

24/41

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**"ANALISIS DE COSTOS DE DOS SOLUCIONES AL
PROBLEMA DE LAS ZONAS MINADAS DE LA
CIUDAD DE MEXICO"**.

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
RICARDO JOSE CEVALLOS FERRIZ
GONZALO MANUEL IBARRA PEREZ**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ANALISIS DE COSTOS DE DOS SOLUCIONES AL PROBLE
MA DE LAS ZONAS MINADAS DE LA
CIUDAD DE MEXICO

I.- Introducción

II.- Planteamiento del Problema

- Factores que influyen en la estabilidad de las cavernas.
- Peligros a que están expuestas las cimentaciones localizadas en las Zonas Minadas.

III.- Planteamiento de diversas soluciones al problema de migración de cavernas.

- Relleno de cavidades e inyección
- Excavación y Relleno compactado
- Rellenos sueltos y Heterogéneos
- Refuerzo de techos y protección contra el intemperismo (concreto lanzado).

IV.- Evaluación económica de 2 soluciones antes planteadas

- Bases para la evaluación económica.
- Determinación del costo real de la mano de obra.
- Obtención del costo directo del concreto lanzado.
- Obtención del costo directo de la excavación de la cubeta del canal y de su relleno compactado.

V.- Conclusiones

VI.- Anexos

VII.- Referencias

PROLOGO

Quisiéramos hacer mención de la inquietud que nos llevó a tratar el problema de las Zonas Minadas en la presente tesis.

Nos sentimos solidarios a los objetivos perseguidos por la U.N.A.M. y especialmente a aquellos de la Facultad de Ingeniería, que son los de cumplir una función social.

Consideramos que el presente trabajo puede contribuir al cumplimiento de dicha función, a través de la Facultad de Ingeniería y el Departamento del Distrito Federal.

En términos generales, las Zonas Minadas están habitadas por personas de escasos recursos. Para estas familias, su patrimonio está representado casi en su totalidad por su vivienda.

El problema de las zonas minadas es tal, que las viviendas de estas personas se encuentran en peligro de ser destruidas por la Naturaleza y por el hombre mismo.

Nosotros nos sentiremos grandemente recompensados si en algo podemos cooperar para salvaguardar el patrimonio de esos cientos de miles de personas, a través de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Departamento del Distrito Federal.

I.- INTRODUCCION

Se llaman ZONAS MINADAS a los terrenos que se caracterizan por la presencia de antiguas minas subterráneas que dejó el hombre al explotar materiales para la construcción; tan sólo en el Distrito Federal se estiman en 100 km², parte de los cuales están habitados por cientos de miles de personas.

Su falla por hundimiento ha cobrado varias vidas y daños materiales, generando graves problemas de índole social, económico, político, y desde luego técnico.

Las Areas Minadas están ubicadas en la zona de lomas de la Ciudad de México, y se extienden hacia el norte dentro del Estado de México (fig.1). Como se sabe, la zona de lomas está catalogada como la mejor de la tres zonas en que se ha dividido el subsuelo de la Ciudad de México, en lo que a ingeniería de cimentaciones se refiere, dada la ausencia de formaciones arcillosas lacustres de alta compresibilidad y de baja resistencia al corte y, hasta hace poco, ajena a los efectos de hundimiento regional.

Sin embargo, este panorama dista mucho de la realidad en ciertas áreas de la zona de lomas, debido a la presencia de minas subterráneas que en forma de galerías y salones se desarrollan al azar como verdaderos laberintos.

La ocupación de las Areas Minadas, errática en todos sentidos, incluyendo fraccionamientos residenciales y asentamientos humanos irregulares, subestimó o pasó inadvertida por ignorancia o intencionalmente, la presencia de cavidades en el subsuelo, de forma tal, que en el presente constituyen un grave peligro en potencia que tiende a acentuarse con el tiempo, dada la influencia por ejem

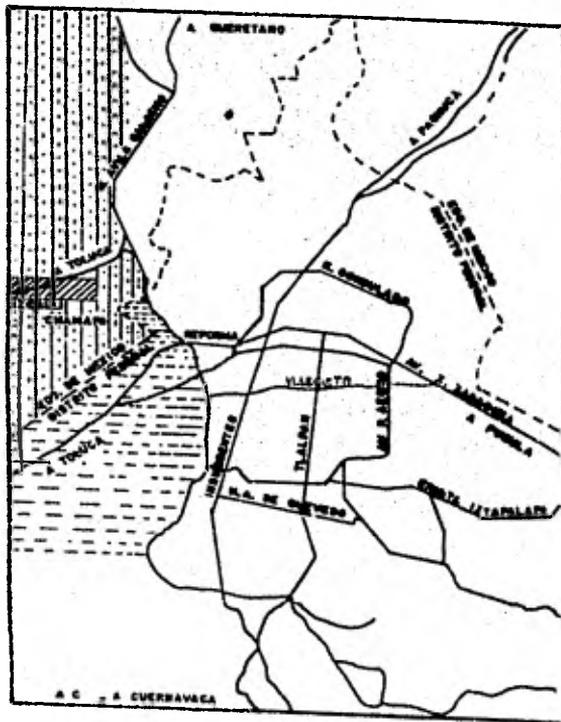


FIG. 1

plo, del intemperismo, de la acción del mismo hombre que erige sobre ellas y modifica el terreno, y de otros agentes.

El problema se agrava aún más debido a que en la actualidad buena parte de las Zonas Minadas se encuentran pobladas, y a que su estudio y solución requieren de acciones inmediatas que además de complejas son muy costosas.

En el capítulo III hemos hecho un análisis de las posibles soluciones al problema de las zonas minadas, extendiéndonos más en el concreto lanzado por considerarlo como una de las soluciones más viables, además de ser un tema sobre el cuál no se ha escrito e investigado lo suficiente.

II.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

II.- 1.- Factores que afectan la estabilidad de las cavernas.

En tres grupos pueden clasificarse los factores que influyen en la estabilidad de terrenos minados (Ref. I):

- a).- Geométricos, tales como dimensiones, profundidad, altura libre y número de niveles de cavidades.
- b).- Propiedades del terreno, en particular las de resistencia y deformabilidad de los materiales que constituyen las bóvedas y pilares. Interesa también la estructura secundaria.
- c).- Agentes externos: Sobrecargas, sismos, erosión e intemperismo, y otros.

En ocasiones, el material que rodea la mina es de baja resistencia al corte y por ello no se puede garantizar la estabilidad de las bóvedas, en particular si éstas son de dimensiones amplias y de reducido espesor.

Los mantos en que se localizan las cavidades, están formados comúnmente por suelos granulares, tales como arenas y materiales pumíticos ligeros; es por ello que su resistencia no garantiza su funcionamiento como elementos de soporte de las bóvedas.

Al quedar expuestos los materiales al medio ambiente y a la acción de otros agentes, sufren con el tiempo alteraciones en deterioro de sus propiedades mecánicas, además de modificar en forma desfavorable las dimensiones iniciales de las cavidades.

II.- 2.- Los peligros a que están sujetas las cimentaciones en las

Zonas Minadas de la Ciudad, están representadas por:

- a).- Fallas de bóvedas, ya sea por incremento de esfuerzos provocados por sobrecargas en la superficie y fuerzas accidentales, o por la disminución o pérdidas de la resistencia al corte de la sección de la bóveda, ocasionada por la acción de otros agentes externos.
- b).- Fallas de pilares ocasionadas por las causas anotadas en el inciso (a).
- c).- Migración de cavidades hacia la superficie del terreno (caso particular del inciso (a)).

El riesgo de estas fallas es alto, debido a la poca profundidad de la mayoría de las minas y al proceso de alteración que reduce la resistencia de los materiales. Es claro que si la acción de los agentes exteriores es constante, el riesgo aumenta con el transcurso del tiempo. Esta tendencia se observa en las Zonas Minadas de la Ciudad de México.

El fenómeno de migración de cavidades es el resultado del desplazamiento o ampliación de una cavidad hacia la superficie del terreno, en forma de arco, debido a la desintegración progresiva de la bóveda que la cubre. Este fenómeno cobra importancia en los materiales deleznales y se acelera cuando éstos sufren alteraciones como las provocadas por filtraciones.

La altura que una cavidad puede alcanzar por migración, suponiendo que el material desprendido queda en el lugar donde cae, puede estimarse con la expresión:

$$h = H \left(\frac{\gamma}{\gamma - \gamma_1} \right)$$

Donde: h = Altura total de migración

H = Altura libre de la cavidad original.

γ = Peso volumétrico del material desprendido

γ = Peso volumétrico del material que forma la bóveda en estado natural.

Si el valor medio aproximado de γ es de $1.70 \frac{\text{ton.}}{\text{m}^3}$ y el de γ_1 es de $1.50 \frac{\text{ton.}}{\text{m}^3}$ se obtiene $h = 7.5 \text{ m}$

Esto significa que si H es igual a 2m la altura que puede alcanzar la cavidad por migración será de 15m.

Es probable que la cavidad se comunicará con el exterior si originalmente se localiza a una profundidad igual o menor que la altura de migración.

En la información que fue posible recopilar al preparar este trabajo, no se reportan casos que ilustren con amplio detalle la influencia de sismos en el comportamiento de terrenos minados.

Debido a la alta sismicidad de la región en que se ubica la Ciudad de México y al precario estado de equilibrio que guardan algunos sitios minados, no debe descartarse la posibilidad de fallas que en el futuro pudieran presentarse por la acción de un sismo.

III.- PLANTEAMIENTO DE DIVERSAS SOLUCIONES AL PROBLEMA DE MIGRACION DE CAVERNAS

Debido a la gran extensión de las galerías, no es posible dar una solución única al problema, sino plantear varias alternativas de solución.

En algunos casos se puede presentar la necesidad de dar mayor capacidad portante a la caverna e impedir la migración de la bóveda. En otros casos será necesario únicamente evitar la migración de la bóveda.

Para conocer qué necesidades (soporte, migración, drenaje, etc) se tienen en una caverna, es importante conocer cuál será el uso del suelo que se encuentra sobre la bóveda y los pilares.

Es claro que la meta ideal es susceptible de adaptarse a la economía y seguridad que deben alcanzarse en cada caso. En terrenos destinados a jardines, campos deportivos y vías públicas, los requerimientos de estabilidad en el subsuelo son menores que en zonas habitadas. En los primeros se podría solucionar el problema simplemente evitando que la mina continúe su migración, mientras que para el segundo caso, además se podría requerir dar capacidad de carga a la masa de suelo.

El tipo de soluciones se puede dividir en:

- 1).- Relleno de cavidades e inyección.
- 2).- Excavación y relleno compactado.
- 3).- Rellenos sueltos y heterogéneos.
- 4).- Refuerzo de techos y protección contra el intemperismo.

III.- 1.- Relleno de cavidades e inyección.

El objetivo del relleno y de la inyección es reponer a la

masa de suelo su continuidad, su rigidez y la resistencia que tenía antes de excavar galerías en ella.

Para lograr este objetivo se deben seguir los siguientes pasos:

- a.- Limitar el área por rellenar.
- b.- Colocar la mayor cantidad posible de material inerte en bloques, acomodados sobre el piso de las galerías y dejando entre ellos espacio de suficiente amplitud para que fluya el relleno.
- c.- Verter desde el exterior un relleno fluido que al fraguar adquiera la resistencia adecuada, procurando que llene primero las partes más profundas y bajas de las galerías.
- d.- Inyección a presión de lechadas con aditivos expansores, para sellar los huecos más pequeños dejados por el relleno fluido al contraerse, así como los espacios en las partes superiores de la mina, comprendidos entre el relleno y el techo de la cavidad.

En la primera etapa hay que formar diques para lo cual pueden emplearse costales de yute llenos de arena o grava, piedra acomodada a mano o junteada con mortero, en fin, elementos capaces de constituir muros de retención que eviten la fuga de los materiales fluidos colocados en etapas subsecuentes. La colocación de estos muros es posible, por ejemplo, a través de pozos de gran diámetro (60 a 100 cm), que permitan el acceso al personal.

En la segunda etapa pueden emplearse los materiales inertes y sanos producto de derrumbes que se encuentran en el interior de la cavidad, o bien que sean fácil de introducir y acomodar. En todo caso, conviene emplear materiales de resistencia adecuada y que permanezcan estables a través del tiempo.

Deben removerse del interior de las galerías todos aquellos

materiales como basura, lodo, materia orgánica, y otros rellenos sueltos que no cumplan con los requisitos mencionados.

