

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

PROTECCION DE TALUDES CON PIEDRA LAJA

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

HECTOR RAUL RODRIGUEZ DE LEON

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 1996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

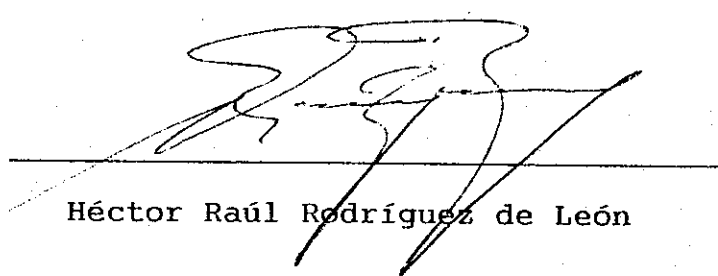
08
78276

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

PROTECCION DE TALUDES CON PIEDRA LAJA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 28 de abril de 1,994.



Héctor Raúl Rodríguez de León



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO: ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL PRIMERO: ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO: ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL TERCERO: ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL CUARTO: BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL QUINTO: BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO: ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO: ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
EXAMINADOR: ING. JORAM MATIAS GIL LAROJ
EXAMINADOR: ING. BUENAVENTURA CORONADO CASTILLO
EXAMINADOR: ING. FRANCISCO JAVIER QUIÑONEZ
SECRETARIO: ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala,
14 de junio de 1,996

Ingeniero
Jorge Amando Vides Domínguez
Coordinador del Area de Construcciones Civiles
Facultad de Ingeniería

Señor Coordinador.

Por este medio informo a usted, que después de haber revisado el trabajo de tesis del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, Héctor Raúl Rodríguez de León, cuyo título es **PROTECCION DE TALUDES CON PIEDRA LAJA**; lo encuentro satisfactorio.

Por lo que, doy mi aprobación al presente trabajo, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo atentamente.

ID Y ENSEÑAR A TODOS


Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
Asesor

JDIS/bbdeb.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
4 de julio de 1,996.

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Señor Director
Escuela de Ingeniería Civil
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos
de Guatemala.

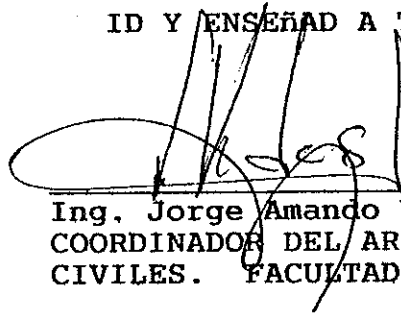
Señor Director:

Por este medio le informo a usted que revisé el trabajo de tesis "PROTECCION DE TALUDES CON PIEDRA LAJA" del estudiante universitario de ingeniería civil HECTOR RAUL RODRIGUEZ DE LEON, trabajo que satisface los objetivos planteados, por lo que lo apruebo y lo remito a esa Dirección para lo pertinente.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Jorge Amando Vides Domínguez
COORDINADOR DEL AREA DE CONSTRUCCIONES
CIVILES. FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

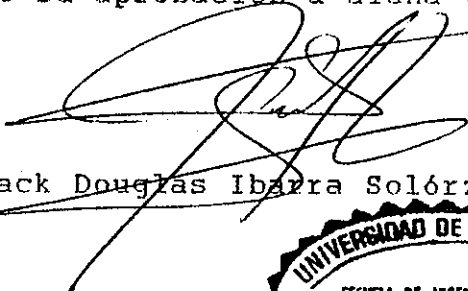


FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano y del Cordinador de Area de Construcciones Ing. Jorge Armando Vides Domínguez, sobre el trabajo de tesis del estudiante Héctor Raúl Rodríguez De León, titulado PROTECCION DE TALUDES CON PIEDRA LAJA, da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, junio de 1,996.

JDIS/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

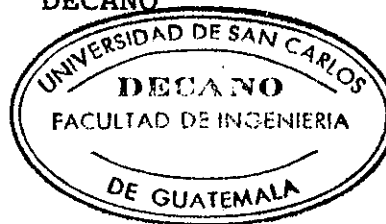
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis PROTECCION DE TALUDES CON PIEDRA LAJA, del estudiante Héctor Raúl Rodríguez de León, procede a la autorización de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

DECANO



Guatemala, julio de 1,996

/bbdeb

AGRADECIMIENTO

A Dios por su ayuda incondicional y por la oportunidad y el privilegio de concluir esta carrera universitaria.

Al Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano por el asesoramiento de la presente tesis y el apoyo recibido de su parte.

ACTO QUE DEDICO A:

MI ESPOSA: Vilma Eugenia Marroquín de Rodríguez

MIS HIJOS: Sussy y Alex Rodríguez Marroquín

MIS PADRES: Angel Arturo Rodríguez Véliz
María Victoria de León de Rodríguez

MIS FAMILIARES

Y AMIGOS : Por su apoyo y cariño

INDICE

	PAGINA
- INTRODUCCION	1-2
- CAPITULO I. DESCRIPCION DE LA PIEDRA LAJA	3-16
- CAPITULO II. EL PROBLEMA: LA PROTECCION DE TALUDES METODOS TRADICIONLES CONOCIDOS	17-24
- CAPITULO III. PROPUESTA: PROTECCION DE TALUDES USANDO PIEDRA LAJA	25-27
- PREPARACION PREVIA	27-28
- MORTEROS	28-31
- INSTALACION	31-32
- SISADO	32-33
- MANTENIMIENTO	33-34
- CAPITULO IV. COSTOS	35-40
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40-41
- BIBLIOGRAFIA	42-43
- ANEXOS	44-67

INTRODUCCION.

Una adecuada definición de Talud podría ser: La inclinación entre dos superficies planas o inclinación del área de un terreno. El concepto de talud podría entenderse también con los sinónimos: Declive, Inclinación y Rampa.

El motivo del análisis es aplicar una adecuada protección al Talud, ya que tiene mucho que ver con nuestro diario caminar en el área de Ingeniería Civil, en las construcciones y terrenos en los cuales se realizan proyectos de infraestructura.

Las dimensiones de los taludes, tanto en su longitud, altura e inclinación, pueden ser sumamente variables. Por lo que se estudiaron sólo algunos casos, tomando en consideración que la meta es brindar a las construcciones seguridad, al evitar deslaves o erosiones nocivas en los taludes cercanos a dichas construcciones.

En sí la protección que se propone en este estudio, utilizando la piedra laja, no consiste en un criterio estructural sino más bien un método práctico, seguro, económico y eficiente para la protección de taludes.

Se refiere estrictamente a la protección sobre el plano del talud para evitar la erosión por exceso de humedad.

En nuestro país hay gran variedad de piedra laja, por lo que resulta muy favorable su utilización para los fines anteriormente descritos. Más adelante se darán algunas de las características y los lugares donde en Guatemala se puede encontrar dicho material.

CAPITULO I: DESCRIPCION DE LA PIEDRA LAJA.

BANCOS GEOGRAFICOS.

Las montañas de Guatemala son parte de la gran cordillera que atraviesa América, desde Estados Unidos hasta Chile. En Guatemala de nor-este a sur-este se forman dos sistemas, el de los Cuchumatanes y el de la Sierra Madre.

Los Cuchumatanes forman:

- Sierra de los Cuchumatanes
- Sierra de Chamá
- Montañas Mayas
- Sierra de Santa Cruz

La Sierra Madre entra por Niquihuil en el departamento de San Marcos y forma tres sierras:

- Sierra de Chuacus
- Sierra de las Minas
- Montañas del Mico

Los bancos de piedra laja están ubicados principalmente en la Sierra de Chuacús. Esta se desprende de la Sierra Madre atravesando los departamentos de El Quiché y Baja Verapaz y el norte de El Progreso.

Al entrar al departamento de Zacapa recibe el nombre de Sierra de las Minas y penetrando al departamento de Izabal y al sur del lago del mismo nombre recibe el nombre de Montañas del Mico, terminando en el Cerro San Gil próximo a la Bahía de Amatique.

UBICACION GEOGRAFICA DE LOS PRINCIPALES BANCOS SOBRE LA SIERRA DE CHUACUS.

- Departamento de Guatemala
- Municipio de Guatemala
- Aldea lo de Rodríguez al norte de la capital
- Municipio de Chuarrancho al norte de la capital
- Rincón Grande al norte de la capital
- Departamento de Baja Verapaz

UBICACION DE BANCOS DE PIEDRA LAJA MAS RICOS DESCUBIERTOS A NIVEL NACIONAL EN COLORES Y TEXTURA SOBRE LA SIERRA DE CHUACUS.

- Municipio de Salamá
- Aldea San Francisco, al norte de Salamá
- El Pashte, al norte de Salamá
- Municipio San Jerónimo
- Aldea San Vicente al sur-este del municipio de Salamá
- Departamento de El Progreso
- Aldea el Rancho, km. 88 C.A.9., predio municipal al nor-este del Rancho.

LOS COLORES DE ESTA REGION SON:

- Verde
- Roja
- Corinta
- Gris
- Blanca
- Azul
- Negra
- Amarillo brillante
- Verde brillante
- Blanca brillante
- Gris brillante
- Azul brillante
- Amarilla

COMBINACION DE COLORES EN LA PIEDRA LAJA:

- Azul-blanco-verde
- Rojo-blanco-amarillo

Su textura es atractiva por fenómeno natural formando láminas, su grosor varía entre 0.025 m. a 0.04 m. y su tamaño puede ser el deseado para cada diseño. La piedra laja puede cortarse en diferentes formas.

La clasificación Geológica se hizo en base a inspección visual de algunas muestras.

CLASIFICACION Y ORIGEN
DIFERENTES MUESTRAS DE PIEDRA LAJA

TABLA N. 1

COLOR	CLASIFICACION	POR SU ORIGEN
Rojo	Lutita	Metamórficas
Blanco Brillante	Esquistos Micaceo	Metamórficas
Rosado	Esquistos Micaceo	Metamórficas
Blanca	Esquistos Micaceo	Metamórficas
Marrón	Filita	Metamórficas
Azul Pizarra	Lutita Pizarrosa	Metamórficas
Gris Brillante	Esquistos Micaceo	Metamórficas
Verde	Esquistos Clorítica	Metamórficas

Ver gráficas en anexos de localización de bancos de piedra laja en los principales departamentos de Guatemala

DESCRIPCION DE LA PIEDRA LAJA.

PROPIEDADES FISICAS.

Es posible llegar a una descripción general de la piedra laja, a través de algunas características básicas, cuyas más importantes a continuación se detallan.

- Aspecto exterior
- Estructura
- Color
- Brillo
- Dureza
- Impermeabilidad

ASPECTO EXTERIOR

Las características de los minerales que están adheridos a la piedra laja la hacen particularmente atractiva, por ejemplo: Los colores fijos y brillantes que aparecen en las distintas texturas, las cuales pueden ser lisas o asperas. La pirita es uno de los minerales conocidos como el "oro de los tontos" el cual aparece en el exterior de la piedra laja.

ESTRUCTURA

Su característica de formación es de regla general ya que están constituidas por agregados cristalinos de las siguientes estructuras:

- Basilar
- Compacta
- Laminar

- Tubular
- Hojosa

BASILAR:

Resultante de la reunión de cristales prismáticos más o menos deformados por la presión.

COMPACTA:

Cuando no se aprecia formación cristalina a simple vista.

LAMINAR:

En forma de lámina

TUBULARES:

Cuando se presentan agregados que semejan a tabletas.

HOJOSA:

Agregados planos en forma de láminas

COLOR.

El color de los minerales es una de las más importantes características, sin embargo desde el punto de vista de la identificación dicha propiedad sólo presenta un reconocimiento secundario.

Esto se debe a que una misma especie mineralógica puede presentar varios colores diferentes, así por ejemplo pueden ser: amarillas, amarillas verdosas, rojas, transparentes, incoloras, pardo amarillas, parduscas y negras y como éstas muchos otros minerales poseen colores que algunas veces son absolutamente diferentes.

Sirve solamente como guía, sin embargo el brillo metálico constituye una propiedad definida y constante.

Las coloraciones extrañas pueden servir muchas veces para establecer la naturaleza de las materias que contaminan a un mineral, así pues debe suponerse que la presencia del color verde se debe a contaminaciones con minerales de níquel, el color azul se produce por contaminaciones de mineral de cobre, el color amarillo y verduzco por contaminaciones con mineral de hierro, el color amarillo verdoso por contaminación con mineral de uranio y el color negro por contaminación con mineral de manganeso , etc.

Los colores de la piedra laja en los diferentes bancos del país son:

- Negro
- Amarillo
- Verde
- Rojo
- Corinto
- Gris
- Azul
- Blanco
- Amarillo Brillante
- Verde Brillante
- Blanco Brillante

- Azul Pizarra

BRILLO.

Se conocen dos tipos definidos de brillo: el metálico y el no metálico.

Generalmente los minerales de brillo metálico producen rayas negras o muy oscuras mientras que las rayas producidas por los minerales de brillo no metálico suelen ser blancas o de color claro.

DUREZA.

La resistencia que un cuerpo opone al esfuerzo, tendiente a rayarlo, ejercitado oblicuamente a la superficie es lo que ordinariamente se llama dureza.

