

24 17

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO
GEOTECNICO
PARA
CAMINOS**

T E S I S

Que para obtener el título de

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a

J O R G E A Y A L A P E R E Z



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

TEMA DE TESIS:

ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA CAMINOS

CONTENIDO:

Página

1.-	Introducción	1
2.-	Reconocimiento preliminar	3
	a) Recorridos por las rutas probables	
	b) Zonificación fisiográfica y litológica	
	c) Origen de los suelos	
	d) Principales problemas geotécnicos	
3.-	Datos de los suelos para el cálculo de la curva masa	16
	a) Clasificación	
	b) Tratamiento probable	
	c) Coeficiente de variación volumétrica	
	d) Clasificación para presupuesto	
	e) Cortes, inclinación de Taludes	
	f) Compensación	
4.-	Préstamo de Material	28
	a) Préstamo lateral	
	b) Préstamo de banco	
	c) Recomendaciones de construcción	
5.-	Croquis del perfil de suelos	35
6.-	Croquis de la planta	36
7.-	Obras complementarias de drenaje	37
	a) Guarniciones	
	b) Lavaderos	
	c) Uso de la vegetación	
	d) Cunetas	
	e) Contracunetas	
8.-	Recomendaciones para cimentación de obras menores de drenaje	45
9.-	Problemas especiales	51

1.- INTRODUCCION

El término geotecnia puede definirse como la aplicación de las ciencias - que utilizan la tierra para la solución de problemas de ingeniería.

Puesto que las vías terrestres son obras que se construyen con los materiales que constituyen la corteza terrestre, los estudios geotécnicos son determinantes para el proyecto, ya que deben proporcionar las características mecánicas de los materiales con que se construirá la obra.

Dichos estudios permiten elaborar los procedimientos de construcción - adecuados a los diferentes tipos de materiales que se encuentren y prevenir problemas especiales que pudieran presentarse, durante la construcción para adoptar la solución adecuada; así como el costo de la obra, por estar sujeto al tipo de materiales y a los volúmenes que sea necesario mover.

Las condiciones del terreno de cimentación y la calidad de los materiales empleados normarán, en términos generales el criterio del proyectista al desarrollar el diseño geométrico.

Las exploraciones, muestreos y pruebas que se hagan para fundamentar un estudio geotécnico deberán de tener un carácter simple y estadístico.

La información geotécnica deberá presentarse en forma sencilla, clara y ordenada, traduciendo las características de las formaciones observadas en el campo, a valores numéricos y recomendaciones que puedan ser tomadas en cuenta en el proyecto geométrico.

Hay dos etapas en la ejecución de un estudio geotécnico:

- 1.- Comprende el reconocimiento , la exploración , el levantamiento de --
datos y las pruebas de laboratorio.
- 2.- Recopilación de informes disponibles y su análisis , la producción de -
recomendaciones y la redacción del informe correspondiente.



Motoconformadora y petrolizadora en el reves-
timiento de un camino.

2.- RECONOCIMIENTO PRELIMINAR

Se efectuará un recorrido superficial del camino por estudiar y se podrá dar cuenta con que tipo de terreno se enfrentará , además de ponerse en contacto con el medio, con lo que se obtendrá muchos conocimientos que sin duda serán de mucha utilidad para el proyecto.

Se harán los siguientes reconocimientos:

a).- Recorrido por las rutas probables.

Es de suponerse que en un proyecto de caminos, habrá varias rutas, siendo la topografía del terreno así como en lo social, lo que determinará la ruta definitiva.

La S.A.P.O.P. , elabora mapas fotogeológicos sobre los cuales se eligen varias rutas para estudiarse con más detalle en función de las necesidades del proyecto geométrico y de los problemas constructivos.

La ruta más funcional y económica, será de acuerdo con las condiciones geológicas, topográficas, hidráulicas y socioeconómicas de la región.

Las observaciones de campo estarán encaminadas a obtener información sobre la dureza y calidad de los materiales , humedad, manantiales, "lloraderos" , problemas de subdrenaje, etc.

Un caso especial sería el de terrenos blandos ó pantanosos , donde habría que efectuar estudios más detallados, basados en sondeos y pruebas de laboratorio para determinar la capacidad de carga.

Para este recorrido se llenará el cuestionario No 1 del anexo "A"

3-a



Limpieza a mano en zona de mucha vegetación.



Dragado de material en descomposición orgánica
(turba) sobre el eje del camino.

b) Zonificación Fisiográfica y Litológica

Para facilitar y ordenar los trabajos de campo, conviene dividir la zona en que se construirá el futuro camino, en zonas de características similares lo cual se hace a base de la fisiográfica, tomando en cuenta características morfológicas. Los aspectos litológicos así como el suelo permiten hacer una división de subzonas; las cuales deberán ser descritas con detalle. La descripción de cada subzona deberá ser vertical, clasificando cada una de las capas ó estratos, por lo que en general será necesario efectuar sondeos, tomar muestras, analizar pruebas manuales de campo y de laboratorio, en caso de suelos.

En caso de rocas, será necesario estudiar los afloramientos, establecer su clasificación y su estructura.

Para la zonificación fisiográfica, se recorrerá la ruta elegida, llenando el cuestionario No. 2 del anexo "A", para cada una de las zonas.

Daré una idea de los conceptos aquí tomados.

El tipo de terreno se clasificará de acuerdo con la magnitud de los movimientos de tierra que será preciso hacer, para colocarlo en el camino proyectado, es decir la clasificación se basará en las características topográficas del área. Así tenemos los siguientes tipos de terreno:

Terreno Escarpado.- Llamado también Terreno Abrupto, son aquellos cuyas pendientes son muy rápidas y cortadas a pico, ó aquellos en que su subida y bajada son muy difíciles y peligrosas.

Terreno Montañoso .- Será aquél en que sus picos se levantan desde unos cientos , hasta algunos miles de metros por encima del terreno circundante.

Lomerío Fuerte .- Llamaremos a aquél terreno cuya altura es muy elevada y alargada:

Lomerío Suave .- Será aquél terreno cuya altura es poco elevada y alargada.

Terreno Plano .- Será aquél terreno en que la pendiente es nula o casi nula.

Para la zonificación litológica (de rocas), se recorrerá la ruta elegida, llenando el cuestionario No 3 del anexo "A".

Daré algunos conceptos requeridos aquí:

TIPO DE ROCAS

Roca significa toda masa pétreo que normalmente no puede ser excavada solamente con métodos manuales.

Todas las rocas pueden dividirse en tres grupos principales:

I) IGNEAS, II) SEDIMENTARIAS, III) METAMORFICAS.

I) ROCAS IGNEAS .-

Llamadas también eruptivas. Se han formado por el enfriamiento del magma, que ha surgido de la corteza, ó ha quedado atrapado en ella.

Su porcentaje en sílice permite clasificarlas en ácidas y básicas.

Según el modo como se enfriaron permite clasificarlas en dos grandes grupos: A) Rocas Intrusivas, B) Rocas Extrusivas.

a) Rocas Intrusivas.- Son grandes masas de rocas que se han solidificado sin contacto con la atmosfera. Se enfrían y solidifican a grandes profundidades y presiones, suelen ser en general completamente cristalinas. Aunque siempre se formen a gran profundidad afloran en grandes extensiones a causa de los movimientos de la corteza terrestre.

Varios tipos de estas rocas son:

Granito.- Se caracteriza por su textura granular, la mayoría son de color claro. Abundan en las Costas del Océano Pacífico, en la Sierra de Chiapas en los estados de Guerrero, Michoacán y Jalisco, en los dos extremos de Baja California.

Diorita.- Es una roca granular. Se presenta en grandes masas; al sur de Zitácuaro y en muchos lugares de la Sierra Madre Occidental y de las Costas del Océano Pacífico.

Gabro.- Es una roca granular. Se encuentra distribuido tanto en grandes como en pequeñas masas. Es común en diques y láminas intrusivas delgadas, de grano fino. Se encuentra en estado sano en el estado de San Luis Potosí, en la presa La Ventanilla, en el estado de Hidalgo y Sinaloa.

b) Rocas Extrusivas.- Llamadas también, Rocas Volcánicas ó Efusivas. La forma más difundida es la lava, que surge al exterior en el estado fundido por fisuras ó por volcánes en erupción.

Según su colocación y su estructura se dividen en: b-1) Lávicas, b-2) Piroclásticas.

b-1) Lávicas.- Son las que tienen más o menos semejanza a los productos de los volcánes actualmente en acción.

Algunos ejemplos de este tipo son:

Riolita .- El color varía ampliamente , pero en general es blanco ó amarillo claro, gris ó rojo. Se halla en las cumbres de la Sierra Madre Occidental, como en Nayarit, Zacatecas, Sinaloa, Durango y Chihuahua.

Dacita .- Es semejante a la Riolita, se encuentran juntas como en corrientes de lava y como pequeñas intrusiones.

Basalto.- Es una roca afanítica de color gris ó negro. Es la roca más abundante en el mundo y esta muy esparcida en forma de grandes mesetas que cubren miles de kilometros cuadrados . Es muy abundante en la República - especialmente en el Valle de México y sus alrededores.

b-2).- Piroclásticas . Son las formadas de cenizas y escorias volcánicas.

Algunos ejemplos de éste tipo son:

Toba.- Es una roca de grano fino, compuesta de fragmentos menores de 5 mm. Generalmente son poco resistentes, muchas se encuentran entre los peores materiales en cuanto a la tendencia al deslizamiento; la arcilla montmorilonítica es un constituyente de la bentonita, mineral común en las tobas y su presencia debe tomarse siempre como señal de peligro.

Abunda en toda la Sierra Madre Occidental, generalmente intercalada con lavas riolíticas.

Lapilli. - Es un material fragmentario formado por partículas sueltas de unos 2 cms. constituidas de lavas espumosas y que fueron lanzadas por volcánes. Se usa mucho en construcción de carreteras, ya que es excelente material de base y para revestimiento, mezclado con algún cementante.

Se encuentra en conos volcánicos en explotación.

Obsidiana. - Es un vidrio natural, es lustrosa y se rompe con superficie conoidal. La mayor parte es negra, pero pueden ser rojas o grises.

Se encuentra a lo largo de las intrusiones.

Pomez. - Es espuma de vidrio, caracterizada por un color gris blanco y llena de minúsculas burbujas que flotan en el agua. Se encuentra en forma de fragmentos en las tobas y en las brechas.

II) Rocas Sedimentarias ó Deutógenas.

Este tipo de rocas han sido depositadas en algún período geológico, mecánicamente (Por la acción del agua, del viento o del hielo), químicamente u orgánicamente.

Este grupo puede considerarse como de rocas derivadas, pues por lo general, son el resultado de la meteorización y desintegración de otras rocas.

Suelen encontrarse dispuestas en capas o estratos que fueron un tiempo horizontales, aunque ahora formen ángulos de hasta 90° .

Según su estratificación se dividen en: a) Estratificadas, b) No Estratificadas.

a) Estratificadas.- Varios tipos de estas son:

Conglomerado.- Es grava cementada. La grava es un depósito sin consolidar compuesto principalmente de fragmentos arrastrados por los ríos. Se le encuentra en Guerrero, en las zonas de Chilapa y Tiapa bastante alterado por intemperismo, así como al norte del país en grandes extensiones.

Lutita.- Es una roca la cuál se rompe fácilmente. Tiene una estructura estratificada así como su composición arcillosa. Las arcillas y los limos pasan a lutitas a través de un proceso de consolidación, siempre con eliminación de agua. Abunda en el territorio nacional, principalmente al Sur y Este.

Arenisca.- Es una arena cementada. Esta formada de granos de arena más ó menos fina, se reconoce tres variedades principales: Arenisca de Cuarzo, Arkosa y Grauvaca. Afloran en la zona de Cd. Altamirano, Sierra Madre Occidental, planicie Costera del Golfo y al Norte del Istmo.

b) No Estratificada.-

Varios tipos de esta son:

Turba.- Es un conjunto de restos de plantas ligeramente descompuestas. Pueden encontrarse en procesos de acumulación de pantanos y lagos de poco fondo en climas templados.

Carbon.- Es el resultado de la compresión y una descomposición más completa del material de plantas en antiguas turberas que fueron sepultadas por sedimentos posteriores.

III) ROCAS METAMORFICAS .-

Son rocas que proceden de un cambio, ocurrido en cualquier sentido en las rocas ígneas y sedimentarias.

Muchos son los agentes que han producido el cambio de estas rocas a metamórficas, como las intensas compresiones y tensiones causadas por los movimientos de la corteza y el excesivo calor motivado por el enfriamiento de las rocas intrusivas o por la penetración de líquidos y vapores calientes.

En pocas palabras, puede decirse que algunas son de origen sedimentario, otras de rocas ígneas y algunas de origen indeterminado.

Según su textura, se dividen en dos grupos : a) Foliadas , b) No Foliadas .

a) Foliadas .- Llamadas también exfoliadas . La foliación indica que los minerales que forman la roca están dispuestos en hojas .

Varios tipos de estas son:

Mica .- Grupo de silicatos de minerales, que se caracterizan por tener laminillas u hojuelas como la biotita, la muscovita, etc.

Cloritas .- Se presentan de ordinario en pajitas exfoliables y blandas como las micas, flexibles pero no elásticas. Su color es verde, a veces pardo ó negro, su brillo es nacarado y su polvo verde claro.

Yeso .- En la naturaleza es mucho más abundante que la sal gema, el sulfato de calcio; se presenta tanto en la forma hidratada (yeso), como en la forma mineral (anhidrita).

Pizarra y Filita. - Rocas con grano muy fino, excepcionalmente bien foliadas.

b). - No foliadas. Los minerales laminares los tienen orientados al azar, lo que hace que se rompan en partículas angulosas.

Varios tipos de éstas son:

Marmól. - Roca de grano fino o grueso, presentan una alteración bandeada de colores claros y oscuros.