En la tercera etapa se efectúa el relleno masivo de la galería, utilizando mezclas de gran fluidez que al fraguar alcancen la resistencia especificada. Las propiedades del fluido deben ser acordes con el equipo y métodos de colocación. Si se emplean bombas, los agregados deben de ser finos y de baja viscosidad; por el contrario, si se transportan con carretilla y se acomodan a mano pueden incluir agregados gruesos como boleos y fragmentos de roca. En esta etapa se requiere extremar los cuidados al seleccionar el material más económico, ya que su alto volumen de consumo repercute en forma directa en el costo global de la rehabilitación del terreno.

Entre los materiales que pueden mezclarse con agua en diferentes proporciones para fabricar mezclas fluidas, se tienen: cemento, cal, puzolana, mortero, grava, arena, tepetate, suelo del lugar, bentonita, aditivos fluidizantes, etc. Las proporciones entre los distintos componentes suelen establecerse por peso. Para un mejor control de la proporcionalidad de los materiales, debe conocerse la densidad de los sólidos, el peso volumétrico aparente y el porcentaje de humedad de los materiales. Por otra parte, además de la resistencia final de la mezcla, hay que controlar su viscosidad y estabilidad conforme a las pruebas usuales.

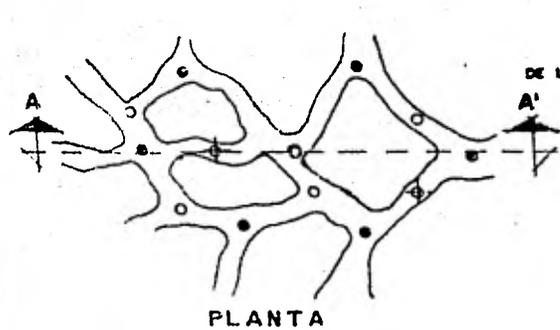
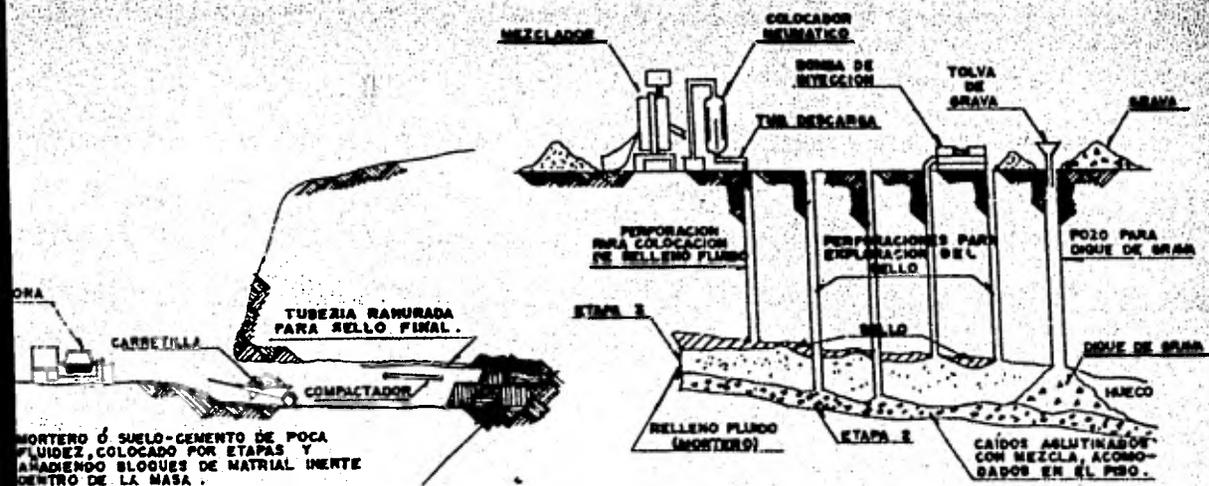
La cuarta etapa se lleva a cabo una vez que el relleno haya fraguado y experimentado la contracción inherente a este proceso. Pueden emplearse entonces lechadas estables de gran fluidez, con aditivos expansores, colocadas a presiones que no excedan considerablemente las debidas al peso propio del terreno, a fin de no ocasionar en él desplazamientos y agrietamientos.

El proceso de relleno e inyección debe supervisarse en todo momento en sus cuatro etapas, y los resultados del tratamiento comprobarse mediante perforaciones que confirmen los objetivos esperados.

dos.

Una vez que se han elegido los materiales más económicos para rellenar las cavidades, deberá planearse cuidadosamente el método para su introducción y acomodo, para lo cual se requiere conocer la topografía de las galerías, en altimetría y planimetría, para localizar las perforaciones por las que se hará bajar el material y la localización de las lumbreras auxiliares a través de las que se controlará el proceso. (Fig. 2).

PROCEDIMIENTO DE INYECCION Y RELLENO EMPLEADO EN LA ZONA PONIENTE DE LA CIUDAD DE MEXICO



- LUMBRERA DE ACCESO
- SONDEOS PARA SELLO
- ⊕ SONDEOS PARA MUESTREO Y COMPROBACION DEL LLENADO
- PERFORACION PARA INTRODUCCION DEL RELLENO

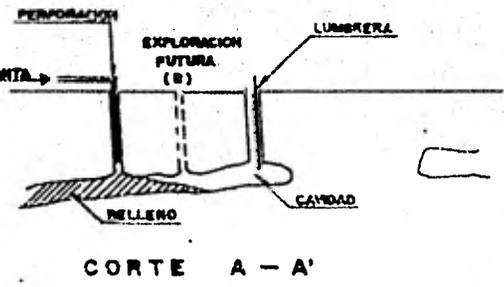


FIG. 2

III.- 2 Excavación y Relleno Compactado.

Una de las medidas para regenerar terrenos minados, consiste en derrumbar los techos de las cavidades y rellenar el espacio comprendido entre el piso de ellas y la superficie del terreno, empleando material compactado; sin embargo, se tiene conocimiento de un gran número de casos en los que la solución no fue apropiada por deficiencias en los procedimientos constructivos, lo que dió lugar a un mal comportamiento de las cimentaciones apoyadas en estos terrenos. Por este motivo conviene tratar la solución con mayor detalle.

El procedimiento utilizado con frecuencia, consiste en derrumbar los techos empleando maquinaria, normalmente tractores equipados con arado. La secuela general es la siguiente:

- a.- Localización topográfica de las cavidades en planta y perfil.
- b.- Despalme del predio.
- c.- Trazo en la superficie del contorno de las cavidades.
- d.- Excavación con tractor, retroexcavadora o draga, colocando el material extraído a un lado del área de cavidades. Deberá analizarse previamente el riesgo de que el equipo caiga en la cavidad al disminuir su techo; si es alto se recomienda empezar excavando una pequeña fracción del área hasta alcanzar el piso de la cavidad, procediendo a continuación a demoler el techo de abajo hacia arriba, con ataque frontal o según convenga.
- e.- Colocación y compactación del material de relleno en capas, a partir del piso limpio de las minas. En general, en la zona de lomas el material, producto del derrumbe de techos, es de buena calidad para usarse como relleno; no obstante deberá investigarse su calidad mediante las pruebas de laboratorio apropiadas. Lo correcto es que los valores obtenidos en estas pruebas satisfagan los requisitos que fijan las especificaciones de la obra.

conforme al uso del suelo, de no ser así, por lo menos deben cumplir con las aplicaciones a terracerías, limitado el grado de compactación a un 95% de la prueba Proctor que especifica la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. Sin embargo, las exigencias podrían ser mayores si los rellenos fueran a soportar estructuras.

También se han utilizado explosivos para derrumbar bóvedas, en este caso se requiere estudiar el número de barrenos, su distribución y la cantidad de explosivos, lo que dependerá de la dureza del material. Este procedimiento requiere que no existan construcciones cercanas que pudieran dañarse, así como contar con los permisos especiales que el uso de explosivos exige.

En términos generales, para las tobas cementadas que comúnmente se encuentran en la zona de lomas, una carga de 300 g/m³ es suficiente para provocar el derrumbe de techos si se utiliza dinamita al 60%.

Sin embargo, la carga puede variar desde 100 gr/m³, para "a flojar el terreno" hasta 800 g/m³ en conglomerados bien cementados.

III.- 3 RELLENOS SUELTOS Y HETEROGENEOS

Existen terrenos minados en los que el desnivel en la superficie producido por techos fallados en forma natural o artificial, ha sido rellenado con basura o con materiales en forma inadecuada. Son frecuentes los rellenos formados por bloques desprendidos del terreno original, superpuestos y con grandes huecos entre ellos, cubiertos por basura y otros materiales heterogéneos. Las soluciones adoptadas cuando se encuentra este tipo de problemas son las siguientes:

- a.- Remoción de la basura y materiales sueltos hasta alcanzar el terreno natural del piso de la cavidad y relleno con materiales seleccionados y bien compactados.
- b.- Desplante de la estructura hasta el piso de las cavidades, prolongando las columnas o muros de carga. Una variante de este procedimiento es construir traveses, las cuales "puentearán" la parte de la estructura ubicada en la zona de los rellenos. (Fig. 3).

La elección de una de estas soluciones dependerá del espesor, volumen y configuración de los rellenos y del tipo de las estructuras por construir, así como de la magnitud de los asentamientos tolerables, cuya predicción es incierta a partir de las pruebas usuales de laboratorio.

En predios baldíos de gran extensión destinados en el futuro a uso habitacional, que abarquen una loma o parte de ella, donde las minas subterráneas se encuentren a poca profundidad, y presenten en planta un porcentaje alto del área total, puede convenir abatir la superficie original por lo menos hasta el piso de ellas, sin el empleo subsecuente de rellenos compactados. Esta alternativa está condicionada a una configuración topográfica apropiada y a cumplir con los requisitos del proyecto urbanístico previsto, así como al tiempo requerido para desalojar en forma económica los fuertes volúmenes del material excavado.

Soluciones de este tipo se observan desde 1974 en algunas minas a cielo abierto que aún se explotan al poniente de la Ciudad, donde también se ubican minas subterráneas.

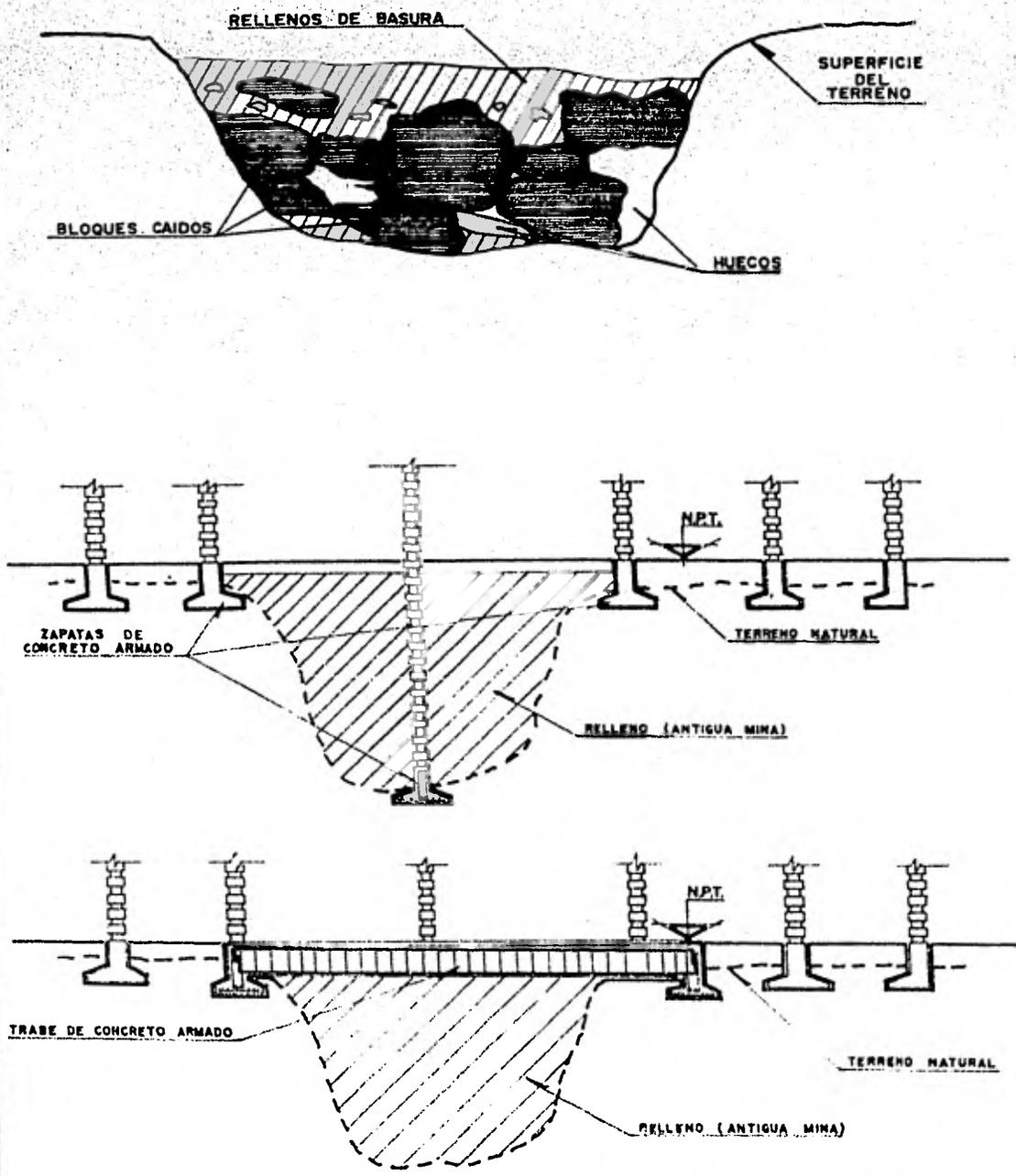


FIG. 3

III.- 4 REFUERZO DE BOVEDAS Y PROTECCION CONTRA INTEMPERISMO.

