



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

LA GEOTECNIA EN LA PLANEACION, PROYECTO
Y CONSTRUCCION DE CARRETERAS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N

ENRIQUE RAMOS JIMENEZ

LUIS RAMOS JIMENEZ

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

I N D I C E

	página
INTRODUCCION	1
I. DESCRIPCION DE LA FORMA EN QUE SE CONCEBE UNA - CARRETERA	5
A. PLANEACION	6
1. INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES ...	6
2. ESTIMACION DE LA POBLACION	8
3. TENDENCIA AL FUTURO DE LA POBLACION..	8
4. ESTIMACION DEL TRANSITO ACTUAL Y - FUTURO	8
5. ACTIVIDAD ECONOMICA EXISTENTE	9
II. PROYECTO	11
A. ESTUDIO DE RUTAS	16
1. RECOPIACION DE DATOS PREVIOS	16
2. RECONOCIMIENTO DE DATOS PREVIOS	17
3. FOTOGRAFIA AEREA A ESCALA 1: 50 000..	19
4. ESTUDIO DE RUTAS A ESCALA 1: 50 000..	19
5. INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA.....	19
6. RECONOCIMIENTO DE RUTAS POSIBLES	22
7. EVALUACION DE RUTAS POSIBLES	23

B.	PROYECTO PRELIMINAR O ANTEPROYECTO	25
C.	PROYECTO DEFINITIVO	27
1.	PROCESO ELECTRONICO.....	28
a.	DESCRIPCION DE HOJAS DE PROCESO.....	29
III.	ESTUDIOS GEOTECNICOS	52
A.	FOTOINTERPRETACION GEOLOGICA	53
1.	RECOPIACION DE DATOS GEOLOGICOS	53
2.	ITINERARIO Y RECORRIDO EN CAMPO	53
3.	REINTERPRETACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS.	54
4.	ELABORACION DEL INFORME GEOLOGICO	54
B.	ELABORACION DEL INFORME GEOTECNICO	56
1.	DESCRIPCION DE HOJAS DE REPORTE Y RECOMENDACIONES PARA EL CALCULO DE LA CURVA MASA	61
1)	TRATAMIENTO A LOS MATERIALES PROCEDENTES DE LOS BANCOS	91
IV.	EJEMPLO DE ESTUDIO GEOTECNICO Y DISEÑO DE PAVIMENTO	94
	DISEÑO DE PAVIMENTO	125
V.	METODOS DE EXPLORACION	133
A.	METODOS DIRECTOS DE EXPLORACION	136

B.	MÉTODOS INDIRECTOS DE EXPLORACION	141
1.	SENSORES REMOTOS	142
2.	MÉTODOS GEOFÍSICOS	145
a)	ESTUDIO GEOELECTRICO DE RESISTIVIDAD..	148
b)	ESTUDIO DE LA SISMICA DE REFRACCION	152
VI.	DRENAJE	159
A.	DRENAJE SUPERFICIAL	160
1.	CUNETAS	161
2.	CONTRACUNETAS	163
3.	BORDILLOS	163
4.	BOMBEO	167
5.	LAVADEROS	168
6.	ALCANTARILLAS	170
B.	DRENAJE SUBTERRANEO	173
1.	DRENES LONGITUDINALES DE ZANJA	174
2.	DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACION ...	180
3.	DRENES VERTICALES DE ARENA	185
4.	CAPA ROMPEDORA DE CAPILARIDAD	188
C.	FUENTES	191
1.	INFORMACION SOBRE EL SITIO	192

2.	ESTUDIOS HIDROLOGICOS	193
3.	ESTUDIOS HIDRAULICOS	194
4.	ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS	195
5.	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PUENTES	196
VII .	MUESTREO Y PRUEBAS DE LABORATORIO	199
A.	PRUEBAS DE CLASIFICACION	199
B.	PRUEBAS DE CONTROL	201
C.	PRUEBAS DE PROYECTO (VRS)	202
D.	SUBBASE, BASE Y CARPETA	202
1.	PRUEBAS DE CLASIFICACION	202
2.	PRUEBAS DE CONTROL	203
E.	SEGUIMIENTO Y REPORTES	203
F.	CONTROL DE CALIDAD	204
1.	ASPECTOS QUE INVOLUCRA EL CONTROL DE LA - CALIDAD	204
2.	HERRAMIENTAS DEL CONTROL DE LA CALIDAD...	205
3.	CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES....	206
VIII.	PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION EN ZONAS ESPECIALES	207
A.	ESTABILIZACION DE SUELOS	207
1.	ADICION DE PRODUCTOS NATURALES, O ARTIFI - CIALES	208
a.	EMPLEO DE CAL	208

b.	EMPLEO DE CEMENTO PORTLAND	210
c.	EMPLEO DE CEMENTO ASFALTICO - ARENA DE MEDANO	212
d.	EMPLEO DE SULFATO DE CALCIO	213
e.	EMPLEO DE EMULSION ESTABILIZANTE CONSOLID- 444 - CONSERVEX	214
f.	EMPLEO DE LICOR SULFITO "ASLIN"	215
2.	SUELOS BLANDOS	216
a.	COMPENSACION (POR ETAPAS)	216
b.	EMPLEO DE MATERIALES LIGEROS (TEZONTLES Y JALES)	217
B.	GEOTEXTILES	221
1.	USOS Y APLICACIONES DE LOS GEOTEXTILES..	223
a.	SEPARACION DE MATERIALES	224
b.	REFUERZO	224
c.	DRENAJE	225
d.	CONTROL DE EROSION	226
e.	ADEMÉS	226
2.	PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.....	228
C.	ESTABILIDAD DE TALLUDES EN CORTES Y TERRAPLE - NES	230

1.	ABATIMIENTO DE TALLUDES	232
2.	EMPLEO DE BERMAS	232
3.	TALLUDES COMBINADOS	234
4.	MUROS DE RETENCION	234
	a. EMPLEO DE GAVIONES	237
	1) CARACTERISTICAS TECNICAS	239
	2) CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE _ LOS GAVIONES	240
	3) COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA ... DE GAVIONES	241
	4) PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS GAVIONES EN CARRETERAS	242
	5) COLOCACION EN OBRA (CASO GENE - RAL)	244
	b. TIERRA ARMADA	247
5.	EMPLEO DE MALLA METALICA	252
6.	ESTABILIZACION DE TALLUDES MEDIANTE EL - USO DE ANCLAS	255
	a. ANCLAS DE FRICCION	256
	b. ANCLAS DE TENSION	261
7.	COLOCACION, ANCLAJE DE MALLA ELECTROSOL_ DADA Y APLICACION DE CONCRETO LANZADO EN CORTES	263

8.	EMPLEO DE VEGETACION	271
9.	RELLENO DE CRIETAS	273
D.	TUNELES	275
1.	ESTUDIOS EN TUNELES	276
2.	PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION	279
	CONCLUSIONES	280
	BIBLIOGRAFIA	285

I N T R O D U C C I O N

En México se ha incrementado notoriamente la red carretera nacional debido en gran parte al aumento sustancial del flujo vehicular en todos los Estados de la República. Esto ha determinado la necesidad de optimizar los recursos a la fecha disponibles con el fin de satisfacer la demanda de servicio en el autotransporte de carga y de pasajeros para permitir con esto el desarrollo del País en el corto, mediano y largo plazo.

Algunos estudios recientes de Ingeniería de Tránsito han permitido observar que varios tramos de carreteras fueron construidos en los años 40's y 50's con las características de diseño de esa época y que en el momento actual resultan insuficientes de acuerdo con el nivel de servicio de los mismos, lo que hace necesaria su modernización, modificando su proyecto geométrico en cada caso en particular.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, dentro del programa de Trabajo que ha implementado para este año, indica la construcción de varias Carreteras troncales y libramientos, con lo cual se pretenden poner en servicio 6 000 kms. de carreteras antes de finalizar el presente periodo de gobierno, tendiendo con ello a solucionar el problema de congestionamiento en los tramos de mayor demanda y rehabilitar otros, modernizando sus características geométricas con el fin de que cumplan con las especificaciones de ca

lidad y estructurales que se requieren en la actualidad.

Para cumplir con el objetivo de reconstruir y consercar la red carretera, se destinará para 1993, el 40% de los recursos asignados, con lo cual se pretende reconstruir y mantener las superficies de rodamiento mediante la reposición de carpetas, bacheo y colocación de sobrecarpetas en varios tramos para aumentar la vida - - útil de los mismos en los cuales aún no se tienen fallas estructura--les.

La Secretaría, en coordinación de los Gobiernos de - los Estados, incrementará la construcción de carreteras en las zonas productivas que se requiera. Cabe hacer notar que algunas de ellas se construirán mediante el sistema de autopistas concesionadas en -- las que las obras se manejan con inversión pública y privada en conjunto, la misma que es recuperable en un periodo de tiempo determinado, con la gran ventaja que se obtienen mayores recursos en todos -- los aspectos.

Por otra parte, el objetivo principal de este trabajo, es el de dar un panorama general de la forma en que la Geotécnica interviene en las etapas de planeación, proyecto y construcción de - una carretera, basados en los procedimientos establecidos en la in--formación geotécnica correspondiente, con el fin de que la construc--ción, operación y mantenimiento, resulten simultáneamente económicos funcionales y seguros. Es decir, se hace énfasis en este trabajo de la aplicación de algunas de las soluciones más comunes a los proble-

mas y situaciones que suelen presentarse en la práctica de la ingeniería en las carreteras del país, con lo cual, se pretende ofrecer al lector de este trabajo, un documento que le permita tener una visión general del papel que juega la geotécnica en el ámbito referido.

De acuerdo con lo anterior, y observando las exigencias que a futuro se crearán con la apertura del Tratado de Libre Comercio de nuestro País con los Gobiernos de Estados Unidos y Canadá, éste traerá consigo la entrada al país de gran variedad de productos, técnicas y procedimientos de Construcción, por lo que se hace necesario tener cada vez mayores conocimientos para poder tomar la decisión adecuada de acuerdo con las necesidades del momento.

Finalmente y a manera de ejemplo, en el área conurbada del Valle de México se construirán a partir de este año, algunos tramos importantes integrando un circuito suburbano, contribuyendo grandemente a solucionar el problema del congestionamiento de vehículos principalmente de carga que se internan a la Ciudad de México; éstos son los siguientes tramos:

Chamapa-Lechería: 31 Kms.; Libramiento Norte del área Metropolitana de la Cd. de México: 130 Kms.; Contadero-Colegio Militar: 12 Kms. y Peñón-Texcoco: 20 Kms.

Por lo anteriormente descrito se establece que cada obra carretera cruzará sobre diferentes tipos de suelos y rocas, -

creando en sí problemas específicos que deberán solucionarse con --
técnicas y procedimientos de acuerdo con cada caso en particular: -
Por tanto, se ve la necesidad urgente de que se actualicen los cong
cimientos que en general se requieren para esta rama de la Ingenie-
rfa Civil.

1. DESCRIPCIÓN DE LA FORMA EN QUE SE CONCEBE UNA CARRETERA

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de sus diferentes Direcciones Generales encargadas de la Planeación, el Proyecto y Construcción de la red carretera, ha establecido en la actualidad un programa, con el objeto de alcanzar el mejoramiento y expansión de la red de carreteras troncales, y con base en este plan, se han realizado programas de inversión para la conservación de la red carretera existente en forma permanente, así como la construcción de nuevas obras para comunicar a poblaciones aisladas e incorporar a las potencialmente productivas, las que mejorarán en forma sustancial el sistema si la demanda así lo requiere, tales como libramientos, ampliaciones y modernizaciones de las carreteras actuales.

De acuerdo con la inversión de la obra, lugar donde se ubicará y finalidad de la misma, se tiene:

- Carreteras de Función Social
- Carreteras de Penetración Económica
- Carreteras en zonas de pleno desarrollo

Las primeras son construídas debido a la gran concentración de habitantes aunque no sea un lugar de gran importancia económica -

ca, las segundas se construirán en zonas de gran potencial económico - provocando con ello un aumento en la productividad, y finalmente las - terceras tienen como finalidad disminuir los costos del transporte ya sea por tracción o recorrido.

A. PLANEACION

La Planeación consiste en un análisis técnico que nos - definirá las características más sobresalientes de la zona en donde - se localizará la obra, en conjunto con todos los factores que van a in - tervenir, de tal manera que se conozcan los efectos más importantes - de su aprovechamiento.