Cuarcita. - Roca muy dura, difiere de las areniscas en que se rompe a través de los granos y no alrededor de ellos. La mayoría son de color claro.

A continuación daré un procedimiento práctico que se sugiere seguir para clasificar una roca.

1.- Una vez que se han examinado cuidadosamente una muestra de la roca de berán definirse en el orden que se indica, los tres aspectos fundamentales siguientes: Tipo de textura, Minerales que la constituyen y Grupo a que pertenece la roca (I gneas, Sedimentarias, Metamórfica).

2.- Con la anterior información se entra a la tabla correspondiente: 1, 2, 6 3, del anexo "B"

3.- Habiéndose determinado el nombre de la roca, se consulta la descripción en algún libro de Geología, con el fin de comprobar su clasificación.

c) Origen de los suelos. -

Llamaremos suelos a aquellos productos resultantes de la desintegración de las rocas. Pueden ser: I) Residuales y II) Transportados.

Suelos Residual. - Son los que permanecen en el mismo sitio en que se formaron y todavía yacen directamente sobre los materiales de procedencia o de rocas -- madres. Se dividen en dos grupos: Friccionantes y Cohesivos.

Friccionantes. - Son suelos sin cohesión de fragmentos granulares ó redondeados de rocas y minerales, como: limos inorgánicos secos (polvo de roca), ---- arenas y grava.

Si consideramos un suelo ideal, es decir un suelo puramente friccionante por -- ejemplo; arenas limpias, la resistencia al esfuerzo cortante de este material - está dada por:

$$S = \sigma \times \tan \phi \text{ ----- (1)}$$

ó sea la resistencia en un plano hipotético de falla cualquiera es proporcional al esfuerzo normal efectivo actuante en ese plano. Los factores ^{que} influyen en ϕ , son los siguientes:

- a) La compacidad
- b) La forma de sus granos
- c) Su distribución granulométrica

La compacidad es la propiedad física de mayor reflejo en la resistencia de una arena, pues por efecto de la trabazón entre los granos que supone una alta compacidad el valor de ϕ se eleva grandemente, respecto a valores correspondientes a estado sueltos.

La forma de los granos influyen pues los granos angulosos se traban entre ellos más efectivamente, mientras que los redondeados deslizan y ruedan unos sobre otros con más facilidad.

La granulometría, es de menor influencia y solo se nota en casos extremos - por ejemplo: Una arena bien graduada (SW) tiene un valor de más alto ϕ - que una arena uniforme (SP).

Si la arena contiene algún cementante, su resistencia ya no se define por la ecuación (1), pues a esfuerzo nulo presenta una resistencia " C " debido a su cementación.

Cohesivos.- El término cohesivo ha sido usado en referencias a aquellos suelos que ^{exterior} sin presión normal apreciable, presentan características de resistencia a los esfuerzos cortantes, como las arcillas y limos plásticos. Coulomb estableció el concepto de cohesión al observar que algunos materiales (las arcillas) presentaban resistencia bajo presión normal exterior nula.

De esta manera postulo como ley de resistencia posible la expresión.

$$S = C$$

en que C es la cohesión del suelo (que la consideró constante, en tanto hoy se trata como variable) . Estos materiales fueron llamados " puramente cohesivos" y en ellos se consideraba $\phi = 0$.

Actualmente se considera que la fricción es la fuente fundamental de resistencia en los suelos granulares, si bien no la única ya que dependen fundamentalmente de la presión normal entre sus granos y el valor del ángulo de fricción interna ϕ .

La resistencia al esfuerzo cortante de los suelos cohesivos es más difícil -

su determinación, que en suelos friccionantes, pues en los cohesivos la estructura del suelo no puede adaptarse con suficiente flexibilidad a una nueva condición de esfuerzo que se presente; se debe precisamente a que son muy impermeables estos suelos respecto a las arenas, el agua requiere siempre períodos importantes de tiempo para que se mueva dentro de la masa. Se hace complejo el análisis al tomar en cuenta que las cantidades de agua movilizadas son ahora más importantes que en caso de las arenas por la compresibilidad relativamente grande, que es una característica de los suelos cohesivos.

Los factores importantes que influyen en la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos cohesivos son:

Historia previa de consolidación del suelo: Si el suelo tiene previa consolidación su resistencia será mayor.

Condiciones de drenaje del mismo.- Si el drenaje es bueno su resistencia será mayor.

Velocidad de aplicación de las cargas.- Si la carga se aplica con suficiente tiempo como para que se disipe cualquier presión neutral que se origine en la zona vecina a la superficie de falla, la resistencia será mayor.

La sensibilidad de la estructura.- Si el suelo cohesivo es poco sensible la resistencia será mayor, definiéndose la resistencia como:

$$S = \frac{\text{Resistencia Inalterada}}{\text{Resistencia Remoldada}}$$

Se obtiene en prueba de compresión simple.

II).- Suelos transportados .- Son los que han sido llevados lejos del lecho original de la roca de la cuál proceden.

Los agentes de transporte pueden ser el hielo (suelos de glaciar), el viento (suelos eólicos), el agua (suelos aluviales ó fluviales), y finalmente la fuerza de gravedad (suelos coluviales) tales como los de talúd.

En el cuestionario No. 4 del anexo " A " , interesa establecer primeramente el origen de los suelos y si es posible, el tipo de acumulación que forman por ejemplo: Aluvial , Eólicos, Lacustres, Palustres, etc.

d) Principales Problemas Geotécnicos.

Deberán ser descriptos lo más detalladamente posible, ubicandolos respecto al camino y diferenciando claramente los hechos observados, así como recomendaciones para su solución.

A continuación dare una lista Indicativa más no limitativa, de los principales problemas geotécnicos.

1.- Zonas Lacustres.

2.- Laderas Inestables naturales en la zona de la obra.

3.- Mala calidad de materiales de Construcción.

4.- Zonas fuertemente Erosionadas.

5.- Fallas Geológicas.

6.- Erosiones Remontantes .

7.- Inestabilidad de Cantiles

8.- Zonas pantanosas

9.- Zonas de inundación.

10.- Flujos de Agua.

11.- Nivel Freático Elevado.

3.- DATOS DE LOS SUELOS PARA EL CALCULO DE LA CURVA MASA,

La profundidad de exploración debe ser tal que se supere la zona de mayor influencia de los esfuerzos, debido a la sobrecarga del terraplén y se llegue a los materiales con condiciones de estabilidad.

En la practica estos requerimientos se cumplen generalmente explorando profundidades del orden de 3.50 a 4.00 m. y suelen quedar dentro de las posibilidades económicas. El pozo a cielo abierto constituyen el mejor método que se puede emplear; en ocasiones la inspección de pozos existentes, cortes naturales, zanjas, etc., proporcionan excelente complemento a estos métodos de exploración.

Establecida la estratigrafía en la forma indicada en el capítulo anterior se clasifican cada uno de los materiales que forman el perfil de suelos, proporcionando los datos necesarios así como los tratamientos y procedimientos constructivos en cada caso.

Esta información se ordenará en formas como, la del cuestionario No. 5 del anexo "A", cuyos conceptos para llenarlo explicaré a continuación.

a).- Clasificación S.A.H.O.P.

Para esta fase del estudio es necesario contar con un mapa fotogeológico de la región para la clasificación correcta de las rocas, así como el sistema de fracturamiento y poder prever problemas de estabilidad en los cortes, cavernas intercalación de estratos.

Para la clasificación de los materiales pétreos y suelos, la SANDP, elaboró un sistema de Clasificación General de Suelos y Fragmentos de Rocas, en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, (Sucs) la cual muestra la de

Rocas en la Tabla No. 4 del anexo " B " .

1.- Suelos gruesos y fragmentos de roca. Además de la clasificación SAHOP, es necesario incluir las condiciones de estos en sus yacimientos naturales, lo cual además incluirá: el tamaño máximo de las partículas (fragmentos grandes, medianos, chicos, grava ó arena), forma (angulosos, subangulosos, subredondeados ó redondeados), % de los diferentes tamaños, dureza (muy duros, duros y blandos), color (se utilizan algunos colores básicos como, gris, café o rojo, pudiendo ser estos claros u oscuros y cerrando dicha escala en blanco y negro), compactidad (muy compacto, medianamente compacto -- suelto y muy suelto), cementación (fuertemente, medianamente ó debilmente cementado, aclarándose el tipo de cementante como, arcilloso, ferroso, calcareo ó silicioso) y su contenido natural de agua (secos, poco húmedos, húmedos, muy húmedos y saturados).

La clasificación de la tercera columna del cuestionario No. 5, además de proporcionar el símbolo del material a que corresponde, deberá añadirse una breve descripción de los materiales que se mencionan (ejemplo No. 2).

Cuando los fragmentos de roca contengan más del 10 % de suelo, el material se clasificará con símbolo doble, utilizando los símbolos del suelo correspondiente y los del fragmento respectivo.

Ejemplo 1 : Un material contiene, 60 % de GC, 20 % de Fg, 15 % de Fm y 5 % de Fc.

su símbolo sería : GC - Fgm.

Ejemplo 2 : Grava limpia uniforme, gruesa, muy dura, redondeada, gris claro con 20 % de arena y 30 % de fragmentos chicos de 15 cm de tamaño máximo muy húmeda y medianamente compacta.

Su símbolo sería : GP-Fc.

Los porcentajes en volumen de fragmentos de roca en un material se valorarán en forma estimativa.

Los símbolos de los suelos proceden en general (según SUCS), de nombres en inglés: G-Grava, S-arena, M-limo, C-arcilla, W-bién graduado, P-mal graduado, L-baja compresibilidad, H-alta compresibilidad, O-suelo orgánico Pt-turba.

Los símbolos de fragmentos de roca según la S.A.H.O.P., empezarán con la letra: F-fragmento, seguido del tamaño predominante ; g - si es grande, m- si es mediano, c - si es chico.

Tratándose de suelos con partículas gruesas, en que el porcentaje en peso que pasa la malla No 200 queda comprendido entre 5 y 12 %, se tienen casos frontera, que requieren el uso de símbolos dobles.

Ejemplo: GW-GC corresponde a una mezcla de grava y arena bien graduada, con cementante arcilloso.

II.- Suelos Cohesivos.- Además de la clasificación SAHOP, es necesario incluir las condiciones en que estos se hallan en sus yacimientos naturales, aclarando lo relativo a : plasticidad (no plásticos, poco plásticos, medianamente o muy plásticos), consistencia (muy duros si no puede introducirse fácilmente un cuchillo; duros si no queda huella al prestarlos con el dedo

blandos remoldear fácilmente; muy blandos tienden a fluir), contenido de agua (igual que en suelos gruesos), color (idem suelos gruesos), contenido de materia orgánica (hojas, tallos raíces, etc.) y contenido de partículas gruesas. Si el volumen de un suelo es mayor del 50 % del total el símbolo de éste se antepone al del fragmento; si el volumen de suelo está comprendido entre 10 y 50 %, su símbolo se colocará en seguida del símbolo de los fragmentos de roca.

Ejemplo: Un suelo contiene 40 % de Fm, 30 % de Sm, 20% de Fc y 10 % de Fg.

Su símbolo será : Fmcg - SM

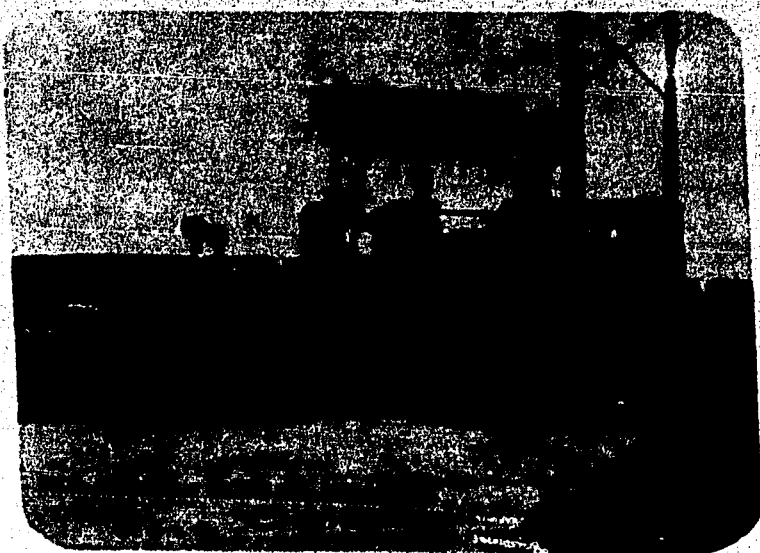
La clasificación de suelos finos se determina principalmente haciendo pruebas de Límites de Plasticidad a la fracción que pasa la malla No 40 para ubicarlos en la Carta de Plasticidad.

b).- Tratamiento Probable.

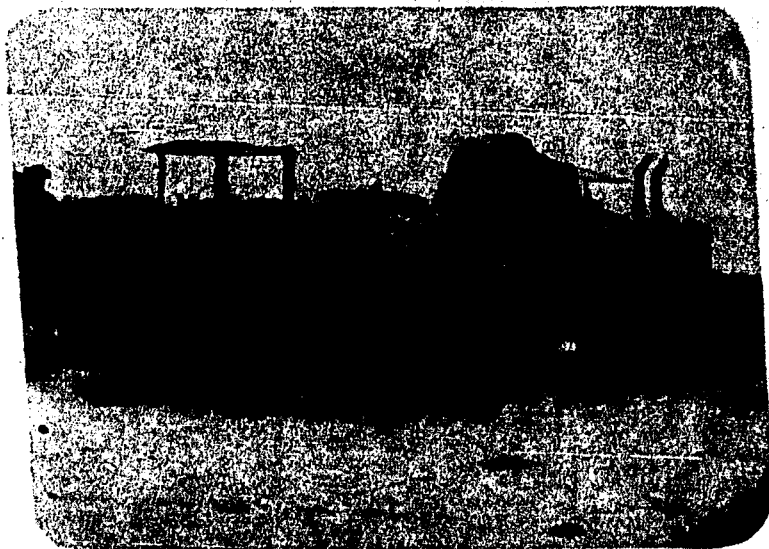
Se refiere al tratamiento mecánico que se recomienda para cada uno de los materiales encontrados, en el momento de ser colocados en el terraplén .

