

E-176

O.P.E.S 000001

950
1997 MAR 12 P 2:07

INGENIESA S.A.

**ESTABILIZACION DEL TALUD SURORIENTAL DE
LA MINA LAS MANAS**

INFORME DE DISEÑO

**INGETEC S.A.
SANTAFE DE BOGOTA, COLOMBIA
MARZO DE 1997**

O.F.E.S

900

1987 MAR 12 P 2 01

MINA LAS MANAS ESTABILIZACION DEL TALUD SURORIENTAL

| | | |
|-------|--|---|
| 1. | INTRODUCCION | 2 |
| 2. | GENERALIDADES | 2 |
| 3. | DISEÑO DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACION DEL TALUD | 2 |
| 3.1 | Características de los materiales de los taludes | 2 |
| 3.2 | Selección del tipo de obra | 3 |
| 3.3 | Método de análisis | 3 |
| 3.4 | Diseño del terraplén reforzado | 3 |
| 3.4.1 | Selección del tipo de geotextil | 3 |
| 3.4.2 | Análisis de estabilidad del terraplén | 4 |
| 3.4.3 | Longitud de adherencia del geotextil | 4 |
| 3.4.4 | Longitud requerida por estabilidad al deslizamiento | 5 |
| 3.4.5 | Longitud requerida por volcamiento | 5 |
| 3.4.6 | Longitud de las capas de geotextil | 5 |
| 3.4.7 | Espaciamiento vertical entre capas | 6 |
| 3.5 | Procedimiento de construcción | 6 |
| | Referencias | 8 |
| | Figuras | |
| | Dibujos | |

MINA LAS MANAS ESTABILIZACION DEL TALUD SURORIENTAL

1. INTRODUCCIÓN

INGENIESA S.A. ha encomendado a INGETEC S.A. el diseño de las obras para la estabilización del talud suroriental de la mina que colinda con la Mina de Aridos y Minerales, el cual se encuentra afectado por un deslizamiento.

En este informe se presenta el criterio de diseño de las obras previstas para la estabilización del talud.

2. GENERALIDADES

La mina está localizada al sur de Santa fé de Bogotá, sobre la margen izquierda del río Tunjuelo y se encuentra limitada por el oeste con la autopista a Villavicencio, por el noreste con el río Tunjuelo, hacia el noroeste con la ámina de Central de Mezclas y hacia el sureste con la mina Aridos y Minerales del Tunjuelo.

En los primeros días de febrero del presente año se presentó un deslizamiento en el talud suroriental de la mina durante un aguacero muy fuerte. El deslizamiento involucró la totalidad de la altura del talud, de unos 36 m, y una extensión de 110m en dirección del mismo.

3. DISEÑO DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACION DEL TALUD

3.1 Características de los materiales de los taludes

El material que constituye la explotación y que conforma los taludes comprende el denominado Cono Aluvial del Tunjuelo, el cual está compuesto por gravas, cantos y bloques de 0.4 m de tamaño máximo, en matriz de arena y arcilla de color habano. Suprayaciendo este depósito

se presenta una cobertura correspondiente a un depósito de limo de unos 6 m de espesor, de color pardo a carmelito rojizo con algo de arcilla y trazas de arena.

3.2 Selección del tipo de obra

Para la estabilización del talud suroriental de la mina donde se presenta el deslizamiento se ha considerado la construcción de un terraplén reforzado con geotextil de 36m de altura con bermas de 5m, cuyo diseño se presenta en el Dibujo 2. Este terraplén se construirá con una pendiente de 57°, similar a la pendiente de los taludes de la mina, con lo cual se logra una reducción importante en el volumen de relleno por colocar, dada la gran altura del talud, en comparación con el relleno que sería necesario colocar en caso de adoptarse un relleno común no reforzado.

El terraplén reforzado está constituido por un suelo compactado en cuyo interior se van colocando capas de geotextil espaciados a una cierta distancia. La combinación del suelo compactado, que proporciona resistencia a la compresión al conjunto, y el geotextil, que proporciona resistencia a la tensión produce un material compuesto con características ideales técnica y económicamente para la construcción de terraplenes de fuerte pendiente y muros de contención.

3.3 Método de análisis

Para el diseño del terraplén reforzado se siguió la metodología descrita en la Ref. 1. Los análisis de estabilidad se efectuaron mediante el método de Sarma.