El estudio de Planeación consiste en el desarrollo de los siguientes puntos:

1. Inventario de Recursos Naturales
2. Estimación de la Población
3. Tendencia al futuro de la Población
4. Estimación del tránsito actual y futuro
5. Actividad económica existente

1. INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES

Los Recursos Naturales constituyen la riqueza económica de la zona y se pueden clasificar en:

.../

- a. Hidrológicos.- Como lo son las aguas de la superficie terrestre y éstas determinarán las obras de drenaje necesarias y el costo, en forma aproximada de las mismas.
- b. Geológicos.- Para conocer la formación del terreno y la posible ubicación de bancos de materiales.
- c. Agrícolas.- Para determinar la producción ganadera y forestal, así como áreas de cosecha existentes y zonas de posible desarrollo.
- d. Turfísticos.- Para conocer la importancia de la zona o centro turfístico y su potencialidad a futuro.
- e. Industriales.- Para establecer la importancia de la zona y el valor de la producción.
- f. Mineros y Petroleros.- Para indicar la localización de áreas de explotación y determinar su producción y posible desarrollo.

2. ESTIMACION DE LA POBLACION

Es el estudio que se realiza para observar la tendencia del crecimiento de la población, así como la distribución de acuerdo a los censos de población.

Además es necesario realizar un estudio socio-económico para conocer las actividades de la población, como también establecer el número de habitantes en cada una de las actividades existentes en la zona, para determinar así el nivel de vida y número de servicios públicos existentes en el lugar.

3. TENDENCIA AL FUTURO DE LA POBLACION

Es el análisis que definirá el mejoramiento y el desarrollo económico y social de la zona al ser impulsada la riqueza económica de la misma, ya que al contar con una nueva vía de comunicación se logra la ampliación de la demanda de bienes y servicios conjuntamente con la generación de empleos y el mejoramiento del nivel económico de la zona.

4. ESTIMACION DEL TRANSITO ACTUAL Y FUTURO

Es de los datos necesarios para determinar las características del camino a construir en relación a su proyecto geométrico, en base a los estudios de origen y destino, definiendo el tránsito lo

cal y el de largo itinerario, previendo con ello los molestos congestio-
namientos. Realizando aforos, se conocerá el incremento del tránsito -
en forma local para el futuro, así conoceremos el TDPA, la composición
del mismo (A = Automóviles, B = autobuses, C = camiones de carga), y -
conjuntamente con los estudios económicos se realizará una evaluación-
económica en la cual se determinará la conveniencia de construir un -
nuevo camino.

5. ACTIVIDAD ECONOMICA EXISTENTE

Se deberán determinar los enlaces carreteros necesarios
entre las diferentes poblaciones y los diferentes centros de producción.
El estudio consiste en fijar los polos de concentración de los diferen-
tes productos seleccionados en los estudios hechos sobre el uso actual
y potencial del suelo en el territorio nacional, ésto en base a la -
información obtenida a través de la Secretaría de Programación y Pre -
supuesto por medio de cartas geográficas; una vez hecho lo anterior, -
se procede a determinar los centros que sean representativos de consu-
mo.

De esta forma se podrá obtener un diagrama de enlaces, -
el que nos permitirá determinar las propuestas de carreteras deseables-
en relación con las actividades económicas.

Los estudios llevados a cabo en la etapa de Planeación,

se pueden agrupar en:

- Económicos (necesidad económica)
- Geográficos (localización posible)
- Políticos (necesidad política)
- Tránsito (volumen de tránsito)

Con estos estudios, obtenemos finalmente el tipo de -
carretera que se necesitará y las bases suficientes para definir las -
rutas.

II. PROYECTO

Una vez concluidos los trabajos de planeación, se realizan los relativos al Proyecto, por lo que enseguida se describirán las etapas de las cuales consta este sistema.

Se entiende como Proyecto al conjunto de estudios en los que se han considerado todos los casos previstos para la realización de la obra y para aquéllos otros que puedan pasar como imprevistos; es indispensable que los proyectos sean optimizados empleando las técnicas más modernas al alcance, pues de la calidad de los proyectos depende en gran parte la eficiencia y economía de la obra.

Para la elaboración de los proyectos carreteros, se ha utilizado la fotogrametría, fotointerpretación y el cómputo electrónico. El uso de estas técnicas tiene ventajas en cada una de las fases del proyecto, pues permite el estudio de las diferentes alternativas. La fotointerpretación nos permite obtener las imágenes fotográficas, la información preliminar hidrológica, geotécnica y del uso del suelo que se requiere. Con la fotogrametría podemos obtener la información topográfica que se necesita en las diferentes etapas en forma de modelos ópticos, ortofotos, en forma de planos convencionales con altimetría, o en forma convencional de listados o digital.

El uso de computadoras ha permitido efectuar cálculos y la realización de procesos con gran rapidez y economía, facilitando con ello la optimización de los proyectos.

El proyecto Geométrico consta principalmente de los planos siguientes como son: planta, perfil y secciones transversales de construcción de la obra (ver figura II.1)

FOLIO DE RESERVA
 No. 420
 111
 RESERVA
 1118 111
 1118 111
 1118 111

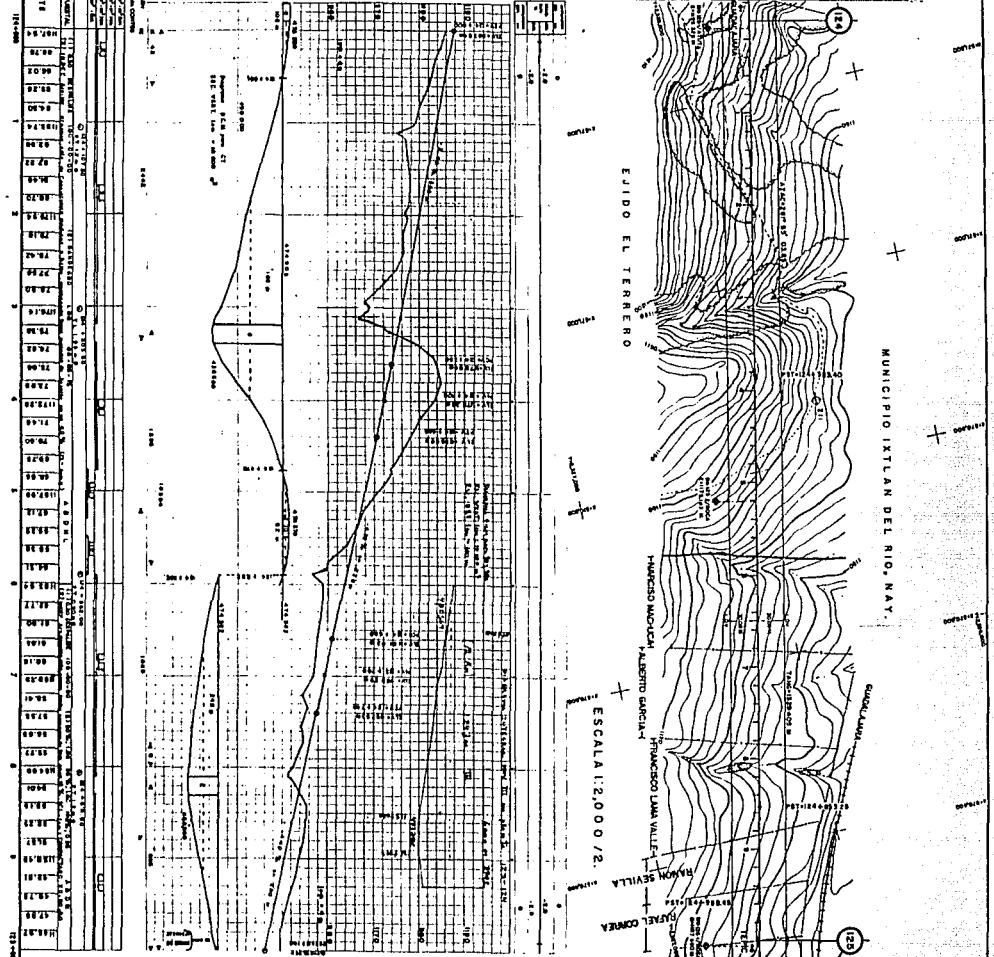
REPUBLICA DEL TRUJO
 MUNICIPAL IXTLAN DEL RIO, NAY.
 EJIDO EL TERRERO

GEOMETRIA DEL ALBARDADO HORIZONTAL
 DATOS DE PROYECTO
 SECCION TIPO

NO. DE LINEA	NO. DE ESTACION	NO. DE ALBARDADO							
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10
7	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8	10	10	10	10	10	10	10	10	10
9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	10	10	10	10	10	10	10	10	10
14	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	10	10	10	10	10	10	10	10	10

DATOS DE PROYECTO
 SECCION TIPO

DATOS DE PROYECTO
 SECCION TIPO



NO. DE LINEA	NO. DE ESTACION	NO. DE ALBARDADO							
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10
7	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8	10	10	10	10	10	10	10	10	10
9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	10	10	10	10	10	10	10	10	10
14	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	10	10	10	10	10	10	10	10	10

FIGURA 111

En la determinación de un proyecto carretero intervienen las siguientes etapas:

- A. ESTUDIO DE RUTAS
- B. PROYECTO PRELIMINAR O ANTEPROYECTO
- C. PROYECTO DEFINITIVO

Estas etapas están esquematizadas en el siguiente sistema de redes (ver figura II.2). La descripción de este sistema se describe de manera general en los siguientes subcapítulos.

A. ESTUDIO DE RUTAS

El estudio de rutas comprende los siguientes conceptos:

1. Recopilación de Datos Previos
2. Reconocimiento de Datos Previos
3. Fotografías Aéreas a Escala 1:50 000
4. Estudio de Rutas a Escala 1:50 000
5. Interpretación Fotogeológica
6. Reconocimiento de Rutas Posibles
7. Evaluación de Rutas Posibles

Enseguida se describen cada una de las actividades anteriores:

1. Recopilación de Datos Previos - Son los datos que sirven de antecedentes para la realización del primer reconocimiento; se recopila toda la información sobre las poblaciones (demografía, producción, cultura, etc.), también sobre las obras existentes y las planeadas por las diferentes dependencias en la zona donde se ubicará el proyecto por estudiar. - Cuantificando los consumos y producciones actuales y estimando los futuros, se estudian las necesidades de transporte; así y mediante los análisis estadísticos, comparativos y de planeación, se determina

.../

el tránsito probable que servirá de base para definir las especificaciones del proyecto.

2. Reconocimiento de Datos Previos - Se realizan con la intervención de técnicos en Planeación, Geotecnia y localización de vías terrestres, utilizando los medios de transporte necesarios como aviones, helicópteros y vehículos terrestres; este reconocimiento tiene por objeto el verificar y complementar los datos previos recopilados y delimitar las zonas de rutas posibles, así como cuencas económicas, geológicas e hidrográficas.

Cada técnico se dedica a cubrir los conceptos de su competencia con los cuales, mediante un análisis en conjunto, se definen los conceptos siguientes:

- La franja de terreno que deberá fotografiarse a escala 1: 50 000
- Los puntos obligados de paso
- Los posibles problemas geotécnicos y de cobertura vegetal que se tendrá en cada una de las rutas posibles.

Posteriormente se llevan a cabo los estudios econó

.../

micos correspondientes a cada una de las rutas propuestas, con el fin de definir la ruta que presente mejores características en cuanto a costos de construcción, conservación y operación.

En la elección de ruta, otros de los puntos básicos que deberán considerarse son la topografía, la hidráulica y la geotecnia, además del uso del suelo donde se ubicará la carretera, por otra parte, es importante conocer las características del tránsito al cual servirá la obra.

En este caso se estudian las posibilidades para el aprovechamiento de la carretera actual, si ésta existiera, o si se requiere la construcción de cuerpos nuevos. Por lo general se utilizan cartas del INEGI ya sean topográficas, geológicas o del uso del suelo, las que constituyen una importante información en esta etapa del estudio y a su vez, se complementan con estudios de fotogrametría y fotointerpretación para la elección de alternativas de solución, así como para permitir el conocimiento de las características geométricas del camino que se pretende proyectar.

3. Fotografía Aérea a Escala 1: 50 000 - Se ha denominado la fotografía a esta escala como de reconocimiento, debido a las ventajas que presenta en cuanto a su amplitud para el estudio de rutas, así como su interpretación desde los puntos de vista geológico, hidrológico y de uso del suelo.

