la variante del frigorífico.

El frigorífico que se propone ubicar en condiciones subterráneas es del tipo de los construídos en las ciudades de Santiago de Cuba y Nuevitas, será destinado a la conservación de vegetales y carne, tendrá una capacidad de 7 T.

Otras características del frigorífico tomado como patrón son [1]. El gasto de frío (Q), en condiciones habituales de superficie, según datos del proyecto ejecutivo de la ECOI-11 de Santiago de Cuba es de 2 180 000 Kcal/h, y la potencia real necesaria es de 2 400 000 Kcal/h.

El frigorífico se encuentra dividido en 2 zonas, la principal de producción y la auxiliar. En la zona principal se encuentran las cámaras de frío, 16 de ellas con un régimen de trabajo de 0 °C y las restantes 5 con un régimen de trabajo de 18 °C. En la zona auxiliar se encuentran diferentes objetos que poseen variadas funciones: sala de máquina, taller de reparaciones, subestación eléctrica, depósito de pallets, torre de enfriamiento, locales socioadministrativos y otros.

El transporte interior y la carga-descarga de los productos se realiza con carros y cargadores eléctricos.

Para garantizar la temperatura de 0 °C en las cámaras se emplea un ciclo térmico con una temperatura de evaporación del agente frío de -10 °C, para lo cual trabajan dos compresores del tipo AYY-400/3D (con una productividad cada uno de 170 000 Kcal/h). Además se tienen dos compresores del tipo AYY-200/3D de reserva. Para las cámaras de frío intenso (-18 °C) se emplea un ciclo térmico con una temperatura de evaporación del agente frío de -26 °C.

Aquí trabajan 4 compresores del tipo AYY - 400/3D (productividad cada uno de 290 000 Kcal/h en estas condiciones).

En el presente trabajo se plantea utilizar el mismo equipamiento del frigorífico patrón en las condiciones subterráneas, esto se hace con el fin de facilitar la comparación entre las dos variantes.

Claro está, en la práctica mundial, habitualmente se usa en estos casos un equipamiento especial (particular-

PROPUESTA DE UBICACION DEL FRIGORIFICO EN CONDICIONES SUBTERRANEAS

Después de realizado un estudio detallado de las diferentes variantes de ubicación de un frigorífico en la mina seleccionada se llegó a la conclusión, que desde el punto de vista técnico-económico la variante más ventajosa es la que prevee la disposición de todas las salas de frío concentradas en una sola cámara. Según esta variante se toman las siguientes resoluciones.

Preparar 7 cámaras frías de iguales dimensiones 104 m x 12 m, de ellas 5 para un régimen de 0 °C y las dos restantes para un régimen de -18 °C. Cada una de estas cámaras tendrá techo abovedado con paredes rectas de 3 m de altura, siendo la elevación de la bóveda por su centro de 4 m. Las cámaras se separan entre sí por pilares de 8 m de ancho (ver figura 1), altura 3 m y longitud de 104 m. A partir de esto se necesita para alojar las cámaras frías un área total de 160 m x 110 m (18 560 m²) ya que se prevee (como el proyecto de superficie) un pasillo de 6 m de ancho por todo el perímetro de las salas de frío.

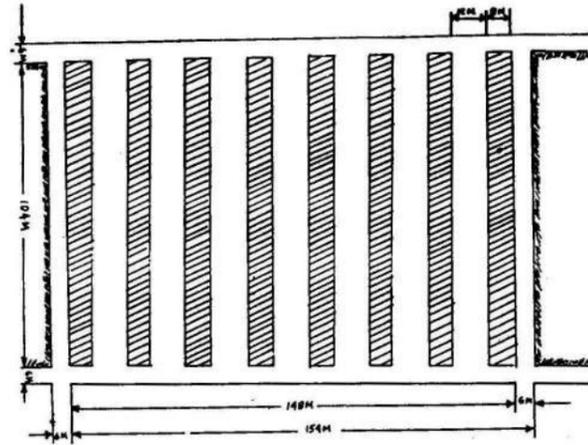


Figura 1

La cámara que se prevee utilizar para ubicar estas salas de frío posee un área de 5 100 m² de los cuales se planifican utilizar 4 300 m². Por ende esta cámara se debe ampliar en aproximadamente 14 300 m² lo cual se hará en la dirección norte, la que se caracteriza por su alta estabilidad.