3.4 Diseño del terraplén reforzado

3.4.1 Selección del tipo de geotextil

Para el refuerzo se seleccionó un geotextil del tipo no tejido de alta resistencia, similar al TYPAR 3601. Este geotextil tiene una resistencia a la tensión de 4.5 t/m. Para el diseño del terraplén se adoptó una

resistencia de 1.5 t/m, la cual involucra un factor de seguridad de 3.0. En este factor de seguridad se tienen en cuenta los factores correspondientes a la pérdida de resistencia por creep y por daños durante la instalación, así como por degradación química y biológica.

3.4.2 Análisis de estabilidad del terraplén

Para dimensionar la longitud y el espaciamiento del geotextil se efectuó un análisis de estabilidad para el caso de un talud de 10 m, con el fin de determinar la superficie potencial de deslizamiento que proporcione una fuerza horizontal $P_{\text{máxima}}$, la cual produce un estado de equilibrio en la masa del terraplén. Este análisis se presenta en la Figura 1, en el cual se muestra la dimensión de dicha fuerza equivalente, obteniéndose un coeficiente de 0.088 para el talud de 10 de altura, mientras que para el talud total se adoptó un valor de 0.04. En estos análisis se ha considerado que el relleno compactado desarrolla una resistencia mínima de 30° de fricción y cohesión nula.

3.4.3 Longitud de adherencia del geotextil, L_p

El refuerzo de geotextil deberá profundizarse lo suficiente como para evitar la extracción del mismo del relleno compactado, dicha longitud está dada por la resistencia del geotextil a la extracción mediante la siguiente expresión:

$$L_p = \frac{0.5K \gamma (1.5V+q/\gamma)^2 F.S.}{2\mu (\gamma V+q)}$$

donde F.S. es el factor de seguridad a la extracción del geotextil, el cual se toma igual a 2, μ es el coeficiente de fricción entre el geotextil y el suelo, igual a $0.8 * \tan \phi$, V es el espaciamiento entre capas consideradas igualmente espaciadas, que para el caso es igual a 0.6 m y q es la sobrecarga, la cual es igual se considera de 4 t/m².

De acuerdo con la anterior expresión la longitud de adherencia del geotextil es de 0.35 m.

3.4.4 Longitud requerida por estabilidad al deslizamiento, L_b

La longitud requerida por deslizamiento L_b está dada por la expresión:

$$L_b = \frac{KH}{2\mu} \text{ F.S.}$$

Si se considera un factor de seguridad de 2.0, L_b será 2.17 KH, esta expresión da un valor de 1.0 m para el talud de la parte alta del terraplén y de 7.0 m para la parte baja del mismo.

3.4.5 Longitud requerida por volcamiento, L_c

La longitud de geotextil requerida por estabilidad al volcamiento, L_c , está dada por la siguiente expresión, la cual supone que el esfuerzo normal mínimo en la base es igual a cero.

$$\frac{L_c}{H} = \frac{3}{2} \cot \beta ((1 + 4/9 K \tan^2 \beta)^{1/2} - 1)$$

donde β es la inclinación promedio del talud del terraplén reforzado. Esta expresión conduce a un valor de 0.4 m para la parte superior del terraplén y de 1.8 m para la parte inferior del mismo.

3.4.6 Longitud de las capas de geotextil

La longitud requerida de geotextil se define como la mayor longitud entre las requeridas por los diferentes mecanismos contemplados. Esta longitud corresponde a la establecida por la posición de la superficie crítica de falla mas la longitud requerida por deslizamiento, como se puede observar en el diseño final, con menores longitudes requeridas en la parte superior del talud.

3.4.7 Espaciamiento vertical entre capas

Esta distancia se determina mediante el cálculo de la expresión

$$Q = T_D / (K V)$$

donde Q es la altura máxima que puede tener el terraplén si tiene un espaciamiento constante V , y T_D es la resistencia de diseño a la tensión del geotextil si se considera un espesor de capa de relleno compactado de 0.3 m, Q será igual a 28.4 m para el talud total. A partir del valor de Q se establece la siguiente relación para el espaciamiento de las capas de geotextil:

| Profundidad bajo la cresta | Espaciamiento vertical entre capas |
|----------------------------|------------------------------------|
| De Q a $Q/2$ | V |
| De $Q/2$ a $Q/3$ | $2V$ |
| . | . |
| . | . |
| De Q/n a $Q/(n+1)$ | nV |

De acuerdo con las anteriores relaciones se ha adoptado un espaciamiento vertical de 0.6 m constante para todo el talud. En el Dibujo 2 se muestra esta distribución.