Formas de Refuerzo:

Fundamentalmente existen tres formas de estructuración para recibir las cargas:

- a.- Muros de mampostería: Estos tienen por objeto reducir el claro libre de las cavidades para incrementar la capacidad para soportar cargas impuestas por las estructuras y la propia bóveda. Los muros se desplantan en terreno firme bajo el piso de las cavidades. En su parte superior debe garantizarse un buen contacto con la bóveda, pudiendo lograrse a base de "Rajueta" de piedra y mortero con aditivo expansor. Como parte de esta solución se requiere recubrir las paredes y clave para evitar la acción del intemperismo, lo cual es posible lograr mediante muros de tabique y lomas precoladas en el techo, o bien, con concreto lanzado.
- b.- Refuerzo de pilares naturales: En salones sostenidos por pilares se ha utilizado con éxito concreto o mampostería para reforzarlos. En esta solución también es necesario recubrir paredes y bóvedas para evitar que se alteren.
- c.- Arcos o bóvedas de concreto: Tienen por objeto mejorar la capacidad para soportar las cargas debidas a estructuras y al techo del terreno natural. Para valuar la carga a que estarán sujetos, considerando que su trabajo corresponde al de un ademe, puede emplearse el criterio de Terzaghi, aplicable al caso de suelos cohesivo friccionantes. La expresión general es:

$$P_v = \frac{B(\gamma - c/B_1)(1 - e^{-K \tan \phi T/B_1})}{K \tan \phi}$$

Donde:

P_v = Presión vertical sobre el ademe.

$$B_1 = \frac{1}{2} B + H \tan \left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

K = Coeficiente empírico ± 1

B = Anchura de la cavidad

γ = Peso volumétrico del material del techo

c = Cohesión del material del techo

T = Techo

e = Base de los logaritmos naturales

H = Altura de la cavidad

Si la bóveda va a soportar el peso de construcciones, debe considerarse el incremento de presión en el ademe.

A partir de la presión vertical total a que estará sujeto el arco, se calculará su peralte y la cantidad de acero de refuerzo que requiere. En este cálculo hay que considerar que dada la heterogeneidad de los materiales que componen la bóveda, la presión vertical no es uniforme. Los arcos podrán apoyarse sobre muros de tabique o mampostería, que a la vez sirvan como elementos de protección contra el intemperismo de las paredes de galerías.

d.- RECUBRIMIENTO CON CONCRETO LANZADO.

d.- 1 GENERALIDADES

(Ref. II) (Ref. III) (Ref. IV) (Ref. V).

A la aplicación neumática de una mezcla de arena, cemento y agua se le identifica generalmente con el nombre de "Gunita" y fue utilizada por primera vez en el año de 1909 por la Compañía Cement Gun de Allentown, Pennsylvania, U.S.A.

La diferencia básica que existe entre Gunita y Concreto Lanzado está en el tamaño máximo del agregado, que para la Gunita es de 5mm y para el Concreto Lanzado hasta de 30mm. El Concreto Lanzado se define (ACI-506-66) como "mortero o concreto conducido a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad contra una determinada superficie".

La aplicación del Concreto Lanzado está grandemente asociada a la excavación de túneles y al tratamiento de terrenos rocosos fracturados. La confianza en su utilización se ha incrementado con la experiencia en su uso, ya sea aplicado en forma simple o con un refuerzo de malla de alambre; la aplicación abarca todo tipo de terrenos y suelos.

Como ejemplos de su aplicación podemos citar:

- El túnel ferroviario de Burnaby, Vancouver Canadá, excavado en pizarras y calizas con alto contenido de agua.
- El Metro de Washington, U.S.A. localizado en esquistos y gneises.
- El Ferrocarril subterráneo de Milán, Italia, excavado en arenas y gravas poco cementadas.
- Las obras del Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México, donde se lanzaron aproximadamente 225,000 m³, realizadas en una gran variedad de tipos de suelo.

d.- 2 FUNCIONES DEL CONCRETO LANZADO

Se ha formulado una gran variedad de ideas acerca de la manera en que el concreto lanzado cumple su función como soporte y protección en una excavación subterránea. A continuación se presentan dos criterios:

- a) Según la técnica Sueca expuesta por C. Alberto (1963-1965).

El Concreteto Lanzado cumple su función de la siguiente mane

ra:

- El Concreto Lanzado se introduce con fuerza en las juntas abiertas, las fisuras y las irregularidades de la superficie, cumpliendo en esta forma, la misma función de liga que la del mortero en un muro de mampostería.
- El Concreto Lanzado impide la filtración del agua a través de las juntas y de las fisuras de la masa de suelo y, por lo tanto, evita la socavación o erosión de los materiales, así como el deterioro del material por el aire y el agua.
- La adhesión del Concreto Lanzado a la superficie y su propia resistencia al esfuerzo cortante, impiden, en gran medida, la caída de bloques sueltos de material, desde el techo del túnel.
- Una capa continua de Concreto Lanzado (15 a 20 mm), constituye un soporte estructural, ya sea en forma de un anillo cerrado o de un elemento fijo en forma de arco.

Esta explicación de la forma en que el Concreto Lanzado cumple su función, es la más aceptada. Estos cuatro conceptos hacen referencia a la cualidad de soporte de presiones de aflojamiento. La técnica sueca tiene la desventaja de que se basa mucho en el juicio o criterio del responsable de frente.

b) A.A. Mathews de E.E.U.U. (1973) hizo los siguientes comentarios durante una entrevista:

"Lo que permite que una capa relativamente delgada de Concreto Lanzado haga las veces de un ademe pesado de marcos de acero o de un revestimiento de concreto, es el hecho de que el aditivo produce un Fraguado muy rápido y una alta resistencia temprana.

Desde hace tiempo se admite que algún desplazamiento o flujo plástico debe permitirse si se quiere disminuir lo más posible la carga de la masa de suelo sobre los ademes.

Ahora bien, a menos que este desplazamiento sea controlado, se manifiestan con frecuencia movimientos intolerables de la masa. En excavaciones en roca, una capa de Concreto Lanzado aplicada de inmediato a la superficie de roca recién expuesta, parece tener la flexibilidad suficiente para fluir plásticamente junto con la roca vecina y, a la vez, contar con la capacidad estructural necesaria para mantener la estabilidad. Pero el cumplimiento de estos objetivos requiere la aplicación, la coordinación y el control de muchos elementos.

El proyectista debe aplicar con propiedad, los principios de la mecánica de suelos al proyecto que se esté estudiando. Además, debe dimensionar y programar el Concreto Lanzado y seleccionar sus complementos, tales como anclas, soportes adicionales o refuerzos. Debe contarse con materiales y equipo adecuados. Los obreros deben ser calificados o deben prepararse para una aplicación correcta del Concreto Lanzado; y finalmente, debe mantenerse un control de calidad".

d.- 3 MÉTODOS DE LANZADO

Existen dos procedimientos para aplicar el concreto lanzado: El de mezcla húmeda y el de mezcla seca.

El primero consiste en mezclar cantidades medidas de agregados, cemento y agua, introducir la mezcla resultante en un recipiente para de ahí conducirla neumáticamente a través de una manguera y expulsarla finalmente por una boquilla. Tiene la ventaja de que se lleva un control rígido de la relación agua-cemento de la mezcla. Pero el equipo disponible maneja agregado máximo de sólo 9.5 mm (3/8"). Por otra parte, no es posible añadir los aditivos antes de la boquilla, ya que por la rapidez de lanzado no es posible lograr un mezclado completo de los mismos, ya sea que vengan en forma de polvo o en forma de líquido; por ello el producto no llega a adherirse bien del todo a superficies húmedas. Al tener una relación agua-cemento predeterminada, se presta menos a la

flexibilidad de aplicación que se requiere, sobre todo en trabajos subterráneos, cuando las condiciones del terreno son cambiantes y obligan a variar rápidamente la cantidad de agua. Lleva, además, los riesgos de taponamiento inherentes a todo concreto bombeado cuando por alguna causa se interrumpe el suministro o la expulsión.

Este método se considera adecuado para emplearse con operadores poco capacitados y, en particular, en los accesos de pequeñas dimensiones a minas, los cuales en su mayor parte están secos.

El procedimiento de mezcla seca consiste en una revoltura de agregados, algo húmedos, y cemento, que es alimentada a una máquina lanzadora, de la cuál se envía con un chorro de aire a presión a través de una manguera hasta la boquilla de expulsión. El agua de hidratación se añade en la boquilla misma, inmediatamente antes de la expulsión, la cantidad de agua la regula manualmente el lanzador. Los aditivos en polvo se añaden en la mezcla seca -- cuando ésta se alimenta a la máquina lanzadora; si se usan aditivos líquidos, éstos se mezclan con el agua de hidratación antes de llegar a la boquilla.

El procedimiento de mezcla seca es el más extensamente empleado para aplicar concreto lanzado de agregado grueso, particularmente en obras subterráneas.

d.- 4 MEZCLAS DE CONCRETO LANZADO

La calidad del concreto lanzado depende de la calidad de los materiales que lo componen, de la granulometría de los agregados, de la relación agua/cemento y del grado de compactación.

La densidad de sólidos de los agregados debe ser 2.55 a --- 2.65 y el módulo de finura de la arena debe estar comprendido entre 2.5 y 3.0. Para agregados fuera de estos límites el contenido de cemento requiere ajuste.

El agregado debe cumplir con las normas ASTM y estar bien graduado. Así puede obtenerse compactación óptima, máxima densidad, impermeabilidad, resistencia a la compresión y mínimo rebote.

Es el agregado grueso el que da estructura a la mezcla y el que la compacta al martillarla con presiones de 3 a 5 kg/cm².

El contenido de cemento viene determinado por los requisitos de resistencia y por el tamaño máximo del agregado. Requisitos exagerados de resistencia implican un contenido de cemento excesivo, lo que dá lugar a contracciones y agrietamientos también excesivos.

En el Drenaje Profundo de la Ciudad de México, se especificó una relación de cemento a agregados de 1 a 4 en peso promedio, (450 kg de cemento por m³ de concreto lanzado), y no se presentaron agrietamientos importantes.

Es interesante anotar que la pasta ya aplicada suele tener un mayor contenido relativo de cemento que la mezcla seca y una relación agua/cemento algo más baja que el concreto normal, debido al rebote o desperdicio, el cual está formado principalmente por grava y en menor grado por arena y lechada que se desprenden de la pasta por el impacto del chorro.

El agua debe cumplir los requisitos que se exigen para el concreto común, es decir, debe ser limpia y estar libre de limo y materia orgánica, álcalis y otras sales minerales disueltas.

Los aditivos enérgicos, endurecedores y acelerantes del fraguado, producidos en la Europa Alpina, y cuyo uso se ha extendido después al resto del mundo, dan al concreto lanzado algunas de sus características más apreciadas, a saber, el poder aplicarse en terreno húmedo o mojado y el poder controlar fuertes filtraciones de agua. Debe verificarse la compatibilidad del acelerante con el cemento empleado.

Las dosificaciones de aditivo varían normalmente entre 2 y 6% del peso del cemento.

El aditivo permite aumentar el espesor de las capas de Concreto Lanzado. En las primeras aplicaciones, cuando el espesor es muy delgado, se suele emplear más cantidad de aditivo para lograr una alta adhesividad aún a costa de una resistencia a la compresión más baja (hasta 30% menor que el concreto no acelerado). Las capas posteriores pueden llevar menos aditivo y su detrimento en la resistencia a la compresión será insignificante.