Mohs estableció una escala de dureza con la cual se pudiera comparar la misma . La escala es de 1 a 9 para los minerales blandos como el talco, grafito, pirita; a los que se les llama sectiles porque al cortarlos con una navaja se descascarán.

IMPERMEABILIDAD.

Por su estructura de dureza en una escala de Mohs de 4 a 7 usada técnicamente, no permite la penetración del fluido a su estado natural, por lo que se considera impermeable.

Como ya se mencionó, estas características definen propiamente

a la piedra laja, además se incluyen algunas propiedades físicas que son de importancia.

- ABSORCION DE HUMENDAD
- PESO ESPECIFICO
- PESO VOLUMETRICO

ABSORCION DE HUMEDAD.

Esta propiedad se determinó de la siguiente manera y fue realizada en el Centro de Investigación de Ingeniería.

1. Se clasificaron las diferentes piedras laja.
2. Se dejaron en el horno por 24 horas para secarlas totalmente.
3. Se pesó cada una después de salir del horno.
4. Se dejaron sumergidas en agua por 24 horas.
5. Se pesó cada una después de salir del agua y se llegó al siguiente resultado:

PORCENTAJE DE ABSORCION
DIFERENTES MUESTRAS DE PIEDRA LAJA

TABLA N. 2

CLASIFICACION Y PORCENTAJE DE ABSORCION			
CLASIFICACION POR COLOR	PESO SECO GRMS	PESO HUMEDO GRMS	% DE ABSORCION
Rojo	612	623	1.79
Blanco-Brill	1,413	1,425	0.85
Rosado	775	1,220	57.41
Blanca	755	1,090	44.62
Marrón	877	1,093	24.62
Azul-Pizzar	936	1,215	29.40
Gris-Brill	1,776	1,943	9.40

PESO ESPECIFICO.

Procedimiento: Fué realizado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

1. Se buscó un recipiente en donde fuera posible depositar una muestra de la piedra laja.
2. Se pesó la muestra de piedra laja (Peso A)
3. Se usó una bandeja lo suficientemente grande para colocar el recipiente y se pesó (Peso B).

4. Se colocó el recipiente dentro de la bandeja y se colocó sobre la balanza y se procedió así:
- 4.1. Se llenó totalmente de agua el recipiente.
- 4.2. Lentamente se colocó la muestra dentro del recipiente.
5. Se retiró el recipiente con agua de manera que solo quedó la bandeja con agua y esta se pesó (Peso C).
6. El peso específico es:
$$\frac{A}{C - B} = PE$$

PESO ESPECIFICO

DIFERENTES MUESTRAS DE PIEDRA LAJA

TABLA N.3

N.	PIEDRA	A	B	C	C-B	PE
1	Roja	1,095	765	893	128	8.55
2	Blanca-Bril	1,360	1,134	1,587	453	3.00
3	Rosado	560	765	861	96	5.83
4	Blanca	723	765	1,100	335	2.16
5	Marrón	652	765	955	190	3.43
6	Azul-Pizza	973	765	1,075	310	3.14
7	Gris-Brill	415	765	910	145	2.86

CARACTERISTICAS MECANICAS DE IMPACTO.

Tipos de ensayos de impacto:

Una forma común de determinar el impacto en materiales de construcción consiste en dejar caer un peso conocido sobre el

espécimen desde alturas sucesivas progresivas hasta producir la falla. El resultado se expresa por el producto del peso por la altura de la última caída o por la altura de la última caída del peso dado que causa la falla. Este procedimiento tiene el defecto de no tomar en cuenta el probable efecto debilitador de los golpes recibidos antes de la falla.

PRUEBA DE IMPACTO EN PIEDRA LAJA.

Porcedimiento:

- Equipo a utilizar: Máquina de impácto en el Centro de Investigaciones de Ingeniería.
- Se colocó la piedra laja en la base del aparato de impacto.
- Levantar el peso de 2 kg. y dejarlo caer a alturas sucesivas de 1.00 cm hasta lograr la fractura de la piedra laja.
- Anotar el impacto como altura de caída que causa la falla

PROPIEDADES MECANICAS DE IMPACTO.

Los ensayos de impacto que se llavaron a cabo se hicieron con un tipo de muestras clasificadas por número, color, clasificación geológica y peso masa en Kg.

RESULTADOS DE ENSAYOS DE IMPACTO
DIFERENTES MUESTRAS DE PIEDRA LAJA

TABLA N.4

N.	COLOR	CLASIFICACION GEOLOGICA	MASA KG	ALTURA M.	ENERGIA JOULES
1	Roja	Lutita	2	0.40	7.84
2	Blanca-Brill	Esquistos Micacea	2	0.43	8.43
3	Rosada	Esquistos Micacea	2	0.36	7.05
4	Marrón	Filita	2	0.35	6.86
5	Azul-Pizz	Lutita-Pizz	2	0.40	7.84
6	Verde	Esquistos Clorítico	2	0.74	14.50

RESISTENCIA A COMPRESION.

La resistencia a la compresión en la piedra laja es una medida de su habilidad para soportar una carga de compresión y un continuo soporte de resistencia.

Los ensayos de compresión que se llevaron a cabo se hicieron con varios tipos de muestras clasificadas por número, color, clasificación geológica y medidas. Estos fueron ensayados en la máquina de compresión TONINDUSTRIE del Centro de Invesigaciones de Ingeniería.

La piedra laja se sometió a ensayos en forma natural.

ASPECTOS DE SEGURIDAD.

Al utilizar la piedra laja para protección de taludes es muy importante que la resistencia de ésta esté comprendida dentro

de los factores máximos.

Estos factores máximos se pueden visualizar en la gráfica N.5 que a continuación se detalla y la cual contiene los resultados de dicho análisis.

**RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESION
DIFERENTES MUESTRAS DE PIEDRA LAJA**

TABLA N. 5

N.	COLOR	CLASIFICACION GEOLOGICA	M E D I D A CM	COMPRESION LBS /CM2
1	Roja	Lutita	.10x.10x.03	180.00
2	Blanca Brillante	Esquistos Micacea	.12x.15x.03	160.00
3	Rosada	Esquistos Micacea	.15x.22x.018	43.00
4	Marrón	Filita	.15x.20x.014	34.00
5	Azul-Pizarra	Lutita Pizarrosa	.10x.20x.013	180.00
6	Gris-Brillante	Esquistos Micacea	.15x.20x.015	40.00
7	Verde	Esquistos Clorítico	.15x.20x.018	54.00

VER ANEXOS.

**CAPITULO II. EL PROBLEMA: LA PROTECCION DE TALUDES,
METODOS TRADICIONALES CONOCIDOS.**

Los taludes de corte estable son necesarios para evitar los molestos derrumbes sobre las banquetas, carreteras o caminos. En algunos casos los taludes de corte pueden estabilizarse interceptando el derrame superficial de agua, que proviene de las propiedades adyacentes, en zanjias de drenaje, conocidas comunmente como contracunetas, las que se localizan sobre la corona del talud.

La erosión superficial que desgasta el talud queda eliminada con la protección que se propone dar con la piedra laja.

TIPOS DE FALLA.

Los movimientos de los taludes, en forma general se denominan derrumbes. Los tipos fundamentales de movimientos de taludes de corte son:

- Desprendimientos
- Corrimientos
- Flujos
- Combinación de los anteriores

La clasificación de los movimientos de taludes se basa en:

- El tipo de material
- La forma del movimiento
- La velocidad con que ocurre

DESPRENDIMIENTO.

Los desprendimientos consisten en la caída libre de fragmentos de cualquier tipo de suelo o rocas, su velocidad varía de muy rápida (0.30 m/s) a extremadamente rápida (30.00 m/s).

Los desprendimientos (caídas) de rocas y de suelo presentan acumulación de material de distinta naturaleza al existente en el talud y extraño al proceso normal de erosión o meteorización. El material desprendido se puede encontrar esparcido sobre el talud o amontonado a su pie y puede consistir en bloques de roca o tierra.

Cuando el desprendimiento es reciente se puede observar la superficie fresca de la ruptura, la cual tiene forma típica de herradura, característica de los corrimientos.

CORRIMIENTO.

Los corrimientos consisten en el movimiento rotacional (derrumbe) o en el movimiento traslacional (deslizamiento) de masas intactas o de masas fragmentadas de cualquier tipo de suelo o roca.

En los corrimientos se distinguen las siguientes partes:

- Cresta: parte superior del corrimiento, constituido por material aún en sitio, prácticamente sin perturbar.
- Escalones (escarpes): superficies casi verticales o de

fuertes pendientes que se producen por movimientos diferenciales dentro de la masa.

- Deslizante: El primer escalón que se encuentra en el material aún sin perturbar.
- Cabeza: Línea de contacto entre la parte superior del material perturbado y el material que pertenece en sitio.
- Cima: Punto más alto de la cabeza.
- Cuello: Línea de intersección, a veces enterrada, entre la parte más baja de la superficie de ruptura y el terreno original.
- Descanso: Línea del borde del material perturbado más alejado del primer escalón.
- Punta: Punto del descanso más alejado de la cima.
- Flancos: Los lados del corrimiento.

Los derrumbes se caracterizan por la rotación de la masa que se mueve. Son mas frecuentes en arenas, limos, rocas estratificadas débiles y arcillas que en rocas duras.

Una vez que se producen los derrumbes se identifican por su aspecto superficial. En un derrumbe la cabeza se caracteriza por sus escarpes casi verticales y por la separación del material en bloques.

El mayor escarpe se encuentra bajo la cresta, si el derrumbe es reciente los escarpes carecen de vegetación y en ellos se pueden apreciar estrías que indican la dirección de

movimiento.

Las grietas de tensión en la cabeza del derrumbe son concéntricas y paralelas al escarpe principal. En el pie se puede observar un levantamiento y de existir árboles, éstos se inclinan hacia abajo.

FLUJOS O MOVIMIENTOS DE MATERIAL INESTABLE.

Los flujos son movimientos de material sin consolidar semejantes al movimiento de un fluido viscoso. Dichos materiales sin consolidar puede consistir de fragmentos de roca, arenas finas o suelos arcillosos mezclados con agua. El material de los flujos puede estar seco o húmedo, el material seco está constituido por fragmentos de rocas provenientes de explosión volcánica, de deslizamientos y de desprendimientos de rocas, arenas uniformes y limos.

El material húmedo está constituido por suelos granulares finos con contenidos de agua variable.

Los flujos húmedos se caracterizan por su longitud, por su pendiente de escurrimiento y por la ausencia de grietas de tensión y de escarpes menores.

FALTA DE SISTEMA DE DRENAJE.

La falta de sistemas adecuados de drenaje en los taludes de corte, provoca en definitiva derrumbes, los cuales causan grandes dificultades en la plataforma que se desea proteger.

La finalidad de evitar que las aguas superficiales lleguen a filtrarse en el talud y provoquen derrumbes vendrá a contrarrestarse con la utilización de la piedra laja como protección a dichos taludes; ya que es de fácil instalación y no requiere equipo sofisticado para su colocación.

METODOS TRADICIONALES CONOCIDOS.

Los taludes están constantemente expuestos a la erosión por la acción de los agentes atmosféricos tales como: el viento, la evaporación, la temperatura, la lluvia, etc. que generalmente operan combinados. Por ejemplo el viento ayuda a la evaporación de la humedad de suelos, que cuando están secos y son poco adhesivos fácilmente son arrastrados, cambiando las pendientes de construcción de los taludes y facilitando derrumbes y asentamientos.

En épocas secas y de alta temperatura la evaporación alcanza al grado que desquebraja los suelos y con lluvias el agua se filtra provocando derrumbes y deslaves. En algunos suelos su aumento o disminución del volumen provocado por cambios de temperatura y/o humedad también son causantes de derrumbes o deslizamientos.

Para el control de la erosión de taludes los métodos tradicionales conocidos son:

METODOS TRADICIONALES CONOCIDOS

(VER ANEXOS)

- Gramináceas
- Grama
- Zacatón
- Estrella Africana (clima cálido)
- Izote
- Mezclón o Sabieta reforzada (malla tipo diamante)
- Sabieta reforzada (malla gallinero)
- Gradadas o Terrazas
- Planchas prefabricadas (concreto liviano)
- Combinados

Descripción resumida de algunos de los anteriores métodos:

MEZCLON O SABIETA REFORZADA: Este tipo de protección al talud requiere de una malla tipo diamante, de hierro galvanizado de 2" x 2", calibre 12 o 14, anclada con pines de 1/4" x 20 cm.

Se utilizan además tacos de 1" x 1" de sabieta, con alambre de amarre para sujetar la malla.

El mortero a usar será mezclón o sabieta adecuadamente diseñado a la pendiente del talud.

GRADAS O TERRAZAS: Protegidas con piedras de canto rodado pegadas con mezclón, dando su pendiente al deslizamiento o ángulo de la contrahuella para el control de la erosión. Lo más económico será proteger los taludes con gramíneas de la zona, especialmente las rastreras tales como: Quiquiyú en climas fríos o Estrella Africana en climas cálidos.

La grama es conveniente sembrarla entre la contracuneta y el corte propiamente dicho. Este tipo de grama es agresivo y en poco tiempo se tendrá el talud totalmente cubierto, es mas, las raíces son profundas y expansivas formando un colchón bastante impermeable y protector.

EL IZOTE: Es plantado en los taludes en una siembra espaciada a cada 50.00 cm, ya que su raíz se expande en torno de cada planta protegiendo la erosión.