Estas cámaras se fortifican con hormigón monolítico. Para la determinación de la carga esperada sobre la fortificación se utilizaron diversas fórmulas de cálculo [1, 3, 8, 9] las cuales como demuestra la práctica dan resultados suficientemente precisos. El espesor necesario de

mente en lo que se refiere a los condensadores) que es menos voluminoso y costoso.

En el presente trabajo se hace una propuesta de los trabajos que se deben realizar en la mina elegida para ubicar en ella el frigorífico en cuestión, y al final se hace la comparación económica entre la variante propuesta en el trabajo y la variante de ubicación del frigorífico en la superficie.

la fortificación se calculó por varias fórmulas [1, 2, 4] siendo el mayor valor de los obtenidos 19 cm, ahora bien teniendo en cuenta que cualquier obra de esta índole está previsto utilizarla durante un largo período de tiempo se propone como espesor de la fortificación 25 cm.

Se plantea que el piso de las cámaras y pasillos se hagan de hormigón armado con rejillas metálicas, con un espesor de 20 cm, lo cual garantiza de forma duradera su buen estado.

La entrada principal del frigorífico se prevee que sea el actual socavón principal de la mina. Según esto los productos deben llegar en transporte automotor hasta la entrada de este socavón donde debe situarse un almacén de tipo operativo (similar al previsto en el proyecto de superficie). Para la transportación de los productos desde este almacén hasta las cámaras de frío y a la inversa se prevee utilizar los mismos carros eléctricos previstos en el proyecto patrón. El socavón principal se encuentra en buen estado y en él se deben realizar trabajos de recons-

trucción con vistas a aumentar su ancho y altura (figura 2) con el objetivo de garantizar, cumplimentando las reglas de seguridad, el paso del transporte previsto.

El piso de esta excavación debe construirse de igual forma que en las cámaras de frío, y la fortificación se prevee de hormigón monolítico con un espesor de 25 cm, aunque en este caso el valor obtenido de la carga sobre ella en los cálculos es aún menor que el de las cámaras.