4. Estudio de Rutas a Escala 1: 50 000 - Con el este-reoscopio, se observan pares de fotografías y se marcan las rutas posibles, además se obtiene la determinación aproximada de desniveles.

5. Interpretación Fotogeológica - En el estudio de fotointerpretación, se señalan la geología y el tipo de suelo y rocas que se encuentran en el tramo a lo largo de la línea de proyecto, se identifican el tipo de drenaje, zonas de cruces de ríos y arroyos, materiales para construcción, etc., detallando lo que sea necesario e importante.

En el análisis de las fotografías a escala 1: 50 000, se produce un mosaico fotogeológico; posteriormente, con fotografía a escala 1: 25 000, se determina el control terrestre con el fin de orientar éste con el aparato Balplex 760, donde puede realizarse a ni-

vel de anteproyecto el estudio de alternativas en la planta, perfil y -
secciones transversales, además se hace una restitución a escala 1: 50 000-
de una franja de terreno angosta para delimitarse en el propio equipo -
(ver foto II.1)

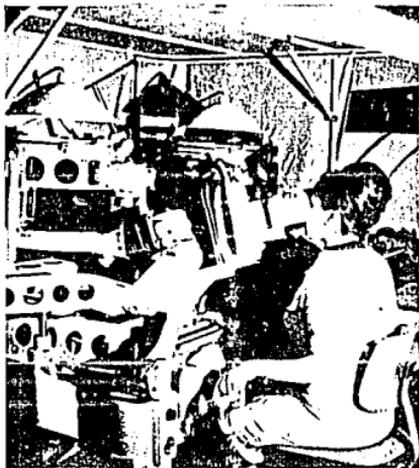


FOTO - II.1
Restitución de planos en
aparato Balplex a escalas

1:2 000 y 1: 5 000

Los aparatos Balplex son aparatos que permiten, por un sistema de proyectores de color, obtener el modelo estereoscópico del terreno en la mesa de aparato hasta una escala 5 veces mayor. Con este modelo estereoscópico y por medio de una mesilla trazadora del aparato, se determinan las elevaciones del terreno, así como también se pueden levantar secciones transversales y perfiles del mismo terreno.

La cubicación de terracerías y cálculo de alternativas del proyecto preliminar, se pueden hacer mediante tablas y nomogramas o por medio de programas de computadora en base al perfil del terreno, las secciones tipo, características de los materiales, alineamientos vertical y horizontal, etc.

Mediante la evaluación de las diferentes alternativas, se escoge la mejor ruta, la cual se presenta en fotografías aéreas, -- planta y perfil, cantidades y volúmenes de obra; adicionalmente su ante presupuesto y memoria de evaluación.

Fijadas las rutas, se lleva a cabo un reconocimiento para corroborar lo observado en las cartas y fotografías que fueron estudiadas; la información obtenida es comprobada en campo con la visita de los puntos previamente seleccionados, ya sea por representatividad o accesibilidad y que determinan el estudio en general de la zona donde se propone construir el camino.

6. Reconocimiento de Rutas Posibles - Se efectúan reconocimientos aéreos (en helicóptero) y en vehículos terrestres, para cada una de las rutas posibles en los que intervienen los mismos técnicos del reconocimiento preliminar, con objeto de verificar y complementar con observaciones directas.

Como se dijo, el reconocimiento se puede realizar en las formas que se describen a continuación:

- a. Reconocimiento aéreo
- b. Reconocimiento terrestre
- c. Reconocimiento combinado

Para elegir la forma en que deberá realizarse el reconocimiento, se tomarán en cuenta varios factores como: vegetación, accesibilidad de la zona, topografía y plazo de ejecución. Debido a esos factores y cuando exista vegetación muy densa, será necesario realizar un reconocimiento terrestre, ya que sería difícil el determinar la topografía, o cuando sea problemático o el terreno sea muy accidentado o pantanoso, se efectuará el reconocimiento aéreo.

Las ventajas que presenta un reconocimiento aéreo es que:

- Se tiene un panorama general de la zona
- Se puede recorrer la zona cuantas veces sea necesario
- Si el recorrido se hace en helicóptero, permite el descenso en lugares de interés para tomar datos con más detalle.

El personal que se encargará de los estudios de reconocimiento, serán técnicos especialistas en: Localización, Planeación y en Geotecnia, ya que aunados sus conocimientos y criterios, son importantes para la elección de la ruta más adecuada.

7. Evaluación de Rutas Posibles - Con los datos obtenidos hasta esta etapa, se deberán elaborar ante - presupuestos de obra y estudios de rentabilidad o - productividad correspondientes para que, por comparación, definan la ruta que se ha de elegir para - realizar el anteproyecto.

El primer paso del anteproyecto, es la realización del trazo de la línea preliminar, cuyo procedimiento es el descrito a continuación.

- a. Fotografía aérea a escala 1: 25 000
 - b. Apoyo terrestre
 - c. Anteproyecto a escala 1: 5 000 en Balplex
-
- a. Las líneas de vuelo se marcan sobre mosaicos -
fotográficos elaborados a escala 1: 25 000, cen-
trándolos sobre la línea y ruta preliminar.

 - b. Es necesario hacer aerotriangulaciones en equi-
po Balplex o en Autógrafo A-7, que permiten re-
producir el control auxiliar requerido para es-
tudir aisladamente cada modelo estereoscópico.

 - c. Anteproyecto utilizando fotos a escala 1: 25 000
en proyector Balplex, ya que el equipo Balplex -
cuenta con tres proyectores sobre gatos hidráu-
licos, que varían de altura en el plano de pro-
yección para observar estereoscópicamente los -
modelos completos, para interpretar el terreno,
trazar y restituir lo que sea necesario. Con la
fotografía a escala 1: 25 000 se obtiene la res-
titución y la maqueta estereoscópica de ante -
proyecto a escala 1: 5 000.

B. PROYECTO PRELIMINAR O ANTEPROYECTO

Es la etapa donde se estudian las posibles líneas que ofrece la ruta elegida, con objeto de precisar las características geométricas y funcionales a las que se sujetará el desarrollo del proyecto detallado, como los alineamientos horizontal y vertical, secciones transversales y en consecuencia las especificaciones para el proyecto, además de las necesidades de drenaje menor o mayor, los pasos a nivel e intersecciones.

En esta etapa se realizan planos topográficos a escala 1: 2 000 con sus curvas de nivel a cada 2 m, ó 1: 1 000, ya sea por el procedimiento fotogramétrico o por el método tradicional; la escala de 1:1 000 se emplea en terreno del tipo montañoso o en zonas suburbanas mediante el Autógrafo A-8, etc., el ancho de la faja de restitución es normalmente de 200 a 400 m, la que deberá estar de acuerdo con la ubicación del eje definitivo de proyecto. (Ver foto 11.2)

Se estudian en base a la línea elegida los detalles y la mejor ubicación de la línea se hace deduciendo perfiles y secciones del terreno en varias alternativas.

La mayor cantidad de detalles y la mayor precisión de los planos a la escala 1: 1 000, con curvas de nivel a cada metro, per-

mite la realización de un anteproyecto más confiable, ya que requiere de menor ajuste en el campo.

Una vez clasificada la vía y fijadas las especificaciones del proyecto, se busca la combinación de alineamientos que se adapten a la topografía (El trazo óptimo es el que se adapta económicamente a la topografía del terreno, pero éste depende de varios factores como lo son el tipo y volumen de tránsito durante la vida útil del proyecto, velocidad, tipo de suelo, alineamientos horizontal y vertical)

Algunas veces se forzan ubicaciones de la línea, como son, por requerimientos de derecho de vía, división de propiedades, cruces de ríos, las previsiones para lograr un buen drenaje, la naturaleza geológica de los suelos donde se ubicara la vía de comunicación, etc.

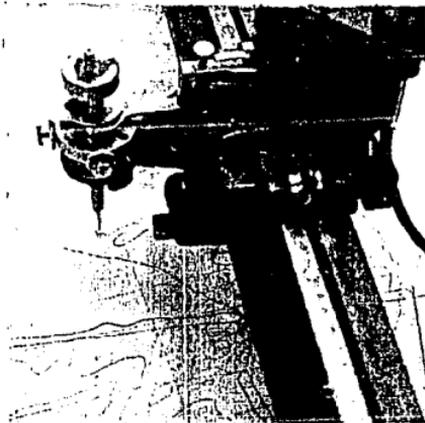


Foto 112

Restitución de planos a escalas 1:2000
ó 1:1000, mediante Autógrafo A-8.

C. PROYECTO DEFINITIVO

Es la etapa final del proyecto, y se puede definir como la obtención de planos para determinar, dimensionar y cuantificar cada uno de los elementos que integran una carretera.

El proyecto Geométrico se refiere al proyecto en las tres dimensiones de la carretera o sea, la planta, perfil y secciones transversales y por consecuencia puentes, drenaje menor, obras complementarias de drenaje, intersecciones y señalamiento.

El proyecto definitivo se obtiene a través de los siguientes pasos o conceptos:

- Apoyo terrestre (poligonal de referencia y fotografías aéreas a escala 1: 25 000)
- Restitución de planos para Proyecto Definitivo
- Proyecto de trazo definitivo
- Reconocimiento del terreno por líneas proyectadas
- Estudio de drenaje en forma preliminar
- Exploración de suelos
- Cálculo o matematización del alineamiento horizontal
- Seccionamiento
- Proyecto del alineamiento vertical

- Cálculo de la curva-masa y geometría de las secciones de construcción.

Actualmente se cuenta con un programa de computadora, el que se basa en un procedimiento electrónico para el cálculo de la curva-masa, lo que reduce el tiempo de procesamiento de datos y el costo. Además, es posible realizar varios análisis del proyecto de la subrasante, de los que se obtienen resultados inmediatos.

1. Proceso Electrónico

Con el empleo del proceso electrónico se ha podido eliminar en cierta forma, el trabajo que representa el cálculo del alineamiento vertical, sobre elevaciones, el dibujo del proyecto geométrico de cada sección, cálculo de áreas y volúmenes de cortes y terraplenes en sus diferentes estratos, los que se encuentran afectados por los coeficientes de variación volumétrica, hasta llegar finalmente al cálculo de las ordenadas de curva masa.

Algunas veces no es posible aprovechar este método cuando se tienen secciones del tipo especial, ampliaciones de caminos existentes, etc, en cuyo caso se emplea el llamado método tradicional.

Los datos que se requieren en forma general, son los siguientes:

- Datos Geotécnicos
- Datos de Subrasante mínima o necesaria
- Especificaciones (Tipo de carretera, velocidad de proyecto, ancho de corona, espesor de revestimiento, pendiente máxima, grado de curvatura máxima, etc.)
- Liga con tramos adyacentes

Una vez que se cuenta con los datos enunciados, se realiza el procesamiento de éstos, y la computadora nos proporciona entre otros, los siguientes resultados: Alineamiento vertical, volúmenes de curva masa y geometría del seccionamiento de construcción.

El dibujo de la planta, perfil y secciones de construcción, además del diagrama de curva-masa y movimientos de tierra, se efectúa en el equipo de graficación, mientras que el drenaje menor se realiza mediante la ayuda de calculadoras programables con impresora y que proporcionan datos para los planos constructivos de tubos, losas y bóvedas.

a. Descripción de Hojas de Proceso

Con el empleo de la computadora, se hace más sencillo el trabajo de proceso de datos para el proyecto geométrico y se logra en un menor tiempo. El resultado es inmediato y arroja los datos que aparecen en las hojas 42 a la 51. Para describir el contenido de dichas-

hojas, se ha elegido un subtramo de la carretera Guadalajara - Tepic, - en el tramo Magdalena - Ixtlán del Río (Libramiento Ixtlán), Subtramo: De Km 121 + 018 al Km 125 + 000, con origen en Guadalajara, Jal.

- 1) Datos geométricos para el Proceso del tramo (Ver hoja 43). Se tiene en dicha hoja, los datos geométricos del tramo indicados para el inicio del proceso de datos del mismo. En este mismo punto, en la hoja de resultados se observan los cadenamientos más importantes - de dicho subtramo, así como las dimensiones de la sección de proyecto a ambos lados del centro de línea del camino en el caso de - que dicho camino sea proyectado como cuerpo nuevo; cuando se trata de alguna ampliación a un cuerpo construido, este proceso no funciona y el trabajo de proyecto debe realizarse mediante el método tradicional.