PLANCHAS PREFABRICADAS: Son colocadas sobre la pendiente del talud, ancladas con pines de 3/8" x 0.40 ml. Están reforzadas con malla electrosoldada y la sisa llenada con sabieta, funciona también como junta de dilatación. Es indispensable que el talud o terreno a proteger esté totalmente adecuado o aplanado para su instalación.

COMBINADOS: Según sea el caso se combinan los diferentes métodos tradicionales descritos anteriormente, adaptándose a

las posibilidades económicas y a los materiales accesibles en el lugar.

Ninguno de los métodos tradicionales descritos anteriormente tiene las características de durable, económico, fácil de construir, abundante en variedad de colores, variable en formas y diseños, belleza natural y otras cualidades que hacen de la piedra laja una alternativa mejor que las anteriores; por lo cual es la alternativa que se propone para proteger los taludes.

CAPITULO III. PROPUESTA. PROTECCION DE TALUDES USANDO PIEDRA LAJA.

GENERALIDADES.

Para evitar la erosión en los taludes se propone la solución de protegerlos utilizando la piedra laja, ya que conduce sobre la superficie del talud el agua uniformemente hasta el pie del mismo.

Es recomendable en la parte alta del talud hacer una contracuneta, siempre utilizando la piedra laja y así la esorrentía llegará por deslizamiento a la parte más baja del talud impidiendo así la erosión.

En general los taludes fallan cuando en su superficie o en su cuerpo se producen irregularidades o daños, siendo los más comunes: Movimiento vertical

Movimiento horizontal

Fallas menores (agrietamientos o deformaciones)

Erosión

TIPOS DE FALLAS.

Los tipos fudamentales de fallas en taludes son:

- Hundimiento
- Desplazamiento lateral
- Agrietamientos
- Arrastres del cuerpo del talud

La clasificación del tipo de fallas se basa en el tipo de movimiento que la provoca.

HUNDIMIENTO.

Se llama hundimiento a las depresiones formadas en la superficie provocadas por movimientos verticales, generalmente su origen es similar al de los deslizamientos los cuales son provocados por:

- No haber realizado sobre el terreno una adecuada limpia y chapeo, con su correspondiente compactación para darle adherencia entre el terreno original y el nuevo.
- Taludes no contruidos con las especificaciones o estructura de los suelos empleados.
- No construir subdrenajes apropiados en terrenos húmedos.
- Rellenos que durante su construcción no fueron compactados con humedad óptima y densidad máxima.
- Aguas provenientes de cunetas o subdrenajes que descargan sobre los taludes o aguas superficiales que no se encausan apropiadamente a terreno firme.

Es por eso que la protección de taludes con piedra laja es tan importante, ya que evita los derrumbamientos en los taludes.

Las fases de la protección de taludes usando piedra laja son las siguientes:

III.1 PREPARACION PREVIA

III.2 MORTEROS

III.3 INSTALACION

III.4 SISADO

III.5 MANTENIMIENTO

III.1 PREPARACION PREVIA.

La visita del ingeniero constructor al campo sirve para verificar y ordenar si se requiere en casos especiales el levantamiento topográfico del área y nivelación de la superficie del talud, para así disponer de un plano topográfico y obtener datos del talud con características de la zona. Datos principales: Topográficos

Geología del terreno

Pendiente talud

Una vez realizados los estudios de campo se obtiene una visualización real de las condiciones físicas existentes.

Los trabajos a realizar para la preparación del talud son de suma importancia para la adherencia de la piedra laja. Se requiere de hacer una adecuada limpia y chapeo; la conformación adecuada de la superficie del talud, eliminando

todos los salientes que no permitan un escurrimiento suave de las aguas de escorrentía y eliminar el material orgánico para que la superficie esté totalmente lista para proceder a los trabajos de albañilería.

Deben seguirse los siguientes pasos:

- Delimitar claramente el área de trabajo
- Tomar medidas de seguridad e higiene para los trabajadores
- Colocar estacas en el talud, indicando datos de la excavación o relleno según sea el caso.
- Limpiar el contorno al área de trabajo
- Conformación del talud.
- Trazo de curvas de nivel si fuere necesario.

III.2 MORTEROS.

COMPONENTES.

Arena de río, arena amarilla, arena blanca bien seleccionada dará como resultado una mezcla bien balanceada en la cual sus agregados no serán mayores de $1/3$ o $1/2$ tomando como referencia el espesor de la junta (sisá). La cal no debe tener más del 5 % de impureza o arcilla y el

cemento debe ser portland puzolánico más bien conocido como cemento gris.

El control de los materiales descritos anteriormente junto con los agregados y el agua son de vital importancia para obtener morteros de calidad, con la resistencia y trabajabilidad adecuada.

El mortero o mezcla es la combinación de un aglomerante y un material auxiliar inerte ayudado con agua.

TIPOS DE MORTEROS:

- CEMENTO-ARENA DE RIO-AGUA
- CAL-ARENA BLANCA-AGUA
- CAL-ARENA AMARILLA-AGUA

El mortero de cal endurece por secación y carbonatación, el mortero mixto retiene más el agua y se logra una mayor trabajabilidad en obra y mayor resistencia a la compresión, está compuesto por cemento, cal hidratada y arena de río.

La adherencia entre la piedra laja y el mortero es una de las propiedades más importantes. Se debe de tomar muy en cuenta el escurrimiento del mortero, retención de agua, manipuleo y colocación del material, así como el tiempo desde la aplicación del mortero y la instalación del material a usar.

De esta forma es más conveniente, en relación a la instalación de la piedra laja el uso del mortero apropiado, por lo que se propone para la colocación de piedra laja el mortero de cal y arena blanca o amarilla, agua y un porcentaje de cemento.

A continuación una tabla con los morteros sugeridos:

TIPOS DE MORTEROS

TABLA N.6

TIPO DE MORTERO	BOLSAS DE CAL	ARENA (B-A)	AGUA (Lts)
1:2	7.62	0.98	305
1:3	5.62	1.10	280
1:4	4.58	1.18	200

Dependiendo del tipo de terreno e inclinación del mismo podrá utilizarse cualquiera de los morteros descritos anteriormente.

El porcentaje de cemento sugerido es de 10 % de la cantidad de cal utilizada en cada mezcla.

La relación de pendiente podrá dar un parámetro de utilización de mortero, a mayor pendiente mayor cantidad de cal en el mortero a utilizar.

de 2,00 metros y sobre cada cama de andamio se colocarán 2 tabloncillos paralelos.

Las breisas irán rigidizando en forma de " X " los paralelos de cada tramo así como en forma horizontal.

Se necesitará de una escalera de madera para dar acceso a los diferentes niveles del andamio.

La colocación de la piedra laja da inicio en la parte inferior del talud e irá avanzando de abajo hacia arriba, sobre el mezción base de un promedio de 2" de espesor.

Es recomendable que en la base del talud exista una canal que canalice al agua que se deslizó sobre la superficie el talud protegido con la piedra laja. Además en la parte superior es aconsejable construir un bordillo y una contracuneta que proteja la parte superior del talud y no permita la infiltración en la parte superior del mismo. Asi mismo deberá de protegerse con un adecuado remate los laterales del talud.

III.4 SISADO.

El sisado es muy importante, ya que deberá proteger las uniones entre cada una de las piedras laja que se colocan sobre el talud.

El tamaño de la sisa se recomienda que sea de un promedio de 1", pero por las irregularidades de la piedra laja en algunos casos será mayor que lo recomendado.

Debido a que su función no sólo es unir piedra con piedra sino de funcionar con las mismas características de la piedra laja respecto a dureza e impermeabilidad, se recomienda utilizar para el sisado un mortero con cemento y arena de río, en una proporción de 1:2, para así garantizar una sisa impermeable y durable.

Esto además permitirá darle un mejor acabado de tallado a la sisa por parte de los albañiles que construyan el talud protegido con la piedra laja.

VER ANEXOS

III. 5 MANTENIMIENTO.

El mantenimiento de los taludes protegidos con piedra laja es muy fácil y económico y se debe realizar con observaciones periódicas para determinar el estado de los siguientes puntos:

- Revisión del funcionamiento de la contracuneta en la parte

superior del talud, la cual garantiza que la escorrentía está canalizada y no se filtra dentro del talud protegido.

- Revisión del sisado del talud para así evitar la infiltración por estos lugares.
- Revisión de los remates laterales del talud para evitar la erosión y deterioro del talud en estos lugares
- Revisión de que no falte ninguna de las piedras laja instaladas y sea un foco de filtración.
- Revisión de la canalización de la base del talud.

Básicamente el mantenimiento de dicho talud se basa en la observación y pronta reparación de lo indicado anteriormente, para así garantizar el buen funcionamiento del talud protegido con piedra laja.

CAPITULO IV. COSTOS.

La piedra laja se puede encontrar en las distribuidoras de este tipo de material en la carretera C.A.9, aproximadamente en el kilometro 12.5 ruta a Puerto Barrios.

La unidad de venta de este producto es por metro cuadrado y el tamaño puede variar, pero las medidas más comunes están entre 15 a 50 cm, en formas regulares e irregulares.

Su peso también es variable y está en los rangos de 2.5 a 3.5 libras, con grosores también variables entre los 1.5 a 3.0 centímetros.

Los precios en promedio son así:

COLOR	PRECIO POR METRO CUADRADO
Negro.....	Q. 18.00
Rojo.....	Q. 17.00
Verde.....	Q. 15.00
Amarilla.....	Q. 11.00
Corinta.....	Q. 18.00
Gris.....	Q. 15.00
Blanca.....	Q. 17.00
Azul.....	Q. 15.00
Amarillo brillante.....	Q. 22.00
Gris brillante.....	Q. 34.00
Blanca brillante.....	Q. 22.00
Verde brillante.....	Q. 22.00

El material se encuentra acomodado en forma vertical en secciones de 1 x 1 m para que sea fácil su cuantificación.

El peso volumétrico de la piedra laja es aproximadamente de 36.71 kg/m² .

La mano de obra para la colocación de la piedra laja es un trabajo rápido, práctico y sencillo, que no necesita mano de obra calificada ni especializada.

Por la dificultad que da la altura en cualquier trabajo los primeros metros de talud se pagan a un precio inferior que los más altos, pero en promedio el precio por mano de obra directa en este trabajo actualmente es de Q.22.00/m².

A continuación un ejemplo para calcular el precio por metro cuadrado, incluyendo materiales y mano de obra para un talud protegido con piedra laja.

EJEMPLO. COSTO POR METRO CUADRADO.

DATOS:

- Longitud talud : 6.00 m
- Pendiente terreno : 45 %
- Ancho talud sobre pendiente: 6.00 m
- Area a cubrir: 36.00 m²
- Piedra laja a utilizar: verde

MATERIALES.

- ANDAMIO: Pino rústico de segunda
360 PT a Q.1.50/PT
Q.450.00/36.00 m².....Q. 12.50/m²
- CLAVO: 44 Lbs. por cada 1000 PT
en 360 PT son 16 lbs. a Q.1.90/lb
Q.30.4/36.00 m².....Q. 0.85/m²
- MEZCLON: Volumen con desperdicio en
36.00 m² y 0.05 m de espesor
V = 2.00 m³
Arena amarilla a Q.45.00/m²
Cal a Q.12.00/bolsa
Cemento a Q.25.00/qq
Q.234.50/36.00 m².....Q. 6.51/m²
- SISA : Piedras promedio de 20x20 cm

360.00 ml sisa con ancho de
0.025 m y profundidad de 0.05 m
más desperdicio . $V = 0.20 \text{ m}^3$

Arena de río a Q.45.00/m³

Cemento a Q.25.00/qq

Q.69.00/36.00 m².....Q. 1.92/m²

- PIEDRA LAJA VERDE:

Piedra laja a Q.15.00/m²

Flete Q.80.00 dentro ciudad

Q.620.00/36.0 m².....Q. 17.22/m²

- MANO DE OBRA :

Conformación talud y colocación

piedra laja (mano obra directa)

más mano obra indirecta (40 % más

de mano obra directa) más andamio...Q. 31.00/m²

TOTAL.....Q. 70.00/m²

El ejemplo anterior da una idea del costo por metro cuadrado para la colocación de piedra laja para la protección de un talud típico.

Dicho costo puede variar en función de áreas mayores y optimizar recursos, pero da una clara idea que no es un costo alto, tomando en cuenta las ventajas de esta opción, tanto en facilidad de construcción y larga vida útil que representa si se verifica periódicamente su normal estado de funcionamiento.

El costo también podrá variar dependiendo del tipo de piedra laja que se desee colocar, así como su forma y color.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES:

- La piedra laja es una alternativa adecuada y confiable para la protección de taludes.
- La piedra laja es un material fácil de adquirir en e país, por lo que es adecuado para la utilización en protección de taludes.
- El costo de la piedra laja lo cataloga como un material accesible, con los beneficios de buena calidad y fácil mantenimiento.

RECOMENDACIONES:

- Por sus características de dureza, textura, tamaño etc. la piedra laja se puede adaptar y es recomendable para toda clase de superficies a proteger.
- La piedra laja tiene variedad de tamaños y colores por lo que la protección de taludes puede ser además de eficiente y agradable variada, lo cual hace recomendable a este material para todo tipo de obras.

- Se recomienda un buen control previo a la instalación de la piedra laja, así como durante su instalación y finalización del trabajo por parte de un profesional de la construcción para obtener óptimos resultados.