Un fraguado inicial máximo de 1 1/2 horas y uno final de 12 horas son los que se especifican normalmente, pero estos tiempos son demasiado largos, sólo útiles para trabajos de recubrimiento. Si se quieren dominar las filtraciones de agua y soportar el terreno de poca cohesión, se requieren tiempos de fraguado inicial y final muy cortos. Para el túnel de Drenaje Profundo de la Ciudad de México, se ensayaron pastas de mortero con distintos aditivos y cementos y se lograron tiempos de 30 a 120 segundos.

La adhesividad o adherencia del concreto es de primordial importancia en combinación con las resistencias al corte y a la flexión-tensión. Rabcewicz menciona que la resistencia al corte es -- 1.3 veces la resistencia a la tensión y el Instituto Sueco del Concreto (CBI) fija el valor de la adhesión en 10 a 15 kg/cm².

El aditivo también reduce los valores de resistencia. Reducciones de no más de 20% deben considerarse normales; reducciones mayores pueden obedecer a incompatibilidad de los ingredientes del aditivo con el cemento y deben hacerse estudios para confirmarlo.

El aditivo acelerante en polvo se debe añadir a la mezcla seca cuando entra ésta a la máquina lanzadora; si el aditivo es líquido se debe mezclar con el agua antes de descargarla en la boquilla lanzadora. En la obra de la Ciudad de México, el aditivo en polvo se alimentó con escudilla a mano directamente sobre el gusa-

no y el aditivo líquido se mezcló con el agua y se alimentó a la boquilla mediante bombas dosificadoras de diseño especial.

Las especificaciones más generalizadas establecen las siguientes resistencias a la compresión tempranas para un concreto de 280 kg/cm² con 3 a 4% de acelerante en peso del cemento.

TIEMPO DE FRAGUADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION	
<u>Horas</u>	<u>Kg/cm²</u>	
2	14	18
12	56	60

Rabcewicz muestra que la resistencia a la flexión alcanza el 50% de la correspondiente a la compresión a las 12 horas y el 30% después de dos días.

d.- 5 DOSIFICACION Y MEZCLADO

Se acostumbra agrupar los agregados en tres fracciones para ser mezclados; de 19 a 9.5 mm (3/4" a 3/8"), de 9.5mm. (3/8") a menor de la malla No. 4 y arena. La humedad de los agregados ya dosificados antes de mezclarse con el cemento debe estar comprendida entre 3 y 6%. La dosificación de agregados y cemento debe hacerse por peso en una mezcladora o revolvedora adecuada. El tiempo de mezclado debe ser de dos minutos.

Hay que aprovechar la tendencia natural del agregado a drenar, por ser granular y permeable, para mantener su humedad dentro de los límites antes dichos. El drenaje es siempre más difícil en la arena que en la grava. Ello se evidenció en los agregados empleados para el Drenaje Profundo de la Ciudad de México, en los que fué difícil, en épocas de lluvias, bajar el contenido de humedad a menos de 8%.

Mezclas muy húmedas de agregados y cemento producen taponamientos de las mangueras o tuberías de conducción y aumentan las

velocidades de hidratación a niveles inaceptables. Mezclas muy secas dan problemas de no uniformidad del humedecimiento en la boquilla, lo que aumenta el polvo durante el lanzamiento y reduce la compactación.

El agregado utilizado en el Drenaje Profundo de la Ciudad de México, se surtió a las diferentes lumbreras, donde se iba a emplear, en forma dosificada, es decir, hecha ya la mezcla de agregado grueso (40%) y arena (60%). La mezcla se hizo en una mezcladora de turbina en la misma planta donde se trituraba el agregado grueso; éste fué producto de andesitas de un banco próximo a la planta. La arena fué, de una tercera parte a la mitad, producto de la trituración del agregado grueso, y el resto fue arena de mina de uno de los bancos del poniente de la ciudad.

Hay diversos sistemas, en el procedimiento de mezcla seca, de transportación y de mezcla de agregados y cemento a pie de obra. Los más conocidos son los de la National Concrete Machinery de Lancaster, Penn., de la Card Corporation de Denver, Col., y de la Stabilator AB de Suecia.

Los carros tolva y mezcladoras de gusano de esta última casa, se usaron en número de 45 en la obra de Drenaje Profundo de la Ciudad de México, con muy buenos resultados.

El paso de los gusanos (Fig. 4) está diseñado para suministrar mezclas de 1 a 3, a 1 a 4 de cemento agregados y es posible variar su velocidad de revolución para ajustar las mezclas. A las tolvas van adosados vibradores eléctricos para facilitar el vaciado de los materiales hacia los gusanos. A través de unas puertas se puede tener libre acceso a los gusanos para limpiarlos cada vez que se vacían las tolvas y evitar así atascamiento y alteraciones de la dosificación.

d.- 6.- EQUIPO DE COLOCACION

Se fabrican dos tipos de máquinas lanzadoras de concreto pa-

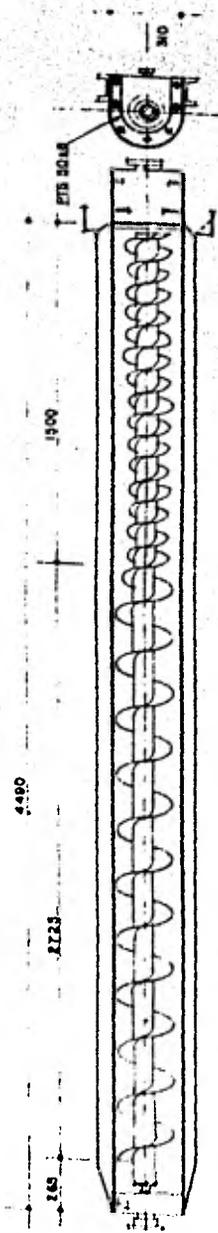


Fig. 4.- Gusano transportador y mezclador.

ra el proceso de mezcla seca.

-La de doble cámara de presión con válvula de campana intermedia de acción neumática (Fig. 5). La mezcla seca se introduce en la cámara superior, se cierra ésta y se levanta la presión que abre la válvula de campana intermedia y deja pasar la mezcla a la cámara inferior; en ésta se levanta a su vez la presión que cierra la válvula intermedia y la mezcla seca va alimentándose bajo presión a la tubería de descarga, mediante una rueda de cavidades. Mientras se efectúa la operación de descarga se está alimentando mezcla seca a la cámara superior para empezar un nuevo ciclo. Un buen operador puede lograr, con la ayuda de las dos cámaras, una descarga prácticamente continua. Requiere entonces una continua atención del operador, el cual debe desenvolverse con destreza. Son cualidades de este tipo de máquinas su robustez y el poco número de piezas delicadas o móviles que se desgastan o requieren frecuente mantenimiento.

-El tipo revólver (Fig. 6). La mezcla seca se alimenta continuamente a la tolva que corona la parte superior de la máquina, de ahí cae al cilindro rotatorio tipo revólver que consta de nueve o más compartimientos cilíndricos, donde se deposita la mezcla. Cada carga de mezcla en cada compartimiento cae a través de una escotadura y al pasar sobre el cuello de salida una corriente de aire a presión la impulsa hacia las mangueras. Este tipo de máquinas no requiere una atención tan continua del operador; además pueden manejar agregado más grueso más fácilmente que las del otro tipo. Tienen, por otra parte, más piezas de desgaste y suelen producir más polvo.

Las primeras tienen motor neumático, las segundas pueden venir con motor neumático o con motor eléctrico; por lo general el rendimiento es mayor con el motor neumático aunque el consumo de aire es considerable. Las del primer tipo consumen $600 \text{ pie}^3/\text{min}$, en tanto que algunos tipos de las segundas, de muy altas revoluciones, consumen cerca de $900 \text{ pie}^3/\text{min}$.

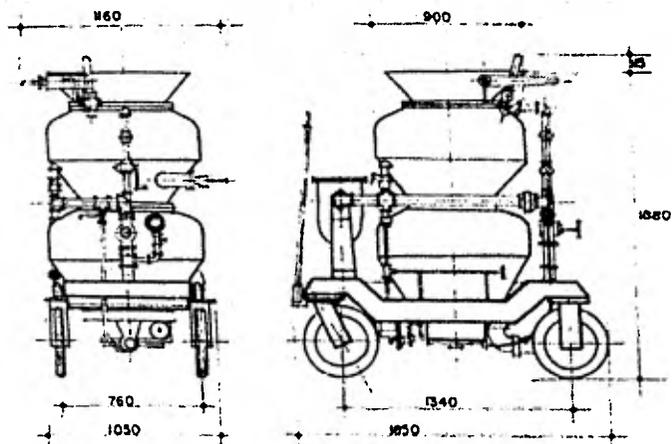
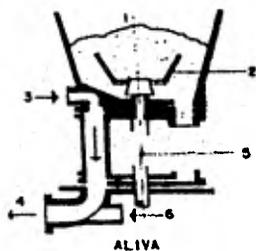
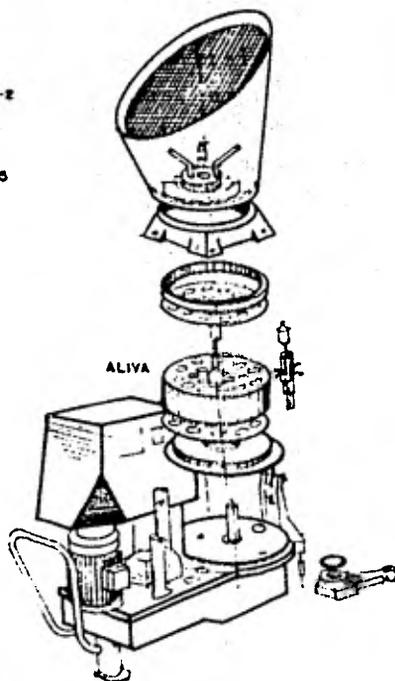


Fig.5- Lanzadora BSM-603.(mezcla seca)



ALIVA

- 1.- Materiales secos
- 2.- Agitador
- 3.- Entrada de aire.
- 4.- Salida a boquilla.
- 5.- Eje del rotor.
- 6.- Aire suplementario.



ALIVA

Fig. 6- Lanzadora ALIVA- 260. (mezcla seca)

Los rendimientos varían entre 6 y 9 m³/h. La distancia de envío varía mucho en cada marca y tipo, pero puede llegar a 275m horizontales y 92m verticales. Para grandes distancias conviene usar, en los tramos intermedios, tubería de acero, en lugar de mangueras, para reducir la fricción. También pueden conectarse en serie dos máquinas, para ganar distancia.

En la obra de Drenaje Profundo de la Ciudad de México, se usaron los dos tipos de máquinas. Las de doble cámara fueron alemanas, de la marca BSM (Beton Spritz Maschinen) y las de revólver fueron suizas de marca Aliva y norteamericanas de la marca Reed. Estas últimas, con motor neumático, son de alta velocidad de rotación y alto rendimiento, pero resultaron ser muy delicadas de manejo, requirieron frecuentemente mantenimiento y altos consumos de aire y sus distancias de envío eficiente fueron más cortas que las de las otras máquinas. Las BSM y las Aliva tuvieron un desempeño muy satisfactorio. Las Aliva se usaron, unas unidades -la mayoría- con motores eléctricos y otras con motores neumáticos.

IV.- EVALUACION ECONOMICA DE DOS SOLUCIONES PARA EL PROBLEMA DE LAS ZONAS MINADAS

En los capítulos anteriores se presentaron diversas formas para resolver el problema de las Zonas Minadas. Entre ellas se puede considerar al Concreto Lanzado y a la Excavación y Relleno entre los más viables a ser utilizados; además, tenemos entendido que estas dos soluciones no han sido utilizadas; con la frecuencia que sería deseable. Asimismo, las soluciones mencionadas anteriormente presentan la ventaja de que pueden tomarse de una manera masiva. Por lo anterior, se consideró conveniente efectuar la Evaluación Económica de el Concreto Lanzado y la Excavación y Relleno, para tener una idea del costo general de cada una de ellas y su costo comparativo, pretendiendo que los resultados sean una ayuda para la decisión de la resolución del problema de las Zonas Minadas.

Con el objeto de que los resultados del Análisis Económico se puedan utilizar comparativamente, se consideró una "Caverna Tipo". En los siguientes incisos se presentan las características de dicha caverna, la Determinación del costo real de la mano de obra común a ambas soluciones, así como el desglose particular de los costos directos de cada uno de los caminos a seguir.

IV.- 1.- BASES PARA LA EVALUACION ECONOMICA

- a) Para esta Evaluación Económica no contamos con datos de Planimetría y Altimetría, que nos definan la situación y características de la caverna que se quiere analizar, es por ello que se planteó una "Caverna Tipo" (Fig. 7).
- b) Se considera que la caverna tipo antes mencionada tiene una longitud unitaria.