En esta hoja se describen en sí, los anchos de proyecto relativos a la zona de cortes o áreas donde habrán de ubicarse las cunetas y los taludes de corte en particular, y/o la sección especial de la cuneta si es requerida en ese caso.

- 2) Alineamiento Vertical (ver hoja 44). En esta hoja, se describen las estaciones donde habrán de ubicarse las curvas verticales, así como comprobar kilometrajes y elevaciones de los puntos de inflexión de la curva vertical :PCV=Principio de la curva ; PIV: Punto de intersección

de las tangentes de entrada y salida y PTV: Punto de término de la curva; así en el lado derecho en el espacio correspondiente a la columna cinco, se coloca el valor de las pendientes de salida que se utilizaron y que deberán estar acordes con las especificaciones de proyecto para un camino tipo A. En la columna 6, se tiene la longitud libre entre curvas, ó tangentes intermedias.

- 3) Geometría del Seccionamiento de Construcción (ver hoja 45). En lo relativo a este punto del proceso, se obtiene toda la información referente a la geometría que nos servirá para la construcción, pero también se indican las especificaciones con las que se proyectó dicho camino, así como taludes de corte y terraplén que fueron establecidos de acuerdo con la calidad y características del material con los que se determinan las recomendaciones de construcción.

La información obtenida es la siguiente:

- 1.- ESTACION - Kilometraje de la sección que se está analizando
- 2.- EL - TN - Es el orden en que se colocan los encabezados, en la parte superior se tiene la elevación del terreno y en la parte inferior la elevación de la subrasante

3.- " H " - Indica el espesor de corte o de terraplén, o la diferencia de elevaciones entre el terreno y la subrasante. Cuando es terraplén, es de signo (+)....., en estos casos la computadora los omite, pero cuando es signo (-), sí los imprime y es cuando se trata de cortes.

4.- FRM - Nos indica la forma de la sección de acuerdo con la clave del catálogo de secciones-tipo, la cual se codifica mediante el empleo de dos dígitos o números, por ejemplo 2 - 3, donde el número de la izquierda, nos indica la forma de la sección del ala izquierda del camino en proyecto. (las claves 1 a 4, representan terraplén) y (las claves 5 a 8 representan los cortes). Por tanto las claves indican la geometría específica de cada lado de la sección de proyecto; en ciertas claves intervienen sobranchos de corona para la zona de curvas, ya sea enterraplén o corte y las cuñas de afinamiento, banquetas laterales o existencia de muros laterales, etc.

Las siguientes columnas marcadas como puntos A,B,C',D y E representan tanto del lado derecho como del izquierdo, los puntos del seccionamiento referidos al centro de línea de la subrasante (distancia y desnivel).

El punto A, es en todos los casos el hombro de la capa subrasante; en tanto que los puntos C y C' se indican como cunetas provisionales en el caso de los cortes, y la forma de los mismos, y finalmente el punto E, siempre es el cero de la terracería ya sea en corte o en terraplén.

Con esto se concluyen los resultados obtenidos del seccionamiento o la geometría de las secciones, incluyendo en ocasiones el proyecto de bermas intermedias y/o taludes combinados.

Si al hacerse el proceso se encuentran errores, debemos realizar un nuevo proceso en el cual solamente se incluirán las correcciones de los errores encontrados con la indicación pertinente.

- 4) Datos de la Sección Terraplén (ver hoja 46). En esta hoja se indica el cadenamiento inicial y final respectivamente, así como los taludes de proyecto correspondiente a los terraplenes del subtramo a ambos lados del mismo. También se dan los volúmenes iniciales para cada subtramo en proyecto para la realización de las alternativas del proyecto de curva - masa y que en este caso en particular

son dos, con el fin de analizar cada una de ellas en cuanto al volumen compensado final.

- 5) Volúmenes de Construcción (ver hoja 47). En el procedimiento tradicional, este es el resultado final de un proyecto de terracerías; después de ésto, sólo resta dibujar el diagrama de masas, determinar las compensadoras económicas y calcular los movimientos de terracerías que es el complemento al trabajo más laborioso.

La información que nos brinda es la siguiente:

- | | | | |
|-----|----------|---|---|
| 1.- | ESTACION | - | Cadenamiento de la sección en estudio |
| 2.- | DESP | - | Volumen de despalme en cortes |
| | CORT | | |
| 3.- | DESP | - | Volumen de despalme en terraplenes |
| | TERR | | |
| 4.- | CORTE | - | Volumen geométrico correspondiente al material del tercer estrato en zona de corte |
| | E 3 | | |
| 5.- | CORTE | - | Volumen geométrico correspondiente al material del segundo estrato en zona de corte |
| | E 2 | | |
| 6.- | CORTE | - | Volumen geométrico correspondiente al material considerado como adicional una vez realizada la excavación en los estratos 2 y 3, y en general es la parte donde se ubi- |
| | CAJA | | |

- cará alguna capa de mejoramiento o capa subsanante debido a las características y/o calidad del material que constituye el tercer estrato.
- 7.- CTN - Compactación del volumen correspondiente al área de desplante del terraplén y que pertenece al terreno natural previo despalme de acuerdo con el estudio geotécnico.
- 8.- CCC - Indica la existencia del volumen de compactación de la cana del corte, dependiendo de la rasante de proyecto.
- 9.- CPO - Volumen geométrico correspondiente a la sección de terraplén en la estación considerada del cuerpo de terraplén.
- TERR
- 10.- SBY - Volumen geométrico correspondiente a la sección de terraplén en la estación considerada para la capa subyacente o de transición.
- TERR
- 11.- SBR - Volumen geométrico correspondiente a la capa subrasante en la zona de terraplenes.
- TERR
- 12.- RELL - Volumen geométrico considerado en el relleno de caja en la zona de corte con material procedente de banco.
- CAJA
- 13.- Ex AC - Corresponde al volumen geométrico al que se ha de dar el tratamiento de excavación, acamellonado para su posterior tendido y compactado al peso
- Te Co

volumétrico de proyecto, y/o desperdicio y posterior empleo en capas de menor calidad previo disgregado y además de formar dicha capa con material de préstamo de banco.

Finalmente, se presenta al final de la hoja, un resumen de los volúmenes resultantes que se tienen entre un kilómetro y otro, con el fin de que se registren por si hubiese alguna modificación de trazo y se afecte lo menos posible la utilización posterior de datos para el ajuste de la nueva información.

Una vez recopilada toda la información de volúmenes y de acuerdo con lo descrito en el estudio geotécnico correspondiente, aparecen al final de la hoja los volúmenes que se afectaron en diferentes porcentajes, (A, B o C) y que nos dará el volumen final de acuerdo con su clasificación para presupuesto con fines de pago a los contratistas o empresas constructoras en el momento de realizar la construcción.

- 6) Ordenada Curva Masa (Ver hoja 48). En esta se presenta la siguiente información:

- 1.- ESTACION - Cadenamiento de la sección en estudio
- 2.- VLM-G - Volumen geométrico de corte en estrato 2
CR-E2
- 3.- COEF - Coeficiente de variabilidad volumétrica -
ABND correspondiente al estrato 2, conforme a -
los datos de suelos.
- 4.- VLM-A - Volumen abundado de corte en el estrato 2,
CR-E2 que es el resultado de multiplicar el volu
men geométrico (col. 2) por el coeficiente
de abundamiento respectivo (col.3)
- 5.- VLM-G - Volumen geométrico en estrato 3
CR-E3
- 6.- COEF - Coeficiente de abundamiento usado en el es
trato 3, conforme a los datos de suelos
ABND
- 7.- VLM-A - Volumen abundado de corte en estrato 3, es
CR-E3 el resultado de multiplicar la (Col. 5) por
la (col. 6)
- 8.- CORTE - Volumen de corte abundado (suma de las -
COMPS columnas 4 y 7), que se compensará con los
volúmenes de terraplén que aparecen en la -
columna 12 para obtener los volúmenes ne -
tos de corte o de terraplén que originarán
la ordenada de curva masa.

- 9.- VOLUM - Volumen de la parte inferior de los terraple -
TR-90 nes correspondientes al cuerpo del terraplén -
y que se compacta generalmente al 90% de su -
PVSM
- 10.- VOLUM - Volumen de la capa de transición o subyacente,-
TR-95 al 95% de su PVSM
- 11.- VOLUM - Volumen correspondiente a la capa subrasante, -
TR-100 al 100% de su PVSM
- 12.- TERPL - Volumen de terraplén que se utilizará para com -
COMPS pensación con el volumen de cortes abundados -
(col 8) y puede ser la parte inferior de los -
terraplenes o de toda la terracería, cuando el -
material producto de la excavación sea bueno -
tanto para cuerpo de terraplén como para subya -
cente y capa subrasante.
- 13.- CURVA - Es la ordenada de curva masa de la parte corres -
MASA-1 pondiente a la parte inferior de los terraplenes
(cuerpo de terraplén), pero también puede ser -
una sola ordenada que involucra toda la terrace -
ría.
Cuando el material de compensación es bueno en
su totalidad se trata del segundo caso.

- 14.- CURVA - Es la ordenada de curva masa de la parte superior
MASA-2 de la terracería (capa subrasante), col. 11, -
eso cuando le indicamos a la computadora que -
separe este material para traerlo de banco.

En la parte inferior de la hoja, aparecen las sumas parciales de -
cada subtramo considerado.

- 7) Datos de Cortes Para Proceso (ver hoja 49). En esta hoja aparece la
información que se necesita para realizar el proyecto de taludes -
de corte y en el cual se obtiene:

- 1.- KILOMETRAJE - Cadenamiento en el cual se considera que -
el subtramo tiene características simila -
res y por tanto iguales recomendaciones en
cuanto a inclinación de taludes.
- 2.- ESPESOR - Espesor de despalme considerado en este --
DESP. subtramo.
- 3.- ESPESOR - Espesor del estrato 2 y 3, en el cual se -
recomienda las diferentes alternativas de
solución para la estabilidad del corte.
- 4.- CLASIFICACION - Porcentajes correspondientes al estrato -
A B C (2) ó (3) en el cual se indica la forma de
pago en la etapa de construcción.

- 5.- TALLDES - Inclínación del corte correspondiente al -
IZQ DER estrato (2 ó 3) y que corresponde a los -
datos y recomendaciones del estudio geotéc-
nico.
- 6.- COEF - Coeficiente de variabilidad volumétrica -
ABLUN en el estrato (2 ó 3), o coeficiente de -
bando en el caso de rocas.
- 7.- CVE - Clave en la que se indica la existencia de
CAJ alguna zona dentro del corte en la que se -
ha de proyectar caja para alojar las terra-
cerías, ya sea escarificando el espesor co-
rrespondiente a la capa subrasante y/o -
recompactando la cama del corte y formando
posteriormente las capas con material de -
préstamo de banco.
- 8.- CVE - Clave con la cual es reconocida la ordenada
OOM de curva masa correspondiente al proceso -
de datos para el proyecto de cortes.

8) Datos de Espesores de Finos y Tratamiento (ver hoja 59)

En esta hoja se presenta la información relativa a los tramos en los cuales se subdivide el tratamiento de las diferentes capas de terracerías, esto es conforme a los diferentes espesores de capa;

en este caso se dan los espesores de la capa subrasante (SBR), y de la capa subyacente (SBY), ya sea en cortes o en terraplenes, por tanto se indica con una letra "C" o "T"; además del tratamiento se da en las columnas posteriores tales como la indicación de caja (CAJA), en cualquiera de los dos estratos indicados en el estudio geotécnico para cada capa, también se indica la existencia de un volumen determinado de compactación en la cama del corte (c.c.c.), dependiendo de la rasante de proyecto.

Así también se indica en la columna que corresponda a cada estrato, el tratamiento de excavación, acamellonado, tendido y compactado del material excavado y/o desperdicio y posterior empleo del mismo.

9) Datos de Sobreelevaciones y Ampliaciones (ver hoja 51)

En este punto se indican los subtramos o estaciones en las cuales se consideran las sobreelevaciones en curvas horizontales, así como la ampliación correspondiente a éstas, debido al mayor grado de curvatura y por especificación o proyecto sea necesario considerarlas.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
 DATOS GEOMETRICOS PARA EL PROCESO DEL TRAMO

Hoja No : 43

Casino : GUADALAJARA TEFIC

Proyectista : ING. PEDRO PARTOJA

Tramo : MAGDALENA ATLAN DEL RIO

Archivo : CMS944Y

Alternativa : LIB. ATLAN DEL RIO

Fecha : 03-07-1991

Origen : GUADALAJARA JAL.