3.5 Procedimiento de construcción

El suelo que se usará en la conformación del terraplén reforzado deberá ser esencialmente granular con una granulometría que estará entre los siguientes límites:

| TAMIZ | % PASA |
|--------|----------|
| 2" | 100 - 75 |
| 3/4" | 100 - 75 |
| No4 | 100 - 20 |
| No 40 | 0 - 60 |
| No 200 | 0 - 35 |

Este suelo se debe colocar en capas de 0.2 m de espesor compactadas con un compactador vibratorio hasta obtener una densidad igual o mayor al 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo proctor modificado.

El proceso de construcción del terraplén reforzado debe necesariamente seguir los siguientes pasos :

1. El primer paso es bajar el nivel de la banca actual a la cota 2601.2 en la zona del deslizamiento, con el fin de remover la parte del talud afectada por grietas. El material que se obtenga de esta excavación se podrá utilizar en la construcción del terraplén de refuerzo.
2. A continuación se debe realizar la excavación lateral del talud con pendiente 1H:1V, con el objeto de mejorar la estabilidad de la parte superior del talud y proporcionar la seguridad necesaria para la ejecución de los trabajos de construcción del terraplén reforzado, por encima de la cota 2583, como se puede observar en las secciones del Dibujo 1.
3. Posteriormente, se debe remover el material suelto producto del deslizamiento hasta encontrar la superficie del terreno que servirá de fundación del terraplén reforzado.
4. Una vez removido el material suelto se procederá a la construcción del terraplén reforzado, teniendo en cuenta los pasos para la elaboración de las capas, como se puede observar en el Dibujo 2. Las capas de relleno se deberán colocar con una pendiente de 1% hacia la cara del talud, con el fin de que el agua que ingrese al terraplén fluya hacia la superficie a través de las capa de geotextil. deberá evitarse en todo momento durante la construcción que el agua se acumule en la superficie del terraplén.

5. Sobre toda la banca deberán colocarse tres capas de refuerzo con geotextil cada 0.4 m, con una longitud de anclaje mínima de 2 m.

6. Finalmente, la superficie del terraplén deberá protegerse con pasto, para esto, se colocará una malla de gallinero sobre la superficie de los taludes del terraplén, sobre la cual se colocará cespedones de pasto debidamente estacados. La malla de gallinero se anclará a la superficie del terraplén mediante ganchos metálicos colocados a medida que se construye el terraplén, según se ilustra en el Dibujo 2.

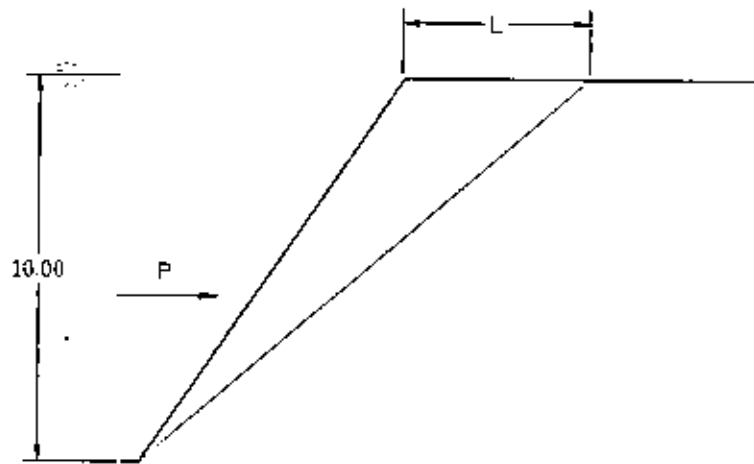
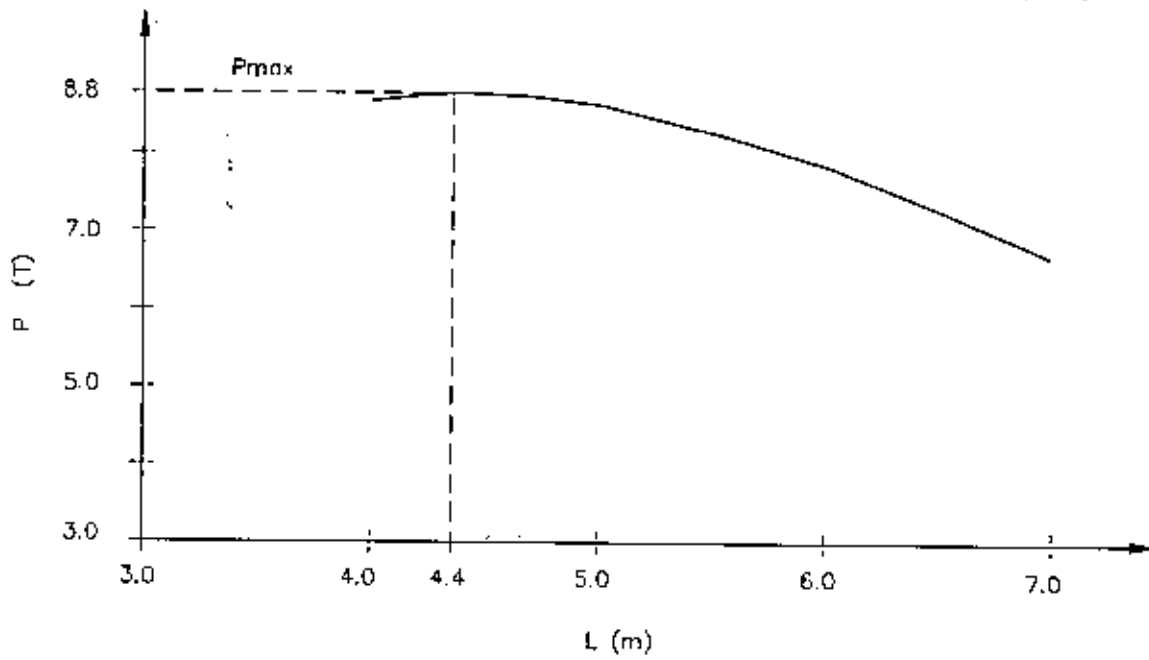
REFERENCIAS