- Se recomienda usar bordillos y contracunetas en la parte superior del talud para el buen funcionamiento del mismo.

- Se recomienda utilizar un solo tipo o clase de piedra laja en la protección de cada talud en particular, para que así las características del mismo sean homogéneas.

- Por no requerir equipo especializado durante la construcción de los taludes con piedra laja, ni ser necesario personal más calificado que la albañilería normal esta solución de protección de taludes es aplicable a cualquier lugar, no importando lo complicado de su acceso.

BIBLIOGRAFIA.

- Amando Vides Tobar, Construcción de Carreteras, Tesis de Graduación, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981, Ingeniero Civil.

- Reconocimiento e Identificación de Minerales.
F. J. Vallejo Cd. México
ICAITI, 1978.

- Fundamentos de Mineralogía para Geólogos.
Wit t N. Phillips. Editora Continental, S.A.
México, 1986.

- Héctor Alfonso Castañeda, Mantenimiento de los Taludes de una Carretera, Tesis de Graduación, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1983, Ingeniero Civil.

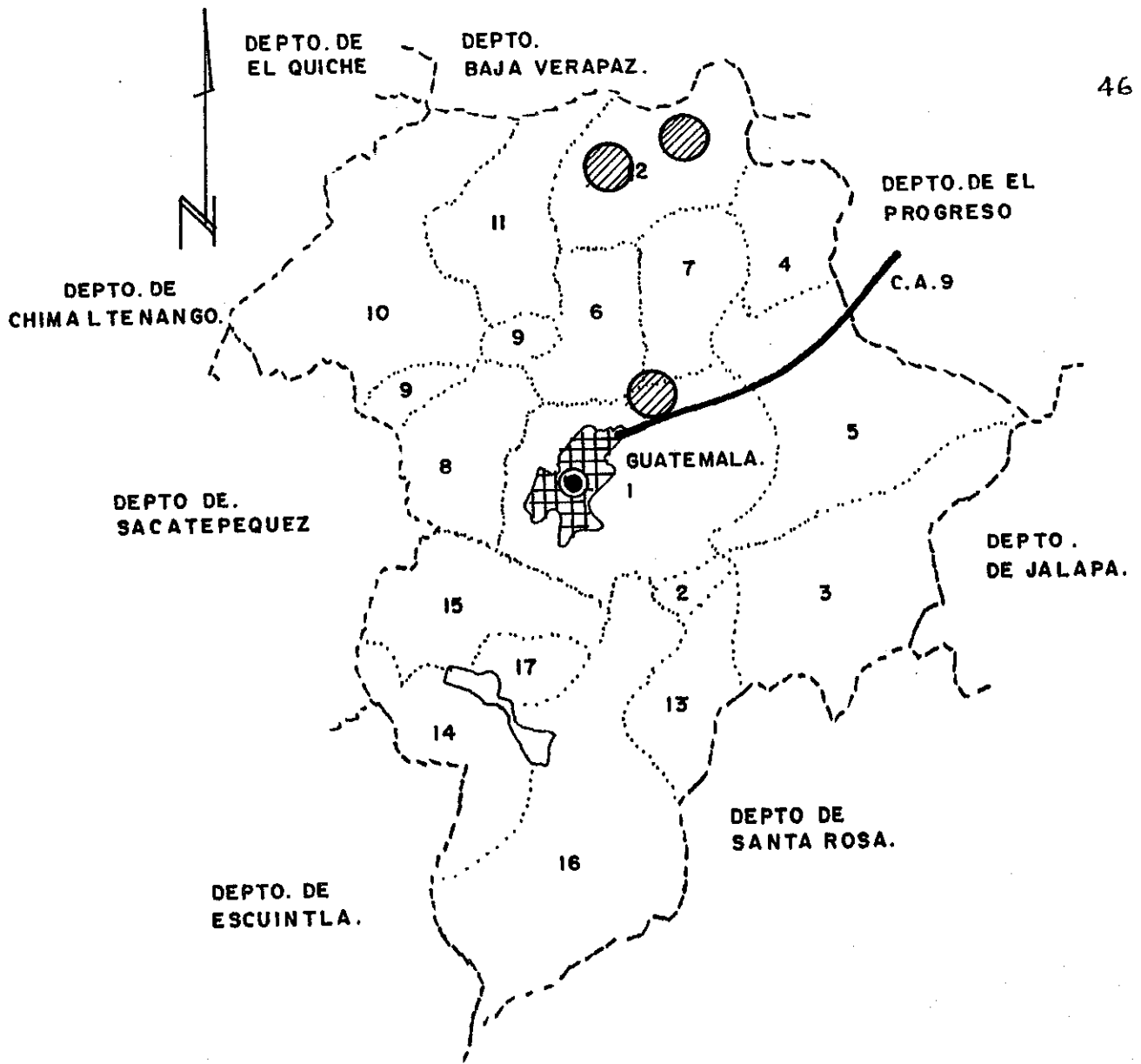
- Gustavo Francisco Ortiz C., Ampliación de Mallas de Alta Resistencia para la Protección de Taludes y como Obras de Contención en Carreteras, Tesis de Graduación, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1985, Ingeniero Civil.

- Jorge Francisco Macal Domínguez, Propuesta de Morteros de Levantado para Mampostería en Areas Urbanas, Tesis de Graduación, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1988, Ingeniero Civil.

ANEXOS.

- Ubicación de los bancos de piedra laja para el departamento de Guatemala
- Ubicación de los bancos de piedra laja para el departamento de Baja Verapaz
- Ubicación de los bancos de piedra laja para el departamento de El Progreso.
- Análisis y resultados de piedra laja por el Centro de Información Sección Laboratorio Geológico y Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Análisis y resultados de piedra laja por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Gráficas métodos tradicionales de protección de taludes .
 - Zampeado de piedra de canto rodado
 - Grama con zacatón
 - Izote
 - Mallas
 - Sabieta Reforzadas
 - Gradadas o terrazas con piedra o mezción

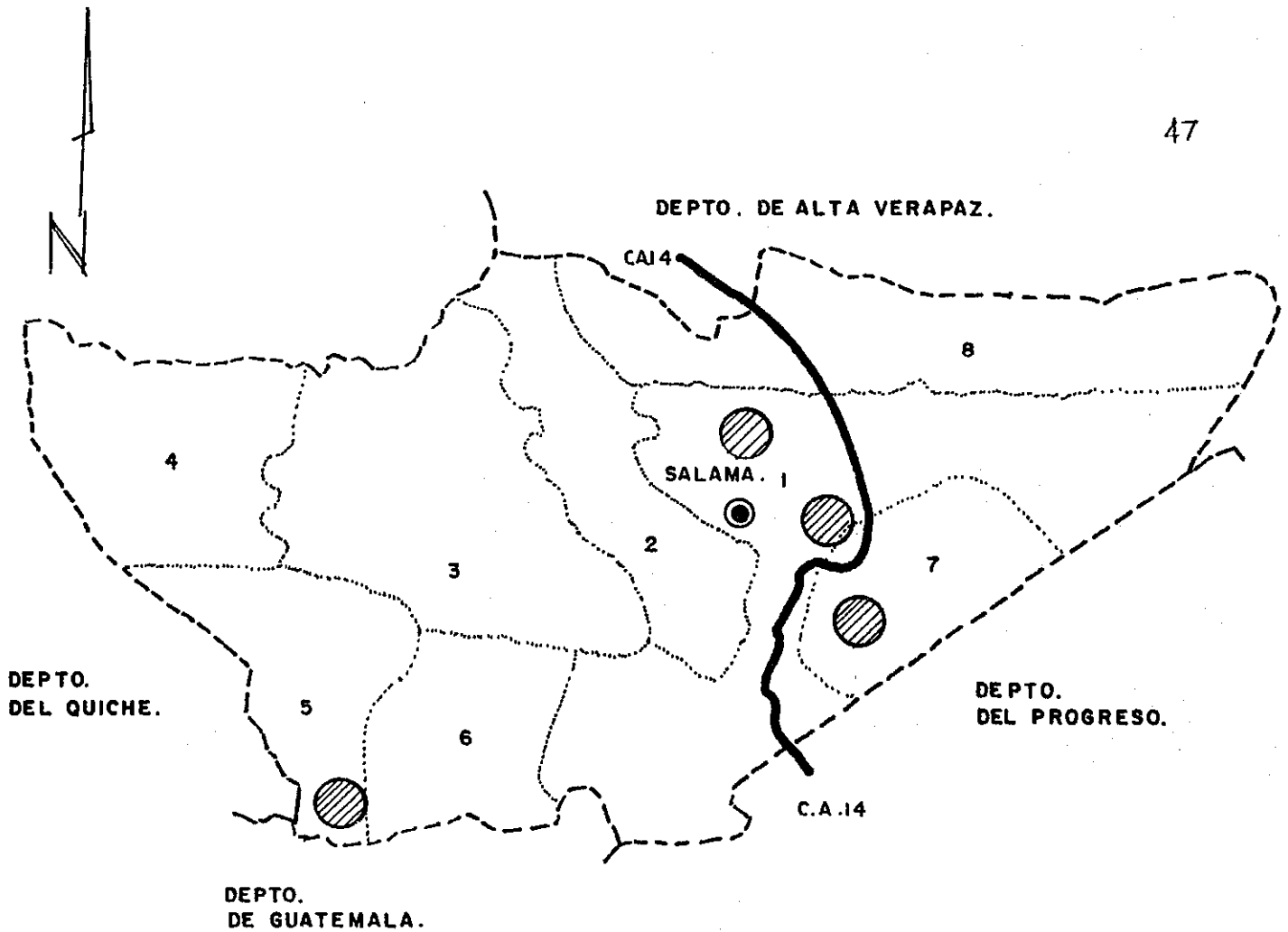
- Planchas prefabricadas
- Combinados
- Gráficas del método propuesto para protección de taludes utilizando piedra laja.
 - Andamio típico
 - Fachada andamio típico
 - Sección andamio típico
 - Detalle colocación piedra laja
 - Detalle mezclón sobre terreno.



DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.

 **BANCO DE PIEDRA LAJA.**

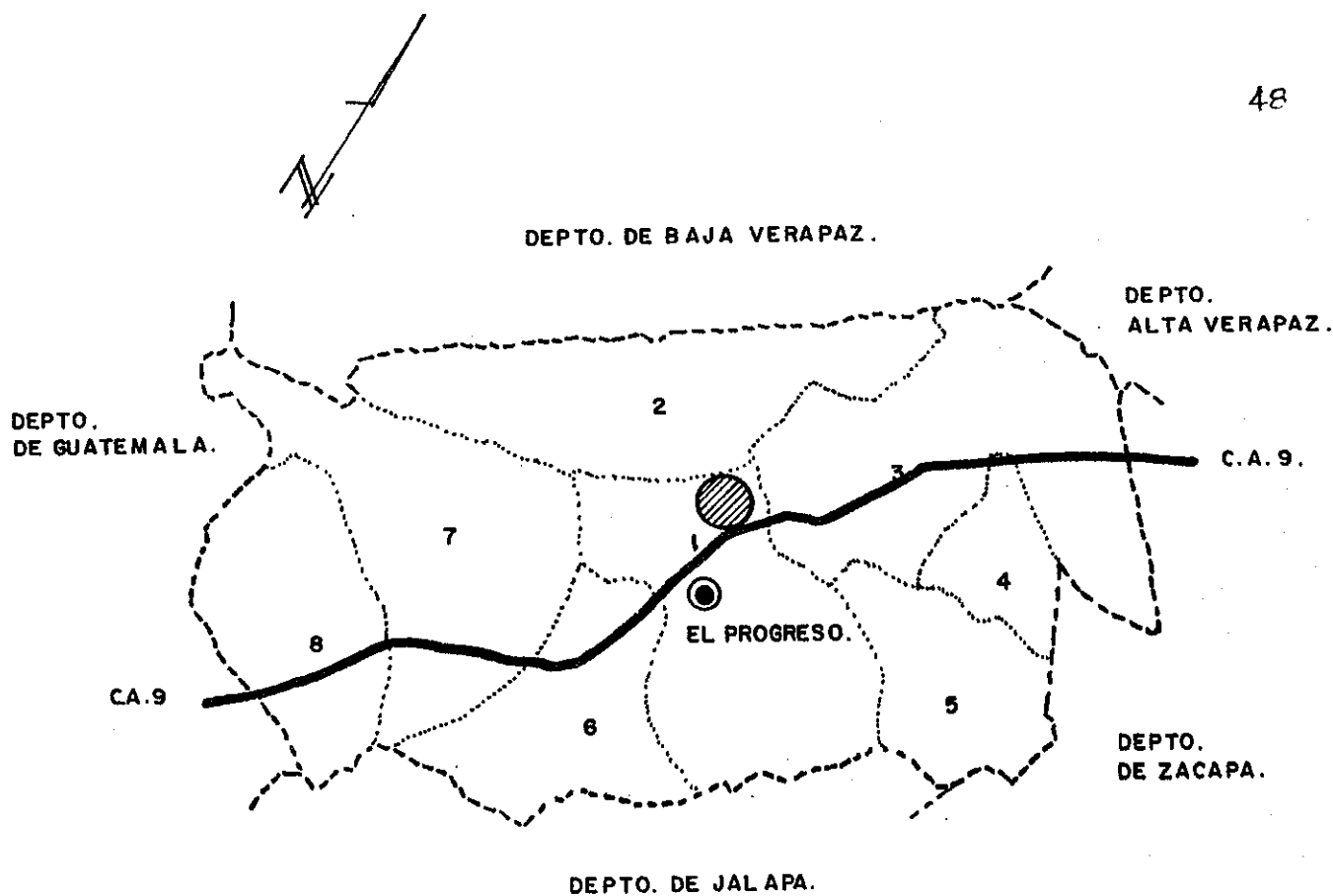
- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1. GUATEMALA. | 9. SAN PEDRO SACATEPEQUEZ. |
| 2. SANTA CATARINA. | 10. SAN JUAN SACATEPEQUEZ. |
| 3. SAN JOSE PINULA. | 11. SAN RAYMUNDO. |
| 4. SAN JOSE DEL GOLFO. | 12. CHUARRANCHO. |
| 5. PALENCIA. | 13. FRAIJANES. |
| 6. CHINAUTLA. | 14. AMATITLAN. |
| 7. SAN PEDRO AYAMPUC | 15. VILLA NUEVA. |
| 8. MIXCO. | 16. VILLA CANALES. |
| | 17. PETAI. |



DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ.