Hora : 18:19:26

PC/1988

CADENAMIENTO	SEMI-ANCHO DE CORONA		ANCHO DE CUNETAS		TALUD DE CUNETAS		ALTURA DE MUEBRES		CUVA
	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	
121018.95	10.50	10.50	1.00	1.00	3.00	3.00	0.60	0.00	SI
125040.00	10.50	10.50	1.00	1.00	3.00	3.00	0.00	0.00	SI

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
 ALINEAMIENTO VERTICAL

Hoja No : 44

Camino : GUADALAJARA TEPIC
 Irano : MADALENA TITLAN DEL RIO
 Alternativa : LID. TITLAN DEL RIO
 Origen : GUADALAJARA JAL.

Proyectista : ING. PEDRO PAMTOJA
 Archivo : CH5944Y
 Fecha : 03-07-1991
 Hora : 18:19:27

PC/1988
 ALINEAMIENTO No 1

PCV CAD/ELV	PIV CAD/ELV	PTV CAD/ELV	L. CURVA	PENDIENTE DE SALIDA	TV LIBRE
121018.95 1179.43	121018.95 1179.43	121018.95 1179.43	0.00	-2.26 %	301.05
121320.00 1172.81	121420.00 1170.81	121520.00 1172.86	200.00	2.05 %	120.00
121640.00 1173.12	121720.00 1176.76	121800.00 1176.52	160.00	-0.30 %	160.00
121960.00 1176.04	122020.00 1175.86	122080.00 1175.35	120.00	-0.85 %	380.00
122460.00 1172.12	122600.00 1170.93	122740.00 1177.51	280.00	4.70 %	100.00
122840.00 1182.21	123000.00 1189.73	123160.00 1193.49	320.00	2.35 %	160.00
123320.00 1197.25	123500.00 1201.48	123680.00 1196.71	360.00	-2.65 %	200.00
123880.00 1191.41	123940.00 1189.82	124000.00 1187.54	120.00	-3.80 %	360.00
124350.00 1173.86	124400.00 1172.34	124440.00 1170.60	80.00	-4.35 %	220.00
124660.00 1161.03	124700.00 1159.29	124740.00 1157.81	80.00	-3.70 %	280.00
125020.00 1147.45	125020.00 1147.45	125020.00 1147.45			

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
GEOMETRIA DEL SECCIONAMIENTO DE CONSTRUCCION

Hoja No : 45

Camino : GUADALAJARA TEPIC
Tramo : MAGDALENA IXTLAN DEL RIO
Alternativa : LIB. IXTLAN DEL RIO
Origen : GUADALAJARA JAL.

Proyectista : ING. PEDRO PANTOJA
Archivo : CRS944Y
Fecha : 03-07-1991
Hora : 18:19:28

ESTACION	EL-TN EL-SB	H	E	D	PC/1988			FRM SEC	A	B	LADO C	DERECHO		
					LADO C'	C	B					C'	C	D
121018.95	1177.74 1179.43	1.69	13.73 -1.96			11.75 -0.53	11.32 -0.23	2 2	11.32 -0.23	11.73 -0.53				13.03 -1.49
121020.00	1177.71 1179.41	1.70	13.74 -1.97			11.75 -0.53	11.32 -0.23	2 2	11.32 -0.23	11.73 -0.53				13.04 -1.50
121040.00	1177.44 1178.97	1.53	13.36 -1.73			11.74 -0.53	11.32 -0.23	2 2	11.32 -0.23	11.69 -0.53				12.15 -0.91
121060.00	supresion de cuna lado derecho													
121060.00	1177.60 1175.53	0.93	13.40 -1.26			12.10 -0.54	11.53 -0.23	2 2	11.53 -0.23	12.16 -0.54				12.30 -0.61
121080.00	supresion de cuna lado izquierdo													
121080.00	supresion de cuna lado derecho													
121080.00	1177.59 1178.09	0.50	12.72 -0.82			12.16 -0.53	11.53 -0.22	2 2	11.53 -0.23	11.60 -0.53				11.60 -0.27
121100.00	supresion de cuna lado izquierdo													
121100.00	supresion de cuna lado derecho													
121100.00	1177.15 1177.15	0.50	12.31 -0.57			12.14 -0.48	11.53 -0.18	2 2	11.53 -0.23	12.07 -0.54				12.07 -0.50
121120.00	supresion de cuna lado derecho													
121120.00	1176.51 1177.21	0.70	12.71 -0.82			12.04 -0.44	11.52 -0.13	2 2	11.53 -0.23	12.16 -0.54				12.22 -0.58
121140.00	supresion de cuna lado derecho													
121140.00	1176.03 1176.77	0.74	13.01 -0.93			12.05 -0.39	11.51 -0.09	2 2	11.53 -0.23	12.16 -0.54				12.30 -0.61
121160.00	supresion de cuna lado derecho													
121160.00	1175.69 1176.33	0.64	13.58 -1.18			12.06 -0.35	11.51 -0.04	2 2	11.53 -0.23	12.16 -0.54				12.35 -0.64
121174.00	supresion de cuna lado derecho													
121174.00	1175.61 1176.02	0.41	13.96 -1.34			12.06 -0.31	11.50 -0.01	2 2	11.53 -0.23	12.16 -0.54				12.39 -0.66
121180.00	1175.03 1175.89	0.86	14.79 -1.75			12.07 -0.30	11.50 0.00	2 2	11.53 -0.23	12.06 -0.54				12.60 -0.86
121185.50	1174.31 1175.77	1.46	14.83 -1.75			12.08 -0.29	11.50 0.01	2 2	11.55 -0.23	12.11 -0.54				13.41 -1.28

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
 DATOS DE TERRAPLENES PARA EL PROCESO DEL TRAMO

Hoja No : 46

Carrino : CUADALAJARA TEPIC
 Tramo : MAGDALENA IXTLAN DEL RIO
 Alternativa : LIB. IXTLAN DEL RIO
 Origen : CUADALAJARA JAL.

Proyecto : INC. PEDRO PANTUJA
 Archivo : CMS944Y
 Fecha : 07-07-1991
 Hora : 18:19:26

PC/1988

KILOMETRAJE	ESPEORES COMPACTACION T. NATURAL	TALUDES DE TERRAPLEN		ORDENADAS DE CURVA MASA		
		IZQUIERDO	DERECHO	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA
121018.95	0.20	1.50	1.50	500000	0	0
121040.00	0.20	1.50	1.50	0	0	0
121060.00	0.20	2.00	2.00	0	0	0
121320.00	0.20	2.00	2.00	0	0	0
121360.00	0.20	1.50	1.50	0	0	0
121380.00	0.20	1.50	1.50	0	500000	0
121460.00	0.20	1.50	1.50	0	0	0
121480.00	0.20	2.00	2.00	0	0	0
122000.00	0.20	2.00	2.00	0	0	0
122020.00	0.20	1.50	1.50	0	0	0
122600.00	0.20	1.50	1.50	0	500000	0
125020.00	0.20	1.50	1.50	0	0	0

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
VOLUMENES DE CONSTRUCCION

Hoja No: 47

Carrizos : TUCDALAJARA TEPIC
Tramc : MAGALENA ITILAN DEL RIO
Alternativa : L.I.B. ITILAN DEL RIO
Origen : GUADALAJARA JAL.

Proyeclista : ING. PEDRO PANTOJA
Archivo : CM59445
Fecha : 03-07-1991
Hora : 18:24:32

ESTACION	DESP CORTE	DESP TERR	CORTE 2	ESTRATO 3	CORTE CAJA	C.T.N.	PC/1988		CUERPO TERR	SBR TERR	SBR TERR	RELLENO CAJA		Ex.Ac.Te.Co.	
							95%	100%				95%	100%	95%	100%
121019.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
121020.00	0	11	0	0	0	6	0	0	40	5	7	0	0	0	0
121040.00	0	205	0	0	0	105	0	0	684	95	138	0	0	0	0
121060.00	0	205	0	0	0	102	0	0	480	97	140	0	0	0	0
121080.00	0	200	0	0	0	97	0	0	255	97	141	0	0	0	0
121100.00	0	195	0	0	0	94	0	0	147	97	141	0	0	0	0
121120.00	0	197	0	0	0	99	0	0	197	98	142	0	0	0	0
121140.00	0	205	0	0	0	100	0	0	269	98	142	0	0	0	0
121160.00	0	205	0	0	0	102	0	0	296	98	142	0	0	0	0
121174.00	0	146	0	0	0	73	0	0	205	69	99	0	0	0	0
121180.00	0	64	0	0	0	32	0	0	115	29	42	0	0	0	0
121185.50	0	61	0	0	0	31	0	0	165	27	39	0	0	0	0
121200.00	0	167	0	0	0	83	0	0	584	71	103	0	0	0	0
121220.00	0	230	0	0	0	115	0	0	797	98	142	0	0	0	0
121232.42	0	138	0	0	0	65	0	0	404	61	88	0	0	0	0
121240.00	0	82	0	0	0	41	0	0	212	37	54	0	0	0	0
121260.00	0	213	0	0	0	106	0	0	452	99	143	0	0	0	0
121274.70	0	152	0	0	0	76	0	0	233	72	105	0	0	0	0
121280.00	0	55	0	0	0	28	0	0	93	26	38	0	0	0	0
121300.00	0	213	0	0	0	106	0	0	407	99	143	0	0	0	0
121320.00	0	212	0	0	0	106	0	0	398	99	143	0	0	0	0
121340.00	0	215	0	0	0	108	0	0	545	98	142	0	0	0	0
121354.00	0	154	0	0	0	77	0	0	597	68	99	0	0	0	0
121358.50	0	54	0	0	0	27	0	0	391	22	32	0	0	0	0
121360.00	0	21	0	0	0	11	0	0	222	13	11	0	0	0	0
121361.50	0	25	0	0	0	12	0	0	287	18	11	0	0	0	0
121372.50	0	183	0	0	0	92	0	0	2281	135	77	0	0	0	0
121375.00	0	40	0	0	0	20	0	0	444	31	18	0	0	0	0
121378.00	0	45	0	0	0	23	0	0	446	37	21	0	0	0	0
121380.00	0	22	0	0	0	14	0	0	242	25	14	0	0	0	0
121396.00	0	110	0	0	0	110	0	0	1618	196	112	0	0	0	0
121397.00	0	7	0	0	0	7	0	0	97	12	7	0	0	0	0
121400.00	0	20	0	0	0	20	0	0	296	37	21	0	0	0	0
121405.00	0	33	0	0	0	33	0	0	474	61	35	0	0	0	0
121416.00	0	73	0	0	0	73	0	0	969	135	77	0	0	0	0
121420.00	0	27	0	0	0	27	0	0	331	49	28	0	0	0	0
121440.00	0	131	0	0	0	131	0	0	1533	245	140	0	0	0	0
121460.00	0	125	0	0	0	125	0	0	1307	245	140	0	0	0	0
121473.00	37	40	487	0	0	40	29	0	383	80	45	0	0	0	45
121480.00	59	0	530	0	0	0	16	0	0	0	0	16	24	0	24
121500.00	221	0	1540	0	0	0	0	0	0	0	0	99	138	0	138
121520.00	218	0	1409	0	0	0	0	0	0	0	0	90	138	0	138
121540.00	204	2	941	0	0	1	0	0	0	0	0	90	138	0	138
121560.00	152	46	411	0	23	5	0	0	1	22	32	70	107	0	107
121571.50	36	83	67	0	21	24	0	0	40	38	55	16	25	0	25
121575.50	2	44	2	0	3	20	0	0	137	18	27	1	1	0	1
121580.00	0	54	0	0	0	27	0	0	244	22	32	0	0	0	0
121525.50	0	65	0	0	0	32	0	0	209	27	39	0	0	0	0
121600.00	0	160	0	0	1	76	0	0	369	71	104	0	0	0	0
121610.00	0	108	0	0	1	51	0	0	240	49	72	0	0	0	0
121615.00	0	56	0	0	0	26	0	0	142	25	36	0	0	0	0
121615.50	0	17	0	0	0	8	0	0	50	7	11	0	0	0	0
121620.00	0	40	0	0	0	20	0	0	127	17	25	0	0	0	0
121631.00	0	124	0	0	0	62	0	0	351	54	79	0	0	0	0
121640.00	0	99	0	0	0	49	0	0	237	45	64	0	0	0	0
121647.00	0	76	0	0	0	38	0	0	178	35	50	0	0	0	0
121665.00	0	139	0	0	0	69	0	0	285	64	93	0	0	0	0
121680.00	0	211	0	0	0	102	0	0	393	92	143	0	0	0	0
121700.00	0	209	0	0	0	174	0	0	344	96	143	0	0	0	0
SUM:	531	1014	5387	0	51	324	45	0	22264	3669	4167	373	571	0	69

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
ORDENANZA DE CURVA MASA

Hoja No : 48

Cuadro : GUADALAJARA TEPIC
Tramo : MAGDALENA ITILAN DEL RIO
Alternativa : LIB. ITILAN DEL RIO
Origen : GUADALAJARA JAL.