I.- Compactación de los suelos. Se diferencia por la naturaleza de los esfuerzos aplicados y por la duración de los mismos. Con los tres siguientes, se aplican casi todos los métodos convencionales en uso desde varias décadas, el cuarto es de técnica más reciente, pero se ha venido usando mucho en los últimos años. Como es natural no se presentan todos los métodos de compactación sino que son simplemente las soluciones comerciales e industriales que se han desarrollado hasta el momento.

19-a



Equipo de compactación con cuchilla para el
tendido del material.



Equipo de compactación lastrado además de la
arena en los rodillos, con bloques de concreto.

Por Amasado .- Para suelos finos y disgregar grumos, se utiliza por lo general el " rodillo pata de cabra " .

Por Presión .- Para acabados de la superficie superior (subrasantes base y carpetas) así como en arenas y gravas limpias , " rodillos lisos " .

Por Impacto .- Para zanjas , desplantes de cimentaciones, alcantarillas , - etc; pisones de areas pequeñas y rodillos apisonadores, para grandes fragmentos de roca; pisones de caída libre .

Por Vibración .- Este método se combina con la presión del equipo ya que por si sola la vibración resulta poco eficiente . Para suelos gruesos , para reducir la fricción interna del orden de 15 veces en arena y 40 en gravas, sin olvidar que el agua juega un papel muy importante por la reducción de la tensión capilar lo que proporciona el reacomodo de los granos; para suelos limosos cuando el contenido de agua es próximo al óptimo .

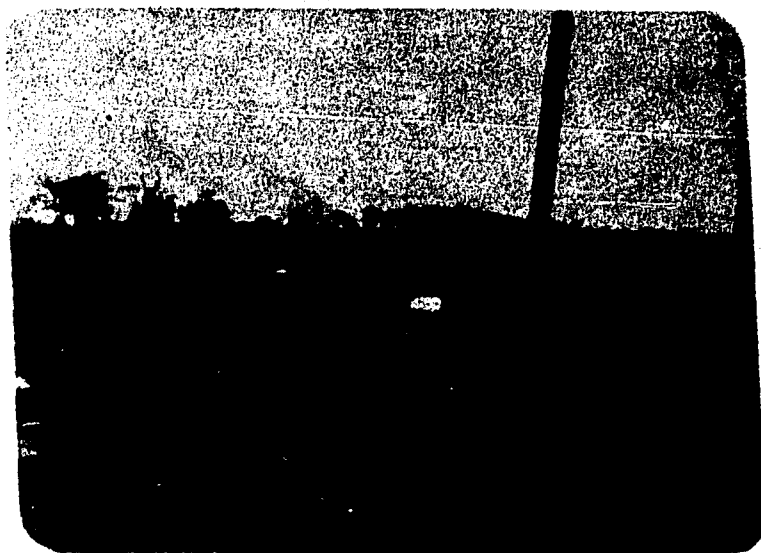
Mixtos .- Se logra por la combinación de dos o más sistemas tradicionales . Para suelos granulares y capas mucho mayor que para rodillos lisos, se utiliza el rodillo liso vibratorio, así como para concretos asfálticos; para suelos arenosos bien graduados, arenas limosas e incluso arenas arcillosas el compactador neumático vibratorio; para suelos finos arcillosos y mayor espesor , rodillos pata de cabra con aditamento vibratorio .

II.- Bandeado .- Consiste en el paso de un tractor de orugas sobre el material grueso tendido en capas; dista de ser idóneo para enrocamientos pero se usa para acomodar fragmentos de roca en terraplenes no muy altos .

20-a



Compactación con rodillo jalado con tractor agrícola.



Compactación y leñido de material con un tractor D-8 .

Este procedimiento se utiliza solamente en materiales muy gruesos para cuando se presenten problemas en los procedimientos normales de compactación. III.- A Volteo.- Si se tiene mucho cuidado en los rellenos y no se abusa de la altura de material colocado a volteo,

Este metodo nunca debe usarse ó tratar de evitarlo, salvo en condiciones muy especiales en que no es posible utilizar los anteriormente descritos. En la construcción de carreteras suele presentarse el problema en zonas difíciles e inaccesibles para los equipos convencionales de compactación muy agravado en el fondo de cañadas profundas y angostas, en que no se justifican los caminos de acceso al fondo de las mismas por los pequeños volúmenes que hay que compactar. En tales es común rellenar a volteo el fondo hasta un nivel a partir del cuál puede trabajarse mecánicamente. Seria mejor utilizar compactadores manuales.

c).- Coeficiente de variación volumétrica.

El peso volumétrico seco de un material en el lugar de donde ha de ser extraído no será nunca el mismo que el del material colocado ya en el terraplén.

Cuando el material se excava es frecuente que su volúmen aumente, para reducirse otra vez cuando es compactado en su lugar final, dependiendo esta reducción, del grado de compactación que se le da.

Este coeficiente permite establecer los volúmenes de material que han de ser excavados y obtenidos en los bancos de préstamo, para llegar al volúmen que se requiere en las terracerías.

Para suelos se determina, dividiendo el grado de compactación del suelo en -

21-a



Sondeo para obtener el grado de compactación en la base.



Abriendo caja en la base para saber el peso específico de esta.

estado natural (GCN), entre el grado de compactación a que quedará el material en el terraplén (GCT); es conveniente expresarlo como:

$$C = \frac{GCN}{GCT} = \frac{d_n}{d_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

d_n , peso volúmetrico seco en estado natural .

$d_{m\acute{a}x}$, máximo peso volúmetrico seco que se puede obtener con la prueba de compactación empleada.

GCT, grado de compactación del material en el terraplén.

En caso de rocas ó fragmentos de roca, la fórmula anterior no puede emplearse pues no pueden ser sometidos estos materiales a pruebas de compactación ordinarias por su tamaño.

En la tabla No 5 del anexo " B " , presento algunos coeficientes típicos de algunos materiales, para normar criterios . Su manejo no debe excluir su cálculo en cada caso específico; experimentalmente se ha encontrado que difícilmente alcanzan valores mayores a 1.25, que es para el caso de rocas sanas con tratamiento de bandeado de tractor .

d).- Clasificación para presupuesto .

Esta clasificación responde a una necesidad práctica de las instituciones que se dedican a proyectar y construir vías terrestres en gran escala, con el concurso de empresas contratistas; se trata de establecer una clasificación de los materiales que han de moverse, hecha con fines de pago de los trabajos

correspondientes, juzgando la dificultad de las operaciones, los equipos y métodos que es preciso usar etc.

Las especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP, fijan el siguiente criterio para la clasificación.

Material "A" .- Es el blando ó suelto , fácilmente excavable con pico y pala .

Son los suelos poco ó nada cementados , con partículas menores de 7.5 cm .

Material "B" .- Es el que, por dificultad de extracción y carga, sólo puede ser excavado eficientemente por tractor de oruga, de 140 a 160 de potencia - en la barra , o con pala mecánica de 1 M3 de capacidad, sin uso de explosivos también se considerán en este grupo las piedras sueltas menores de 1/2 M3 y mayores de 20 cm de lado .

Ejemplo de esta clasificación: rocas muy alteradas , conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates .

Material "C" .- Es el que , por su dificultad de extracción , solo puede ser excavado medianamente el empleo de explosivos de detonación rápida; así como las piedras sueltas que aisladamente cubiquen más de 1 M3 .

Ejemplos de esta clasificación: rocas basálticas , las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas , granitos, etc.

En la practica existen materiales que presentan mayor dificultad de extracción que el material "A" y menor que el "B"; mayor que "B" pero menor que "C".

Para esto se les fijara una clasificación intermedia de acuerdo con la dificultad que hayan presentado para su extracción y carga, asignando porcentajes de material "A", "B", y "C".

En casi todos los casos, la clasificación anterior ya no tiene más utilidad que servir como norma de cálculos de costos para la institución que proyecte y - estudie alternativas, pues es norma actual de la SAHOP el otorgar todas las obras a las empresas contraristas por medio de concursos públicos, en los que estas últimas presentan un precio por M3 de material, colocado en la - terracería con el tratamiento que el proyecto señale; debido a que la clasificación era en base al criterio personal trayendo consigo problemas legales ó de confrontación de criterios; así como el equipo empleado no era el recomendable por la Secretaría, si no el que tenía el contratista.

e).- Cortes, Inclinación de taludes.

Uno de los problemas más complejos que se debe solucionar en base a los estudios geotécnicos, es la determinación de los taludes estables para los cortes. Para ello hay que tomar en cuenta el tipo de la carretera y el volúmen - de tránsito al que estará sometida, la resistencia al esfuerzo cortante de los materiales, altura del corte, condiciones de drenaje, fracturamiento en rocas etc.

La SAHOP toma en cuenta estos factores y hace estudios de estabilidad, solo en algunos cortes que se supone críticos; los demás se recetan en base a los estudios someros. De esta manera se pueden llegar a proyectar taludes compuestos, taludes con berma, etc.

Aunque en cada uno de los proyectos de talud de corte debe tratarse en forma particular, presento la Tabla No 6 del anexo "B" que está basada en experiencias de varios Ingenieros (Ref. 5).

En el caso de terraplénas, el talud de proyecto debe ajustarse tanto a requerimientos constructivos como de resistencia, siendo frecuente el uso de taludes de 1.5 : 1, debido a que en estas condiciones se ha visto en la práctica son muy estables.

Se debe hacer notar que esta recomendación se debe usar como una referencia y no usarse en forma ciega, ya que poco éxito ha de esperarse quien la aplique en esa forma; para alturas mayores se estudia su estabilidad en función de los materiales y el grado de compactación que serán construidos.

Observaciones.- En esta parte del cuestionario se indicará mediante una clave a base de letras mayúsculas; la utilización que podrá darse dentro de las terracerías a los diferentes materiales encontrados en el campo. El uso correcto de un material, no es independiente de su ubicación dentro del cuerpo de un terraplén, pues a diferentes ubicaciones corresponden niveles de esfuerzos diferentes por peso propio de la terracería o por efecto del tránsito o distintas condiciones relacionadas con el agua, superficial ó subterránea, etc.

Así mismo deberán de señalarse como complemento los lugares en que será preciso construir escalones de liga entre los terraplénas y el terreno de cimentación, sitios de despalmes u operaciones similares y demás operaciones que requieren de movimientos de tierra y que hacen variar el costo de la obra.

f).- Compensación Longitudinal.- Una de las formas de obtener material para formar las terracerías es por éste procedimiento; el cuál consiste en utilizar el material obtenido de cortes realizados sobre el eje del camino, en la formación de terraplenes sobre el mismo camino.

Este procedimiento resulta económico, en el sentido de que tiende a disminuir volúmenes de desperdicios y de prestamo a utilizar todo el material removido; es obvio que en muchos casos la compensación que se logra no es completa produciéndose faltantes o desperdicios según los volúmenes de terraplén superen o no los de corte y es obvio también que el procedimiento está limitado por la calidad de los materiales que se obtengan de los cortes y el que se requiere en los terraplenes.

La presentación gráfica de este método es por medio de la Curva Masa, dibujada en ejes cartesianos, cuyas abscisas representan el cadenamiento del camino y las ordenadas representan volúmenes de corte ó terraplén, según sea la curva ascendente ó descendente.

Es un método gráfico que permite determinar la distribución económica de los volúmenes excavados y calcular el costo para llevar a cabo dicha distribución. Cuando el trazo está obligado (niveles al cruzar poblaciones, estructuras del camino, regiones pantanosas ó inundables, ruta sobre algún camino antiguo, etc), este método no es de utilidad.

Propiedades de la Curva Masa.

- 1a.- Entre los límites de un corte, la curva crece de izquierda a derecha y decrece cuando hay terraplén.
- 2a.- En las estaciones donde hay cambio de corte a terraplén (línea de paso) habrá un máximo y viceversa.
- 3a.- Cualquier línea Horizontal que corte la curva, marcará puntos consecutivos entre los cuáles habrá compensación, es decir que entre ellos el

volúmen de corte iguala al terrepién .

4a.- La diferencia de ordenadas entre dos puntos representará el volúmen de terracería dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos .

5a.- Cuando la curva queda encima de la línea horizontal compensadora que se escoje para ejecutar la construcción, los acarrees de material se harán hacia delante y cuando la curva quede debajo los acarrees serán hacía atrás .

6a.- El área comprendida entre la curva masa y una horizontal cualquiera (compensadora), es el producto de un volúmen por una distancia, y nos representa al volúmen por la longitud media de acarreo, lo que se expresa en m. cúbicos estación (en este caso "estación" se refiere al tramo de 20 m).

Es evidente que las mejores compensadoras serán las que corten el mayor número de veces a la curva .

En la ilustración No 1 , se muestra el perfil de un terreno con su respectiva Curva Masa .

Al estudiar un tramo pueden trazarse varias compensadoras, según resulte la Curva Masa obtenida, y entre una y otra quedarán tramos sin compensación

En estos tramos si la curva asciende habrá un volúmen de excavación excedente que no hay donde emplearlo para rellenar, ó sea un DESPERDICIO y si la curva desciende indicará que hace falta material para el terrepién, que no podemos obtener de la excavación . En este caso debe traerse material de otro lado, o sea un PRESTAMO.

En la Ilustración No 2 se muestran dos Curvas Masas con dos compensadoras cada una; los volúmenes de desperdicio ó prestamo se miden en el dibujo.

4.- Préstamo de Material

Como se vio en el capítulo anterior , una de las formas de obtener material - para formar las terracerías, es por la Compensación Longitudinal .