● BANCO DE PIEDRA LAJA.

- 1_ SALAMA.
- 2_ SAN MIGUEL CHICAJ.
- 3_ RABINAL.
- 4_ CUBULCO.
- 5_ GRANADOS.
- 6_ EL CHOL.
- 7_ SAN JERONIMO.
- 8_ PURULHA.



DEPARTAMENTO EL PROGRESO.

 BANCO DE PIEDRA LAJA.

- 1.- EL PROGRESO.
- 2.- MORAZAN.
- 3.- SAN AGUSTIN ACASAGUASTLAN.
- 4.- SAN CRISTOBAL ACASAGUASTLAN.
- 5.- EL JICARO.
- 6.- SANSARE.
- 7.- SANARATE.
- 8.- SAN ANTONIO LA PAZ.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

CESEM-121-96

Guatemala,

16 de mayo de 1996

Señor
Héctor Raúl Rodríguez de León
Presente

Señor Rodríguez:

De acuerdo a su solicitud de análisis, de fecha 16 de abril del año en curso, a continuación se presenta el informe requerido.

Muestra No. 1

Descripción:	roca compacta
Color:	rojo
Aspecto o forma:	tabular - laminar
Textura:	fina lisa
Dureza:	2.5 - 3.5

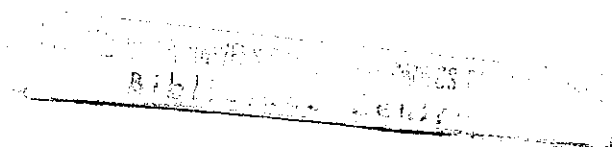
De lo anteriormente expuesto y en base a la información recibida, la presente muestra puede ser catalogada como una filita ferrosa (filita oxidada).

Muestra No. 2

Descripción:	roca compacta
Color:	blanco moteado
Aspecto o forma:	tabular - laminar
Textura:	fina áspera
Dureza:	>7

Observaciones: minerales presentes: feldespatos, cuarzo y mica.

.../...



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



-2-

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Señor
Héctor Raúl Rodríguez de León
Presente

De lo anteriormente expuesto y en base a la información recibida la presente muestra puede ser clasificada como un gneis micáceo.

Muestra No. 3

Descripción:	roca compacta
Color:	rosado claro
Aspecto o forma:	tabular - laminar
Textura:	fina lisa
Dureza:	2 - 3

De lo anteriormente expuesto y en base a la información recibida, la presente muestra puede ser clasificada como toba laminar.

Muestra No. 4

Descripción:	roca compacta
Color:	crema
Aspecto o forma:	tabular - laminar
Textura:	muy fina lisa
Dureza:	2. - 3

De lo anteriormente expuesto y en base a la información recibida, la presente muestra puede ser clasificada como una ignimbrita.

...//...

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



-3-

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Señor
Héctor Raúl Rodríguez de León
Presente

Muestra No. 5

Descripción:	roca compacta
Color:	verde amarillo
Aspecto o forma:	tabular - laminar
Textura:	fina - áspera talcosa
Dureza:	3 - 4

De lo anteriormente expuesto y en base a la información recibida, la presente muestra puede ser clasificada como un esquisto talcoso.

Muestra No. 6

Descripción:	roca compacta
Color:	verde rojizo
Aspecto o forma:	tabular - laminar
Textura:	media - áspera
Dureza:	3 - 4

Observaciones: minerales presentes: feldespatos - mica
- anfíbol.

De lo anteriormente expuesto y en base a la información recibida, la presente muestra puede ser clasificada como un esquisto micáceo.

...//...



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Señor
Héctor Raúl Rodríguez de León
Presente

Muestra No. 7

Descripción:	roca compacta
Color:	gris claro
Aspecto o forma:	tabular - laminar
Textura:	fina - lisa
Dureza:	2 - 3

De lo anteriormente expuesto y en base a la información recibida, la presente muestra puede ser clasificada como una filita o pizarra.

Atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Juan Carlos Amado G.
Jefe de Laboratorio
Centro de Estudios Superiores de
Energía y Minas

Vo. Bo.:

Ing. Carlos Hermosilla E.
Director CESAM

cc: archivo
JCAG/id.





O.T.No.007629.-

INFORME No.00106.SC.-

INTERESADO: HECTOR RAUL RODRIGUEZ DE LEON.-
PROYECTO: TESIS.-
ASUNTO: ENSAYOS EN PIEDRA LAJA.-
FECHA: 24 DE ABRIL DE 1996.-

A solicitud del interesado se informan de los resultados obtenidos en las muestras de piedra laja proporcionadas por el mismo.

A. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION:

Muestra No.	Identificación (color)	Peso Seco (gr)	Peso Seco Saturado(gr)	Peso Sumergido	% Abs.	Peso Especifico
1	Rojo	501.7	502.6	317.0	0.18	2.7
2	Blanco brillante	610.7	613.9	382.0	0.52	2.6
3	Rosado	716.7	799.6	407.0	11.2	2.4
4	Blanco	517.4	545.4	299.0	5.41	2.1
5	Marrón	278.9	284.4	177.0	1.97	2.6
6	Azul Pizarra	477.9	488.0	317.0	2.11	2.8
7	Gris Brillante	476.8	480.4	302.0	0.76	2.7

Continua cuadro #2.....



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA



Cuadro # 2.

B. PRUEBA DE IMPACTO:

Muestra No.	Identificación (color)	No.de Golpes	Observaciones
1	Rojo	33	Muestra fracturada al impacto, Piedra Laja
2	Blanco Brillante	20	
3	Rosado	16	
4	Blanco	20	
5	Marrón	24	
6	Azul Pizarra	24	
7	Gris Brillante	44	

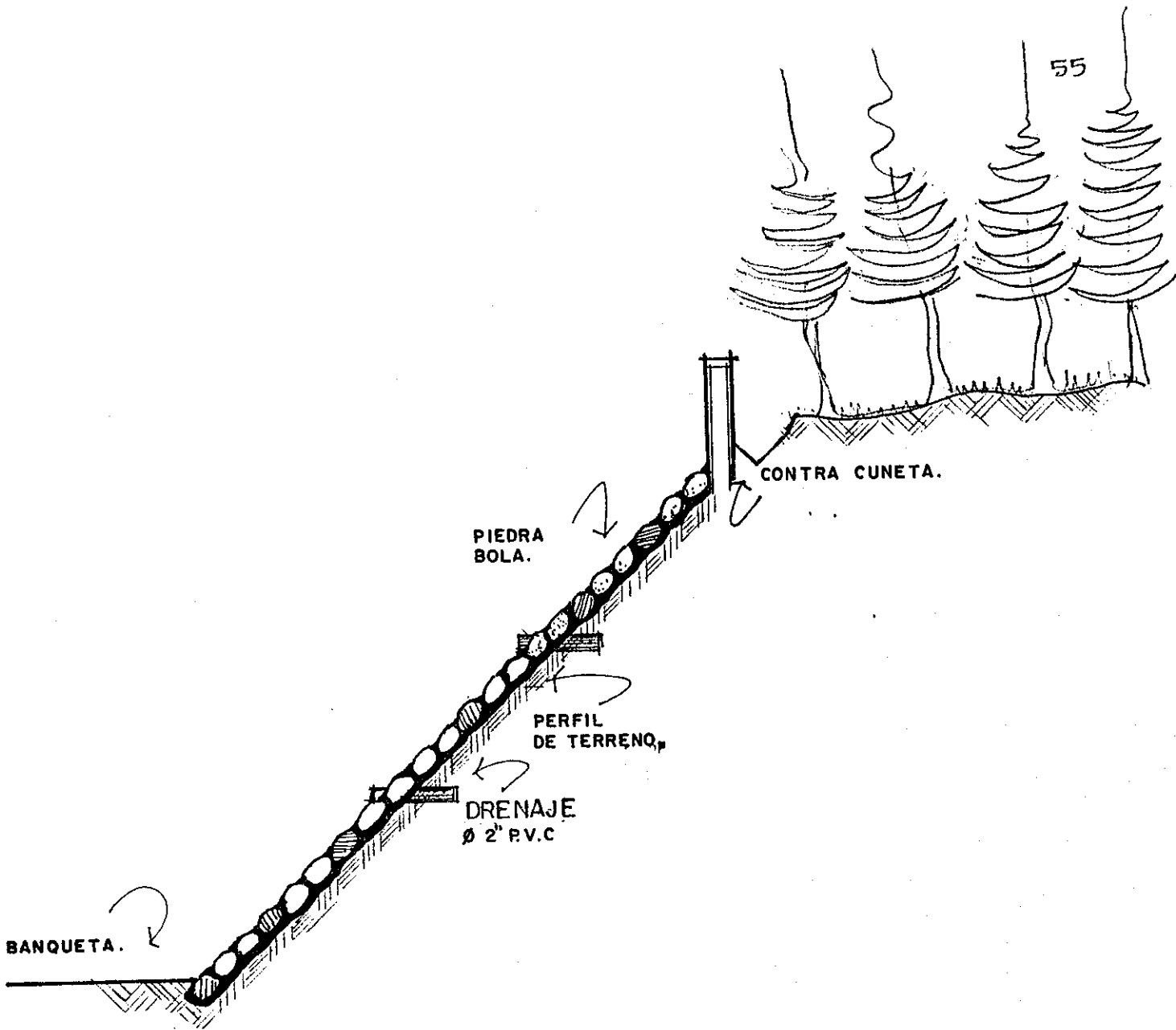
Vo.Bo.