- T. Yamanouchi and N. Fukuda. (1993). " Design and Observation of Steep Reinforced Embankments" 3rd International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, St. Louis, Missouri.

000010

FIGURAS

000011



$$K = \frac{P_{max}}{\gamma H^2/2} = 0.088$$

P = Fuerza horizontal requerida para el equilibrio de la masa de suelo.

K = Coeficiente de presión de tierra equivalente.

INGENIERA S.A.

TERRAPLEN REFORZADO

ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DE 10.0m

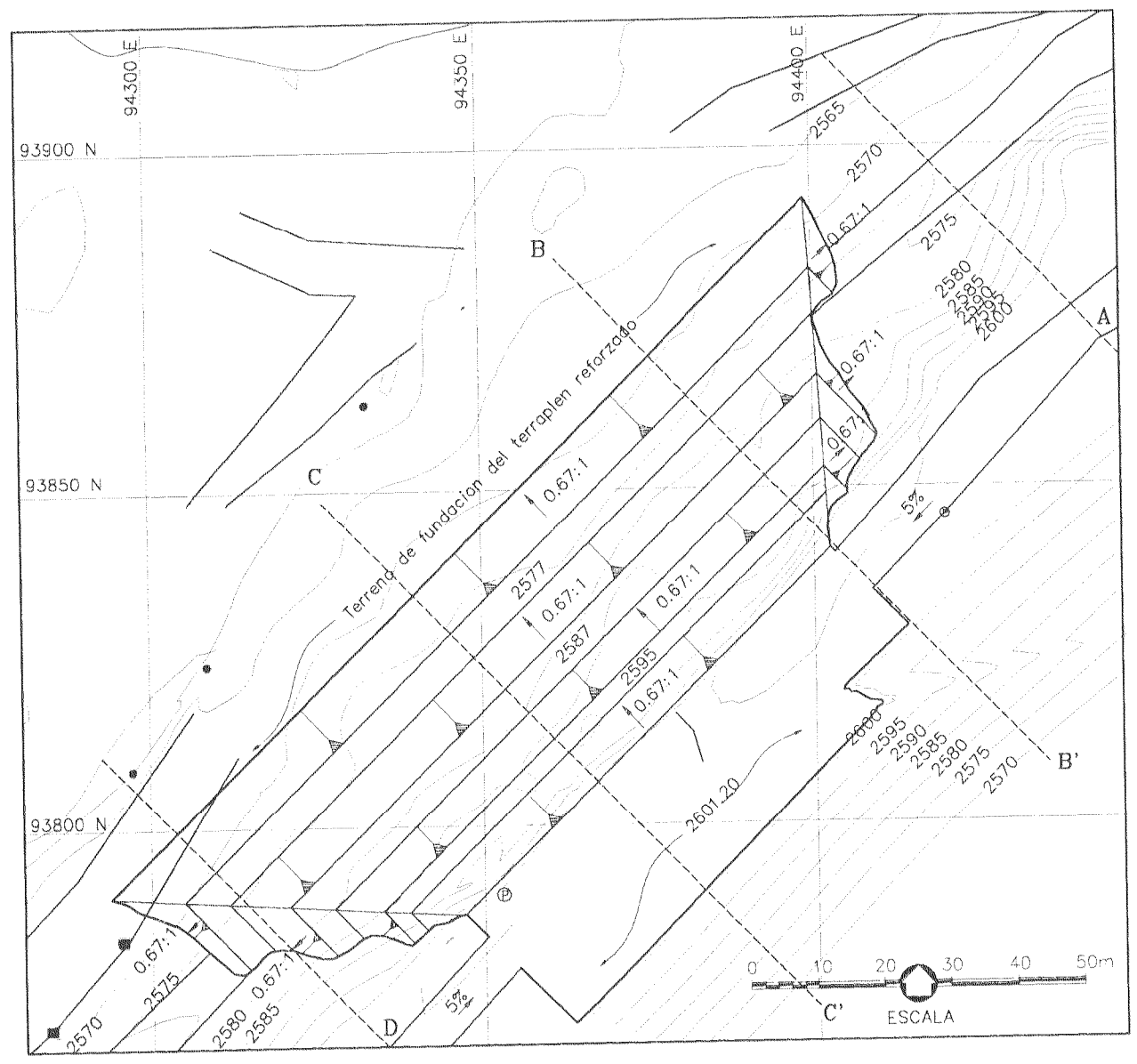
INGETEC S.A.