En este capítulo veremos otras dos formas de obtener material y principalmente la mayor parte de los volúmenes de material .

a).- Préstamo lateral . En este procedimiento , se expresa el material necesario de excavaciones paralelas al eje de la vía y adosadas a éste, generalmente dentro del derecho de vía . Con este procedimiento se disminuyen los acarreos de los materiales, que son un renglón importante en el costo total de construcción. El método está limitado, por la calidad de los materiales existentes en el terreno de cimentación que, sobre todo en zonas planas, agrícolas, inundables ó pantanosas puede dejar mucho que desear; además; las zanjas producto de la excavación , cercanas al camino pueden ser una seria fuente de humedecimiento para los terraplenes, cuando se llenan de agua de lluvias pueden -- resultar difíciles de drenar, sobre todo en terrenos planos, en los que lógicamente resulta más ventajoso y es por ello más usado . Otras veces, lo estrecho del derecho de vía (así para evitar erogaciones por adquisición o expropiación de tierras) al rededor de 3.50 a 4.00 en que es económico extraer material con maquinaria pesada; obliga a excavar zanjas muy profundas, con lo que los problemas de drenaje y encharcamiento se agravan, así como para una ampliación futura del camino. Tampoco es recomendado por los ingenieros de tránsito, que temen a su mala influencia psicológica y a la gravedad de los accidentes que en ellos pueden ocurrir .

Por lo anterior, sólo debe emplearse cuando produzca materiales apropiados sean fáciles de drenar las zanjas y queden a razonable distancia de la vía -- terrestre. Algo muy importante que no se toma en cuenta, que con un buen drenaje los terrenos vecinos si son agrícolas van a perder esta característica, dando lugar a un terreno yermo e inútil para el cultivo; por lo anterior se tomara muy en cuenta los factores que ocasionara este método sobre los terrenos vecinos agrícolas.

b).- Préstamo de banco. En este método para la obtención de materiales de construcción consiste en la localización de un depósito o formación natural, -- constituido por un material de características apropiadas, el cuál se explota en forma masiva para acarrearlo y tenderlo en el camino; a estos depósitos -- se les conoce con el nombre de "bancos de préstamo", y serán objeto de una búsqueda especial.

Para cada banco de material encontrado, deberá llenarse el Cuestionario No 6 del anexo "A", en que la mayor parte de los datos ya han sido anteriormente comentados, pero en añadidura deberá proporcionarse información precisa -- sobre utilización, forma del banco, posición de los frentes de ataque, volúmen aprovechable, localización y por supuesto, tratamientos necesarios según el -- uso que de los materiales pretenda hacerse.

Se pondrá énfasis en los bancos de material, en la inteligencia de que mucho de lo que de ellos se diga será aplicable a los préstamos laterales y aún por -- compensación longitudinal.

El tema es de tal importancia que no puede considerarse completo un proyecto

o digno de autorización para su ejecución, sino contiene una lista completa y detallada de los bancos de material. En este caso "bancos de material" ha de ser tomado en su sentido más general y puede referirse a cortes donde se construya un terraplén ó un balcón por compensación longitudinal o transversal, a los materiales del terreno natural de donde se extraerá un préstamo lateral ó a un banco.

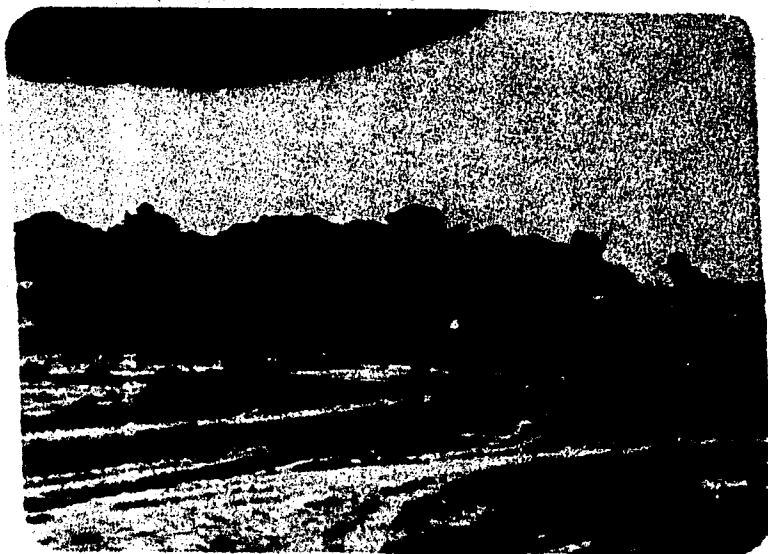
Localizar a un banco es más que descubrir un lugar en donde exista un volúmen alcanzable y explotable de suelos o rocas, que pueda emplearse en la construcción de una determinada parte de una vía terrestre, satisfaciendo las especificaciones de calidad de la institución constructora y los requerimientos de volúmen del caso. El problema tiene otras muchas implicaciones. Ha de garantizarse que los bancos elegidos son los mejores entre todos los disponibles en varios aspectos que se interrelacionan:

- 1°.- En lo que se refiere a la calidad de los materiales extraíbles en relación con el uso a que se dedicarán.
- 2°.- Tienen que ser lo más fácilmente accesibles y los que puedan explotarse por los procedimientos más eficientes y menos costosos.
- 3°.- Los que produzcan las mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra, cuya repercusión en los costos es importante.
- 4°.- Los que conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en la obra.

30-a



Carga de material con cargador frontal y conservación del camino a la salida del banco.



Aspecto de un banco de material y dos cargadores cargando material, así como un tractor D-8 despalmando.

5°.- Se debe procurar que los bancos estén localizados de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil ó lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región, produciendo injusticias sociales. Es evidente que en cualquier caso práctico muchos de los requisitos anteriores estarán en contraposición y la delicada elección estriba en elegir el conjunto de bancos que concilie de la mejor manera las contradicciones que resulten de cada caso.

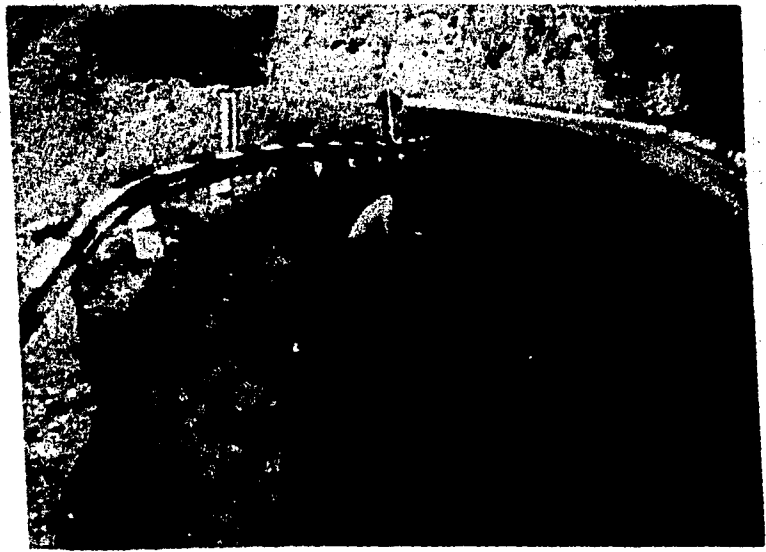
Se debe hacer notar que existe un segundo grupo de condiciones, formado por las interrelaciones del primero. Por ejemplo, de entre dos materiales posibles para un cierto uso podrá haber una diferencia en la calidad técnica cuando están en estado natural, pero esa diferencia podrá anularse o aún invertirse si el peor material recibe un tratamiento adecuado, se estabiliza de alguna manera o si tal vez, el proyecto se modifica de manera que un material que no era originalmente apropiado, ahora resulta utilizable.

Evidentemente todo lo que se ha dicho anteriormente, comienza con una etapa de localización simple, en que al final se debe disponer de un mapa donde aparezcan todos los posibles aprovechamientos de material que puedan interezar en la obra, habiéndose probablemente excluido otros muchos.

La búsqueda y la localización de los bancos puede hacerse principalmente por fotointerpretación o por reconocimientos terrestres directos; estos últimos pueden auxiliarse a su vez, por la fotointerpretación o por métodos de prospección geofísica. Sin embargo la fotointerpretación ofrece un método sin rival para explorar grandes áreas a bajo costo en forma que puede

equivaler en precisión a un reconocimiento terrestre. Se ha de tener muy en cuenta a los suelos, MH, CH, y OH, con límite de líquido mayor de 100 % y suelos P_t ; que son materiales no deseables en la construcción, por su mala calidad.

Será necesario establecer ciertas distinciones entre los bancos de roca y de suelo. La transición entre estos dos materiales es en este caso, todavía más difícil de establecer con precisión que en otros; la roca puede presentarse con muy diversos grados de alteración o el material que se encuentra puede ser mixto, en el sentido de contener tanto formaciones rocosas como auténticos suelos.



Examinando una muestra de material para carpeta a base de emulsión asfáltica.

c).- Recomendaciones de construcción .- Ya se menciono anteriormente de la existencia de materiales susceptibles de ser empleados en la construcción de la capa subrasante. Para el proyecto definitivo deberán ser comprobados mediante un muestreo de los materiales existentes en la zona y posteriormente en el laboratorio para asegurarse de la calidad .

En cuanto a la carencia de estos materiales en la zona del trazo, serán objeto de una exploración detallada mediante la localización de préstamos con acarreos mínimos.

A lo largo del proyecto del camino, podemos encontrarnos materiales a base de rocas ígneas extrusivas, con diferentes grados de cementación y de intemperismo, que son de calidad adecuada para la formación de la capa subrasante debido a la presencia de tobas; ó materiales a base de rocas ígneas metamorfozadas como los gneiss y esquistos muy intemperizados, que al ser atacados por el equipo de construcción se obtendrán materiales no compactables y por lo tanto no recomendables en la construcción de la capa subrasante.

Observaciones Generales

a).- Se recomiendan taludes de $1/4 : 1$ para cortes practicados en gneiss muy intemperizados, los cuáles se considerarán adecuados hasta alturas de 4.00 m, siendo recomendable abatir taludes a $1/2 : 1$ cuando los cortes sobrepasen dicha altura.

b).- Se usara material cuyas características le permiten únicamente ser empleados en la construcción del cuerpo del terraplén, como en la capa subrasante.

- c).- En cortes practicados en este material, así como en terraplenes formados con el material producto de los primeros, proyectar capa subrasante de 30 cm de espesor, compactada al 95 %, formada con material de características -- apropiadas y proveniente de préstamo.
- d).- Aquellos materiales a los cuáles se indica como tratamiento probable el -- "bandeado" deberán de ser colocados en el cuerpo de los terraplenes en ca-- pas sensiblemente horizontales, de un espesor mínimo regido por el tamaño -- máximo de los fragmentos de roca, dándole a cada capa como máximo tres -- posadas por cada punto de su superficie, con un tractor D-8 ó similar.
- e).- En todos los casos, el cuerpo del terraplén deberá de ser compactado al 90 % ó bandeado, según el caso y la capa subrasante de 30 cm de espesor, -- compactada al 95 % .
- f).- Los terraplenes desplantados en laderas con pendiente transversal igual ó mayor de 25 % deberán ser anclados, mediante la construcción en el terreno natural de escalones de liga de un ancho de plantilla de 2.50 mts, si son excavados en material "A" ó "B" y de 1.00 mt en material "C", separados en ambos casos con una distancia de 2.00 mts medida entre el borde exterior de un escalón y el peralte del inmediato inferior .

5.- Croquis del Perfil de Suelos

La grafica que se muestra en el Cuestionario No. 7 del anexo "A", contiene un croquis del perfil de suelos en cada una de las zonas ó subzonas que se han ido definiéndose a lo largo del futuro trazo. Esta información se dibuja con la escala vertical 10 veces mayor que la horizontal en hojas cuadriculadas. Este croquis debe proporcionar toda la información recolectada en la observación y exploración de campo así como la geofísica complementaria, cuando la hubiere.

Ante la imposibilidad de realizar sondeos, ya sea a cielo abierto ó con maquina perforadora en cada uno de los cortes, proyectados o a la profundidad de la rasante, puesto que significarían una fuerte erogación en tiempos y dinero se ha tenido que recurrir a los métodos indirectos de exploración, principalmente al método de refracción sísmica.

Mediante éste método se determina con relativa facilidad la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en los diferentes tipos de materiales, así como la profundidad de las capas que constituyen la corteza terrestre.

El procedimiento consiste en hacer detonar una pequeña cantidad de dinamita enterrada a una profundidad del orden de 30 cm. y registrar mediante un sismógrafo, el tiempo de llegada de las ondas refractadas y reflejadas por las capas del subsuelo, a diferentes puntos donde se colocan detectores ó geófonos.

Graficando los tiempos de llegada de las ondas refractadas para los diferentes geófonos, se obtiene la velocidad de transmisión de las ondas sísmicas para cada capa y mediante una fórmula sencilla, en función de las velocidades de las capas y de la distancia del primer geófono al lugar del disparo, se obtiene la profundidad de la capa.

Para el caso de capas no paralelas se hacen consideraciones especiales y se llega a otras formulas, pero todas basadas en estos mismos principios en función de las mismas variables. Este tipo de exploración se lleva a cabo sistemáticamente en los cortes cuya altura sea mayor de 6 mts, y correlacionando las velocidades obtenidas con los resultados de algunos sondeos y del estudio geológico se obtiene una estratigrafía bastante aproximada para los fines requeridos. Además la velocidad sísmica de los materiales da idea del equipo adecuado para su ataque; gracias a ello se está efectuando una serie de correlaciones entre dichas velocidades y la clasificación para presupuesto cuyos resultados, en forma tentativa, puesto que a la fecha se cuenta con poca información.

6.- Croquis de la Planta

Para proporcionar en forma gráfica la ubicación del proyecto, así como los principales accidentes topográficos, geológicos, de población, etc; se dibujará un croquis a escala, de la planta del trazo en estudio.