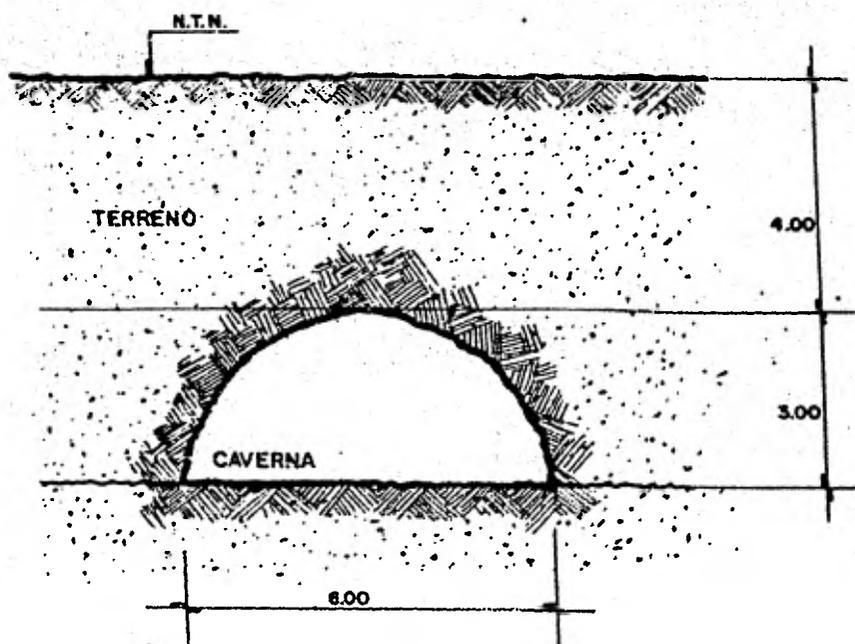


FIG. 7.- CAVERNA TIPO.

- c) Se supone que en la zona donde está la caverna, el material del terreno es arena pumítica, con un peso volumétrico saturado $\gamma = 2.10 \text{ ton/m}^3$.
- d) A la profundidad en que se encuentra la caverna, se tiene la consideración de que no se alcanza el nivel de aguas freáticas; pero para el caso de refuerzo de la bóveda con concreto lanzado, deberá tenerse en cuenta la necesidad de un drenado eficaz, así como el de un buen bombeo en el piso de la caverna.
- e) Es importante también hacer mención que para el análisis económico, se supone que se cuenta con todos los elementos necesarios al pie del sitio de los trabajos, tales como materiales y equipo, y no se tomarán en cuenta fletes, cargas y traspaños de ninguna especie.

IV.- 2 DETERMINACION DEL COSTO REAL DE MANO DE OBRA

El Costo Real o Costo Empresa por concepto de Mano de Obra se obtiene adicionando al Salario Base del trabajador una serie de incrementos por diversos conceptos que concurren en nuestro medio, entre los cuales se encuentran las prestaciones de la Ley Federal del Trabajo, los días pagados no laborados por tradición en nuestro medio, aguinaldo, vacaciones, cuotas al IMSS, etc.

A continuación se inicia el Análisis con la determinación de los Factores de Incremento de los conceptos mencionados anteriormente, y se termina con una síntesis de todos éstos, que integrados dan el Costo Real de la Mano de Obra.

IV.- 2-1 FACTORES DE INCREMENTO

A continuación se obtendrán los días no laborados al año;

A) Días no laborados al año:

a) Según prestaciones a la Ley Federal del Trabajo:

Días obligatorios de pago y no laborados según la Reglamentación Laboral Vigente (Artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo):

10 de enero

5 de febrero

21 de marzo

10 de mayo

16 de septiembre

20 de noviembre

10 de diciembre (de cada 6 años, en la transmisión de Poder Ejecutivo Federal).

7 1/6 días

b) Días no laborados por tradición de nuestro medio:

Viernes Santo

Sábado Santo

3 de mayo

2 de noviembre

12 de diciembre

5 días

c) Días en que por enfermedad profesional el trabajador no labora:

2 días

d) Días en que por alguna otra razón justificada el trabajador no labora:

1 día

e) Vacaciones pagadas no laboradas según artículo 76 de la Ley Federal del Trabajo:

6 días

f) Séptimo día de cada semana:

Total de Semanas al año: 52 Semanas.

Por lo tanto podemos observar que de los 365 días del año, podemos considerar que $73 \frac{1}{6}$ días no se trabajan.

Los días trabajados al año serán:

$365 \text{ días} - 73 \frac{1}{6} \text{ días} = 291 \frac{5}{6} \text{ días}$

Determinemos ahora los días adicionales que tienen que pagarse:

B) DIAS PAGADOS AL AÑO:

a) Por Concepto de Aguinaldo, según Artículo 87 de la Ley Federal del Trabajo:

15 días

b) Por prima sobre Vacaciones, según el Artículo 80 de la Ley Federal del Trabajo:

Se paga el 25% de las vacaciones, por lo tanto:

$$0.25 \times 6 \text{ días} = 1.5 \text{ días.}$$

Se observa que los días que se pagan adicionalmente al año, suman un total de 16.5 días.

Por lo que, los días que en realidad se pagan al año son:

$$365 \text{ días} + 16.5 \text{ días} = 381 \frac{1}{2} \text{ días.}$$

Procederemos a determinar el Incremento debido a prestaciones a la Ley Federal del Trabajo:

C) INCREMENTO DEBIDO A PRESTACIONES A LA LEY FEDERAL DEL TRABAJO:

Del total de días laborados al año, y el de los que en realidad se pagaron, ambos calculados en los incisos anteriores, podemos obtener una relación, que nos dará el incremento debido a prestaciones a la Ley Federal del Trabajo:

$$\frac{\text{Días Pagados al año}}{\text{Días Trabajados al año}} = \frac{381 \frac{1}{2}}{291 \frac{5}{6}} = 1.3073$$

$$\text{Días Trabajados al año } 291 \frac{5}{6}$$

De donde se deduce que el incremento es del 30.73%, producto de las prestaciones a la Ley Federal del Trabajo.

A continuación, analizaremos el pago correspondiente a Educación:

D) EDUCACION

Por concepto de Educación se deberá cubrir un pago equivalente al uno por ciento de la suma del Salario base más las prestaciones a la Ley Federal del Trabajo, o sea:

$$1\% \times (1 + 0.507) = 1.307\%$$

En otras palabras, el pago por concepto de Educación será el 1.307% del Salario Base.

Procederemos ahora a Determinar el pago de las cuotas al --

IMSS:

E) CUOTAS AL IMSS:

El IMSS clasifica a los trabajadores por grupos, de acuerdo al Salario Base por día.

Deben cubrirse 3 seguros, que son:

- Enfermedades y Maternidad
- Invalidez, Vejez, Cesantía y Muerte
- Riesgos de Trabajo.

Para cada uno de esto seguros, el Instituto dicta una cuota a pagar tanto por parte del Patrón como de el trabajador. .

En el caso de que el trabajador perciba el Salario Mínimo (En 1980 es de \$163.00 diarios para el D.F.), el patrón deberá cubrir además de sus propias cuotas, las correspondientes al trabajador.

A continuación se presenta una tabla en la que aparecen las cuotas correspondientes a los tres seguros mencionados anteriormente, según el grupo al que pertenezcan.

*

**

GRUPO INSS	Salario Base por Día, en pesos		Enfermedades y Maternidad		Invalidez, vejez Cesantía y muerte		Riesgos de trabajo patrón	total cuota semanal patrón	total cuota patron por día laborado
	Mas de	Hasta	Cuota semanal		Cuota semanal		cuota semanal		
			patrón	trabajador	patrón	trabajador			
S	130	170	59.06	23.63	39.38	15.75	68.91	206.73	35.83
T	170	220	76.78	30.71	51.19	20.48	89.59	217.56	37.71
U	220	280	98.44	39.38	65.63	26.25	114.85	278.92	48.34
W	280	---	5.625% del salario base	2.25% del salario base	3.75% del salario base	1.5% del salario base	6.56% del salario base	15.935% del salario base	2.762% del salario base

* 125% Cuota Semanal Patrón + trabajador de seguro de invalidez, cesantía y muerte

** La Ley del INSS indica que los 15 días considerados como aguinaldo deberán también cubrir la cuota correspondiente:

Total días cotizados anuales = 365 + 15 = 380 días

Coefficiente del INSS = $\frac{380}{365} = 1.04$

Días laborados por semana = $6/1.04 = 5.77$ días

Total cuota patrón por día laborado = $\frac{\text{Total cuota semanal patrón}}{5.77}$

F) PAGO DE GUARDERIAS:

La Ley indica que deberá cubrirse un pago por concepto de Guarderías equivalente al uno por ciento del Salario Base.

A continuación se presenta un resumen de los incisos anteriores en forma de una tabla de costo Real de Mano de Obra. En esta tabla, se determina el costo Empresa de cada uno de los trabajadores que intervendrán en las soluciones de Concreto Lanzado y Excavación y Relleno.

En los siguientes incisos se presenta el Análisis de Costo Directo de las Soluciones de Concreto Lanzado y Excavación y Relleno. En cada una de ellas se toman en cuenta tres cargos básicos que en conjunto abarcan todos los conceptos que intervienen en el costo Directo. Estos cargos son:

- a) Mano de Obra
- b) Materiales
- c) Maquinaria y Equipo

Los datos relativos a Mano de Obra se obtienen de la tabla anterior, y la obtención de los costos horarios de maquinaria aparecen en el anexo III.

*

**

Salario Base	Grupo Salario	Prestaciones Ley Federal del trabajo (30.7%)	Educación (1.307%)	Seguro Social	Guarderfas (1%)	Total por día trabajado	Puesto
489	W	150.12	6.39	13.50	4.84	663.90	Sobrestante
290	W	89.03	3.79	8.01	2.90	393.73	Operador de maquinaria especializada "A"
258	U	79.21	3.37	48.34	2.58	391.50	Operador de maquinaria especializada "B"
258	U	79.21	3.37	48.34	2.58	391.50	Cabo excavaciones y colados "A"
244	U	74.91	3.19	48.34	2.44	372.88	Cabo excavaciones y colados "B"
226	U	69.38	2.95	48.34	2.26	348.93	Chofer Operador vehículos con grúa
204	T	62.63	2.67	37.71	2.04	309.05	Ayudante General "A"
192	T	58.94	2.51	37.71	1.92	293.08	Ayudante General "B"
163	S	50.04	2.13	35.84	1.63	252.63	Peón

*Ver inciso C

**Ver inciso D

***Ver inciso E

****Ver inciso F

IV - 2-2. - TABLA DE COSTO REAL DE LA MANO DE OBRA.

IV.- 3 OBTENCION DEL COSTO DIRECTO DEL CONCRETO LANZADO

IV.-3 a

a) Mano de Obra:

Personal necesario para el lanzado en seco del concreto:

1 jefe de cuadrilla	\$ 663.90/turno
2 lanzadores 2 x \$ 393.73/t	787.46/turno
1 ayudante general A	309.05/turno
1 operador de lanzado	393.73/turno
1 operador de compresor	391.50/turno
1 colocador de aditivo	<u>293.08/turno</u>
	2,838.72/turno

Rendimiento = Del catálogo del fabricante;

La máquina Aliva-260 lanza en seco de 4 a 6 m³/hr.
tomaremos 4.5 m³/hr.

Se trabajará un turno de 8 horas con una eficiencia del 75%

$$0.75 \times 4.5 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/turno} = 27 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Se considera un 20% de rebote y se pagará el m³ colocado.

$$\begin{aligned} \text{Cargo por} \\ \text{lanzado} &= \$ \frac{2,838.72/\text{turno}}{(27 \text{ m}^3/\text{turno})(1-0.20)} \end{aligned}$$

\$131.42/m³

Cuadrilla de fabricación del concreto, próximo a la lanzadora.