FECHA

FIGURA

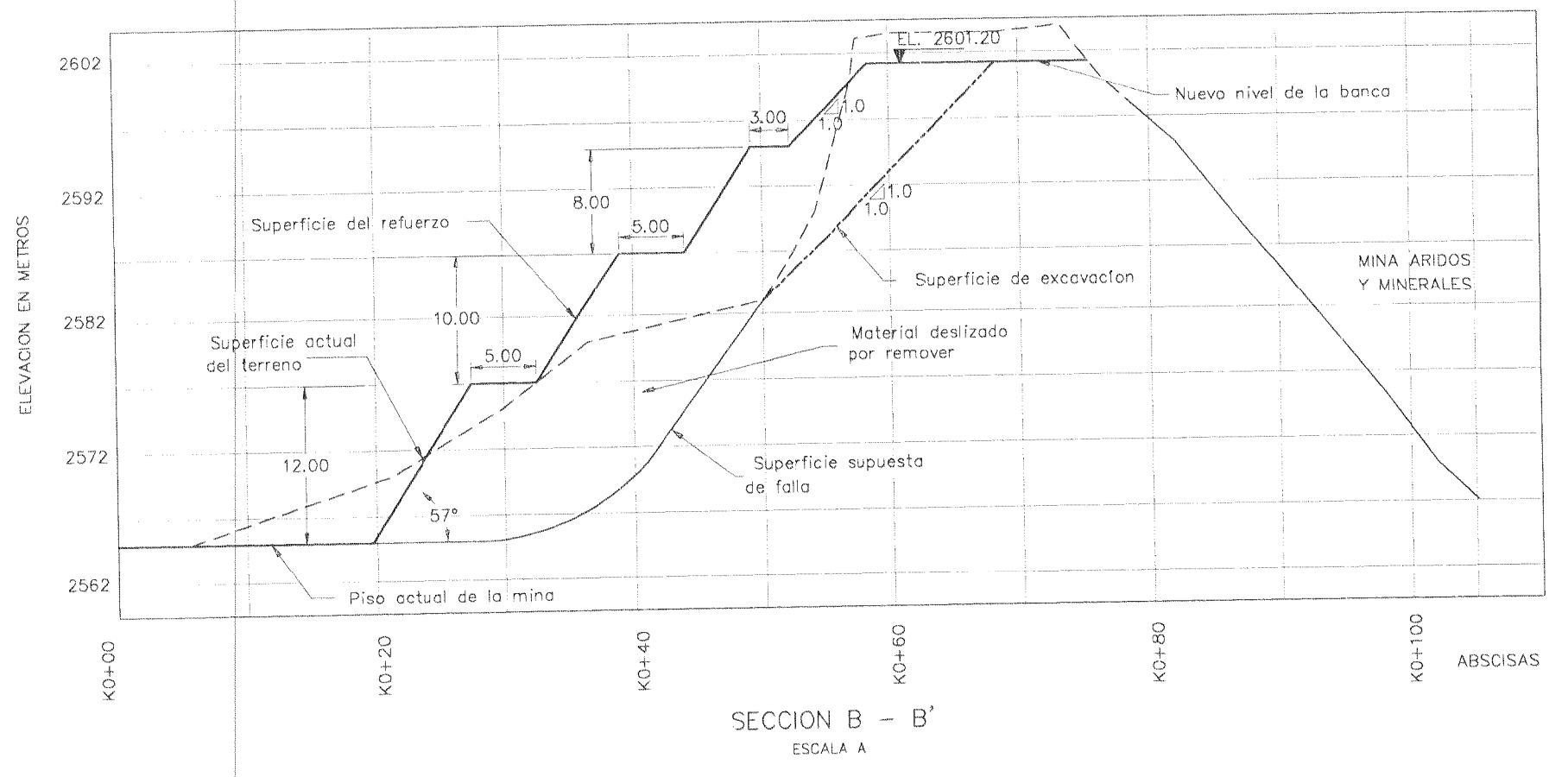
000012

DIBUJOS

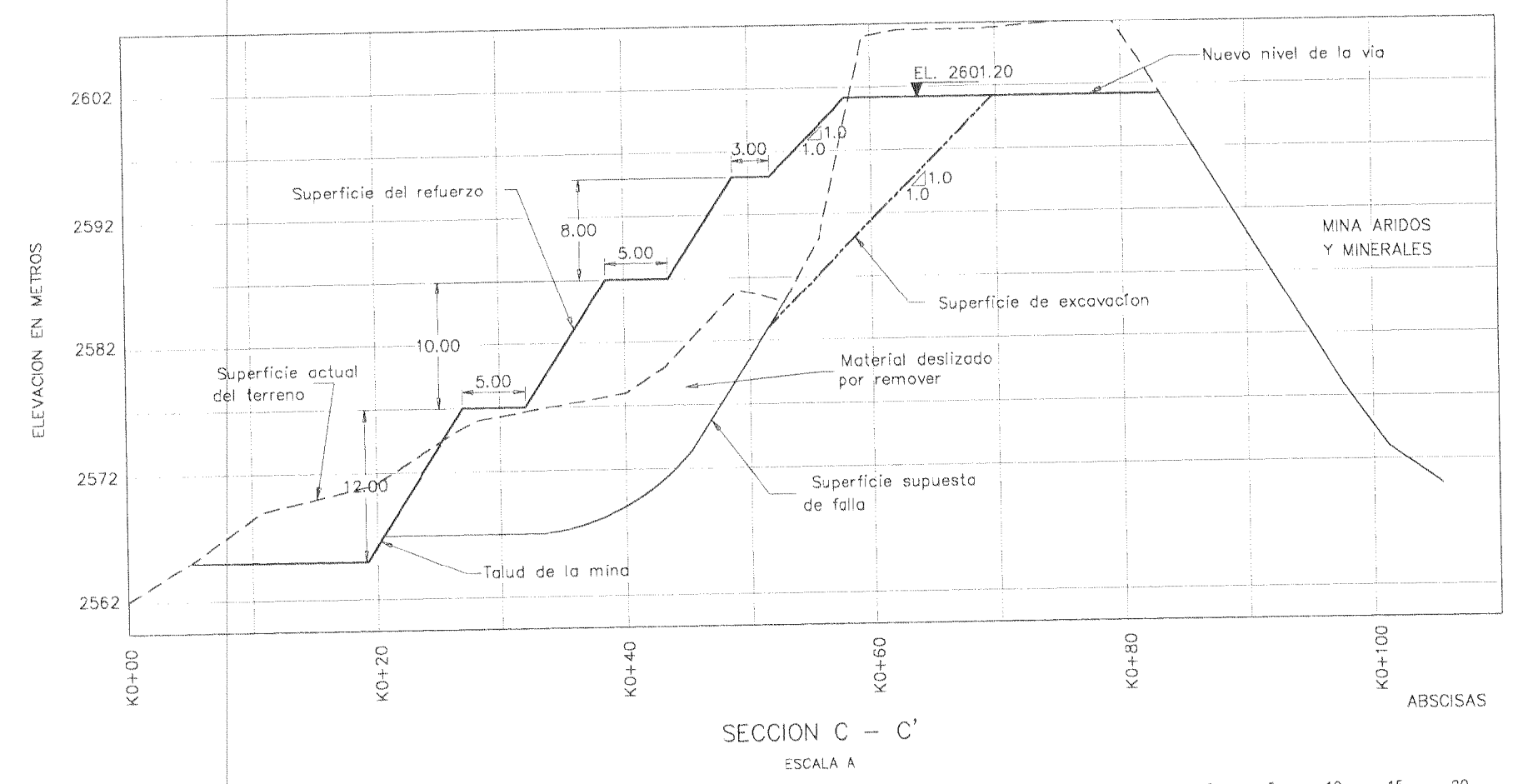


PLANTA

NOTA:
El terraplén reforzado deberá cimentarse en terreno natural.
La superficie de fundación se definirá después de remover la masa inestable.