Ing. César Alfonso García G.
Director del CII.-

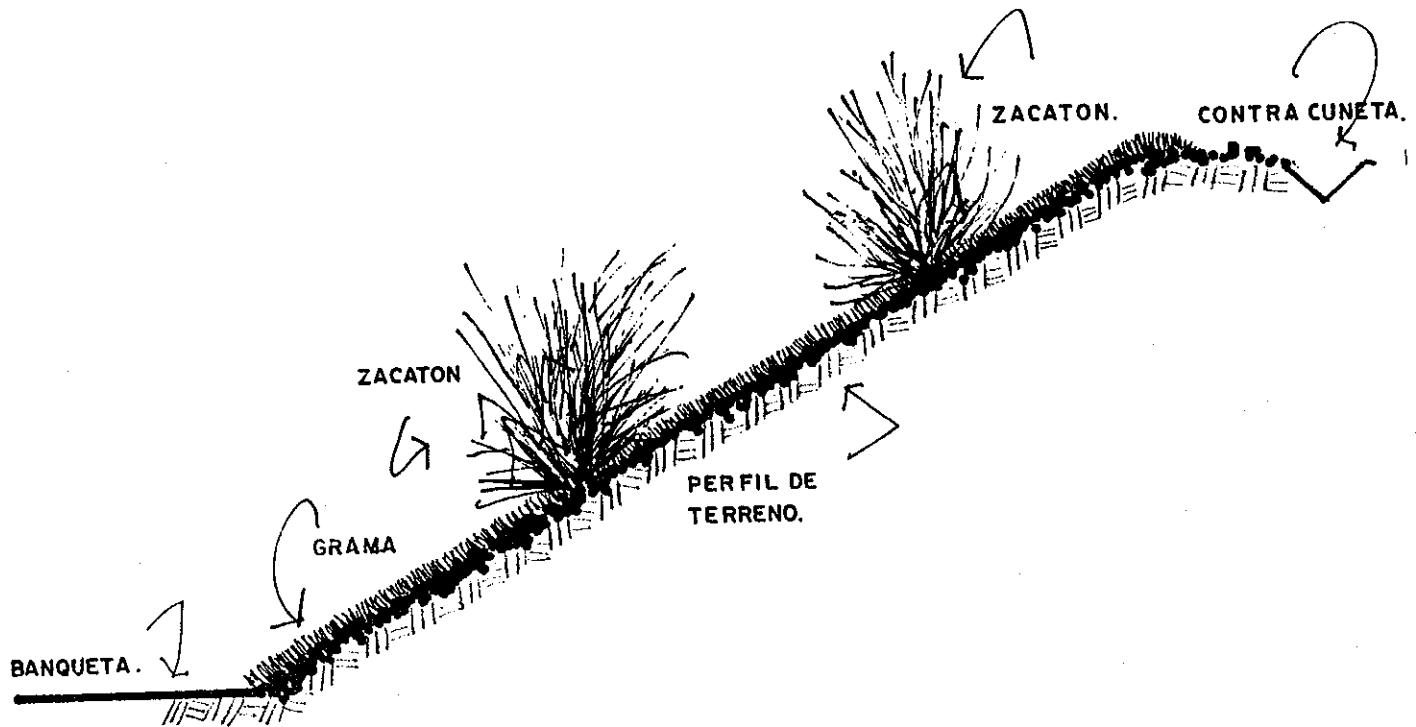


Atentamente,

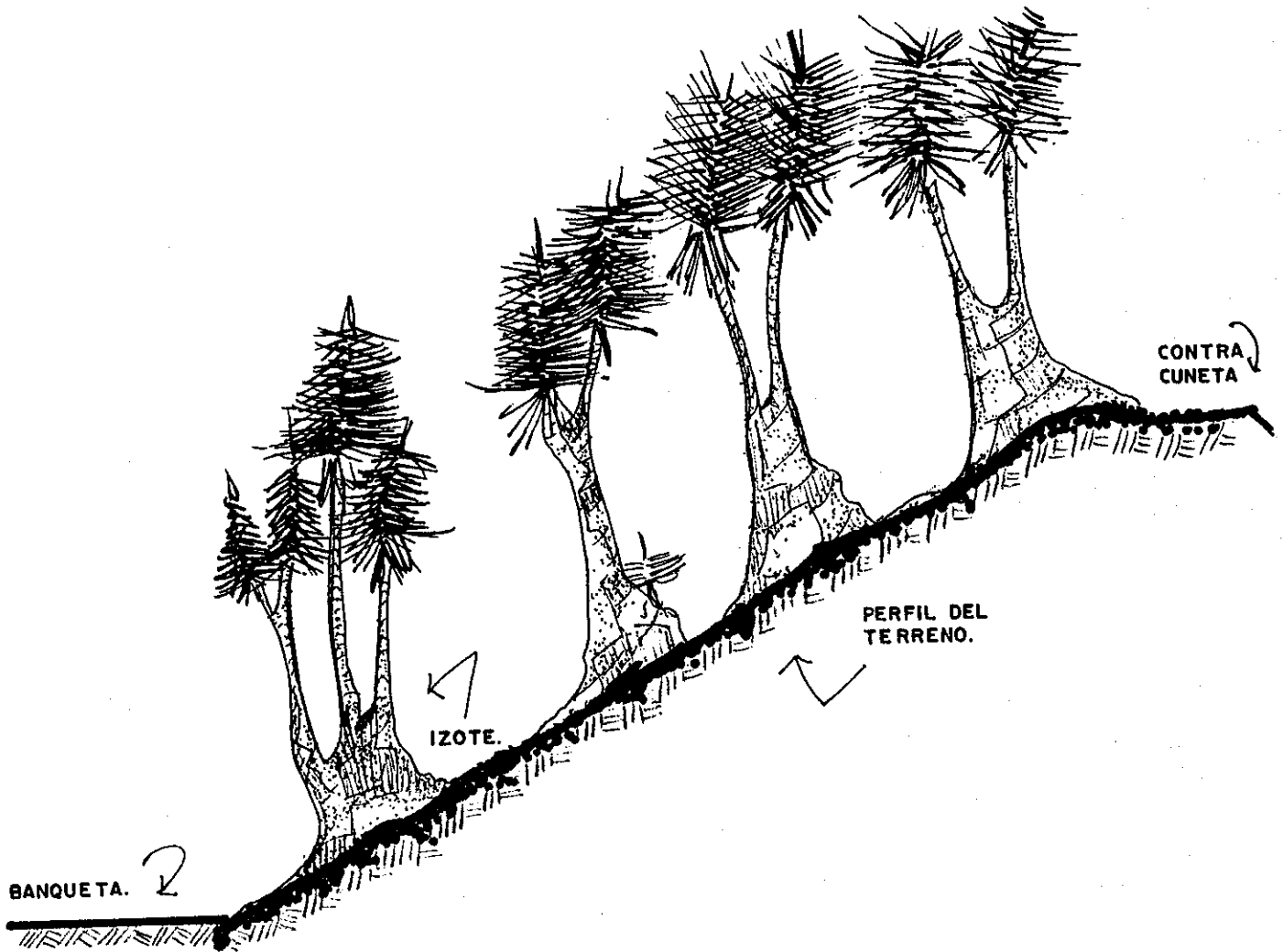
Ing. Erik Rosales Torres
Jefe Sección de Concreto.



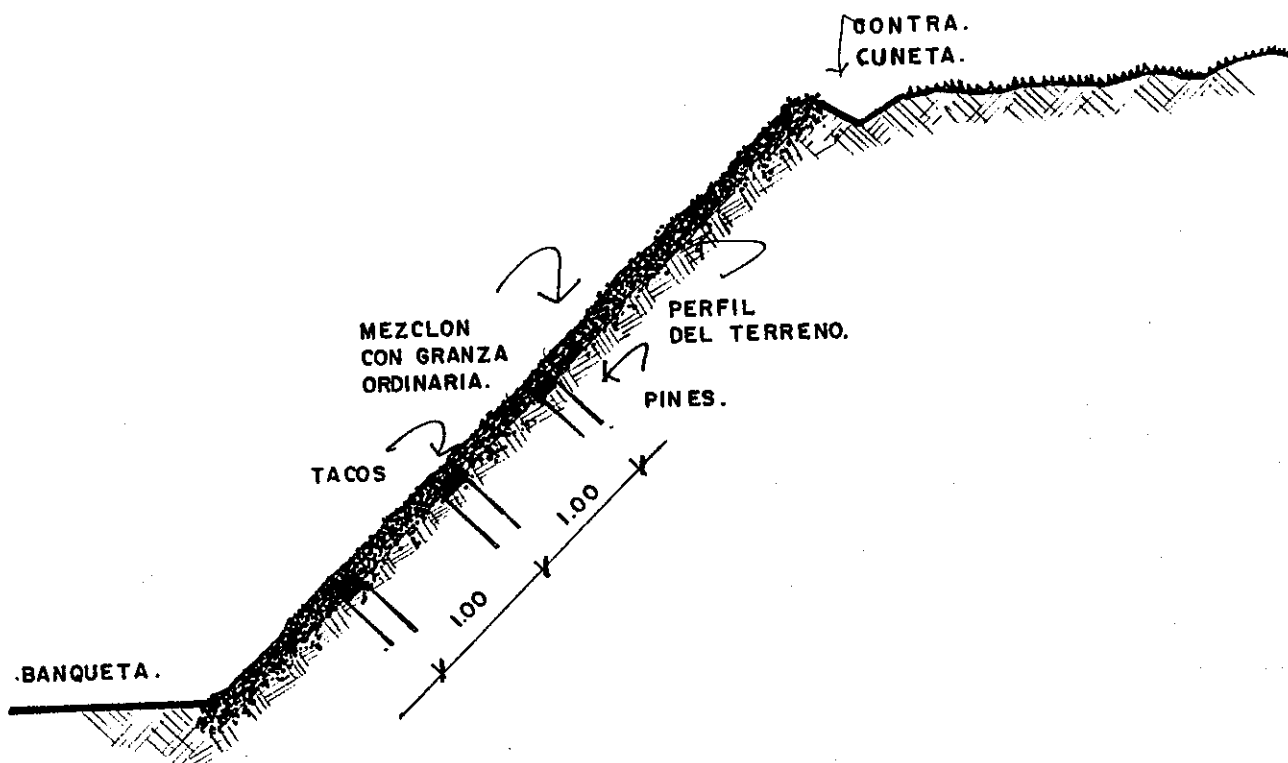
PROTECCION DE TALUDES.
METODOS TRADICIONALES.
ZAMPEADO DE PIEDRA DE CANTO RODADO.
SABIETA.



PROTECCION DE TALUDES.
METODOS TRADICIONALES.
GRAMA CON ZACATON (GRAMINEAS)



PROTECCION DE TALUDES
METODOS TRADICIONALES.
IZOTE.



PROTECCION DE TALUDES.
METODOS TRADICIONALES.

MEZCLON O SABIETA. REFORZADA.

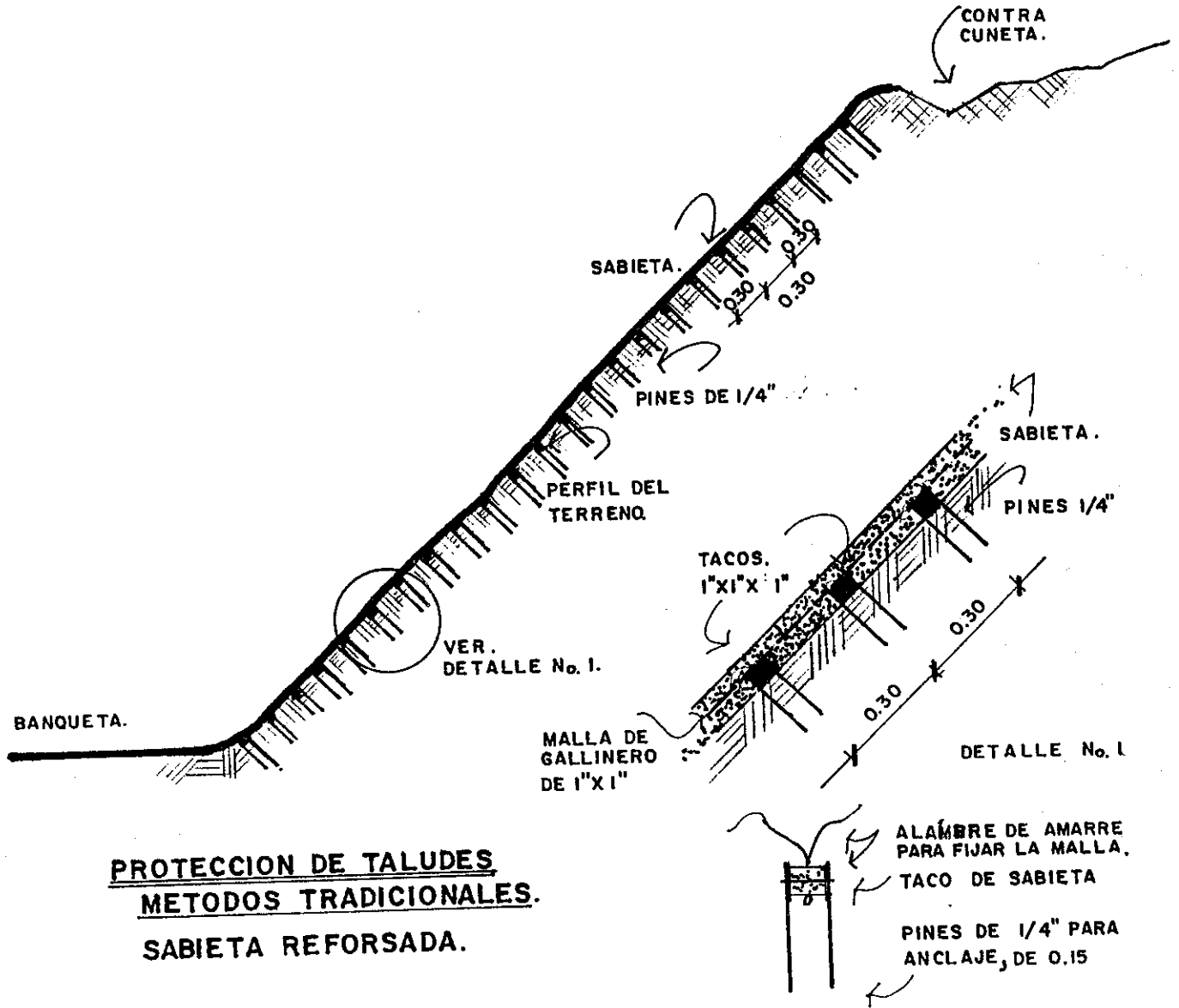
TIPOS DE GRANZA DE 1/4" a 1".

MALLA TIPO DIAMANTE DE 2"X2" HIERRO GALVANIZADO.