1 operador de revolvedora	\$ 393.73/turno
1 ayudante de operador	309.05/turno
4 peones 4x\$252.63/t.	= <u>1,010.52/turno</u>
	1,713.30/turno

$$\text{Cargo de fabricación} = \$ \frac{1,713.30/\text{turno}}{27 \text{ m}^3/\text{tx}(1-0.20)}$$

\$ 79.32/m³

Suma mano de Obra

\$ 210.74/m³

IV.- 3 b MATERIALES

Según Anexo No. 1, el proporcionamiento aproximado para obtener un metro cúbico de Concreto Lanzado es el siguiente:

$$\begin{array}{r} \text{Cemento} = 0.20 \text{ m}^3 \\ \text{Arena} = 0.48 \text{ m}^3 \\ \text{Grava} = \frac{0.32 \text{ m}^3}{1.00 \text{ m}^3} \end{array}$$

°Cargo de Agregados:

$$\begin{array}{l} \text{Arena Seca} = 0.48 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times \$ 162.48/\text{m}^3 = \$77.99/\text{m}^3 \\ \text{Grava Seca} = 0.32 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times \$ 191.52/\text{m}^3 = \underline{\$61.29/\text{m}^3} \\ \qquad \qquad \qquad 139.28/\text{m}^3 \end{array}$$

Si al cargo de agregados le consideramos el 5% de mermas por manejo, y el 20% del rebote, nos queda:

$$\$139.28/\text{m}^3 \times 1.05 \times \frac{1}{1-0.20} =$$

\$ 182.81/m³

°Aditivo Acelerante:

Se utilizará el 4% del peso del Cemento, considerando que:

$$\begin{array}{l} \text{peso del cemento} = 400 \text{ Kg}/\text{m}^3 \\ \text{dosificación de cemento} = 0.20 \text{ m}^3/\text{m}^3 \\ \text{costo del aditivo} = \$ 53.00/\text{m}^3 \\ \text{rebote} = 20\% \end{array}$$

Por lo que el cargo del aditivo acelerante será:

$$0.04 \times 400 \text{ Kg}/\text{m}^3 \times 0.20 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times \$53/\text{m}^3 \times \frac{1}{1-0.20} =$$

\$ 212.00/m³

°Cemento

La dosificación en peso será:

$$0.20\text{m}^3/\text{m}^3 \times 400\text{Kg}/\text{m}^3 = 80 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

El cargo del cemento, considerando el costo del cemento de \$ 2.48/Kg, además de rebote y las mermas por manejo será:

$$80\text{Kg}/\text{m}^3 \times \$ 2.48/\text{Kg} \times \frac{1}{1-0.20} \times 1.05 = \$260.40/\text{m}^3$$

°Agua (En base a la experiencia se considera un consumo de 260 lts/m³)

$$0.260\text{m}^3/\text{m}^3 \times \$60/\text{m}^3 \times \frac{1}{1.0-0.20} \times 1.05 = \$20.48/\text{m}^3$$

°Mangueras

Del tipo especial para el lanzado de concreto:

$$3 \text{ tramos de } 15.24\text{m}(50') \times \$15,494.70/\text{tramo} = \\ \$46,484.10$$

4 Juegos uniones especiales:

Sin rebordes interiores

$$4 \times \$3,359.10/\text{jgo.} = \underline{\$13,436.40} \\ \$59,920.50 \quad \$166.45/\text{m}^3$$

Considerando una vida útil de 450m³

$$\text{El cargo será: } \underline{\$59,920.50} \\ 450\text{m}^3 \times (1-0.20)$$

Discos empaques (Superiores e Inferiores)

$$\text{Discos } 2 \times \$14,685.00/\text{pza.} = \$29,370.00$$

$$\text{Empaques } 4 \times \$4,822.50/\text{pza.} = \underline{\$19,290.00} \\ \$48,660.00$$

Considerando una vida útil de 225m³

$$\text{el cargo será: } \underline{\$48,660.00} \\ 225\text{m}^3 \times (1-0.20) \quad \$270.33/\text{m}^3$$

Indicadores clavables para controlar los espe-

sores de concreto:

3pzas./m³ x \$15/pza.

\$45.00/m³

suma materiales \$1,157.47/m³

IV.-3 c MAQUINARIA

Del anexo 2

- 1 compresor 600 pcm. \$ 211.57/hr.
 - 1 lanzadora de concreto (activa) 171.47/hr.
 - 1 lanzadora de concreto (reserva) 171.47/hr.
 - 1 revolvedora de 2 sacos 82.65/hr.
- \$ 637.16/hr.

Cargo \$637.16/hr
4.5m³/hr x (1-0.20)

\$176.99/hr

Herramientas = 5% de la mano de obra

0.05 x \$210.74/m³

\$10.54/m³

Suma Maquinaria \$187.53/m³

Costo Directo = Suma mano de obra + suma materiales
+ suma herramienta ----- \$1,555.74/m³

Volumen de concreto lanzado requerido para recubrir la superficie de la caverna tipo propuesta anteriormente, con un espesor de 3":

$$1/2 (r^2 - (r-3'')^2) \times 1.00m = 0.709m^3/ml.$$

r=radio= 3m

Costo del ademe de un metro lineal de caverna con concreto lanzado:

$$C = 0.709m^3/ml \times \$ 1,555.74/m^3 = \$ 1,103.02/ml$$

IV.-4 OBTENCION DEL COSTO DIRECTO DE LA EXCAVACION DE LA CUBETA DEL CANAL Y DE SU RELLENO COMPACTADO.

Para la obtención del costo Directo de la Excavación y Relleno, se utilizará la misma sección tipo analizado para el Concreto Lanzado; ésto, como se dijo anteriormente, para poder comparar económicamente las dos soluciones analizadas. (Fig. 7).

Para el Análisis Económico de esta solución, al igual que para el Concreto Lanzado, se analizan los mismos tres cargos básicos, que son:

- Mano de Obra
- Materiales
- Maquinaria y Equipo.

Para el Cargo de Mano de Obra, los salarios reales se obtienen del inciso IV-a. Para el concepto de Materiales, en esta alternativa será nulo, por no requerirse adquisición de ningún material, ya que se utilizarán para el relleno los mismos materiales producto de la Excavación. Para Maquinaria y Equipo se subdivide en dos partes, la primera es la correspondiente a excavación y la segunda la correspondiente a relleno compactado.

Es importante hacer notar que el grado de compactación del relleno dependerá del uso del suelo, (entre el rango de 80 a 95 por ciento proctor). En nuestro análisis penaremos en que el uso del suelo requiere una compactación del 95%.

IV.- 4 a Mano de Obra

1 Topógrafo = \$ <u>13,000/mes x 12 meses</u>	=	\$ 427.40/turno
		365 días/años
2 Cadeneros = 2x \$393.73/t	=	787.46/turno
1 Sobrestante=	"	663.90/turno
1 Ayudante General "A"	"	309.05/turno
2 Bandereros= 2x \$252.63/t	"	<u>505.26/turno</u>
		\$2,693.07/turno

Se considera un rendimiento de la mano de obra para la excavación de $65\text{m}^3/\text{turno}$ y de $60\text{m}^3/\text{turno}$ para el relleno.

$$\text{Carga mano de obra} = \frac{\$2,693.07/\text{t}}{0.75 \times (65+60)\text{m}^3/\text{t}}$$

\$28.73/ m^3

IV.- 4 b Materiales

No existe cargo por no requerirse adquisición de materiales.

IV.- 4 c Maquinaria

Los operadores de las máquinas están incluidos en el costo horario de cada una de ellas.

EXCAVACION Y CARGAS.-

Retroexcavadora de 1yd^3
 Rendimiento promedio = $60\text{m}^3/\text{hr}$
 $\frac{\$1,683.46/\text{hr}}{60\text{m}^3/\text{hr}}$

\$28.06/ m^3

Acarreo 1er Km.

Tarifa Fleteros $\$4.00\text{m}^3\text{-Km}$

Abundamiento 40%

$$\$4.00\text{m}^3 \text{ Km} \times 1.40$$

\$5.60/ m^3

Afine de Excavación

Motoconformadora cm-14

Rendimiento Promedio = $200\text{m}^3/\text{hr}$

$$\frac{\$678.16/\text{hr}}{200\text{m}^3/\text{hr}}$$

\$3.39/ m^3

Relleno y Compactación

Colocación.- Emplearemos un tractor D-6

Rendimiento = $85 \text{ m}^3/\text{hr.}$

$$\frac{\$621.49/\text{hr.}}{85\text{m}^3/\text{hr.}}$$

$7.31/\text{m}^3$

Compactación al 95%

Compactador CA-25

Rendimiento = $65 \text{ m}^3/\text{hr.}$

$$\frac{\$450.81/\text{hr.}}{65\text{m}^3/\text{hr.}}$$

$\$6.94/\text{m}^3$

AGUA PARA COMPACTACION

$\$32/\text{m}^3$

Consumo = $180 \text{ lts}/\text{m}^3$

$$0.180\text{m}^3/\text{m}^3 \times \$ 32.00/\text{m}^3 =$$

$\$5.76/\text{m}^3$

HERRAMIENTA 5% de la mano de obra

$$0.05 \times \$28.73/\text{m}^3 =$$

$\$1.44/\text{m}^3$

Suma Maquinaria

$\$58.50/\text{m}^3$

COSTO DIRECTO = Suma Mano de Obra + Suma Materiales

+ Suma Maquinaria =

$\$87.23/\text{m}^3$

Vol Excavado.-

Se consideran taludes verticales (Ver anexo III).

$$\text{Vol} = (1.00 \times 6.00 \times 7) - \left(1.00 \times \frac{1 \times 3^2}{2} \times \frac{1}{2}\right) = 34.93\text{m}^3/\text{ml}$$

Se considera que el material excavado será el único que se recolocará y compactará, aunque no se alcance la cota inicial del terreno natural.

Costo por el metro lineal:

$$C = 34.93\text{m}^3/\text{ml} \times \$87.23/\text{m}^3 = \$3,046.94/\text{ml}$$

C O N C L U S I O N E S

Antetodo, quisiéramos recalcar que no existe una solución única para resolver el problema de las zonas minadas, ya que, como se ha venido haciendo mención en las páginas anteriores, la solución va a depender del Uso del Suelo, y atendiendo además a factores técnicos, políticos, económicos, sociales, etc.

Uno de los objetivos de este trabajo es brindar un asesoramiento técnico económico para el problema de las zonas minadas, en focándonos a las soluciones de concreto lanzado y la de excavación y relleno compactado. Cada una de las anteriores soluciones presenta diversas ventajas y desventajas, mismas que a continuación aparecen:

- Ventajas del Uso de Concreto Lanzado:

- 1.- Es más económico que la excavación y relleno compactado, como puede desprenderse de los anteriores análisis.
- 2.- No se altera la cota ni la superficie del terreno natural, lo cual es una gran ventaja, sobre todo en donde la superficie está ocupada.
- 3.- Como se trabaja en su mayoría abajo de la superficie, no causa molestias al cerrar grandes extensiones de terreno para aislar las áreas de trabajo.
- 4.- Queda una serie de salones y galerías estables, que dependiendo de sus dimensiones, pueden destinarse a diferentes usos, tales como almacenes, bodegas para el D.D. F., o simplemente como tiraderos de basura aislados de la intemperie disminuyendo así focos de infección.

5.- Comparado con la excavación y relleno, el concreto lanzado requiere un menor tiempo de ejecución.

6.- No le afectan las interferencias tales como postes de luz, teléfono, semáforos, casas habitación, etc. Teniendo cuidado únicamente en salvar las instalaciones subterráneas como son redes de distribución de agua potable, drenajes, ductos telefónicos, etc.

- Desventajas del Uso de Concreto Lanzado:

1.- Incertidumbre en su comportamiento respecto a su estabilidad, aunque se tiene una probabilidad alta de que sea estable.

2.- Requerimiento de que los salones y galerías presenten un grado de seguridad mínimo, que sea capaz de garantizar la seguridad de los trabajadores que se encuentren laborando dentro de ellos.

3.- Se requiere de personal altamente calificado para poder obtener un buen lanzado.

4.- Se requiere de instalación eléctrica (alumbrado) y de ventilación.

- Ventajas del Uso del Excavación y Relleno Compactado:

1.- Se puede garantizar la estabilidad del terreno

2.- Se tienen menos riesgos de trabajo.

3.- No se requiere de personal altamente calificado.

4.- Facilidad para los trabajadores, si es que está libre de interferencias la zona de los trabajos.

Desventajas del Uso de Excavación y Relleno Compactado:

- 1.- Como respuesta al problema de las zonas minadas, y comparado con el Concreto Lanzado, resulta más costosa esta solución.
- 2.- Para poder efectuar los trabajos debe estar libre de todo tipo de interferencias la zona de las labores, como son casas, árboles, postes de luz, casetas de teléfono, redes de agua potable, drenajes, etc.
- 3.- Vigilar que no fallen las cavernas con el peso de la maquinaria.
- 4.- Se altera la superficie y la cota del terreno natural.
- 5.- Se necesita una inversión muy fuerte para poder pagar el costo de la maquinaria.

RECOMENDACIONES:

En vista de que aparentemente la solución de concreto lanzado presenta mayores ventajas sobre la excavación y relleno y que se tiene cierta duda sobre su comportamiento en lo referente a estabilidad, sería de mucha utilidad el hacer tramos experimentales de Concreto Lanzado. En base a la experimentación de éstas pueden tenerse conclusiones que ratifiquen la bondad de esta solución.

En este trabajo únicamente se llega al Costo Directo, y para obtener el precio unitario tendrían que analizarse, además de los tradicionales indirectos, otros factores, tales como iluminación, ventilación, etc.