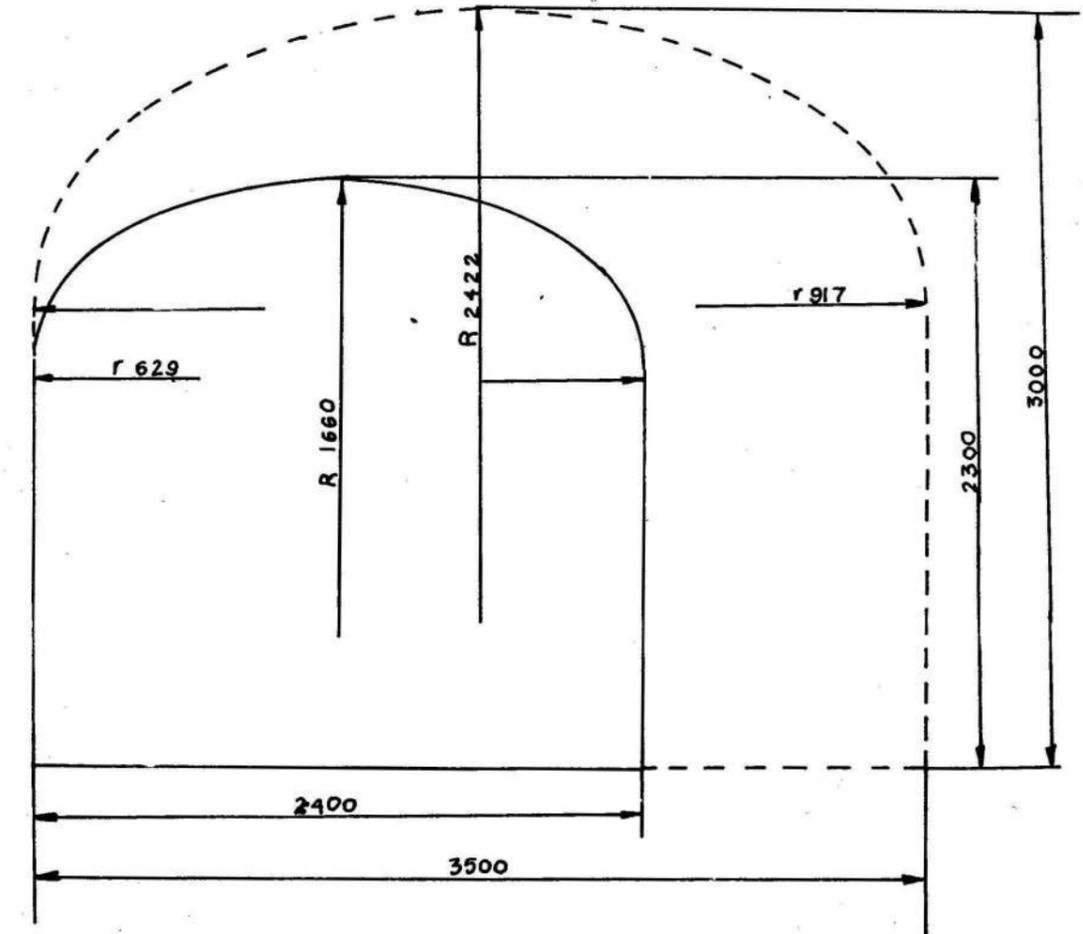


Figura 2

Con respecto a los restantes objetos de obra del frigorífico se plantea ubicarlos de la siguiente forma:

Sala de máquinas. Se propone ubicarla en una galería que entronca con el socavón principal para lo cual se debe ampliar esta excavación en toda su longitud (darle un ancho de 10 m y una altura de 4 m) se prevee fortificar esta excavación de igual forma que las ya analizadas. En este caso el piso se propone de 15 cm de espesor y las soluciones constructivas de los cimientos de los diferentes equipos se toman igual al proyecto de superficie.

Subestación eléctrica. Se plantea ubicar en el antiguo depósito de sustancias explosivas dispuesto cercano a la boca del socavón principal hasta una longitud de 14 m y un ancho y alto de 4 m. Se propone fortificar esta excavación también, de hormigón monolítico de 25 cm de espesor.

Depósito de agua. Se propone utilizar una cámara cercana a la sala de frío, la cual en la actualidad está llena de agua. Según datos orientativos esta cámara tiene una capacidad de aproximadamente 10 000 m³. Se planifica mediante el sistema de desagüe de la mina llevar el agua

del socavón principal y de otras excavaciones hasta dicha cámara.

Cámara de bombeo. Se propone ubicar en una pequeña excavación que tiene acceso a la cámara que se va a utilizar como depósito de agua desde el socavón principal. Para ello esta excavación debe ser ampliada aproximadamente en unos 30 m³. Se plantea una fortificación de 25 cm (hormigón monolítico) y un piso de hormigón de 15 cm de espesor.

Torre de enfriamiento. Se propone ubicar esta construcción en una galería cercana al lugar propuesto para alojar la estación de bombeo. Esta instalación ocupa en el plano un área de 450 m² y tiene una altura de 4 m por lo que se hace necesario la ampliación de la galería hasta las dimensiones requeridas.

Otras obras tales como el depósito de pallets, el taller mecánico, el local administrativo-de servicio, se prevee ubicarlos en la mina, en diferentes excavaciones. Para esto como en los casos anteriores se requieren labores de ampliación.

Una serie de obras como el almacén de tipo operativo ya citado, instalaciones de limpieza para las aguas,

etc. se prevee construirlos en la superficie según los datos del proyecto patrón.

Se propone garantizar el servicio de agua para el frigorífico de la siguiente forma: de acuerdo con las investigaciones hidrogeológicas hechas al respecto se propone perforar dos pozos (a 4 - 5 m uno de otro) hasta una profundidad de 20 - 25 m y un diámetro de 0,54 m en la terraza del socavón 3.