En el cuestionario No 8 del anexo "A", se muestra un ejemplo de un croquis de la planta.

7.- Obras complementarias de drenaje.

Las estructuras de drenaje más espectaculares de una vía terrestre son los puentes y las alcantarillas, responsables principales del drenaje transversal es decir, del paso de grandes masas de agua, arroyos, ríos, etc; a través de la obra. Suele llamarse a los puentes " obras de drenaje mayor " y a las alcantarillas de drenaje menor ". La frontera entre ambas estructuras no está definida; convencionalmente se acepta que un puente es la obra que tiene algún claro de longitud de 6 m, y alcantarillas con claros menores, independientemente que esos claros menores de 6 m pudieran repetirse varias veces. Además de estas obras bien conocidas de drenaje deben disponerse en un camino otras obras menos conocidas, que contribuyen a encauzar y eliminar las aguas superficiales que de otro modo causarían daños.

Suele darse a estas obras el nombre genérico de obras complementarias de Drenaje, que es lo que tratara este capítulo.

Estas obras complementarias de drenaje no son de uso universal o rutinario por lo menos no deben serlo. Son obras que deben hacerse sólo en el lugar que se requieran, pues de otra manera se derrochará dinero y se producirán resultados contraproducentes.

Toda la información se recopila en una tabla, como el cuestionario No 9 mostrado en el anexo "A", que servirá para detallar donde construir cunetas, contracunetas, bordillos, lavaderos, etc, y como construirías.

a).- Guarniciones. Son elementos parcialmente enterrados que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas de pasos a nivel, delinear la orilla del pavimento, etc; tienen relación con el drenaje

(aunque ese no sea su objetivo principal), pues canalizan el agua de la superficie hacia salidas especialmente dispuestas. La forma trapezoidal que se les da es para dar mayor resistencia a la sección al vuelco; así como la esbeltez de la sección, que permite una longitud de empotramiento conveniente.

Se construyen de concreto y de piedra si la hay en el lugar; el curado siempre será un problema específico (por lo gral. 6 riegos al día), conviene vibrar el concreto; si es relativamente alta puede constituir un obstáculo psicológico-produciendo canalización, por lo que no conviene que sobresalga más de 15 ó 20 cm.

b).- Lavaderos. Son canales que se conectan con los bordillos y bajan transversalmente por los taludes, con el fin de conducir el agua de lluvia por los acotamientos hasta lugares alejados por los terraplenes; entiendase por bordillos estructuras que se colocan en el lado exterior del acotamiento en tangente, borde opuesto al corte en balcón o parte de terraplenes en curva.

En tangentes los lavaderos suelen disponerse cada 60 ó 100 m, pero puede ser variable dependiendo de la pendiente longitudinal del camino y del régimen de precipitación pluvial de la zona.

La capacidad del umbral de entrada del lavadero dependerá de la separación entre ellos, del gasto total que escurre por el bordillo y del tirante en una sección antes del umbral.

La siguiente fórmula proporciona la longitud del umbral de entrada al lavadero tomando en cuenta el cambio de dirección del agua:

$$L_u = \frac{Q}{0.385 (a+y)^{3/2}}$$

Donde :

L_u , es la longitud del umbral de entrada al lavadero, en m.

Q , es el gasto que lleva el lavadero y ha de descender por él, en M³/seg.

a , es el denivel entre el acotamiento y la sección más deprimida del umbral de entrada al bordillo.

y , tirante de escurrimiento sobre el acotamiento en una sección próxima al umbral de entrada, en m.

Es usual aceptar que únicamente entre el 80 y 90 % del agua sea captada.

A despecho de la fórmula anterior, lo común es que las entradas de todos los lavaderos sean iguales. Un punto importante en la construcción de los lavaderos es darles suficiente estabilidad dentro del cuerpo del terraplén, por lo que suelen hundirse en éste, llegando a la corona de sus muretes de borde al nivel del material del talud. Debe verse inadecuada la colocación directa del lavadero sobre el talud.

c).- Uso de la vegetación. La plantación de especies vegetales, es una de las más efectivas protecciones de los taludes de un corte o de un terreplén o del terreno natural contra la acción erosiva del agua superficial, estas retardan el escurrimiento, disminuyendo mucho la energía del agua y contribuyen a -

a fomentar una condición de equilibrio en los suelos en cuanto a contenido de agua. Siempre que exista vegetación deberá respetarse; la desforestación sistemática, el deshierbar o el desenraice en la zona de derecho de vía terrestre son unas de las peores prácticas que comúnmente se cometen. Cuando no exista, la plantación de especies vegetales puede contribuir a proteger muy eficazmente el camino, la cual debe de estar al cuidado de especialistas, que utilicen variedades apropiadas a la región, cuyo crecimiento puede ocurrir con los mínimos cuidados iniciales.

En taludes son útiles especies trepadoras o pastos tupidos, en tanto que para las barreras protectoras en el terreno natural suelen dar mejor resultado los arbustos.

d).- Cunetas. Constituyen las obras complementarias de drenaje de uso más extendido y universal. Son canales que se adosan a los lados de la corona su situación le permite recibir los escurrimientos de origen pluvial propios del talud y del área comprendida entre el coronamiento del corte y la contra cuneta, si la hubiere o el terreno natural aguas arriba del corte. La pendien te longitudinal mínima que debe existir en una cuneta es de 0.5%; la velocidad con que el agua circule sobre ella debe quedar comprendida entre los límites de depósito y erosión, ambos indeseables. Se construyen generalmente de sección trapezoidal o triangular con un ancho de 1 m, está última y talud hacia el camino de 3:1 (Tabla No 7) como mínimo siendo preferentemente de 4:1 y el del lado del corte sigue sensiblemente la inclinación de éste.

La sección rectangular ha sido generalmente abandonada por razones de Ingeniería de tránsito, debido al efecto canalizador que produce la sensación de peligro a quien transita cerca de ella al igual que la sección trapecial; no siendo así para vías ferreas en que tienen más utilidad.

No es raro que se cometa el error mostrado en la Tabla No 8 anexo "B" en que originalmente el camino es revestido y posteriormente se pavimenta en forma definitiva. En ella se acepta, en primer lugar que se ha construido la cuneta definitiva (revestida a partir del hombro de la corona), pero el error que se desea resaltar es otro. Por lo general es condición que el ancho de la corona del camino revestido (nivel I) sea igual al de pavimento revestido (nivel II); así como las dimensiones en la cuneta provisional y en la cuneta definitiva (dimensiones m y d).

La combinación de estas condiciones conduce a la aparición del pequeño relleno de ancho "s" como se muestra en la figura.

En algunos casos y cuando la cuneta se reviste con concreto puede verse que el constructor prolonga el revestimiento hasta cubrir todo el espesor "s", pero en muchas ocasiones éste se deja descubierto, siendo origen de problemas de humedecimiento del pavimento por dejar una entrada al agua además de que la cuneta recubierta resultará inestable y fácil de dañarse. Resultará mejor práctica evitar el escalón "s", bien sea prolongando la cuneta definitiva o aumentando ligeramente el ancho de la corona en el pavimento definitivo. Si la nueva cuneta no ha de revestirse lo normal será prolongarla lo necesario sin formar escalón.

El cuando revestir las cunetas ó ahorrarse el trabajo por lo costoso: no parece posible establecer reglas generales al respecto, dado el número grande de elementos de decisión que han de ponderarse.

En términos generales podrá prescindirse del revestimiento cuando no sea de temer ni la erosión del fondo de la cuneta, ni el humedecimiento de los materiales de las capas superiores del pavimento.

e).- Contracunetas . Se denominan así los canales excavados en el terreno natural ó formados con pequeños bordos, que se localizan aguas arriba de los taludes de los cortes, cerca de éstos, con la finalidad de interceptar el agua superficial que escurre ladera abajo desde mayor alturas, para evitar la erosión del talud y el congestionamiento en las cunetas y corona del camino del agua y el material de arrastre.

Se construye a una distancia variable del coronamiento del corte y depende de la altura de éste (H); en la tabla No 7 fig. " f " del anexo " B " , se muestra la localización.

Se trata de que entre la cuneta y el propio corte no quede un área susceptible de generar escurrimientos no controlados de importancia , y a la vez no colocarla demasiado cerca del corte a fin de facilitar su trazo.

En cortes de altura normal es común que se encuentre a una distancia variable del coronamiento de H a $H/2$; siendo H la altura del coronamiento del corte . Para el diseño hidráulico se estimará primero el gasto esperado y relacionando este dato después con la pendiente se llegará a la sección hidráulica A falta de información; suelen dimensionarse por proyecto tipo, formando un

canal de sección trapecial de 60 a 80 cm de plantilla y taludes conformados con la naturaleza del terreno, la profundidad está comprendida entre 40 y 60 cm . En contracunetas no revestidas el talud aguas arriba debe ser más tendido para evitar erosión , pero esta distinción se hace menos necesaria si se usan revestimientos , es norma relativamente común formar las contracunetas directamente en el terreno natural, sin revestirlas ; por lo que se harán los siguientes comentarios. Por razones de costo, se tiende a no revestirlas casi nunca ó nunca y en tal caso se llega a producir en la corona del corte, una sección en la que se desarrolla a una zanja permeable . Si el suelo del corte es arcilla permeable ó constituido por mezclas susceptibles a los cambios de humedad, esta zanja -- permite entrar agua al cuerpo del corte, produciendo fallas y deslizamientos; -- por lo que no es raro ver que en carreteras en que se han usado contracunetas -- no revestidas , el trazo de estas es el inicio de la superficie de falla en la corona del corte, que no se hubieran formado de no existir la contracuneta sin revestir. Es practicamente seguro que en todos los casos en que la contracuneta -- puede ser útil o necesaria ó se pone revestida ó será preferible no ponerla pues los riesgos que implica colocarla en mala condición (eventual falla del corte) supera con mucho a sus posibles beneficios (proteger el talud de erosiones y a las cunetas).

Una mala contracuneta conduce muy probablemente a un gran derrumbe; el no ponerla allí donde era necesario , produce un tramo de mal comportamiento. El criterio para definir la necesidad de contracunetas ha de basarse en consideraciones topograficas y de la naturaleza de los materiales que forman mala --

condición . (eventual falla del corte) supera con mucho a sus posibles benefi--
cios (proteger la superficie del latud de erosiones y a las cunetas).

Una mala contracuneta conduce muy probablemente a un gran derrumbe; el no -
ponerla allí donde era necesario, produce un tramo de mal comportamiento .

El criterio para definir la necesidad de contracunetas ha de basarse en conside--
raciones topograficas y de la naturaleza de los materiales que forman los cortes
los terraplenes vecinos y el terreno natural en la zona de estudio .

En resumen , será preciso pensar en la conveniencia de construirlas, en primer
lugar, en cortes no portegidos por una topografia apropiada, como laderas y lo
mas con pendiente sostenida hacía la vía terrestre en extensiones grandes que -
ofrescan areas de captación de lluvia de consideración y , en segundo en los --
formados por materiales erosionables y capaces de proporcionar corrientes --
importantes de gasto sólido (como suelos limosos, limo - arenosos, arcillas -
de depósitos de talud, etc.)

La conservación merece consideración especial, pués es siempre difícil por lo
inaccesibles que suelen quedar , una vez que el camino esté en operación y --
habrá que hacerse siempre a mano, pués resulta engorroso movilizar el equipo
hasta ellos .

Si la conservación no esta realmente garantizada , probablemente valdrá más -
no utilizarlas, sobre todo si no se han de revestir .

8.- Recomendaciones para cimentaciones de obras menores de drenaje.

Llamaremos obra menor de drenaje a todo tipo de alcantarillas.

Como se menciona en el capítulo anterior, se consideran alcantarillas las obras cuyos claros sean menores de 6 m. Las alcantarillas, según su importancia hidráulica pueden resolverse con uno o varios tubos de concreto, con boveda de mampostería sobre muros de concreto ó losas de concreto sobre estribos de concreto ó mampostería. Todas las anteriores son llamadas obras rígidas, por ser muy pequeñas las deformaciones. Además existen las alcantarillas flexibles, generalmente metálicas de lámina corrugada, que se usan mucho en secciones tubulares, pero que cada día se usan más en otras secciones, como la ovoidal y la elíptica, apropiadas para el manejo de gastos mayores de los que desalojan los tubos; en éstas obras de lámina metálica, las formaciones debido a las presiones de tierra son importantes. Según la topografía del lugar y el gasto por desalojar pueden repetirse adosadas, dando lugar a alcantarillas múltiples. En suelos blandos suele recurrirse a la construcción de cañones de concreto.

Los problemas de cimentación de las alcantarillas, se resuelven con los métodos para cimentaciones superficiales. Se exceptúa el caso de los tubos, que comunican al terreno natural esfuerzos muy bajos y quedan fuera de estas consideraciones. El problema radica en la falta de estudios en alcantarillas por su gran número y baja inversión individual. Por ello, las recomendaciones de cimentación, suelen darse con base en observación o en estudios muy someros por especialistas en la aplicación de la Mecánica de Suelos a estos problemas.

Cuando el terraplén se coloca sobre terreno muy blando y compresible, los asentamientos resultan muy perjudiciales para las obras de drenaje, que han de hacerse bajo ellos, destruyendo las que son rígidas o deformando más de lo tolerable, cuando son flexibles.

El problema de cimentación puede a veces resolverse, colocando la obra de drenaje en el cuerpo del terraplén, que es más resistente que el terreno de cimentación pero está, restringido de no perjudicar su comportamiento hidráulico al elevar la obra, o que no se cree un almacenamiento de agua bajo de la plantilla lo cuál puede infiltrarse en el terraplén.

Generalmente este método es apropiado en terraplenes sobre terrenos pantanosos, e inundados ó en lugares en que por lo blando del terreno natural, parte del terraplén se incrusta en él desde un principio.