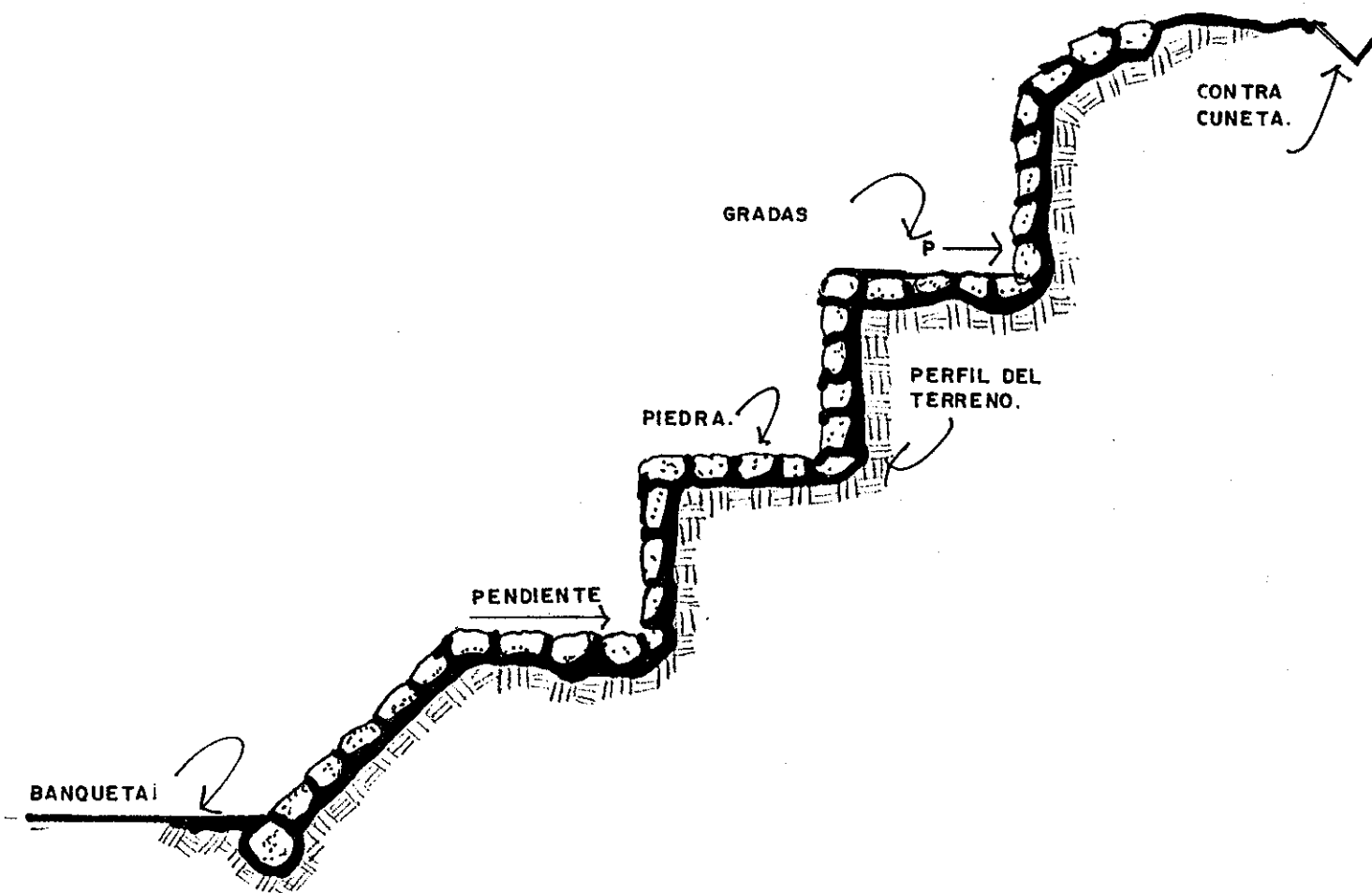
TACOS HECHOS CON SABIETA DE 2"X2" CON ALAMBRE DE AMARRE.

PARA SUJETAR LAMALLA.

PINES DE 1/4" X 0.20 PARA ANCLAJE DE TACOS



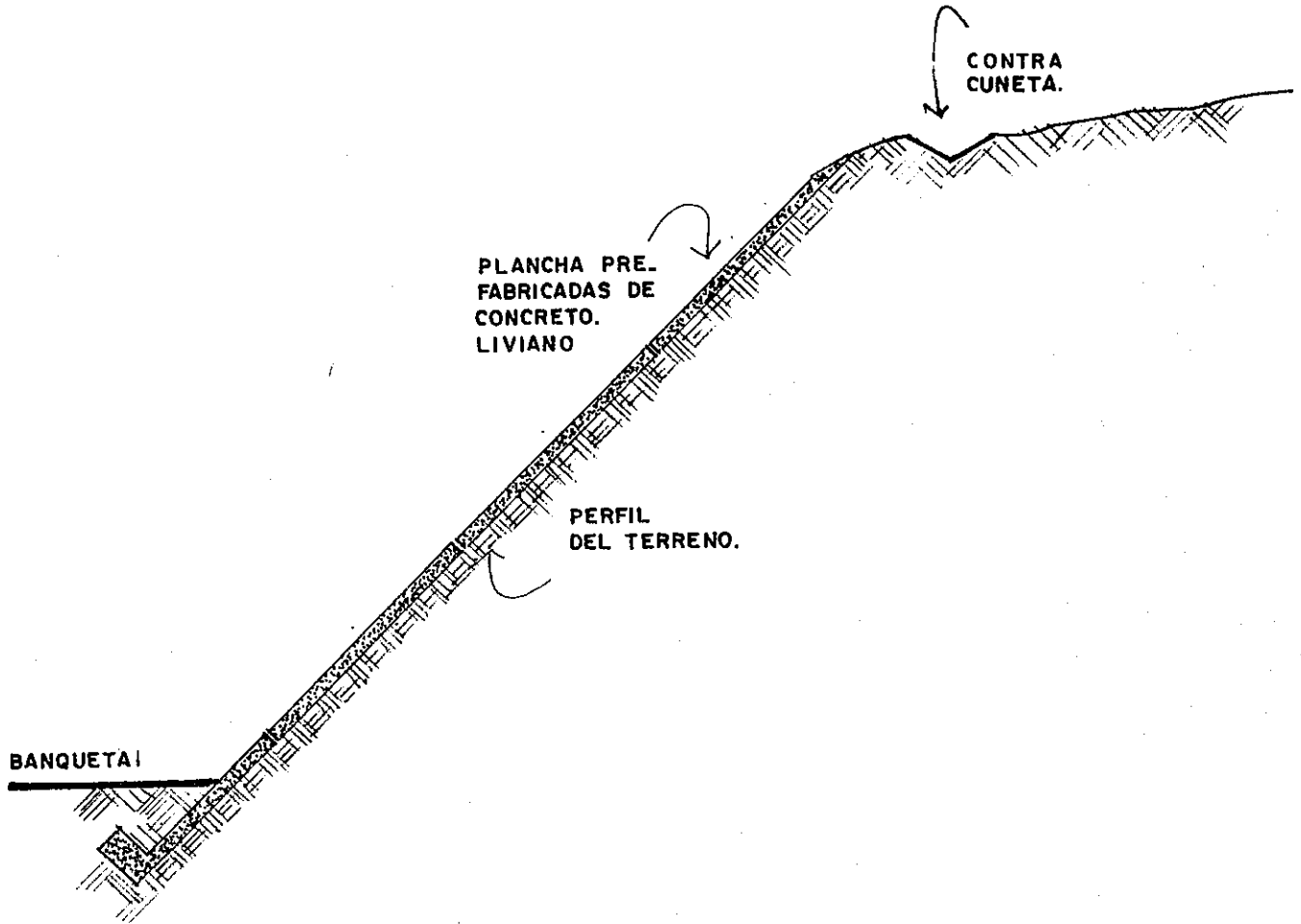
**PROTECCION DE TALUDES
METODOS TRADICIONALES.
SABIETA REFORSADA.**



PROTECCION DE TALUDES.

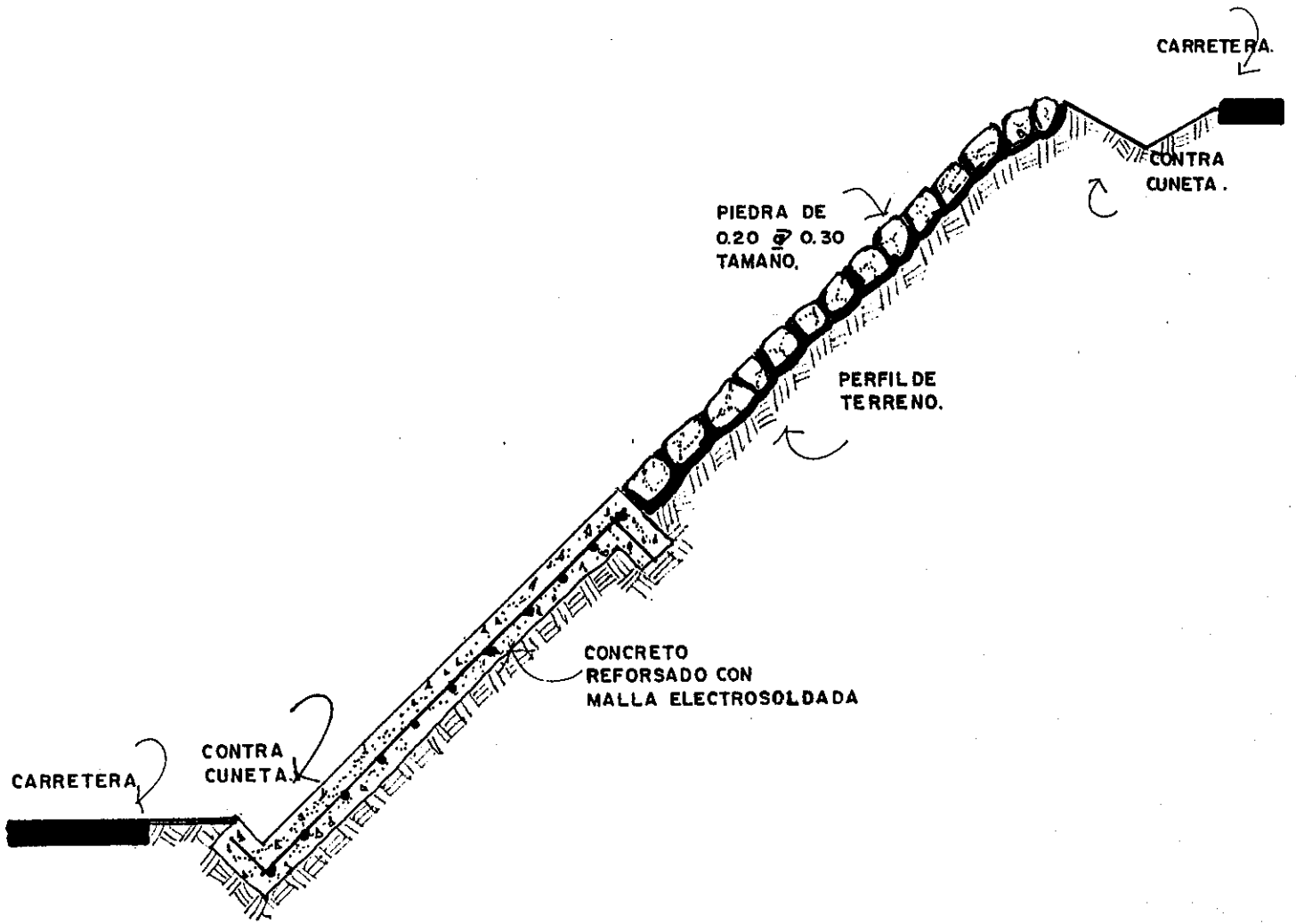
METODOS TRADICIONALES.

**GRADAS CUBIERTAS DE PIEDRA, O TERRAZA .
CON MEZCLON.**



PROTECCION DE TALUDES.
METODOS TRADICIONALES.

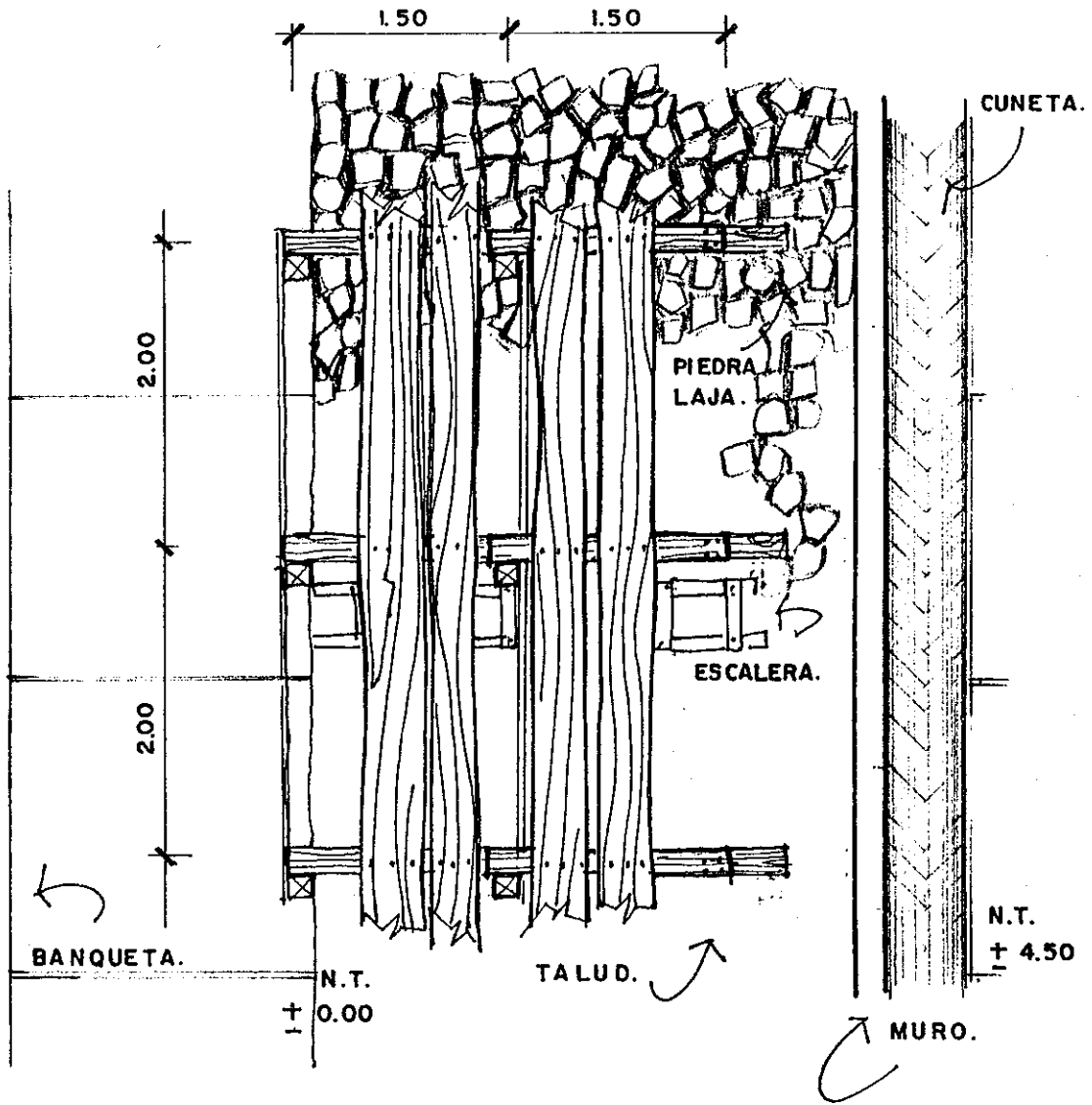
**PLANCHAS PREFABRICADAS,
DE CONCRETO LIVIANO.**



PROTECCION DE TALUDES.