En este lugar se debe construir una estación de bombeo (11) equipada con dos bombas del tipo ATH8-8.

Se plantea tener instalada una en cada pozo, pero mantener una sola funcionando.

ALGUNOS ASPECTOS SOBRE EL CALCULO TERMICO DE LA UBICACION DEL FRIGORIFICO SUBTERRANEO

Antes de pasar al cálculo económico de la variante propuesta para hacer su comparación con la variante de superficie es necesario hacer algunos análisis relacionados con el "gasto de frío" que requiere la obra en cuestión.

Es conocido que el cálculo de un frigorífico ubicado bajo tierra en comparación con el de superficie posee sus peculiaridades, ya que en este caso el medio circundante va a ser el macizo rocoso y no la atmósfera abierta.

Para crear las condiciones térmicas y de humedad necesarias a las cámaras de frío para su trabajo normal

De esta estación de bombeo el agua se envía a un tanque de 500 m³ de capacidad desde donde después mediante bombeo se hace llegar el agua al frigorífico. Se prevee en este caso que el consumo de agua será similar al de la variante de superficie, por lo que se plantea que se pueden utilizar las mismas bombas.

Como aspecto final diremos que se planifica hacer un acceso asfaltado a la entrada del socavón principal de tal forma que permita la llegada de autos. En tanto que al socavón auxiliar se le planifica un mantenimiento del camino para que facilite el acceso al vehículo de tracción, ya que esta entrada se prevee de reserva.

es necesario elegir y aplicar una serie de medidas técnicas, para lo que previamente se deben determinar algunos parámetros principales como son:

- Duración del período preliminar de enfriamiento de las rocas que circundan las cámaras de frío.
- Densidad del flujo de calor que llega del macizo a la cámara de frío durante su explotación.
- Gasto de frío para el intercambio con el medio circundante (macizo).
- Productividad necesaria de las máquinas de frío.

DETERMINACION DE LA DURACION DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO PRELIMINAR

Se utiliza para ello la conocida fórmula:

$$T_{op} Ka \left[\frac{\lambda (T_0 - T_n)}{\sqrt{\phi q_0 e^{m(T_n - \Delta)}}} \right]$$

Donde:

- n - Coeficiente de corrección que tiene en cuenta las condiciones del enfriamiento en la superficie. En nuestro caso n = 2,4.
- T_n - Temperatura de las cámaras de frío, grados
- Ka - Se toma Ka = 1,17 para T_n = -18 °C y Ka = 1,08 para T_n = 0 °C
- T₀ - Temperatura del macizo rocoso, grados
- λ - Coeficiente de conducción térmica de las rocas, Kcal/m.h.grado. Se toma para la roca estudiada λ = 2,0.
- a - Coeficiente de conducción de temperatura de las rocas, m²/h. Tomamos para las condiciones estudiadas a = 0,002 5.
- ΔT - Diferencia entre la temperatura T_n y la temperatura de evaporación del agente empleado. Generalmente ΔT = 10°.
- m - Coeficiente que depende del tipo de agente de frío empleado; para el amoníaco, m = 0,055, para freón 12, m = 0,039 y para freón 22, m = 0,045.
- q₀ - Densidad inicial del flujo térmico

Kcal/m².h. grado.

Esta tarea puede enfocarse y ser resuelta de varias formas, teniendo en cuenta los objetivos del trabajo vamos a proponer un flujo térmico inicial a partir de la productividad que poseen las instalaciones de frío previstas en el proyecto de superficie.

La productividad de la instalación de frío en el proyecto tomado como patrón es de 2 400 000 Kcal/h.

El área ocupada por las cámaras de frío en la variante propuesta es:

Para el régimen de -18 °C - 6 264 m²
Para el régimen de 0 °C - 12 300 m²

Según la experiencia acumulada al respecto en el período preparatorio (preliminar al comienzo de la explotación de la instalación) es posible utilizar para el enfriamiento de las rocas la mayor cantidad de frío (del 80 al 85 %). En nuestro caso nosotros planteamos usar el 75 %, ya que si se emplean como se plantea máquinas de igual productividad que las del proyecto patrón se destinarán para enfriar las rocas 1 800 000 Kcal/h.