Cuando los tubos ya no resuelven el problema hidráulico, la mejor solución es el cajón de concreto, ya que transmite al terreno niveles de esfuerzo menores además de soportar mejor los movimientos del terraplén sobre terreno compresible y comunicando al terreno esfuerzos del orden de los del propio terraplén eliminado los asentamientos diferenciales.

Estructuras flexibles .- Son aquellas construidas por tubos o arcos de lámina de acero corrugada, con o sin recubrimiento adicional, colocadas bajo el terraplén o en el terreno en una o más líneas. Para los fines de proyecto se consideran la influencia de las cargas:

Muertas (peso propio del material colocado sobre la estructura, "colchón ")

vivas (peso del equipo que transita sobre la estructura); impactos producidos por las cargas móviles así como las vibraciones. En general el efecto de la carga viva disminuye al aumentar el espesor del colchón y al aumentar la velocidad del tránsito.

Para resistir correctamente las cargas, la alcantarilla deberá estar apoyada en un suelo homogéneo con toda su longitud, si no lo es el terreno natural deberá hacerse una sustitución de los materiales débiles o compresibles por material compactado. Bajo la obra deberá colocarse una plantilla, preferentemente de arena compacta. En terraplenes construidos sobre terrenos compresibles el efecto de mayor asentamiento en el centro respecto a las orillas, puede ser conveniente el dar a la obra una adecuada contraflecha.

La resistencia y el funcionamiento de cualquier tipo de estructura flexible para drenaje depende en gran parte de la calidad y las normas de colocación del material de relleno lateral de colchón adyacentes a ella. Debe procurarse que el material de relleno sea inerte al agua, es decir no sea susceptible a expansiones, tubificación, agrietamientos, fácilmente compactables, etc.

El relleno natural deberá colocarse por capas alternativamente, de modo que vaya creciendo a los lados. El colchón debe comenzar a colocarse del centro hacia los extremos simultáneamente.

Lo fundamental a cuidar en la colocación del relleno es la correcta compactación de las capas que vayan colocándose, ya que esto hace aumentar la resistencia al esfuerzo cortante y disminuye los empujes de tierras que el relleno ejerce lateralmente contra la estructura.

Como regla práctica no debe haber en un contorno a la estructura de dos diámetros de ancho, material que no haya sido cuidadosamente compactado.

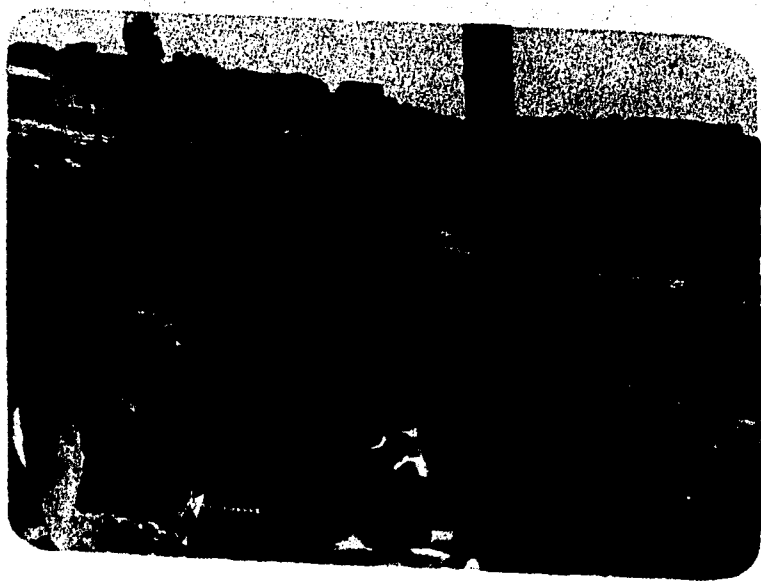
Estructuras rígidas .- Son aquellas construidas con materiales rígidos , como concreto ó concreto reforzado . El estudio debe comenzar con un análisis de cargas a que estará sujeta la estructura pues es muy importante para su comportamiento .

Para fines de proyecto deben considerarse los dos tipos de carga:

Carga Muerta; .- Son causadas por el material que abriga el tubo rígido . Se pensará que es el peso de este material colocado sobre el tubo; sin embargo puede ser mayor o menor y por una rara casualidad igual a dicho peso . Lo anterior se debe a que entre un prisma de suelo de ancho igual el ϕ del tubo, situado sobre éste y prolongando hasta la superficie del terreno o terraplén y las masas de suelo a ambos lados de este prisma , se ejercen fuerzas cortantes cuando hay alguna tendencia al movimiento relativo . Si las fuerzas cortantes producidas son hacia arriba, por que el prisma considerado trate de bajar respecto a las masas vecinas, el efecto del prisma sobre el tubo es menor que su propio peso; por el contrario, si por alguna razón las masas vecinas tratan de bajar respecto al prisma las fuerzas cortantes se producen hacia abajo, sumandose al peso propio del prisma por lo que el efecto de éste sobre el tubo es mayor que su propio peso . Para el cálculo de cargas muertas, éstas estructuras se clasifican en tres clases principales según las " condiciones de instalación " ; éstas clases se muestran en la tabla No. 8; fig. a, b, c, del anexo " B "



Región pantanosa y chapodeo sobre el eje del camino.



Instalación mala de una alcantarilla rígida (de concreto). Nótese el agua en la plantilla.

Los conductos instalados en zanjas, son aquellos que se entierran en zanjas estrechas (fig. a) bajo el nivel del terreno natural, cuyos lados no han sufrido desmoronamientos; sobre ellos se coloca solamente el relleno de la zanja.

Los conductos instalados en terraplén o proyección positiva (fig. b), son aquellos que se instalan en superficies anchas de más de dos veces el ϕ , que se conforman algo al fondo del conducto, quedando de esa manera parte del conducto encima del lecho natural y luego siendo cubierto con el terraplén .

Los conductos instalados en zanja con terraplén o en proyección negativa (fig. c) son aquellos que se colocan en zanjas de poca profundidad, con la clave del conducto abajo de la superficie del terreno natural y luego se cubren con un terraplén más alto del terreno natural.

Las siguientes ecuaciones permiten calcular la carga muerta, por metro lineal de tubo:

Para el caso de conductos instalados en zanjas :

$$W_m = C_d \gamma_m B_t^2$$

Donde :

- W_m = Carga muerta actuante
- γ_m = Peso específico del material en que se encuentre.
- B_t = Ancho de la zanja al nivel de la clave .
- C_d = Coeficiente de carga.

Para el caso de conductos en terraplén :

$$W_m = C_c \gamma_m D^2$$

Donde :

- D = Diámetro exterior del tubo rígido
- C_c = Coeficiente de carga.

Para el caso de conductos en zanja con terraplenes :

$$W_m = C_n \gamma_m B_t^2$$

Donde: C_n = Coeficiente de carga

Todos los coeficientes de carga C_d , C_c y C_n ; se pueden encontrar en gráficas (ref. 1); o en cualquier obra referente a alcantarillas.

Estudio de las cargas vivas.- Estas cargas que se aplican a las alcantarillas, son debidas principalmente a vehiculos en movimiento; y esto se toma en cuenta en las formulas para calcular la carga viva, introduciendo un factor mayor que la unidad, denominada factor de impacto:

$$W_v = \frac{1}{L} W_o F_i P$$

Donde :

W_v = Carga viva promedio

L = Longitud de una sección longitudinal del tubo, si éste se construye en tramos de un metro o menor. Si se construye en secciones de longitud mayor o es continuo deberá tomarse igual a 1 m.

W_o Influencia de la carga superficial, depende de L , D ó ancho en caso de alcantarilla de losa o cajón; H (prof. de la clave del tubo) y de la posición de la carga de la rueda con respecto al area en planta, del tubo proyectado sobre un plano horizontal tangente por la clave.

P = Carga de rueda, considerada como una carga concentrada.

9.- Problemas Especiales

En la construcción de un camino, dadas las condiciones y características de los materiales en su estado natural, existen muchos problemas para que la obra -- tenga un servicio aceptable.

Toda masa de suelo situada debajo de la superficie de una ladera ó talud natural ó bién debajo de la superficie del talud formado por un desmonte ó excavación -- tiene tendencia a desplazarse hacia abajo de hacia fuera por el efecto de su propio peso. Cuando esta tendencia es contrarrestada por la resistencia al corte -- del suelo, el talud es estable, en caso contrario, se produce deslizamiento. El material ^{en} el que se produce el deslizamiento puede estar constituido por un -- suelo natural, un terraplén artificial o una combinación de ambos.

Para determinar la estabilidad de un terraplén a construirse sobre estratos de arcilla blanda debe siempre ir precedido de una investigación completa del -- subsuelo, incluyendo perforaciones, muestreo y ensayos. Los resultados de -- la exploración proveen al proyectista datos referentes al perfil y a las propiedades físicas del subsuelo. El próximo paso consiste en calcular el coeficiente de seguridad del terraplén con respecto a una rotura de su base. En condicio-- nes normales, se considera que la base del terraplén no es satisfactoria salvo cuando el coeficiente de seguridad con respecto a rotura, durante o inmediata-- mente después de terminada la construcción, es igual a 1.5 por lo menos.

En muchos casos dado que las características de los materiales, no son acep-- tables en la construcción; otro agente y es el principal perjudicial: es el agua que si no se le encausa ó controla, produce muchos problemas.

Así los deslizamientos en corte ó terraplén, pueden resultar de flujos de arcilla saturada, movimientos ocasionados por las aguas freáticas o por la --

falla interior de un estrato rocoso.

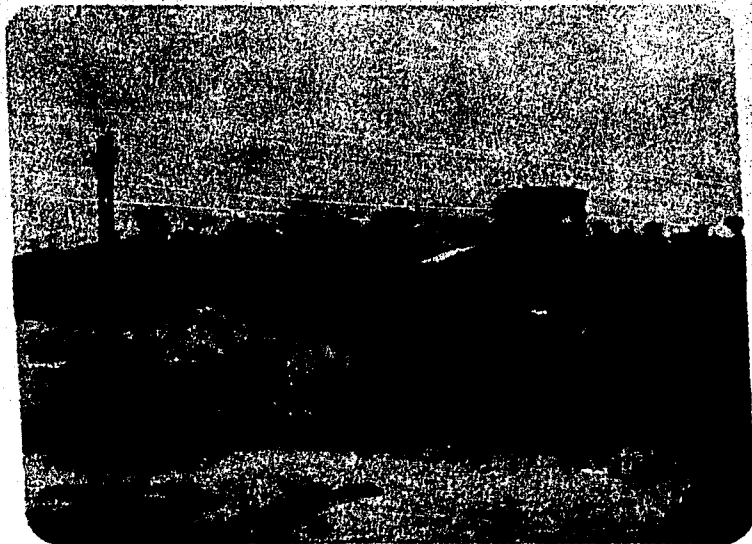
Se originan muchos deslizamientos cuando una superficie inclinada de arcilla interior o material similar es lubricada por el agua de filtraciones. Durante la época de lluvias, ésta superficie puede lubricarse, provocando que se mueva toda la masa. Si la superficie de un deslizamiento se lubrica por agua superficial desde arriba del talud, el agua puede ser interceptada por zanjas superficiales colocadas en la parte del talud ó impermeabilizando la zona de infiltración. Si el agua viene de una capa permeable a poca profundidad, puede instalarse drenes interiores para detener más el flujo.

Si la masa amenazante es demasiado profunda el flujo puede interceptarse mediante túneles de drenaje de pequeña sección transversal, rellenos con arena gruesa sobre el tubo abierto. El agua debe siempre interceptarse antes de que pueda lubricarse la superficie crítica de deslizamiento.

La construcción de terraplenes sobre zonas pantanosas presentan el problema de hundimientos. Las condiciones que la ^{base} de un terraplén debe cumplir para ser estable y los métodos para impedir una rotura por la base, se estudian en el siguiente orden: terraplenes sobre terrenos muy blandos ó pantanosos - terraplenes sobre mantos espesos de arcilla blanda homogénea, terraplenes sobre terrenos estratificados que contienen capas bastante homogéneas de arcilla blanda y terraplenes sobre arcillas que contienen capas delgadas de arena o limo.

Las condiciones del subsuelo referentes a los dos primeros casos suelen producir roturas por hundimiento y las dos últimas fallas por extensión.

52-a



**Camión muy en la orilla del terraplén en zona
pantanosa.**



Formación del terraplén con material arenoso.

Los terraplenes en arcilla ó limo orgánico muy blandos son comunes en regiones donde antes existían lagunas ó lagos poco profundos. Los bordes de estos depósitos poco profundos suelen estar cubiertos de musgos de pantano u otros tipos de vegetación de pantano. El limo ó la arcilla traída en suspensión a los lagos se mezcla con materia orgánica descompuesta arrastrada desde las orillas, de modo que los sedimentos finos originados en los mismos suelen tener un alto contenido de materia orgánica y su relación de vacíos es con mucha frecuencia mayor de 2. Estos depósitos pueden contener capas de turba ó estar enterrados debajo de una capa de turba.

Si la superficie de un depósito de esta naturaleza no ha estado nunca sometida a una sobrecarga, el depósito no puede tener resistencia ni para sostener un terraplén de mediana altura.

Para la construcción de dichos terraplenes pueden seguirse diferentes procedimientos:

Por flotación.- Consiste en hacer que el terraplén flote mediante el empleo de un material cuyo peso volumétrico pese menos que el pantano. Se requiere de arenas volcánicas por lo que éste procedimiento no es recomendable. Presenta el inconveniente de asentamiento con el tiempo.

Por consolidación.- Consiste en proporcionar al material del pantano, cierta capacidad para sostener el terraplén. Puede obtenerse por:

a) Desecación del pantano.- En contados casos es aplicable este método, ya que por lo general las zanjas pantanosas son las más bajas, lo que dificulta la desecación.

b) Confinamiento del terraplén.- Aunque se ha usado en algunos caminos, es

antieconómico.

c) Con sobre cargas laterales o ambos lados con tabla -estacados . Dependiendo de los materiales de la región , en muchos casos es una solución adecuada . Cualquiera de estos tres procedimientos presentan el inconveniente de largos - periodos de asentamiento .

d) Drenes verticales de arena para acelerar la consolidación .- Acelera el - asentamiento del terraplén sobre el pantano . La aceleración se lleva a cabo - expulsando parte de la humedad al material pantanoso .