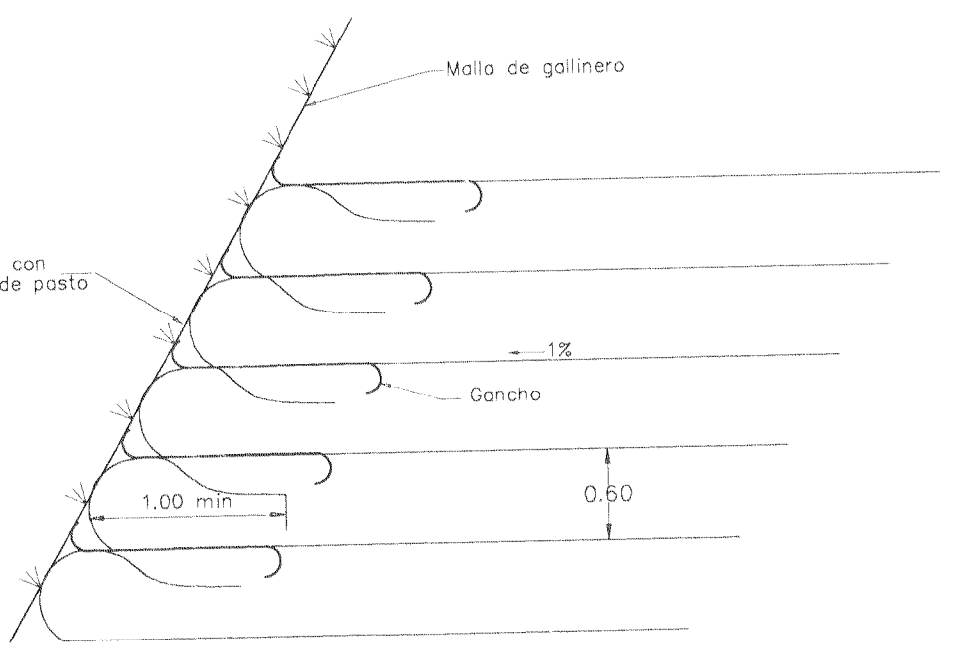


SECCION B - B'
ESCALA A

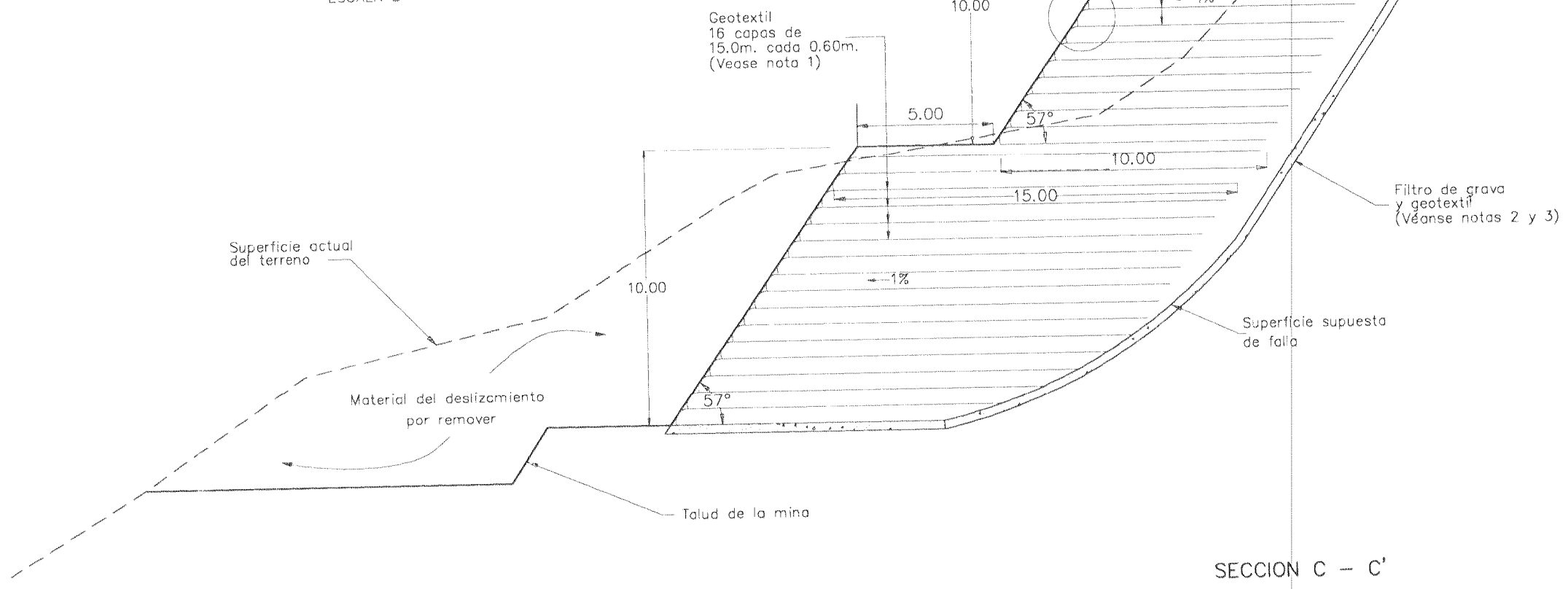


SECCION C - C'
ESCALA A

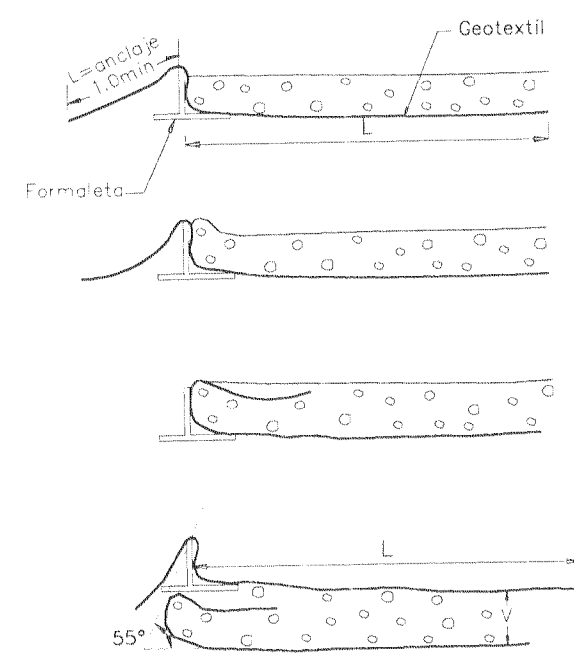
| | | | | |
|--|---------------------|----------|---|---------------------|
| INGETEC INGENIEROS CONSULTORES BOGOTÁ, COLOMBIA | | | MINA LAS MANAS ESTABILIZACION DEL TALUD SURORIENTAL DE LA MINA | |
| DISEÑADO C de B. | DIBUJADO C de B. | REVISADO | APROBADO | FECHA Junio 1995 |
| REFERENCIA 27.0 - 0100 | | | TITULO TERRAPLEN REFORZADO PLANTA Y SECCIONES | |
| | | | PAGINA 1 | |



DETALLE DE LA CARA DEL TERRAPLEN
ESCALA B

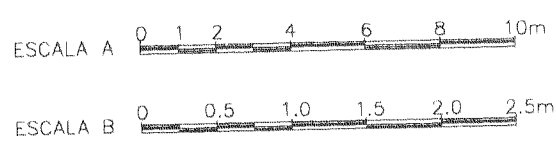


SECCION C - C'
ESCALA A



FASES DE CONSTRUCCION DE LAS CAPAS

- NOTAS:
- 1 - El geotextil para refuerzo del terraplén será no tejido referencia TYPAR 3601 o similar.
 - 2 - El geotextil para el filtro será no tejido referencia TYPAR 3201 ó similar.
 - 3 - El material filtrante será de tamaño 3/4" a 1"
 - 4 - Para la construcción del terraplén reforzada deberá removerse todo el material suelto existente sobre el talud hasta encontrar terreno natural.
 - 5 - Dimensiones en metros.



| | | | | |
|---|-----------------|-----------------|----------------------------|--|
| <p>INGETEC INGENIEROS CONSULTORES BOGOTÁ, COLOMBIA</p> | | | <p>MINA LAS MANAS</p> | |
| <p>ESTABILIZACION DEL TALUD SURORIENTAL DE LA MINA</p> | | | <p>TERRAPLEN REFORZADO</p> | |
| <p>SECCION Y DETALLES</p> | | | <p>2</p> | |
| <p>ORSENALIS</p> | <p>DISEÑADO</p> | <p>REVISADO</p> | <p>FECHA</p> | |
| <p>PRESENTADO</p> | <p>C de B</p> | | <p>MARZO, 1997</p> | |