Proyeccion : ING. PEDRO PANTOJA
Archivo : CNS9441
Fecha : 03-07-1991
Hora : 18:24:32

ESTACION	VLM-G		VLM-A		VLM-G		PC/1986	CORTE	VOLUM	VOLUM	VOLUM	TRRPL	CURVA	CURVA	CURVA
	CR-E2	COEF	CR-E2	COEF	CR-E3	COEF									
121018.95	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	40	5	7	52	500000		
121020.50	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	684	95	138	917	499942		
121049.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	480	97	140	717	499031		
121060.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	255	97	141	493	498314		
121080.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	147	97	141	385	497822		
121100.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	197	98	142	457	497438		
121120.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	249	98	142	509	497501		
121140.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	298	98	142	538	496492		
121160.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	205	69	99	373	495581		
121174.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	115	29	42	85	495395		
121180.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	165	27	35	231	495164		
121185.50	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	584	71	103	758	494406		
121200.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	797	98	142	1037	494406		
121220.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	404	61	88	553	493369		
121232.42	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	212	37	54	303	492816		
121240.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	452	99	143	694	492513		
121260.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	233	72	105	410	491819		
121274.70	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	93	26	38	157	491409		
121280.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	407	99	143	649	491252		
121300.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	398	99	143	640	490803		
121320.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	545	98	142	785	489963		
121340.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	597	68	99	764	489178		
121354.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	391	22	32	445	488414		
121358.50	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	222	13	11	246	487969		
121360.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	297	18	11	326	427723	500000	
121361.50	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	2281	135	77	2493	487397	EL SOCIAL	
121372.50	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	446	31	18	495	484904		
121375.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	446	37	21	504	484409		
121378.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	242	25	14	281	483905		
121380.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	1618	196	112	1618	483624	500000	0
121380.00	0	0.96	0	0	0.96	0	0	0	13520	2115	2669	17996	483624	500000	0
121396.00	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	13520	2115	2669	17996	482006	499692	
SUMAS	0	1.03	0	0	1.03	0	0	0	13520	2115	2669	17996	482006	499692	

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
 DATOS DE CORTES PARA EL PROCESO DEL TRAMO

Hoja No : 49

Carretera : GUADALAJARA TEPTIC
 Tramo : MAGDALENA IXTLAN DEL RIO
 Alternativa : LIS. IXTLAN DEL RIO
 Origen : GUADALAJARA JAL.

Proyectista : ING. PEDRO PANTOJA
 Archivo : 25544V
 Fecha : 03-07-1991
 Hora : 18:19:26

PC/1988

KILOMETRAJE	ESPESOR DESP.	ESPESOR	ESTRATO 2					COEF ABUN	ESTRATO 3					COEF ABUN	CVE CAJ	CVE DCN
			CLASIFICACION			TALUDES			CLASIFICACION	TALUDES		COEF ABUN				
			A	B	C	IZQ.	DER.			A	B		C	IZQ.	DER.	
121018.95	0.40	10.00	50	50	0	0.75	0.75	1.03	50	50	0	0.75	0.75	1.03	0	1
121360.00	0.40	10.00	50	50	0	0.75	0.75	1.03	50	50	0	0.75	0.75	1.03	0	1
121380.00	0.20	10.00	30	30	0	1.00	1.00	0.96	20	80	0	1.00	1.00	0.96	0	3
121460.00	0.20	10.00	20	80	0	1.00	1.00	0.96	20	80	0	1.00	1.00	0.96	0	3
121480.00	0.40	10.00	40	50	0	0.75	0.75	1.05	40	60	0	0.75	0.75	1.05	0	3
121600.00	0.40	10.00	40	60	0	0.75	0.75	1.05	40	60	0	0.75	0.75	1.05	0	1
122060.00	0.40	10.00	40	60	0	0.75	0.75	1.05	40	60	0	0.75	0.75	1.05	0	1
122080.00	0.30	10.00	50	50	0	0.50	0.50	1.03	50	50	0	0.50	0.50	1.03	0	1
122592.00	0.30	10.00	50	50	0	0.50	0.50	1.03	50	50	0	0.50	0.50	1.03	0	3
122600.00	0.30	10.00	70	30	0	0.75	0.75	0.96	70	30	0	0.75	0.75	0.96	0	3
122800.00	0.30	10.00	70	30	0	0.75	0.75	0.96	70	30	0	0.75	0.75	0.96	0	3
122820.00	0.20	30.00	0	85	15	0.75	0.75	1.00	0	85	15	0.75	0.75	1.00	0	3
124600.00	0.20	30.00	0	85	15	0.75	0.75	1.00	0	85	15	0.75	0.75	1.00	0	3
124620.00	0.20	10.00	20	80	0	0.75	0.75	1.05	20	80	0	0.75	0.75	1.05	0	3
125040.00	0.20	10.00	20	80	0	0.75	0.75	1.05	20	80	0	0.75	0.75	1.05	0	3

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
DATOS DE ESPESORES DE FINOS Y TRATAMIENTO

Hoja No 50

Camino : GUADALAJARA TEPIC
Tramo : MAGALEMA IITLAN DEL RIO
Alternativa : LIB. IITLAN DEL RIO
Origen : GUADALAJARA JAL.

Proyectista : ING. PEDRO PANTOJA
Archivo : CH59447
Fecha : 03-07-1991
Hora : 18:19:26

----- PC/1988 -----

CADENAMIENTO	ESPESORES			ESTRATO 2		ESTRATO 3	
	SEB	SBYC	SBYT	SUBRASANTE	SUBYACENTE	SUBRASANTE	SUBYACENTE
121018.95	0.30	0.20	0.20	CAJA	CAJA	CAJA	CAJA
121320.00	0.30	0.20	0.20	CAJA	CAJA	CAJA	CAJA
121360.00	0.30	0.20	0.50	ExAcTeCo	C.C.C.	ExAcTeCo	C.C.C.
121460.00	0.30	0.20	0.50	ExAcTeCo	C.C.C.	ExAcTeCo	C.C.C.
121480.00	0.30	0.20	0.20	CAJA	CAJA	CAJA	CAJA
122060.00	0.30	0.20	0.20	CAJA	CAJA	CAJA	CAJA
122080.00	0.30	0.20	0.20	ExAcTeCo	C.C.C.	ExAcTeCo	C.C.C.
122500.00	0.30	0.20	0.20	ExAcTeCo	C.C.C.	ExAcTeCo	C.C.C.
122520.00	0.30	0.20	0.30	ExAcTeCo	C.C.C.	ExAcTeCo	C.C.C.
122600.00	0.30	0.20	0.50	ExAcTeCo	C.C.C.	ExAcTeCo	C.C.C.
122620.00	0.30	0.20	0.50	CAJA	CAJA	CAJA	CAJA
122800.00	0.30	0.20	0.50	CAJA	CAJA	CAJA	CAJA
122820.00	0.30	0.00	0.50	CAJA	S/T	CAJA	S/T
124600.00	0.30	0.00	0.50	CAJA	S/T	CAJA	S/T
124620.00	0.30	0.20	0.30	CAJA	CAJA	CAJA	CAJA
125040.00	0.30	0.20	0.50	CAJA	CAJA	CAJA	CAJA

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
 DATOS DE SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES PARA EL PROCESO DEL TRAMO

Hoja No : 51

Camino : GUADALAJARA TEPIC
 Tramo : MAGDALENA IXTLAN DEL RIO
 Alternativa : LIG. IXTLAN DEL RIO
 Origen : GUADALAJARA JAL.

Proyectista : ING. PEDRO PANTOJA
 Archivo : CHS9444
 Fecha : 03-07-1991
 Hora : 18:19:26

----- PC/1988 -----

CAD	SOBREELEVACIONES		AMPLIACIONES	
	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA
121010.95	-2.00	-2.00	0.00	0.00
121074.92	-2.00	-2.00	0.00	0.00
121179.92	0.00	-2.00	0.00	0.00
121284.92	2.00	-2.00	0.00	0.30
121674.03	2.00	-2.00	0.00	0.30
121779.03	0.00	-2.00	0.00	0.00
121884.03	-2.00	-2.00	0.00	0.00
123192.34	-2.00	-2.00	0.00	0.00
123297.34	0.00	-2.00	0.00	0.00
123402.34	2.00	-2.00	0.00	0.30
123686.33	2.00	-2.00	0.00	0.30
123793.33	0.00	-2.00	0.00	0.00
123898.33	-2.00	-2.00	0.00	0.00
125020.00	-2.00	-2.00	0.00	0.00

III. ESTUDIOS GEOTECNICOS

Los Estudios Geotécnicos tienen por objeto, el establecer las normas y procedimientos a los que tendrán que apegarse los proyectistas en la realización de los movimientos de curva-masa, y posteriormente durante la construcción, la empresa encargada de la misma.

Estos estudios se basan en recorridos por la zona donde se ubica la línea definitiva del camino, en la cual se realizarán pozos a cielo abierto, tomando muestras representativas de los materiales, se determinarán las características de los caminos en cuanto a su calidad y resistencia de los mismos, mediante pruebas de laboratorio.

Puesto que las vías terrestres en su totalidad han de ser construídas con apoyo del suelo o sobre el suelo, resulta necesaria la aplicación de las teorías de la Mecánica de Suelos, ya sea para la planeación, como para el proyecto, construcción, operación y mantenimiento.

Por lo tanto, después del estudio de Planeación, se recopilan los antecedentes de topografía y vialidades o accesos que existen sobre la ruta y se planean los reconocimientos preliminares, sobre todo, en el ancho de la faja del terreno que se considera adecuado.

Los estudios realizados por los geólogos, tienen por objeto llegar a conocer las características geológicas y los problemas integrales especiales que presente el terreno donde deberá quedar alojado el tramo de la carretera.

A. FOTOINTERPRETACION GEOLOGICA

En los estudios de fotointerpretación se sigue la siguiente secuencia:

1. Recopilación de Datos Geológicos

Se recopilan los datos geológicos de la región por donde se localiza la línea de trazo de la carretera; a continuación, en gabinete se efectúa el análisis de los datos levantados, y con ayuda del estereoscopio se van interpretando las fotografías aéreas pancromáticas, generalmente de una escala 1: 50 000 ó 1: 25 000; su interpretación consiste en la delimitación de las unidades de rocas y suelos, rasgos estructurales como lo son las fracturas, fallas, rumbos y echados de los estratos y dirección de los escurrimientos en rocas, etc.

2. Itinerario y Recorrido en Campo

Una vez analizada en gabinete la fotointerpretación, se formulará un itinerario a seguir para verificar sobre el terreno las características del mismo. El trabajo de campo consiste en recorrer directamente la zona donde se alojará la construcción; tomar fotos

de los tipos de rocas y de los suelos, y coleccionar muestras, marcando puntos de control geológico en las fotografías aéreas a modo de referencia.

3. Reinterpretación de Fotografías Aéreas

Nuevamente en el gabinete se reinterpretarán las fotografías aéreas para ratificar o rectificar cada una de las características que fueron supuestas antes de realizar la visita al campo. Para esta reinterpretación, se aprovechará la información obtenida sobre el terreno estudiado, a modo de verificación de las hipótesis.

4. Elaboración del Informe Geológico

Para la presentación del informe geológico, se elaborarán mapas fotogeológicos que incluyan todas las observaciones y datos de campo, además del cuestionario para la descripción de los puntos de control geológico. En dicho informe se pormenorizará lo siguiente:

Rocas: Clasificación petrográfica de las mismas; morfología de la unidad; modo de ocurrencia; fracturamientos; metamorfismo; espesor de la capa intemperizada; utilidad del material para la construcción; recomendaciones sobre la obra en general; clasificación de la roca con fines de presupuesto.

Suelos: Origen del mismo, espesor, compactación o consistencia, conteni-

do de agua y materias orgánicas, así como recomendaciones para su aprovechamiento.