La instalación de estos drenes además del flujo vertical , permite el despla-- zamiento horizontal del agua lo que aumenta su consolidación . El ϕ mínimo de los drenes se recomienda que sea mayor o igual a 30 cm . para su trabajo -- eficiente y el espaciamiento deberá ser tal que un porcentaje considerable del asentamiento final se registra dentro de un tiempo específico . Se ha estimado que los drenes producen la misma consolidación en la centésima parte del - tiempo ó sea que se obtiene un asentamiento de 50 años durante un periodo de construcción de 6 meses .

Por hundimiento total del terraplén .- Consiste en hundir al terraplén hasta - hacerlo descansar sobre el fondo resistente desplazando el suelo fangoso -- puede conseguirse por:

- a) .- Hundimiento del terraplén por medio exclusivo de la gravedad .
- b) .- Hundimiento del terraplén empleando fuerzas exteriores para acelerar el proceso (chiflonas de agua ó explosivas) .

En muchas regiones, el terreno pantanoso blando se halla cubierto con un colchón espeso que es más rígido que las capas más profundas y que se halla bien reforzada por una densa red de raíces. El colchón actúa como una platea y puede llegar a soportar al menos temporalmente, un terraplén de cierta altura.

Los terraplenes construidos en tales condiciones sufren asentamientos excesivos durante muchos años o décadas y la experiencia de conservación indica que pueden llegar a romper el colchón después de muchos años de servicio y hundirse de repente. Por ello, si la obra tiene carácter de permanente, debe destruirse la continuidad del colchón antes de construir el terraplén.

Los costos y los méritos relativos de los distintos métodos para construir terraplenes en terrenos pantanosos dependen del espesor del estrato blando, de modo que antes de hacer el proyecto debe practicarse un levantamiento acotado del fondo firme. Si el espesor del manto blando no excede de 1.50 a 2.00 mts., puede resultar económico eliminar dicho material excavando hasta el fondo firme; pero si el espesor es mayor, resulta comúnmente preferible permitir que el terraplén al hundirse desplace el material blando (método del desplazamiento).

Existen varios métodos de desplazamiento de turba y asentamiento de terraplenes mediante el uso de explosivos.

- 1).- Por la colocación de la carga explosiva antes de construirse el terraplén.
- 2).- Por la colocación de la carga explosiva durante la construcción del terraplén.
- 3).- Por colocación de la carga explosiva posteriormente a la construcción del terraplén.

A N E X O " A "

CUESTIONARIO PARA EL ESTUDIO GEOTECNICO

CUESTIONARIO PARA RECONOCIMIENTO INICIAL
DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTECNICO

CARRETERA : _____

TRAMO : _____

SUB-TRAMO : _____

De Km. ____ . ____ a Km. ____ . ____

ORIGEN : _____

FECHA : _____

CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS SUPERFICIALES

(Poner una cruz en la casilla correspondiente al tipo de terreno entre los Km. a la izquierda)

UBICACION		TIPO DE TERRENO				
DE KM	A KM	ESCARPADO	MONTAÑOSO	LOMERIO		PLANO
				FUERTE	SUAVE	
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					

CUESTIONARIO No 2

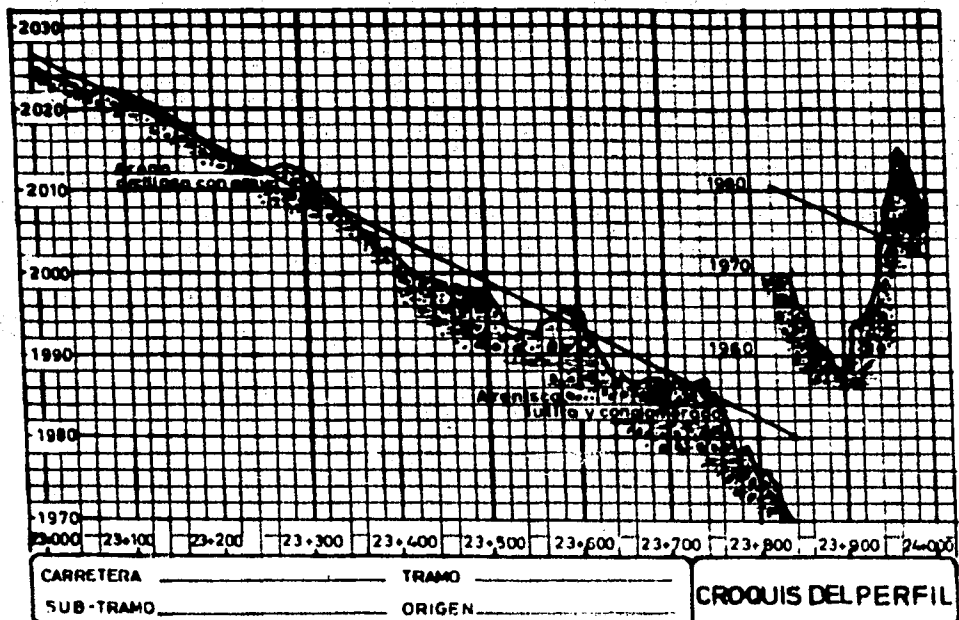
DESCRIPCION LITOLÓGICA GENERAL

UBICACION		TIPO DE ROCAS						
DE Km	A Km	IGNEAS			SEDIMENTARIAS		METAMORFICAS	
		INTRUSIVAS	EXTRUSIVAS		ESTRATIFICADA	NO ESTRATIFICADA	FOLIADAS	NO FOLIADAS
			LAVICAS	PIROCLASTICAS				

CUESTIONARIO No 3

PRÉSTAMOS DE MATERIALES		CARRERA _____			
		TRAMO _____	ORIGEN _____		
PRÉSTAMO DE MATERIAL PARA _____		DENOMINACIÓN _____			
UBICACIÓN	ESTRATO No ESPESOR m.	CLASIFICACIÓN SANOP	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLÚMETRICA 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1	CLASIFICACIÓN PRESUPUESTO A B C
DIMENSIONES LARGO _____ m ANCHO _____ m ESPESOR _____ m		VOLUMEN APROVECHABLE _____ m ³		OBSERVACIONES _____	
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN					

CUESTIONARIO No 6



CUESTIONARIO No 7

A N E X O " B "

TABLAS TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO GEOTECNICO

COMPOSICION Y CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS			
PRINCIPALES MINERALES QUE FORMAN LAS ROCAS	ROCAS		
	EXTRUSIVAS (Grano fino o porfirítica)	INTRUSIVAS (Grano grueso)	
CUARZO	RIOLITA	GRANITO	ROCAS CLARAS
FELDSPATO POTASICO (Ortoclases)	TRAQUITA	SIENITA	
FELDSPATO SODICO-CALCICO (Plagioclasas)	ANDESITA	DIORITA	ROCAS OSCURAS **
	DACITA	GRANDIORITA	
	BASALTO	GABRO	ROCAS OSCURAS **
Silicatos Ferro-magnesianos: Micas MB. Hornblenda Piroxena Olivino	AUGITITA	PIROXENITA	
	LIMBURGITA	PERIDOTITA	

ORIGEN	NATURALEZA	R O C A		
ERUPCIONES TRANQUILAS	VITREA	OBSIDIANA PERLITA PIEDRA POMEZ * RETINITA (Piedra Pez)		
ERUPCIONES EXPLOSIVAS	PIROCLASTICA (FRAGMENTOS)	PIEDRA POMEZ BLOQUES BOMBAS	AGLOMERADO	
		Sueltas		Consolidadas
		GRAVAS		BRECHAS
		LAPILLI		TOBAS
		ARENAS		ARENISCAS
		CENIZAS		TOBAS
		POLVOS	TOBAS	

* Includa aqui por ser vitrea

** rocas basicas

TABLA No. 1

ROCAS SEDIMENTARIAS			
ORIGEN	AGENTE TRANSPORTADOR	SEDIMENTO SUELTO	SEDIMENTO CONSOLIDADO
M E C A N I C O	AGUA	GRAVA (ARISTAS REDONDEADAS) GRAVA (ARISTAS AGUDAS) ARENA LIMO ARCILLA	CONGLOMERADO BRECHA ARENISCA LIMOLITA ARGLITA
	VIENTO	MEDANOS LOESS	ARENISCA
	HIELO	GRAVAS ANGULOSAS ARENA LIMO ARCILLA	} TILITA
	GRAVEDAD	GRAVA ANGULOSA	

ORIGEN	NATURALEZA	SEDIMENTO CONSOLIDADO
Q U I M I C O	CALCAREA	CALIZA DOLOMITA ARAGONITA TRAVERTINO MARGA
	CALCAREA ARCILLOSA	
	SILICOSA	PEDERNAL GEYSERITA
	SALINA	EVAPORITAS: SAL GEMA YESO BORAS TEQUESQUITE CRISTALILLO
O R G A N I C O	CALCAREA	CALIZA CORAL COQUINA CRETA (SASCAB)
	SILICOSA	DIATOMITA (TIZAR)
	CARBONOSA	TURBA LIGNITO HULLA ANTRACITA

T A B L A No. 2

ROCAS METAMORFICAS	
ROCA ORIGINAL	PRODUCTO METAMORFICO
ARENISCA	CUARCITA
CALIZA	MARMOL
LUTITA	PIZARRA
BASICAS	ESQUISTOS, SERPENTINAS, etc.
GRANITO DIORITA Y CONGLOMERADO	GNEISS

TABLA No. 3

TIPO	SUB-TIPOS	I D E N T I F I C A C I O N	SIMBOLO DE GRUPO
FRAGMENTOS DE ROCA TAMANOS MAYORES DE 75 CM (3")	FRAGMENTOS GRANDES MAYORES DE 0.75 M. Y MENORES DE 2.00 M.	FRAGMENTOS GRANDES, CON MENOS DEL 10% DE OTROS FRAGMENTOS O DE SUELOS.	Fg
		FRAGMENTOS GRANDES MEZCLADOS CON FRAGMENTOS MEDIANOS, PREDOMINANDO LOS GRANDES, CON MENOS DEL 10% DE FRAGMENTOS CHICOS O DE SUELOS.	Fgm
		FRAGMENTOS GRANDES, MEZCLADOS, CON FRAGMENTOS CHICOS, PREDOMINANDO LOS GRANDES, CON MENOS DEL 10% DE FRAGMENTOS MEDIANOS O DE SUELO.	Fgc
		FRAGMENTOS GRANDES MEZCLADOS CON FRAGMENTOS MEDIANOS Y CHICOS PREDOMINANDO LOS GRANDES SOBRE LOS MEDIANOS Y ESTOS SOBRE LOS CHICOS, CON MENOS DEL 10% DE SUELO.	Fgmc
	FRAGMENTOS MEDIANOS MAYORES DE 30 CM Y MENORES DE 0.75 M.	FRAGMENTOS GRANDES MEZCLADOS CON FRAGMENTOS CHICOS Y MEDIANOS, PREDOMINANDO LOS GRANDES SOBRE LOS CHICOS Y ESTOS SOBRE LOS MEDIANOS, CON MENOS DEL 10% DE SUELO.	Fgcm
		FRAGMENTOS MEDIANOS CON MENOS DEL 10% DE OTROS FRAGMENTOS O DE SUELO.	Fm
		FRAGMENTOS MEDIANOS MEZCLADOS CON FRAGMENTOS CHICOS, PREDOMINANDO LOS MEDIANOS SOBRE LOS CHICOS, CON MENOS DEL 10% DE FRAGMENTOS GRANDES O DE SUELO.	Fmc
		FRAGMENTOS MEDIANOS MEZCLADOS CON FRAGMENTOS GRANDES, PREDOMINANDO LOS MEDIANOS SOBRE LOS GRANDES, CON MENOS DEL 10% DE FRAGMENTOS CHICOS O DE SUELO.	Fmg
	FRAGMENTOS CHICOS MAYORES DE 7.5 CM Y MENORES DE 30 CM.	FRAGMENTOS MEDIANOS MEZCLADOS CON FRAGMENTOS CHICOS Y GRANDES, PREDOMINANDO LOS MEDIANOS SOBRE LOS CHICOS Y ESTOS SOBRE LOS GRANDES, CON MENOS DEL 10% DE SUELO.	Fmcg
		FRAGMENTOS MEDIANOS MEZCLADOS CON FRAGMENTOS GRANDES Y CHICOS, PREDOMINANDO LOS MEDIANOS SOBRE LOS GRANDES Y ESTOS SOBRE LOS CHICOS, CON MENOS DEL 10% DE SUELO.	Fmgc
		FRAGMENTOS CHICOS, CON MENOS DEL 10% DE OTROS FRAGMENTOS O DE SUELO.	Fc
		FRAGMENTOS CHICOS MEZCLADOS CON FRAGMENTOS MEDIANOS, PREDOMINANDO LOS CHICOS, CON MENOS DEL 10% DE FRAGMENTOS GRANDES O DE SUELO.	Fcm
		FRAGMENTOS CHICOS MEZCLADOS CON FRAGMENTOS GRANDES, PREDOMINANDO LOS CHICOS, CON MENOS DEL 10% DE FRAGMENTOS MEDIANOS O DE SUELO.	Fcg
		FRAGMENTOS CHICOS MEZCLADOS CON FRAGMENTOS MEDIANOS Y GRANDES, PREDOMINANDO LOS CHICOS SOBRE LOS MEDIANOS Y ESTOS SOBRE LOS GRANDES, CON MENOS DEL 10% DE SUELO.	Fcmg
		FRAGMENTOS CHICOS MEZCLADOS CON FRAGMENTOS GRANDES Y MEDIANOS, PREDOMINANDO LOS CHICOS SOBRE LOS GRANDES Y ESTOS SOBRE LOS MEDIANOS, CON MENOS DEL 10% DE SUELO.	Fcgm

TABLA No 4

COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA.