Una vez más se hace hincapié en que la solución dependerá del uso del suelo y de factores técnicos, políticos, económicos, sociales, etc., y que en la mayoría de los casos la solución no de-

pende única y exclusivamente de los aspectos tecnológicos del problema.

IV.- ANEXOS

Anexo 1: Dosificación para Concreto Lanzado: (Ref. IV).

Las bases para el diseño de mezclas aún no están muy claras y parecen ser puramente empíricas en la actualidad.

Lo que sí se puede asegurar es que las arenas bien gradadas producen mejor concreto lanzado. Ciertas empresas aseguran que la calidad de la arena producida en sus canteras es la mejor, debido a los buenos resultados obtenidos con ellas en la producción de concreto lanzado. La velocidad de las partículas que pegan es tan grande, que se produce el rebote de las mismas, estando formadas por arenas que están recubiertas de una pequeña cantidad de cemento.

En la Fig. 8 se muestran las curvas granulométricas deseadas para los agregados.

La tabla que sigue muestra la relación de cemento-agregados a la resistencia mínima especificada a la compresión. Estas cifras se dan como guía general únicamente, y están del lado pesimista. En cada caso deberá hacerse una evaluación del por ciento de rebote esperado en condiciones de campo, naturaleza de los materiales y experiencia del operador de concreto lanzado.

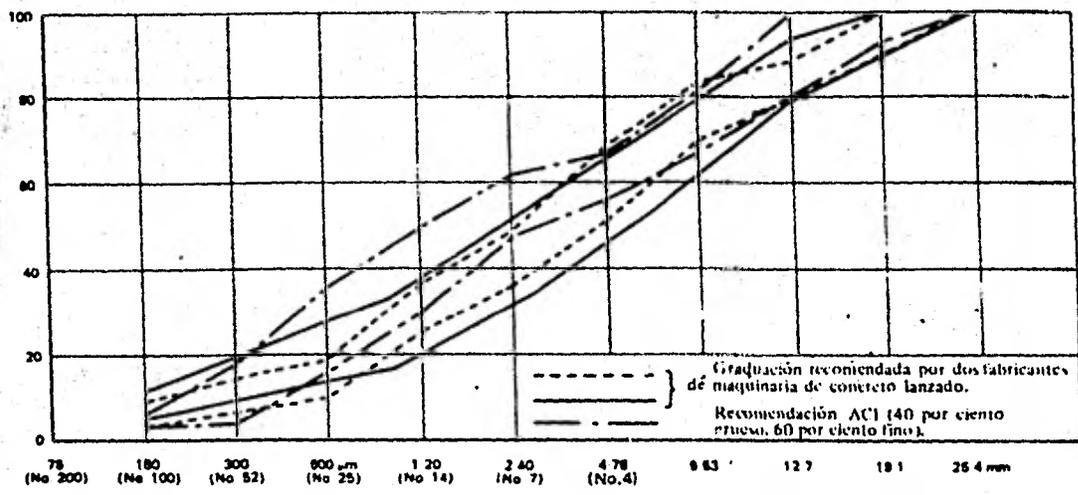


FIGURA 82: Curvas granulométricas límites para agregados que contengan partículas de 20 mm (3/4"). Las recomendaciones del ACI en este grupo de recomendaciones y de las de la figura 81, se han tomado de "Shotcreting" (Publicación ACI SP-14), expuesta en una reunión donde se presentaron treinta artículos, que forman una guía muy útil para el desarrollo de este trabajo en los Estados Unidos de Norte América.

FIG. 8

Mezcla por Volúmen	Mezcla por Peso	Mezcla resultante in situ (por peso)	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	USOS
1:6.5	1:6	1:4.1	210	} Recubrimientos.
1:5.1	1:5	1:3.6	240	
1:5	1:4.5	1:3.5	260	
1:4.5	1:4	1:3.2	280	Universal
1:4	1:3.5	1:2.8	310	} Alta resistencia
1:3.4	1:3	1:2	420	
1:2.2	1:2	1:1.2	420	Para aplicaciones refractarias normales.

Para nuestro caso, utilizaremos la relación volumétrica cemento-agregados de 1:4 correspondiente en la tabla anterior a "Alta resistencia".

Para obtener los porcentajes volumétricos, sabemos que el total de la mezcla es de 5 partes por lo que:

$$* \text{ Porcentaje de Cemento} = \frac{1}{5} = 20\%$$

$$* \text{ Porcentaje de Agregados} = \frac{4}{5} = 80\%$$

De la curva granulométrica, (Fig. 9), se obtiene que de los agregados, el 40% son gruesos (mayores que la malla 4) y el 60% son finos. (según recomendación ACI).

$$* \text{ Porcentaje de Finos o Arenas} = 0.80 \times 0.6 = 48\%$$

$$* \text{ Porcentaje de Gruesos o Gravas} = 0.80 \times 0.4 = 32\%$$

En resumen, por cada m³ de concreto lanzado, la dosificación será:

$$\text{Cemento} = 0.20\text{m}^3$$

$$\text{Arena} = 0.48\text{m}^3$$

$$\text{Grava} = 0.32\text{m}^3$$

Anexo 2: Análisis de Costos Directos de Maquinaria,

CONSTRUCTORA:

 Máquina: COMPRESOR

 Modelo: 600 P.C.M.

 Datos Adic.: INGERSOLL- RAND

No: _____

Calcula: _____

Revisó: _____

 Fecha: 1980
OBRA:
DATOS GENERALES.

 Precio adquisición: \$ 659,791.57

Equipo adicional: _____

Fecha colocación: _____

 Vida económica (Ve): 4 años

 Horas por año (Ha): 2000 hr/año

 Motor: Diesel de 90 HP.

 Factor operación: 0.75

 Potencia operación: 67.50 HP.op.

 Coeficiente almacenaje (K): 0.02

 Factor mantenimiento (Q): 0.67

 Valor inicial (Vi): \$ 659,791.57

 Valor rescate (Vr): 15 % = \$ 98,968.74

 Tasa interés (i): 29 %

 Prima seguros (s): 2 %

I- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:	$D = \frac{V_i - V_r}{V_e}$	$= \frac{659,791.57 - 98,968.74}{8,000}$	= \$ <u>70.10</u>
b) Inversión:	$I = \frac{V_i - V_r}{2 \times H_a}$	$= \frac{758,760.31 \times 0.29}{2 \times 2000}$	= <u>55.01</u>
c) Seguros:	$S = \frac{V_i - V_r}{2 \times H_a}$	$= \frac{758,760.31 \times 0.02}{2 \times 2000}$	= <u>3.79</u>
d) Almacanaje:	$A = K \times D$	$= 0.02 \times 70.10$	= <u>1.40</u>
e) Mantenimiento:	$M = Q \times D$	$= 0.67 \times 70.10$	= <u>46.97</u>

 SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 177.27
II- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e \times P_c$			
Diesel: $E = 0.1614$	\times	<u>67.50</u> HP. op. \times	$\$ \frac{1.40}{\text{lit.}}$ = \$ <u>14.31</u>
Gasolina: $E = 0.2271$	\times	_____ HP. op. \times	$\$ \frac{\quad}{\text{lit.}}$
b) Otras fuentes de energía:			
c) Lubricantes: $L = a \times P_e$			
Capacidad cárter: $C_c =$	<u>43</u>	litros	
Cambios aceite: $\tau =$	<u>100</u>	horas	
$a = C/\tau + \frac{0.0035}{0.0030}$	\times	<u>67.50</u> HP. op. =	<u>0.666</u> lit./hr.
$\therefore L = 0.666$	\times	<u>30.00</u> / lit.	= <u>19.99</u>
d) Llantas: $L_l = \frac{V_{ll}}{H_v}$ (valor llantas)			
Vida económica: $H_v =$	_____	horas	
$\therefore L_l =$	$\frac{\$}{\quad}$	horas	

 SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 34.30
III- OPERACION.

Salarios: S

operador: \$ _____

Sal / turno - prom: \$ _____

Horas / turno - prom.: (H)

 $H = 8$ horas \times _____ (factor rendimiento) = _____ horas

 \therefore Operación: $O = \frac{S}{H}$ = \$ _____ / hora

SUMA OPERACION POR HORA \$ _____

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 211.57

CONSTRUCTORA	Máquina: <u>LANZADORA</u>	No.:
	Modelo: <u>ALIVA-260</u>	Calculo:
	Fecha Adic.: <u>NEUMATICA</u>	Revisó:
		Fecha: <u>1980</u>

DATOS GENERALES.

Procto adquisición: \$ 640,962.00

Equipo adicional: _____

Fecha catización: _____

Vida económica (Ve): 4 años

Horas por año (Ha): 2000 hr/año

Motor: _____ de _____ HP.

Factor operación: _____

Potencia operación: _____ HP.ca.

Coefficiente almacenaje (K): 0.02

Factor mantenimiento (Q): 0.60

Valor inicial (Va): \$ 640,962.00

Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 64,096.20

Tasa interes (i): 29 %

Prime seguros (s): 2 %

CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$= \frac{640,962.00 - 64,096.20}{4 \times 2000}$	= 72.11
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	$= \frac{705,058.70 \times 0.29}{2 \times 2000}$	= 51.12
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	$= \frac{705,058.70 \times 0.02}{2 \times 2000}$	= 3.53
d) Almacenaje:	$A = KD$	$= \frac{0.02 \times 72.11}{1}$	= 1.44
e) Mantenimiento:	$M = QD$	$= \frac{0.60 \times 72.11}{1}$	= 43.27
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			\$ 171.47

I- CONSUMOS.

a) Combustible: E = e Pc

Diesel: $E = 0.1514$ x _____ HP. op. x \$ _____ /lt. = \$ _____

Gasolina: $E = 0.2271$ x _____ HP. op. x \$ _____ /lt. = \$ _____

b) Otras fuentes de energía: _____ = \$ _____

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad cárter: Ca = _____ litros

Cambios aceite: t = _____ horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$ x _____ HP. op. = _____ lt/hr.

$\therefore L = \frac{Ca}{t} \times \frac{a}{Pe}$ x \$ _____ /lt. = \$ _____

d) Llantas: $Lt = \frac{Vlt}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = _____ horas

$\therefore Lt = \frac{Vlt}{Hv}$ x \$ _____ = \$ _____

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ _____

III- OPERACION.

Salarios: S

operador: \$ _____

Sal/turno-prom: \$ _____

Horas/turno-prom: (H)

H = 8 horas x _____ (factor rendimiento) x _____ horas

\therefore Operación: $O = \frac{S}{H}$ x \$ _____ = \$ _____

SUMA OPERACION POR HORA \$ _____

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 171.47

CONSTRUCTORA:

Máquina: REVOLVEDORA

No.:

Modelo: P/Concreto

Calculo:

Detos Adic. 2 SACOS

Revisó:

OBRA:

Fecha: 1980

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ 213,732.16

Fecha cotización: _____

Equipo adicional: _____

Vida económica (Ve): 4 años

Horas por año (Ha): 1500 hr/año

Motor: _____ de _____ HP.

Factor operación: _____

Potencia operación: _____ HP.op.

Coefficiente almacenaje (K): 0.02

Factor mantenimiento (Q): 0.80

Valor inicial (Ve): \$ 213,732.16

Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 21,373.22

Tasa interés (i): 29 %

Prima seguros (s): 7 %

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{V_e - V_r}{V_e} = \frac{213,732.16 - 21,373.22}{213,732.16} = 0.095$ = 32.06

b) Inversión: $I = \frac{V_e + V_r}{2 Ha} = \frac{235,105.38 \times 0.29}{2 \times 1500} = 0.028$ = 22.73

c) Seguros: $S = \frac{V_e + V_r}{2 Ha} = \frac{235,105.38 \times 0.20}{2 \times 1500} = 0.016$ = 1.57

d) Almacenaje: $A = KD = 0.02 \times 32.06 = 0.64$

e) Mantenimiento: $M = QD = 0.80 \times 32.06 = 25.65$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 82.65

II.- CONSUMOS.

e) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.1614 \times \text{HP op.} \times \text{horas} / \text{litro}$

Gasolina: $E = 0.2271 \times \text{HP op.} \times \text{horas} / \text{litro}$

b) Otras fuentes de energía: _____

c) Lubricantes: $L = a P_c$

Capacidad Carter: $C = \text{litros}$

Cambios aceite: $\uparrow = \text{horas}$

$a = C/\uparrow + \frac{0.0035}{0.0030} \times \text{HP op.} \times \text{litros/hr}$

$\therefore L = \text{litros/hr} \times \text{horas} / \text{litro}$

d) Llantas: $Ll = \frac{V_{ll}}{H_v} (\text{valor llantas})$

Vida económica: $H_v = \text{horas}$

$\therefore Ll = \text{horas} / \text{horas}$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ _____

III.- OPERACION.