Cruces: En cuanto a los cruces de los ríos a arroyos, se identificarán los materiales acarreados, nivel de aguas máximo extraordinario (NAME), tendencias erosivas o de depósito, propuestas para la realización de estudios o exploraciones necesarias.

Donde se tienen que efectuar cortes, se dará una estimación de las clasificaciones con fines de presupuesto, y en cortes mayores de 15 metros, se propondrán estudios especiales o geofísicos.

B. ELABORACION DEL INFORME GEOTECNICO

Para la elaboración del informe geotécnico, se deberán considerar los siguientes puntos:

- Localización y descripción del tramo
- Características socioeconómicas de la zona; poblaciones, cultivos, industrias, explotación minera, servicios existentes, etc.
- Topografía de la zona
- Datos climatológicos: temperatura, humedad, precipitación pluvial, frecuencia de perturbaciones atmosféricas, ciclones, etc.
- Estimación de los factores hidrológicos: ríos, arroyos importantes, longitud aproximada de los puentes necesarios, determinación de los sitios de cruce con otros caminos, ríos y estudios de cuencas .
- Nivel freático
- Bancos de materiales, determinando su calidad y cantidad, y el estudio socioeconómico.
- Descripción general en esta primera etapa de las formaciones de las rocas y suelos (Geología Regional)
- Estimación de los problemas geológicos y de los suelos; zonas de pantano y lacustres, zonas de laderas inestables, zonas fuertemente erosionadas, escasez o abundancia de materiales de construcción, excavaciones por realizar, zonas de mala calidad, etc.

Una vez obtenida toda la información anterior, los técnicos darán su informe con sus conclusiones, donde deberán justificar la necesidad de proseguir con el estudio o modificar la línea o ruta. Se deberá precisar mediante la fotointerpretación geológica, los tipos de suelos y rocas estudiados, así como la hidrología y el área de cuencas.

En el campo, se hacen sondeos del tipo (PCA) Pozo a cielo abierto a 500 m ó 1 000 m, esto dependiendo de la topografía, siendo en general a una profundidad de 2.00 m; para facilitar los trabajos de campo, se realiza una zonificación del terreno en base a su morfología, luego se subdivide tomando en cuenta sus características geológicas.

Con la realización de estos estudios, se proporcionarán posteriormente al proyectista todos los datos del terreno, como lo son la capacidad de carga para el desplante de obras menores de drenaje, espesor de despalme, la disponibilidad de materiales y sus volúmenes aprovechables, así como su calidad y recomendaciones en lo relativo a los procedimientos de construcción a seguir en cada caso.

Por lo anterior, éstos estudios se han dividido en dos etapas, - en la primera, se realizan los trabajos de campo, obtención de muestras, el levantamiento estratigráfico y pruebas de laboratorio, y en la segunda etapa, se recolecta toda la información obtenida previamente, la que es analizada en forma posterior de manera detallada, redactando el in-

forme respectivo.

Ya que se cuenta con gran parte de la información, se -
deben evaluar las características de los suelos o materiales que se -
proporcionarán para la realización del proyecto integral, y definir -
el procedimiento constructivo, para lo cual se hace uso de unas formas -
especiales (ver Tablas III.1 y III.2), cuya descripción se hace en -
forma posterior.

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PRESTAMO DE MATERIALES		CARRETERA:									
		TRAMO:									
		SUBTRAMO:									
		ORIGEN:									
PRESTAMO DE MATERIALES PARA _____				DENOMINACION _____							
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S. O. P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO		
	No.	ESPESOR m			90%	95%	100%	BANDEADO	A	B	C
DIMENSIONES LARGO _____ mts ANCHO _____ mts ESPESOR _____ mts		VOLUMEN APROVECHABLE m ³		OBSERVACIONES _____							
CROQUIS DE LOCALIZACION											

1. Descripción de Hojas de Reporte con Recomendaciones para el Cálculo de la Curva Masa (Tablas III.1 y III.2)

a. Relación de Materiales a lo largo de la Línea (Tabla III.1)

La columna (1), indica el kilometraje de una subzona que por tener las mismas características, tendrá las mismas recomendaciones.

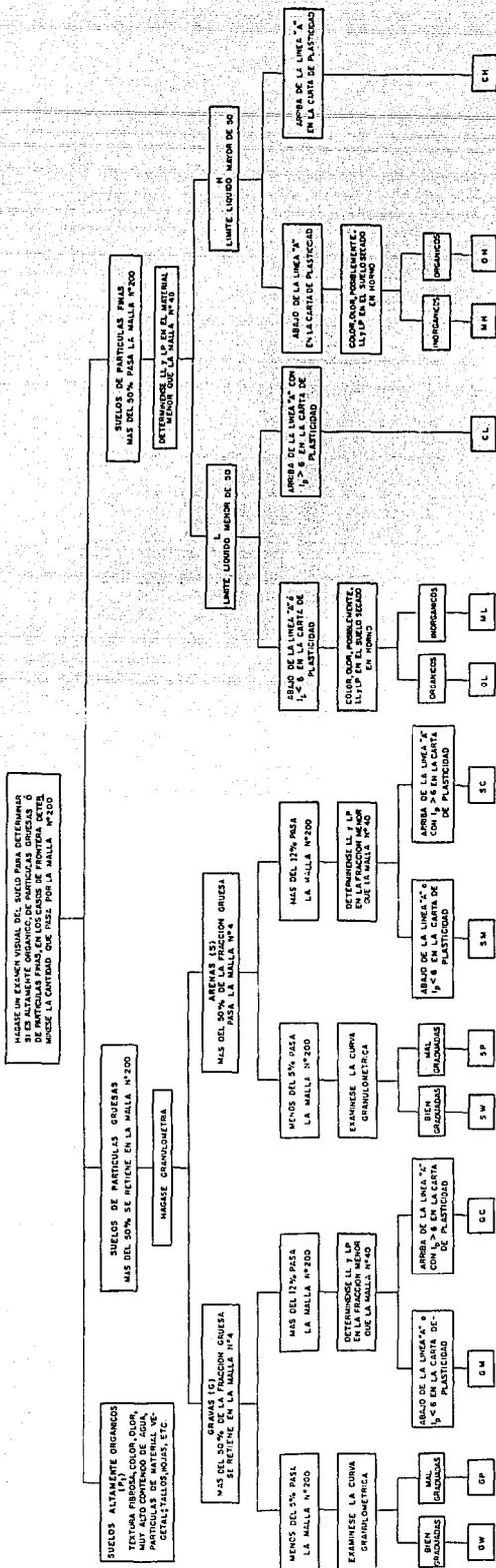
La columna (3), se utiliza para describir en forma detallada los materiales de cada estrato, debiendo indicar para el caso de suelos: el nombre, color, textura, estructura, compactidad, grado de cementación, grado de plasticidad, contenido de grava y fragmentos de roca, grado de humedad, etc.; para rocas, se debe indicar: nombre, origen geológico, estado de intemperización y fracturamiento, echado de los estratos y materiales que se obtendrán al ser explotados, etc.

De acuerdo con lo anterior, deberán clasificarse dichos materiales en Base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que aparece en la Tabla III.3, así como la Carta de Plasticidad de la figura III.1, versiones ambas, de la anterior Secretaría de Obras Públicas (S.O.P.); de acuerdo con el tamaño de las partículas, se deberá obtener para su identificación el porcentaje de suelo que pasa la malla No. 200 y el porcentaje retenido en la malla No. 4, con el fin de conocer el tamaño de partícula que definen las gravas y los

finos.

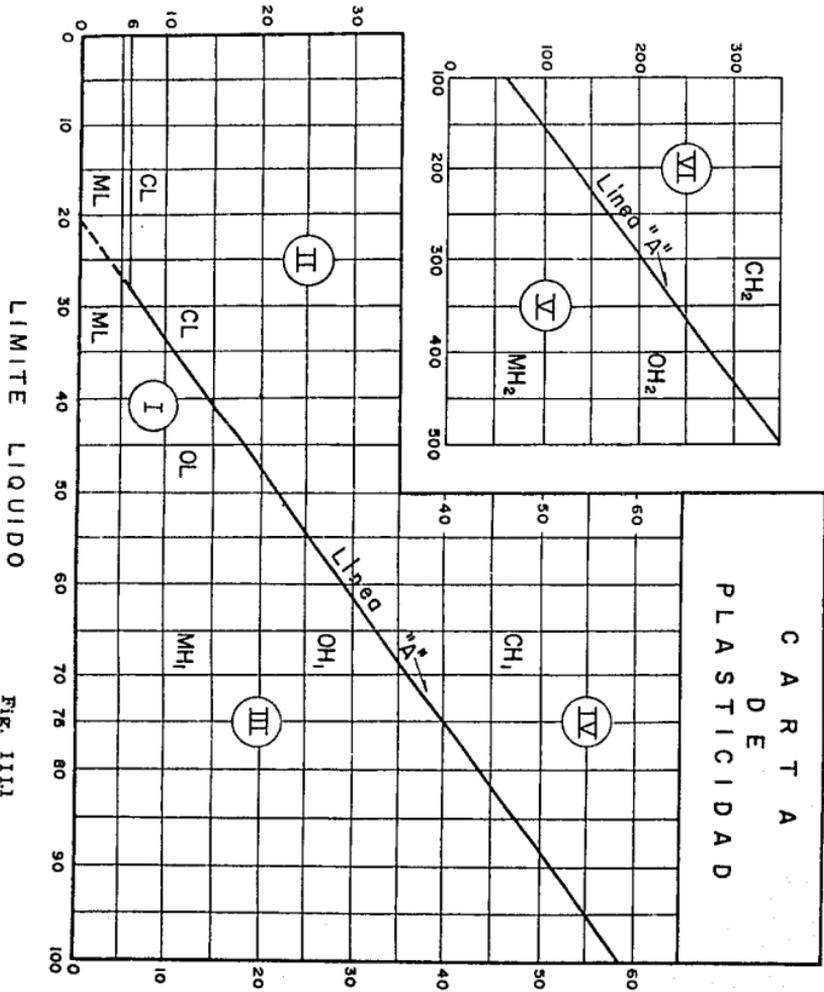
También y en consecuencia, para la clasificación de los fragmentos de roca para su posible utilización, de acuerdo con el tamaño máximo de los mismos, se presentan los cuadros III.1 y III.2

TABLA III. 3
PROCEDIMIENTO AUXILIAR PARA IDENTIFICACION DE SUELOS
EN EL LABORATORIO
S. U. C. S. (versión S.O.P.)



NOTA. Los límites de las mallas son de la U.S. Standard.
 Si los límites interfieren con las propiedades de clasifi-
 cación, libere justo un símbolo doble tal como OW-GM, etc.

INDICE PLASTICO



LIMITE LIQUIDO

Fig. IIII

C A R T A
D E
P L A S T I C I D A D

Tipo	Subtipos	Símbolo de grupo	Características para su zonado	Pruebas especificadas para lo determinado en los pesos volumétricos reales máximos	Recomendaciones para uso			
					Cuerpo del terraplen	Codo de labranza en terraplenes y Corres		
A E L I D O R A	Pasos de menor de 7 a 10 cm (3 a 4 plg)	Gruesos	Gruesos	GW	Factor	95% de compactación	No deben usarse	
				GP				Factor
				GM				
GC	Factor							
Finos		Límite líquido mayor de 50	SW	Factor SOP	95% de compactación	95% de compactación en cordeles. En otros casos no deben usarse		
			SP				Factor SOP	
	SM		Factor SOP					
SC	Factor SOP							
Límite líquido mayor de 100		ML		Factor SOP	No deben usarse			
		CH ₁	Factor SOP					
	CH ₂	Factor SOP						
Límite líquido mayor de 100	MH ₁			Factor SOP	No deben usarse			
	CH ₂		Factor SOP					
	CH ₃	Factor SOP						
Atenuada orgánica	Usos			H				

Nota: En cuanto a los porcentajes de compactación y de expansión de los suelos, que aparecen en el presente cuadro, se hace notar que pueden haber algunos excepciones, en modo de ejemplo, que deberán ser objeto de pruebas especiales y recomendaciones correspondientes.

Cuadro 111.2. Uso de los suelos para terracerías de acuerdo con la clasificación SUCS.