De esta cantidad de frío, y después de haber realizado una serie de cálculos se plantea utilizar el 60 % de ella para enfriar las rocas que rodean las cámaras de -18 °C (o sea 1'080 000 Kcal/h) y el 40 % (720 000 Kcal/h) para las cámaras de 0 °C.

La densidad inicial del flujo térmico (q₀) se obtiene por la expresión:

$$q_0 = \frac{Q^p}{S_c} \quad (2)$$

Donde:

- Q^p - Productividad de la instalación de frío en el período preparatorio, Kcal/h
 - S_c - Área ocupada por las cámaras de frío, m²
- De aquí se obtiene que para las cámaras de -18 °C.

$$q_0 = \frac{1\ 080\ 000}{6\ 264} = 169\text{Kcal}$$

y para las cámaras de 0 °C .

$$q_0 = \frac{720\ 000}{12\ 300} = 58\text{Kcal}$$

por lo que para T_n = -18°

$$t_0 = 1\ 921,3h = 80,1\text{días}$$

y para T_n = 0 °C

$$t_0 = 733,8h = 30,6\text{días}$$

De los resultados obtenidos se infiere que pudiera reducirse aún más el período preparatorio dando un poco más de frío a las cámaras de -18 °C, no obstante se plantea en el trabajo emplear 90 días en el período de enfriamiento preliminar de las rocas circundantes a las cámaras de frío.

DETERMINACION DE LA DENSIDAD DEL FLUJO TERMICO

La densidad del flujo térmico proveniente del macizo rocoso hacia las cámaras frías en el período de explotación se determina por la fórmula [11]

$$q_0 = \frac{1,35 \lambda (T_0 - T_n)}{\sqrt{\phi a t_0}} \quad (3)$$

Para T_n = -18 °C

$$q_0 = 27,54\text{ kcal/m}^2\text{ h}$$

y para T_n = 0 °C

$$q_0 = 14,75\text{ Kcal/m}^2\text{ h}$$

En los cálculos se emplea un tiempo de 90 días para el período de enfriamiento preliminar del macizo.

CALCULO DEL GASTO DE FRIO PARA EL INTERCAMBIO CON EL MEDIO CIRCUNDANTE (MACIZO ROCOSO)

El valor total para el intercambio en el macizo rocoso se puede calcular por la expresión:

$$Q_1 = Q_1' + Q_1''$$

Siendo:

Q₁' - Flujo térmico desde el macizo hacia la superficie de las cámaras de frío, Kcal/h.

Q₁'' - Flujo térmico a través de las ventanas y pilares por el contorno de las cámaras de frío, Kcal/h.

Según los cálculos realizados para T_n = -18 °C .
Q₁' = 345 021 Kcal/h y para T_n = 0 °C
Q₁' = 362 850 Kcal/h . En tanto que
Q₁'' = 136 000 Kcal/h para T_n = -18 °C y
Q₁'' = 59 560 Kcal/h para T_n = 0 °C
Por lo que el valor Q₁ para T_n = -18 °C será de 481 021 Kcal/h , y para T_n = 0 °C Q₁ será 422 410 Kcal/h

CALCULO DE LA PRODUCTIVIDAD NECESARIA DE LA MAQUINA DE FRIO (Q_n)

El cálculo del gasto del frío -Q_n- se realiza por la siguiente fórmula: [7, 11]

$$Q_n = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (5)$$

Donde:

Q₂ - Frío que se gasta en la conservación de los productos guardados, según el proyecto de superficie es de 200 000 Kcal/h .

Q₃ - Frío que se gasta en las necesidades del proceso tecnológico, según el proyecto patrón Q₃ = 560 000 Kcal .