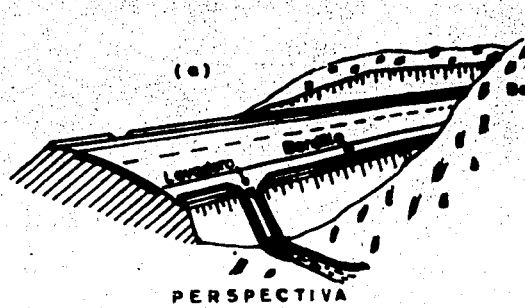
TIPO DE MATERIAL	COMPACTADO			BANDEADO	ABUNDA- MIENTO
	90%	95%	100%		
ARENA					
SUELTA	0.87	0.82	0.78		1.00
MEDIANAMENTE COMPACTO	0.96	0.91	0.86		1.10
COMPACTA	1.03	0.98	0.93		1.20
MUY COMPACTA	1.11	1.05	1.00		1.28
LIMO NO PLASTICO					
MUY SUELTO	0.82	0.78	0.74		1.06
SUELTO	0.91	0.86	0.82		1.17
MEDIANAMENTE COMPACTO	0.99	0.94	0.89		1.27
COMPACTO	1.06	1.00	0.95		1.38
MUY COMPACTO	1.11	1.05	1.00		1.43
ARCILLA Y LIMO PLASTICO					
MUY BLANDA	0.78	0.74	0.70		1.08
BLANDA	0.87	0.82	0.78		1.20
MEDIA	0.95	0.90	0.85		1.30
FIRME	1.01	0.96	0.91		1.40
MUY FIRME	1.08	1.02	0.97		1.48
DURA	1.14	1.08	1.02		1.57
ROCAS					
MUY INTENPERIZADA. Rocas con alteración física y química muy avanzadas, poco cementadas, con grietas apreciables, resacas de suelo, se desmenuzan fácilmente. Podrán atacarse con tractor y se obtendrán fragmentos chicos, gravas, arenas y arcillas.				1.00	1.10
MEDIANAMENTE INTENPERIZADAS. Rocas con alteración física y química medianamente avanzadas, medianamente cementadas, fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de arado y de explosivos de bajo poder y se obtendrán fragmentos chicos y medianos, gravas y arenas.				1.15	1.50
SANAS. Rocas sin alteración física o química, poco o nada fissuradas, bien cementadas, densas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos grandes y medianos.				1.25	1.75

TABLA No 5

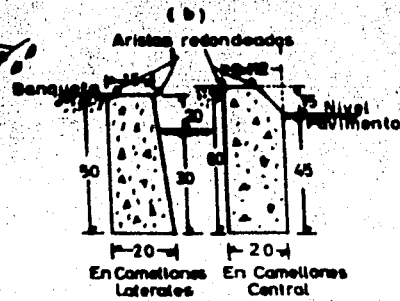
TALUDES RECOMENDABLES EN CORTES.

TIPO DE MATERIAL	Hasta aprox. 8 m.	De aprox. 8 m. aprox. a 16 m.	OBSERVACIONES
Granito sano y masivo.	1/4:1	1/4:1	Descopetar a 1/2:1 la parte intemperizada si la hay.
Granito sano, en bloques.	1/2:1	3/4:1	Amacizar taludes según la disposición de los bloques.
Granito sano, fracturado.	1/4:1	1/2:1	No se considera recomendable la construcción de bermas en el cambio de talud.
Granito fracturado e intemperizado.	1/2:1	1/2:1	Si el fracturamiento es uniforme.
	1/2:1	3/4:1	Si el fracturamiento es más intenso en la parte superior del corte.
Granito totalmente intemperizado (Icuruguy).	1/2:1	3/4:1	Si el producto de intemperización del granito es arena gruesa bien cementada y compacta.
Diorita.			Mismo comportamiento que los granitos.
Andesita fracturada en grandes masas.	1/4:1	1/4:1	Si las fracturas no contienen arcilla.
Tegonite masivo.	1/4:1	1/2:1	
Tobas andesíticas, sanas.	1/4:1	1/4:1	
Tobas brechoideas rílicas.	1/4:1	1/2:1	- Si están intemperizadas en la parte superior del corte.
	1/4:1	1/4:1	Un solo talud para cortes menores de 16 m.
Lutita dura y resistente, con echoado casi horizontal, poco fracturada.	1/4:1	1/4:1	Cambio de talud a la mitad de la altura en cortes mayores de 16 m.
	1/4:1	1/2:1	No construir contracunetas, si no son bien impermeables.
Lutita suave de resistencia media, muy fracturada.	1/4:1	1/2:1	Si la parte superior del corte se encuentra más fracturada.
	1/2:1	1/2:1	No construir contracuneta.
Areniscas fuertemente cementadas.	1/8:1	1/8:1	
Areniscas poco cementadas.	1/4:1	1/2:1	
Conglomerado brechoide bien cementado con matriz silicosa.	1/8:1	1/8:1	
Conglomerado cementado con matriz calciosa.	1/4:1	1/4:1	
Conglomerado pobremente cementado.	1/4:1	1/2:1	
Caliza fracturada con echados casi horizontales.	1/8:1	1/8:1	Descopetar a 1/2:1 la parte superior del corte.
Arcillas muy suaves expansivas compresibles.	1:1	1:1	Construir bermas a 4 m. a la mitad de la altura, con buen drenaje.
Arcillas poco arenosas firmes (hom).	1/2:1	1/2:1 a 3/4:1	
Limos arenosos muy compactos (tepe).	1/4:1	1/2:1	
Coque producto de alteración de dioritas.	1:1		Cubrir con "tepes" el talud. Altura máx. 8 m.
Arenas limpias.		Su ángulo de fricción interna	

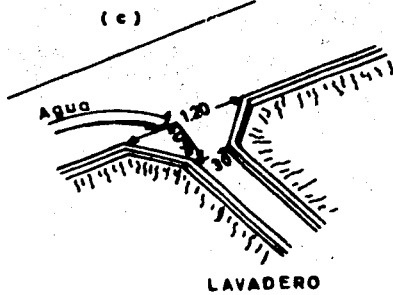
T A B L A N o 6



PERSPECTIVA



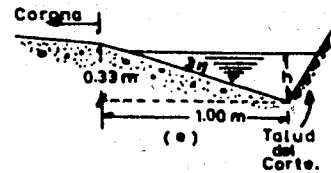
GUARNICIONES



LAVADERO



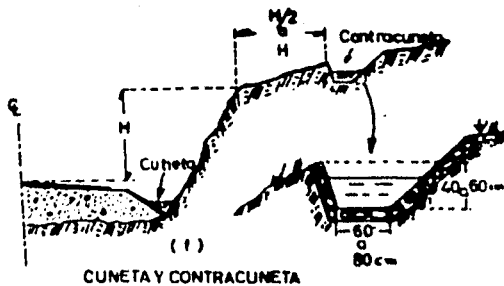
BORDILLO



CUNETA TRIANGULAR

Valores más. de vel. no erosivos en cunetas.	
Material	Vel. (m/s)
Arenas finas y limos	0.40-0.50
Arcilla arenosa	0.50-0.75
Arcilla	0.75-1.00
Arcilla firme	1.00-1.50
Grava limosa	1.00-1.50
Grava fina	1.50-2.00
Pizarras suaves	1.50-2.00
Grava gruesa	2.00-3.50
Zampeados	3.00-4.50
Rocas sanas y concreto	4.50-7.50

Valores del gasto en cuneta triangular para distintas pendientes del camino y velocidades del agua.		
pend del camino %	velocidad del agua m/seg	gasto m ³ /seg
1	0.63	0.11
2	0.89	0.15
3	1.09	0.18
4	1.26	0.22
5	1.41	0.24
6	1.54	0.27



CUNETAY CONTRACUNETA

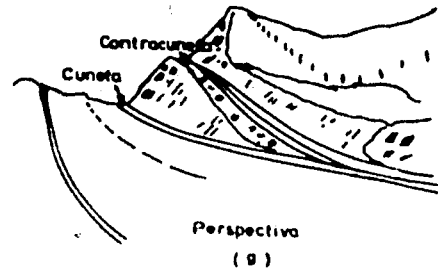
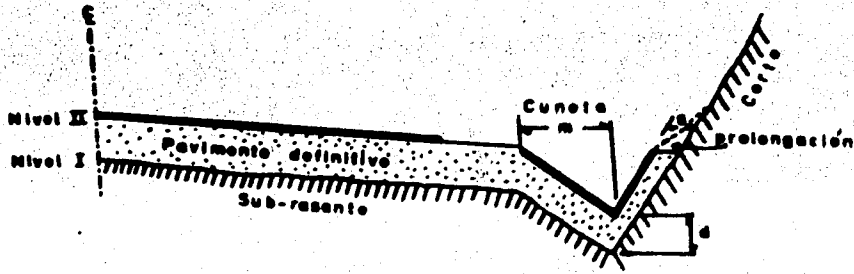


TABLA No. 7



CUNETAS

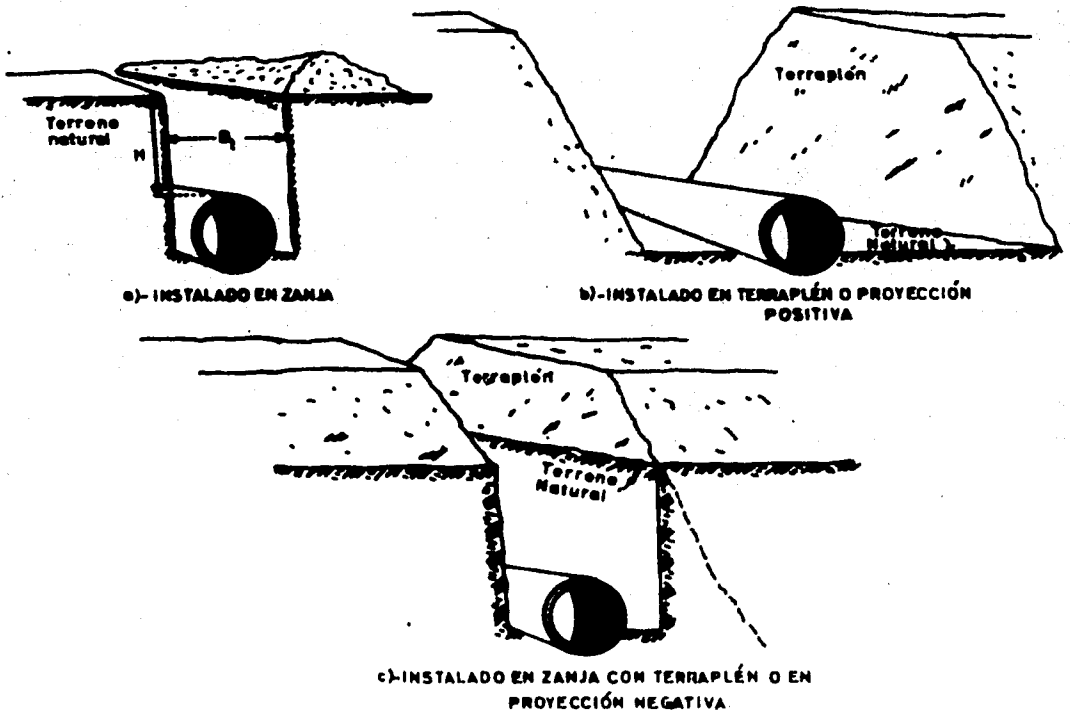


TABLA No. 8

B I B L I O G R A F I A

- 1.- La Ingeniería de Suelos, Tomos I y II
Rico y Del Castillo
- 2.- Geología Para Ingenieros
Legget
- 3.- Fundamentos de Geología Física
Leet
- 4.- IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, (Ponencia)
Ing. Gabriel Moreno Pecero
- 5.- Experiencia Mexicana en Relación a Algunos Aspectos
de la Estabilidad de Cortes y Terraplenes.
Ing. Alfonso Rico R, Ing. Luis M. Aguirre M.
Ing. Gabriel Moreno P.
- 6.- Mecánica de Suelos.
Terzaghi Peck
- 7.- Topografía General
Montes de Oca
- 8.- Vías de Comunicación
Carlos Crespo V
- 9.- Ingeniería de Carreteras
Clarkson H. Oglesby
- 10.- Manual para el Constructor de Carreteras
Ing. Guillermo Cano Pérez

QUETZALCOATL

Quetzalcóatl, fue quizás el más complejo y fascinante de todos los Dioses mesoamericanos. Su concepto primordial, sin duda muy antiguo en el área, parece haber sido el de un monstruo serpiente calcaete con funciones dominantes de fertilidad y creatividad. A este núcleo se agregaron gradualmente otros aspectos: la leyenda lo había mezclado con la vida y los hechos del gran Rey sacerdote Topiltzin, cuyo título sacerdotal era el propio nombre del Dios del que fue especial devoto. En el momento de la conquista, Quetzalcóatl, considerado como Dios Único desempeñaba varias funciones: Creador, Dios del viento, Dios del planeta Venus, héroe cultural, arquetipo del sacerdocio, patrón del calendario y de las actividades intelectuales en general; etc. Un análisis adicional es necesario para poder desentrañar los hilos aparentemente independientes que entran al tejido de su complicada personalidad.



IMPRESO EN LOS TALLERES DE:
EDITORIAL QUETZALCOATL S. A.
MEDICINA No. 37 LOCALS 1 Y 2 (ENTRADA POR PASEO DE LAS
FACULTADES) FRENTE A LA FACULTAD DE MEDICINA DE C. U.
MEXICO 20, D. F. TELÉFONOS: 548 61-80 Y 548 58-56