Salarios: S

operador: \$ _____

Sal/turno-prom: \$ _____

Horas/turno-prom: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times (\text{factor rendimiento}) = \text{horas}$

$\therefore \text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \text{horas} / \text{horas} = \text{horas}$

SUMA OPERACION POR HORA \$ _____

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 82.65

CONSTRUCTORA:	Máquina: RETROEXCAVADORA	No.:
	Modelo: LS-5800	Calcula:
	Fecha Adic.: 1 yd³	Revisó:
RA:		Fecha: 1980

CARGOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ 6'296,026.00

Equipo adicional: _____

Fecha catización: _____

Vida económica (Va): 5 años

Horas por año (Ha): 2000 hr/año

Motor: Diesel de 284 HP

Valor inicial (Vi): \$ 6'296,026.00

Factor operación: 0.75

Valor rescate (Vr): 20 % = \$ 1'259,205.20

Potencia operación: 213 HP.op.

Tasa interés (i): 29 %

Coefficiente almacenaje (K): 0.02

Prima seguros (s): 2 %

Factor mantenimiento (Q): 0.88

CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Vi - Vr}{Va} = \frac{5'036,820.80}{10,000} = \$ 503.68$

b) Inversión: $I = \frac{Vi + Vr}{2 Ha} = \frac{7'555,231.20 \times 0.29}{2 \times 2000} = 547.75$

c) Seguros: $S = \frac{Vi + Vr}{2 Ha} = \frac{7'555,231.20 \times 0.02}{2 \times 2000} = 37.78$

d) Almacenaje: $A = KD = 0.02 \times 503.68 = 10.07$

e) Mantenimiento: $M = QD = 0.88 \times 503.68 = 43.24$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 1,542.52

CONSUMOS.

a) Combustibles: $E = e \times Pc$

Diesel: $E = 0.1614 \times 213 \text{ HP.op.} \times \$ 140 / \text{lt.} = \$ 45.15$

Gasolina: $E = 0.2271 \times \text{HP.op.} \times \$ / \text{lt.} =$

b) Otras fuentes de energía: _____

c) Lubricantes: $L = o \times Pe$

Capacidad Carter: $C = 26$ litros

Cambios aceite: $\gamma = 100$ horas

$\alpha = C/\gamma + \frac{0.0035}{0.0030} = 213 \text{ HP.op.} = 1.0056 \text{ hr.}$

$\therefore L = 1.0056 \text{ hr} \times \$ 30.00 / \text{lt.} = 30.17$

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll (\text{valor llantas})}{Hv (\text{vida económica})}$

Vida económica: $Hv =$ _____ horas

$\therefore Ll = \$$ _____

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 75.32

OPERACION.

Salarios: \$

Operador: \$ 393.73 (operador de máquina especializada "A")

Sal/turno-prom: \$ 393.73

Horas/turno-prom: (M) 8

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6 horas

\therefore Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{393.73}{6} = \$ 65.62$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 65.62

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 1,683.46

CONSTRUCTORA:	Máquina: MOTOCONFORMADORA	No.:
	Modelo: CM-14	Catálogo:
	Fecha Adic.:	Revisión:
RA:		Fecha: 1980

II.- DATOS GENERALES.

Preço adquisición:	\$ 2'392.000.00	Fecha cotización:	
Equipo adicional:	LLANTAS 45.532.00	Vida económica (Ve):	5 años
Valor inicial (Vi):	\$ 2'346.468.00	Horas por año (Ha):	2000 hr/año
Valor rescate (Vr):	20 % = \$	Motor:	Diesel de 140 HP.
Tasa interés (i):	29 %	Factor operación:	0.75
Prima seguros (s):	2 %	Potencia operación:	105 HP.op.
		Coefficiente almacenaje (X):	0.02
		Factor mantenimiento (Q):	0.75

III.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:	$D = \frac{V_a - V_r}{Ve}$	$= \frac{1'877.174.40}{10.000}$	= \$ 187.72
b) Inversión:	$I = \frac{V_a - V_r}{2 Ha}$	$= \frac{2'815.761.60 \times 0.29}{4000}$	= 204.14
c) Seguros:	$S = \frac{V_a + V_r}{2 Ha}$	$= \frac{2'815.761.60 \times 0.02}{4000}$	= 14.08
d) Almacenaje:	A = KD	$= 0.02 \times 187.72$	= 3.75
e) Mantenimiento:	M = QD	$= 0.75 \times 187.72$	= 140.79
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			\$ 550.48

IV.- CONSUMOS.

a) Combustible: E = e Pc			
Diesel: E = 0.1614	x 105	HP. op. x \$ 1.40 /ll.	= \$ 22.26
Gasolina: E = 0.2271	x	HP. op. x \$ /ll.	=
b) Otras fuentes de energía:			
c) Lubricantes: L = a Pe			
Capacidad cárter: C = 20	litros		
Cambios aceite: t = 100	horas		
$a = C/t + \frac{0.0035}{10.0030}$	x 105	HP. op. 0.5675 ll/hr.	
$\therefore L = \frac{0.5675}{177}$	hr x \$ 30.00 /ll.		= 17.03
d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas)			
	Hv (vida económica)		
Vida económica: $Hv = 2000$	horas		
$\therefore Ll = \frac{45.532.00}{2.000}$	horas		= 22.77
SUMA CONSUMOS POR HORA			\$ 62.06

V.- OPERACION.

Salarios: S			
operador:	\$ 393.73	(Operador de máquina especializado "A")	
Sal/turno-prom:	\$ 393.75		
Horas/turno-prom. (H)			
H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6	horas		
\therefore Operación: $O = \frac{S}{H}$	$= \frac{393.73}{6}$		= \$ 65.62
SUMA OPERACION POR HORA			\$ 65.62

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 678.16

CONSTRUCTORA: _____
OBRA: _____

Máquina: **TRACTOR S/O**
 Modelo: **D6C**
 Datos Adic.: _____

No.: _____
 Calculo: _____
 Revisó: _____
 Fecha: **1980**

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ **2'190,444.00**
 Equipo adicional: _____
 Valor inicial (Va): \$ **2'190,444.00**
 Valor rescate (Vr): **20** % = \$ _____
 Tasa Interés (i): **29** %
 Prima seguros (s): **2** %

Fecha colocación: _____
 Vida económica (Ve): **5** años
 Horas por año (Ha): **2000** hr/año
 Motor: _____ de **140** HP.
 Factor operación: **0.75**
 Potencia operación: **105** HP.op.
 Coeficiente almacenaje (K): **0.02**
 Factor mantenimiento (Q): **0.75**

I- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{1'752,355.20}{10.000} = \$ 175.24$
 b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{2'628,532.80 \times 0.29}{4000} = 190.57$
 c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{2'628,532.80 \times 0.02}{4000} = 13.14$
 d) Almacenaje: $A = KD = 0.02 \times 175.24 = 3.50$
 e) Mantenimiento: $M = QD = 0.75 \times 175.24 = 131.45$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ **513.88**

II- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = a Pe$
 Diesel: $E = 0.1614 \times 105 \text{ HP op.} \times 1.40 / \text{lt.} = \$ 22.26$
 Gasolina: $E = 0.2271 \times \text{HP. op.} \times \text{ /lt.}$
 b) Otras fuentes de energía: _____
 c) Lubricantes: $L = a Pe$
 Capacidad cárter: $C = 29$ litros
 Cambios aceite: $\tau = 100$ horas
 $a = C/\tau + \frac{0.0035}{0.0030} \times 105 \text{ HP op.} = 0.6575 \text{ lt./hr.}$
 $\therefore L = 0.6575 \text{ hr} \times \$ 30.00 / \text{lt.} = 19.73$
 d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas)
 Vida económica: $Hv =$ _____ horas
 $\therefore Ll = \frac{\$}{\text{horas}}$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ **41.99**

III- OPERACION.

Salarios: \$
 operador: \$ **393.73**
 Sal/turno-prom: \$ **393.73**
 Horas/turno-prom. (H)
 H: **8** horas $\times 0.75$ (factor rendimiento) = **6** horas
 \therefore Operación: $O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 393.73}{6 \text{ horas}} = \$ 65.62$

SUMA OPERACION POR HORA \$ **65.62**

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ **621.49**

CONSTRUCTORA:Máquina: COMPACTADOR

No. _____

Modelo: CA-25

Calculo: _____

Detos Adic: _____

Revisó: _____

OBRA:Fecha: 1980**DATOS GENERALES.**Precio adquisición: \$ 1'392,420.00Equipo adicional:
LLANTAS \$ 40,956.00Valor inicial (Va): \$ 1'551,464.00Valor rescate (Vr): 20 % = \$ _____Tasa interes (i): 29 %Prima seguros (s): 7 %

Fecha cotización: _____

Vida económica (Ve): 5 añosHoras por año (Ha): 2000 hr/añoMotor: Diesel de 125 HP.Factor operación: 0.75Potencia operación: 3.75 HP.op.Coeficiente almacenaje (K): 0.02Factor mantenimiento (Q): 0.80**I.- CARGOS FIJOS.**

- a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{1'081,171.20}{10,000} = \$ 108.12$
- b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{1'621,756.80 \times 0.29}{2 \times 2000} = 117.58$
- c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{1'621,756.80 \times 0.02}{2 \times 2000} = 8.11$
- d) Almacenaje: $A = KD = 0.02 \times 108.12 = 2.16$
- e) Mantenimiento: $M = QD = 0.80 \times 108.12 = 86.50$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 322.47**II.- CONSUMOS.**

- a) Combustible: $E = e P_c$
Diesel: $E = 0.1614 \times 93.75 \text{ HP op.} \times \$ 1.40 / \text{lt.} = \$ 19.87$
Gasolina: $E = 0.2271 \times \text{HP op.} \times \$ \text{ /lt.} =$
- b) Otras fuentes de energía: _____
- c) Lubricantes: $L = a P_c$
Capacidad cárter: $C = 13$ litros
Cambios aceite: $r = 100$ horas
 $a = C/r + \frac{0.0035}{10.0030} \times 93.75 \text{ HP op.} = 0.75813 \text{ /hr.}$
 $\therefore L = 0.75813 \text{ /hr.} \times \$ 30.00 / \text{lt.} = 22.74$
- d) Llantas: $Ll = \frac{Vl}{Hv} \text{ (valor llantas) (vida económica)}$
Vida económica: $Hv = 2000$ horas
 $\therefore Ll = \frac{\$ 40,956.00}{2,000 \text{ horas}} = 20.48$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 63.09**III.- OPERACION.**Salarios S
operador: \$ 391.50 (Operador de maquinaria especializado "B")Sal/turno-prom: \$ 391.50

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas \times 0.75 (factor rendimiento) = 6 horas \therefore Operación: $O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 391.50}{6 \text{ horas}} = \$ 65.25$ SUMA OPERACION POR HORA \$ 65.25COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 450.81

Anexo 3: Justificación del Talud Propuesto para Formar la Cubeta del Canal.

Para esta justificación se utilizará el Método de Taylor, que es una justificación del método sueco de Falkenius.

El método consiste en obtener una constante de proporcionalidad, N_c .

$$N_c = \frac{C}{F_s} H$$

Donde: C = Cohesión

F_s = Factor de Seguridad

γ = Peso Volumétrico Saturado

H = Elevación del Talud.

Con el valor de esta constante, se obtiene el valor del ángulo del talud con respecto a la horizontal de las gráficas de Taylor. (Ver referencia V).

Para nuestro caso, consideraremos:

$$C = 8 \text{ ton/m}^2$$

$$F_s = 2$$

$$\gamma = 2.10 \text{ ton/m}^3$$

$$H = 7 \text{ m}$$

$$\theta = 15^\circ$$

Por lo que:

$$N_c = \frac{8}{(2)(2.10)(7)} = 0.27$$

De la gráfica:

$\beta = 90^\circ$ Por lo que pueden utilizarse taludes verticales.

VII.- REFERENCIAS

- I.- "Cimentaciones en Zonas Minadas de la Ciudad de México".
Simposio Marzo, 1976.
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.

- II.- "Concreto Lanzado" Información Técnica, No. 3;
Grupo ICA, 1975

- III.- "Concreto Lanzado para Revestimiento de Túneles".
Información Técnica No. 6;
Grupo ICA, 1977

- IV.- "Concreto Lanzado"
T.F.Ryan
Nueva Serie I.M.C.Y.C.; No. 10
INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO. A.C. 1976

- V.- "Información recopilada a través de entrevistas.

IMPRESO EN MEXICO

LUYSIL DE MEXICO, S. A.

PRINTED IN MEXICO

GUILLERMO PRIETO 106-B

TELS. 592-24-52 592-28-52

MEXICO 4, D. F.