Por ende:

$$Q_n = 1\ 760\ 000\text{ Kcal h}$$

A partir de esto utilizando la siguiente expresión:

$$Q_n = Q_1 \left(1 + \frac{C_t}{100}\right) \left(1 + \frac{C_c}{100}\right) \quad (6)$$

Donde:

C_t - Coeficiente que tiene en cuenta las posibles pérdidas en la tubería, se recomienda de 1,07 no obstante tomamos C_t = 1,12 .

C_c - Coeficiente que caracteriza el tiempo de trabajo de los compresores, se recomienda un valor de 1,09, fue tomado C_c = 1,15.

Se obtiene la productividad necesaria del equipo frío Q_n = Q₁ (1,12) (1,15) = 2 270 400 Kcal/h .

Lo cual quiere decir que prácticamente al inicio del proceso de explotación se gasta igual cantidad de frío que en la variante de superficie.

Aquí es necesario tener en cuenta que mientras en los frigoríficos de superficie este gasto varía durante el año (verano-invierno) en pequeños límites, y se manten-

drá constante años tras años [11, 7]; y en el frigorífico ubicado en condiciones subterráneas, donde el gasto de frío va a ir disminuyendo con el tiempo y así tenemos que al cabo de 6 años de explotación la necesidad de frío será

de 1 450 000 Kcal/h, a los 12 años 1 300 000 Kcal/h y así sucesivamente.

EVALUACION ECONOMICA DE LA VARIANTE PROPUESTA

La evaluación de la efectividad económica de los frigoríficos ubicados en condiciones subterráneas es una tarea bastante compleja, ya que incluso en los países más desarrollados no se posee una gran experiencia al respecto. En nuestro país no se conoce ningún trabajo que trate sobre esta problemática por lo que consideramos el

presente trabajo como los primeros pasos que se dan en tal dirección.

Partiendo de lo anteriormente expuesto es que la comparación económica que se hace entre las dos variantes analizadas (la ubicación en la superficie y en subterráneo del frigorífico) tiene carácter orientativo.

DETERMINACION DE LOS GASTOS DE CONSTRUCCION

En el costo de construcción de cualquier frigorífico inciden una serie de gastos como son: en la construcción de las cámaras frías, construcción de obras no productivas, trabajos de montaje en la construcción de las vías de acceso, preparación del terreno para la construcción, canalización, electrificación y otros.

En la tabla 1 se da la estructura por elementos de costo para las dos variantes analizadas.

Tabla 1

Tipo de gastos	Variante en la superficie (miles de pesos)	Variante propuesta en las condiciones subterráneas (miles de pesos)
Movimiento de tierra y preparación del terreno en la superficie.	285,4	123,0
Trabajos de montaje	479,8	624,0
Construcción civil de la obra	4 281,0	1 508,0
Reparación y construcción de las vías de acceso	—*	167,2
Suministro de agua y electricidad	—*	42,0
Gastos similares en las dos variantes	137,0	137,0

Los valores de la tabla 1 para la variante en la superficie se tomaron del proyecto considerado como patrón, en tanto que los de la variante propuesta fueron calculados los costos de la construcción del frigorífico (miles de pesos).

Los gastos de reparación y construcción de caminos, en la variante subterránea, también fueron calculados usando normas de dichas empresas constructoras.

DETERMINACION DE LOS GASTOS DE EXPLOTACION

Los gastos de explotación de cualquier frigorífico incluyendo una serie de gastos tales como: gastos de

transportación, gastos en salarios en la parte productiva, gastos en la conservación de los productos guardados

Tabla 2

Tipo de gastos	Variante de superficie (miles de pesos)	Variante de subterráneo (miles de pesos)
Gasto de transportación	250	308,3
Salarios en el proceso productivo	31,4	41,8
Conservación del producto	160,3	168,9
Gastos en energía y consumo de agua	275,0	292,0
Gastos en el proceso no productivo	390,0	407,3
Otros gastos	117,0	124,8
Total	1 217,3	1 342,8

(consumo de frío), gastos en agua y energía en el proceso productivo y gastos en la parte no productiva.

En nuestro trabajo algunos de estos gastos fueron obtenidos a partir de su cálculo y otros de la bibliografía existente.