METODOS TRADICIONALES.

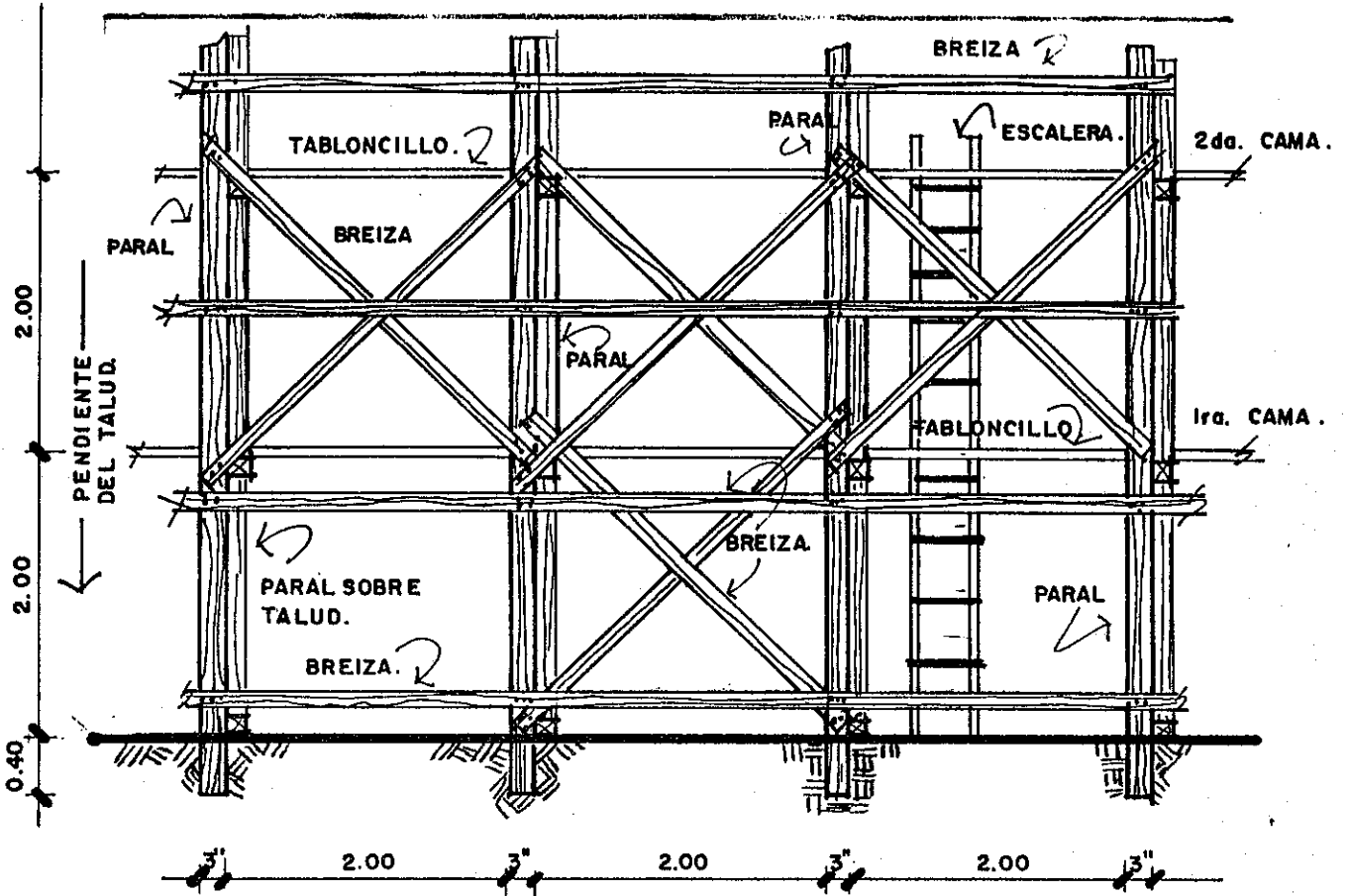
COMBINADO. CONCRETO REFORSDADO Y PIEDRA CON SABIETA.



PLANTA.
ANDAMIO DE DOS CAMAS

ANDAMIO TIPICO

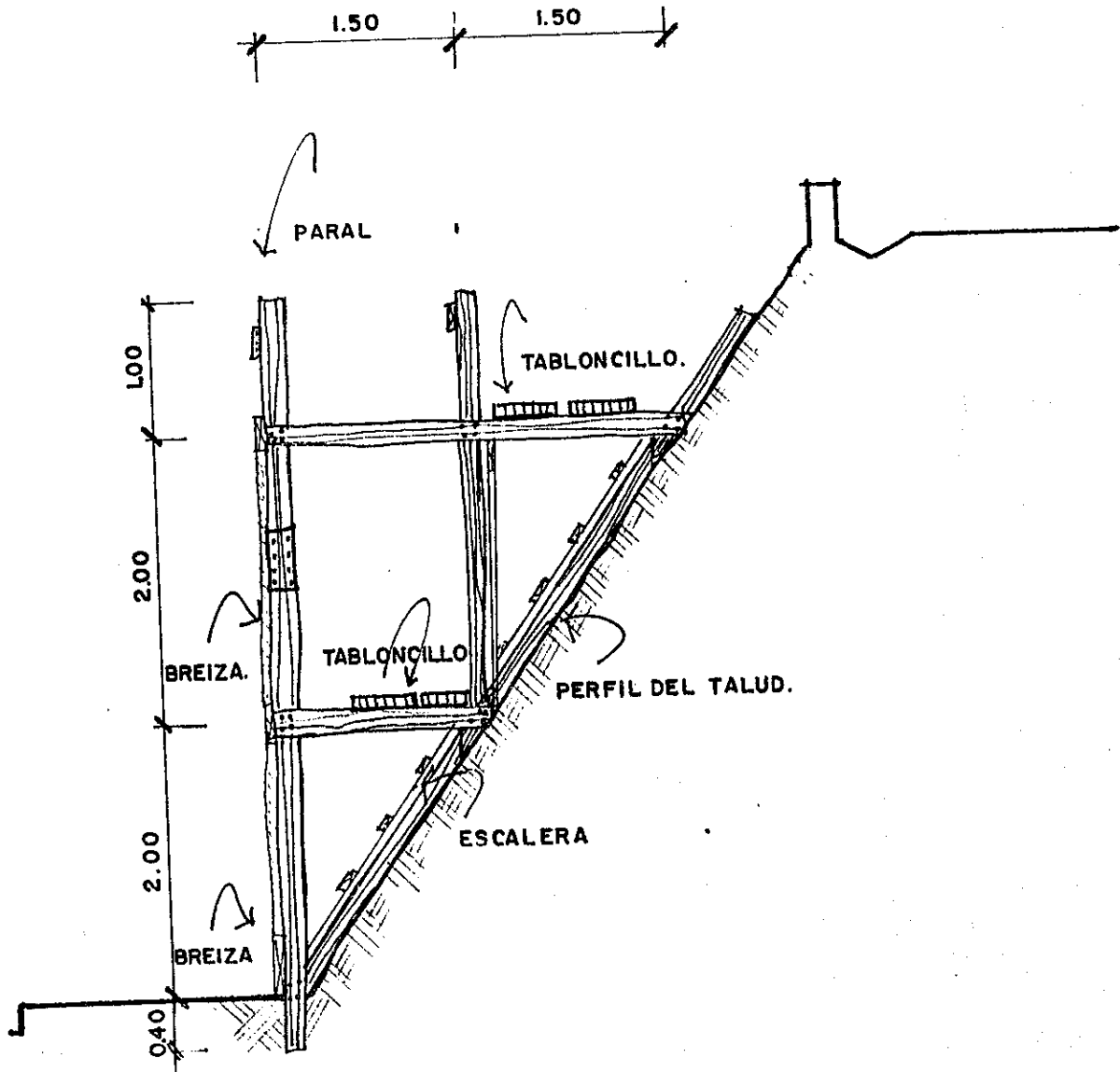
- ARMADO ESPECIALMENTE PARA PROTECCION DE TALUDES,
- USANDO PIEDRA LAJA.



FACHADA FRONTAL.

ANDAMIO TIPICO DE DOS CAMAS

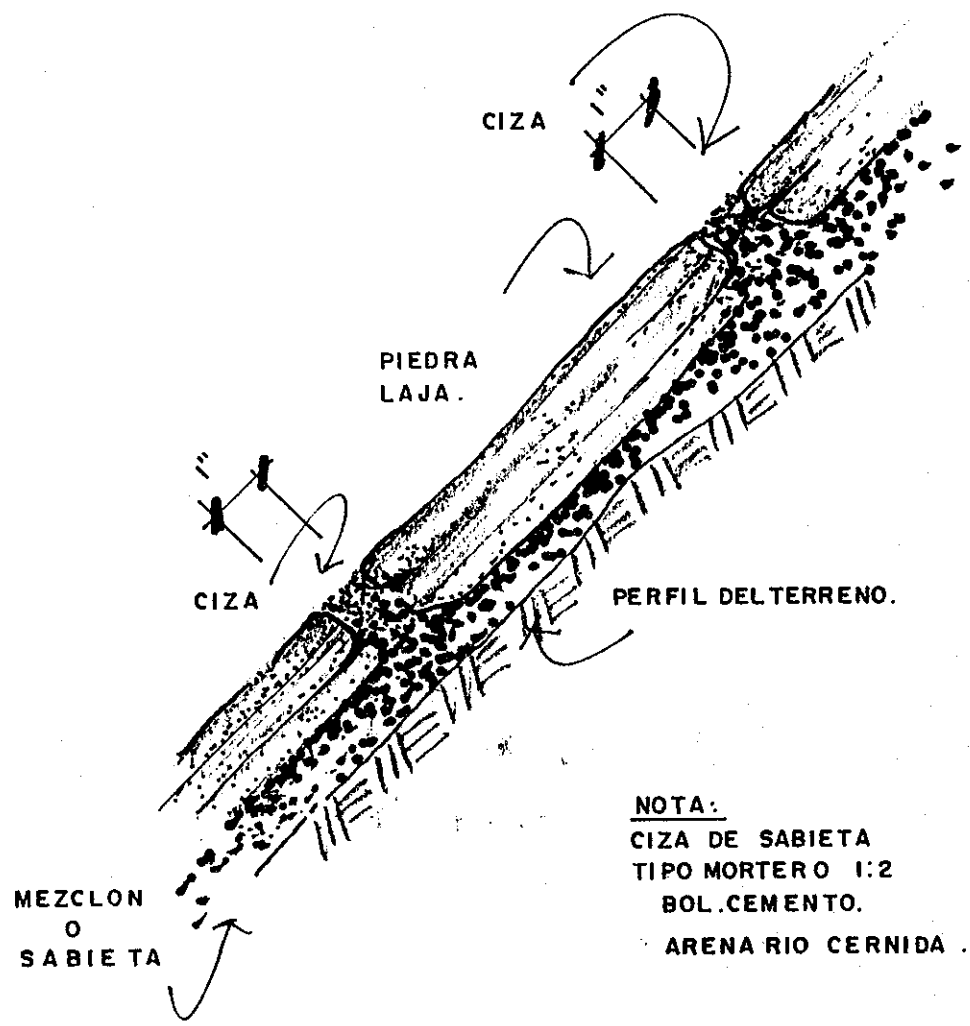
**ARMADO ESPECIALMENTE PARA PROTECCION DE TALUDES
USANDO PIEDRA LAJA.**



SECCION:
ANDAMIO DE DOS CAMAS. ESC. 1:50

ANDAMIO TIPICO.

- ARMADO ESPECIALMENTE PARA PROTECCION DE TALUDES
- USANDO METODOS TRADICIONALES. Y
- USANDO PIEDRA LAJA.



**DETALLE: ACOMODAMIENTO
DE LA PIEDRA LAJA.
EN EL MEZCLON O SABIETA.**