En la tabla 2 se da la estructura de los gastos de explotación para las dos variantes comparadas. Es necesario aclarar que este análisis se hace para el primer año

de trabajo de la variante subterránea, es decir para las condiciones económicas más adversas.

Para el segundo año de explotación del frigorífico subterráneo los gastos de explotación de las dos variantes serán iguales, y de ahí en adelante los del frigorífico subterráneo se hacen inferiores a los de la variante de ubicación en la superficie.

EFFECTIVIDAD ECONOMICA DE LA VARIANTE PROPUESTA

Para la valoración de la efectividad económica de cualquier obra, en el caso concreto del frigorífico es necesario tener en cuenta tanto los gastos capitales como los de explotación.

Para la comparación de las distintas variantes se puede utilizar la expresión:

$$C_1 + E_n K_1 = \text{Mínimo} \quad (7)$$

Donde:

K_1 — Inversiones capitales para cada variante
 C — Gastos de explotación en cada variante
 E_n — Normativo de las inversiones capitales. Tomando el usado en la URSS para el tipo de obra analizado $E_n = 0,23$ [5].

La variante óptima será aquella que da un valor mínimo:

En este caso se obtiene.

Para la variante de superficie.

$$C_1 + E_n K_1 = 2 409,5 \text{ miles de pesos}$$

Para la variante propuesta.

$$C_1 + E_n K_1 = 1 991,2 \text{ miles de pesos}$$

Es necesario señalar que la diferencia entre las variantes analizadas se va a ir agrandando con el transcurso del tiempo a favor de la variante propuesta.

CONCLUSIONES

Del análisis técnico-económico realizado se desprenden las ventajas de índole económica que ofrece la ubicación de este tipo de obra, y en general de toda una serie de obras en condiciones subterráneas.

Aquí se hace necesario añadir otra serie de ventajas que tiene la ubicación en las excavaciones mineras abandonadas, de diferentes tipos de obras de la economía.

Al ubicar diferentes obras bajo tierra se ahorra terreno de la superficie, en muchos casos valioso para la

agricultura y ganadería, lo cual se hace aún más importante en un país como el nuestro de características agrícolas y de limitada extensión territorial.

- Se disminuye la afectación al medio circundante.
- Las obras situadas bajo tierra son menos afectadas por sismos u otro tipo de fenómeno.
- Se utiliza la roca como material de construcción.

REFERENCIAS

1. EROFIEV, Z. M.: "Proyección de la fortificación de excavaciones mineras capitales". En *Revista Construcción de Minas*, p. 19, No. 2, 1978.
2. GELESCUL, M. M. y V. N. KARIETNIKOV: *Manual para la fortificación de excavaciones mineras capitales y preparatorias*. Moscú, Editorial Nedra, 1982.
3. MOSTKOV, V. M.: *Construcciones subterráneas de gran sección* Moscú, Editorial Nedra, 1974.
4. NASONOV, L. N.: *Mecánica de rocas y fortificación de excavaciones mineras*. Editorial Nedra, Moscú, 1969.
5. Proyecto ejecutivo del frigorífico de Santiago de Cuba. Elaborado ECOI-II. Santiago de Cuba.
6. Recomendaciones para la proyección de instalaciones frigoríficas. Moscú Editorial UNIXI, 1962.
7. SCHETSOV, P. F. y A. F. ZULBERBORD: *Debajo de la tierra para asimilar tierra*. Moscú, Editorial Ciencia, 1983.
8. SMIRNIAKOV, V. V.: *Mecánica de rocas*. Santiago de Cuba. Publicaciones Internas. Universidad de Oriente, 1967.
9. SVERDLOV, Y. E. y B. K. YAUREL: *Proyección de instalaciones frigoríficas e instalaciones de aire acondicionado*. Leningrado, Ed. Instituto de Minas de Leningrado, 1973.
10. ZASLARSKY, Y. Z. y V. M. MOSTROV: *Fortificación de las construcciones subterráneas*. Moscú, Editorial Nedra, 1979.
11. ZILBERBORD, A. F.: *Recomendaciones para el cálculo técnico de obras frigoríficas subterráneas*. Moscú, 1973.