Una de las ventajas del Sistema de Clasificación de Suelos, es la que determina el criterio para identificar en campo los suelos finos, ya que solo contando con la experiencia, se puede adquirir el aprendizaje de quien ya lo tiene, por lo que es aconsejable la comparación de resultados de laboratorio en cada caso, por lo tanto, la identificación se realizará por medio de las siguientes pruebas:

- Dilatancia
- Tenacidad
- Resistencia en estado seco

Dilatancia.- Es la propiedad que tienen los materiales para retener o expulsar agua mediante la aplicación de una amasada y presión a una porción de suelo, y puede ser rápida, lenta, muy lenta o nula. Puede decirse que las arenas muy finas expulsan el agua más rápidamente y en forma distinta, mientras que las arcillas no la expulsan.

Por lo tanto, las arcillas no tienen reacción, los limos inorgánicos tales como el polvo de roca, dan una reacción rápida y moderada, la velocidad con que la pastilla cambia su consistencia y con la que el agua aparece y desaparece, indica el carácter y la naturaleza de los finos del suelo.

El fenómeno de aparición del agua en la superficie de la muestra, es debido al acomodo de los suelos limosos y en mayor grado

la de los arenosos bajo la acción de los impactos en la mano, ya que se reduce la relación de vacíos del material expulsando el agua de ellos. El amasado posterior aumenta nuevamente la relación de vacíos; las arcillas no sufren cambio en la relación de vacíos, por lo que no se presenta la reacción.

Tenacidad.- Se determina apreciando la dificultad de remoldeo que se presenta en una porción de suelo con humedad cercana al límite plástico, se mide como nula, media y alta.

La fracción coloidal arcillosa se identifica por la mayor o menor tenacidad del rollito de material al acercarse al límite plástico, y de la rigidez de la muestra al romperse finalmente entre los dedos.

La debilidad del rollo al acercarse al límite plástico y la pérdida rápida de la cohesión al rebasar ese límite; la presencia de arcilla inorgánica de baja plasticidad, tales como arcillas de tipo caolín y las arcillas orgánicas, las que se sienten muy débiles entre los dedos, y esponjosas al tacto.

Resistencia en estado seco.- Se presenta en una porción de suelo al medir su resistencia al desmoronamiento de grumos en estado seco, se mide de nula, ligera, mediana a alta y muy alta.

Una resistencia alta, es característica de los grupos de arcillas de alta plasticidad (CH₁- CH₂); el limo inorgánico posee una ligera resistencia, la que puede sentirse por el tacto cuando se encuentra en estado seco.

La arena tiene consistencia granular, mientras que el limo (ML), no presenta ninguna resistencia y al momento se desmorona con poca presión de los dedos. Una resistencia baja es representativa de los suelos de baja plasticidad y se localizan debajo de la línea "A", las arcillas inorgánicas muy limosas se ubican ligeramente sobre la línea "A" (CL), y las resistencias medias se definen en aquellos del grupo (CL), y en ocasiones (CH - MH).

La columna (4), se refiere al tratamiento mecánico que se debe dar al material utilizado en las diferentes capas de terracerías, entre éstos tenemos el despalme, compactado, disgregado, bandeado, etc.

La columna (5), donde aparecen los coeficientes de variación volumétrica, son datos de gran importancia ya que, permiten tener idea del abudamiento o reducción de volúmenes de corte o préstamo, que se emplean para hacer la compensación de la curva masa.

Concretamente, el coeficiente de variación volumétrica, es un número que expresa la relación entre los pesos volumétricos se -

cos en estado natural y el compactado a un cierto grado de compactación. Esta relación se expresa como sigue:

$$C_{vv} = \frac{\gamma_{dn}}{C_c} \frac{\gamma_{dmáx}}{\gamma_{dn}}$$

Donde:

γ_{dn} = Es el peso volumétrico seco en estado natural, en el lugar que ha de ser extraído

$\gamma_{dmáx}$ = Es el máximo peso volumétrico seco que puede obtenerse para ese suelo, con la prueba de control de compactación que se vaya a emplear

C_c = Es el grado de compactación que se especifique para el caso

El coeficiente de variación volumétrica, permite establecer los volúmenes de materiales que han de ser excavados y obtenidos en los bancos de préstamo, para determinar el volumen que se necesita utilizar en las terracerías, dato que nos es indispensable para obtener el costo verdadero de un proyecto dado.

En el caso de trabajar con fragmentos de roca, los procedimientos normales de compactación presentan problemas, por lo que se da el llamado coeficiente de bandeado, el cual se da en forma subjetiva de acuerdo con el grado de alteración y fracturamiento del macizo rocoso.

En general, para rocas sanas se da como 1.25; para rocas muy intemperizadas se da como 1.00, teniéndose grados de alteración - intermedios y en consecuencia valores intermedios (ver tabla III.4)

Tabla 111.4

Valores típicos de coeficientes de variación volumétrica

TIPO DE MATERIAL	COMPACTADO			BANDEADO	ABUNDA- MIENTO
	90%	95%	100%		
<i>ARENA</i>					
SUELTA	0.87	0.82	0.78		1.00
MEDIANAMENTE COMPACTA	0.96	0.91	0.86		1.10
COMPACTA	1.05	0.98	0.95		1.20
MUY COMPACTA	1.11	1.05	1.00		1.28
<i>LIMO NO PLASTICO</i>					
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		1.36
MUY COMPACTO	1.11	1.05	1.00		1.45
<i>ARCILLA Y LIMO PLASTICO</i>					
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		1.49
DURA	1.14	1.08	1.02		1.57
<i>ROCAS</i>					
MUY INTEMPERIZADAS. Rocas con alteración física y química muy avanzadas, poco cementadas, con grietas apreciables rellenas de suelo; se disgregan fácilmente. Podrán atacarse con tractor y se obtendrán fragmentos chicos, gravas, arenas y arcillas.				1.00	1.10
MEDIANAMENTE INTEMPERIZADAS. 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.				1.07	1.25
POCO INTEMPERIZADAS. Rocas con poca alteración física o química, bien cementadas, poco fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos medianos, chicos y grandes y gravas.				1.15	1.50
SANAS. Rocas sin alteración física o química, poco o nada fisuradas, 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

La columna (6), se refiere a la Clasificación para presupuesto, la cual se utiliza como forma de pago a las empresas constructoras, tomando en cuenta la dificultad de explotación, el equipo y técnica utilizada.

De acuerdo con la dificultad que presentan para su extracción y carga, los materiales producto de los cortes se clasifican en tres tipos:

Material A.- Material blando o suelto, que puede ser eficientemente explotado con motoescrepa de 90 - 110 HP, sin auxilio de arados o de tractores empujadores, aunque éstos se utilizan para dar mayores rendimientos, son suelos poco o nada cementados con fragmentos hasta de 7.6 cm (3"); son ejemplos de éstos, los suelos agrícolas, las arenas y limos, etc. (ver foto III.1)

FOTO III.1

Movimientos de tierras utilizando motoescrepas



Material B. - Material que por su extracción y carga sólo puede ser excavado eficientemente con tractor de orugas y con cuchilla de inclinación variable de 140 - 160 HP, con pala mecánica con capacidad de 1.00 m³ mínimo, sin el uso de explosivos, aunque por conveniencia se utilicen éstos para aumentar el rendimiento o bien puede ser aflojado por arado de 6.0 Ton., remolcado por tractor de orugas de 140 - 160 HP en la barra (Ver foto III.2)

FOTO III.2

Excavación con tractor de orugas en Material "B"



Material C. - Son los que por su dificultad de extracción, sólo pueden ser excavados por medio de explosivos. Se consideran las rocas sueltas con dimensión mayor de 75 cm y mayores de $1/2 \text{ m}^3$; - entre éstos se encuentran los basaltos, areniscas, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, andesitas sanas, granitos, etc.

Generalmente se dan a los materiales las siguientes clasificaciones de pago, según las especificaciones mencionadas:

MATERIAL	CLASIFICACION		
	A.	B.	C.
LIMOS Y ARENAS DE SUELOS			
1. Muy suelta	100	0	0
2. Suelta	90	10	0
3. Medianamente compacta	80	20	0
4. Compacta	50	50	0
5. Muy compacta	0	100	0
ARCILLAS			
1. Muy suave	100	0	0
2. Suave	95	05	0
3. Firme	90	10	0
4. Muy firme	80	20	0
5. Dura	50	50	0
6. Muy dura	0	100	0
ROCA (BASALTO, ANDESITA, CALIZAS, ETC.)			
1. Sana	0	0	100
2. Fracturada	0	20	80
3. Muy fracturada	0	40	60
4. Toba volcánica	0	100	0

La columna (7), comprende un aspecto de gran importancia dentro del proyecto geotécnico, éste consiste en un conjunto de recomendaciones que se deben proporcionar para establecer la inclinación de los taludes de los cortes. En principio, sería necesario el tener un conocimiento amplio de todas las características mecánicas de los

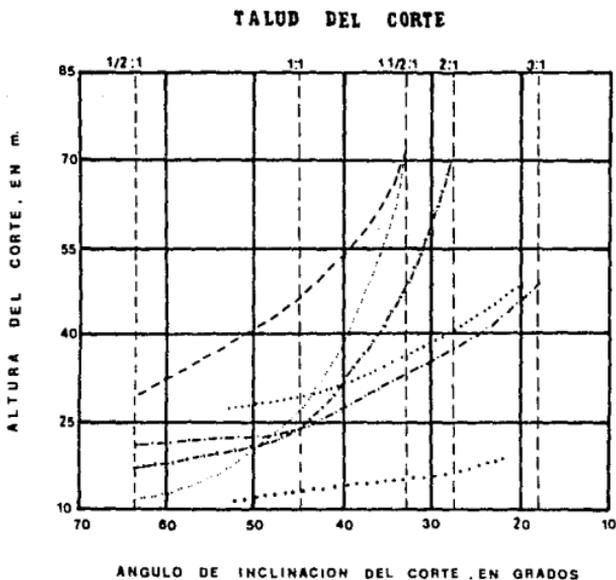
suelos que intervienen en cada proyecto, con la ayuda del laboratorio ya que es prácticamente imposible el conocimiento detallado de dichas propiedades en cada punto de una carretera, por lo menos en el grado de aproximación que permita un proyecto basado en métodos teóricos.

Lo anterior se realiza por ser más práctico por razones económicas, por lo tanto en la mayor parte, los criterios que se siguen son basados en la experiencia de los Ingenieros encargados de los estudios de campo, y que son los encargados de dar las recomendaciones, de acuerdo con el conocimiento de los materiales que intervienen en cada caso.

También se hace necesario el establecer que lo anterior se aplica en conjunto a cualquier obra vial, pero no debe excluirse la necesidad de realizarse estudios más detallados, respaldados por exploración directa e indirecta, y por el empleo de laboratorio donde sea preciso. En general, se puede decir que la mayor parte de los cortes que se presentan en un proyecto, se proyectan sin ningún estudio detallado de campo que incluya el muestreo del suelo y el posterior estudio de laboratorio para efectuar un cálculo matemático en forma más detallada, por lo que se proyectan en base a la experiencia y criterio del ingeniero responsable, auxiliándose de algunas estructuras similares en la zona y por las condiciones de estabilidad de las laderas naturales, por lo que no se puede dar como regla general el tratamiento

a seguir, pues cada caso debe tratarse en forma individual.

La siguiente figura (III.2), reúne la experiencia de un grupo de Ingenieros del Departamento de Carreteras de California, E.U. A., la cual nos sirve para determinar la inclinación del corte en función de su altura para un conjunto de valores de cohesión (c) y ángulo de fricción (ϕ), valores que el ingeniero ha de obtener mediante pruebas de laboratorio practicadas a los materiales en cuestión, con lo cual podrá establecer las condiciones en las cuales se logrará la estabilidad del corte en estudio.



LEYENDA

φ en grados ; C. en tn/m

..... φ=0	C=5 φ=15	C=5
..... φ=0	C=10 φ=15	C=7.5
..... φ=5	C=7.5 φ=8	C=2.5

ALTURA DE UN CORTE EN FUNCION DE VALORES DE C y ϕ .

En las siguientes tablas (III.5 a la III.9), se presenta un resumen de inclinaciones recomendadas para taludes de cortes practicados en gran variedad de materiales, inclusive de rocas, en las cuales se resume la experiencia del Departamento de Geotecnia de la anterior Secretaría de Obras Públicas de México.

Tabla III.5 Taludes recomendados en cortes

TIPO DE MATERIAL	TALUD RECOMENDABLE				OBSERVACIONES
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mayor de 15 m	
Granito sano y masivo.					Descoquetar a 1/2:1 la parte intertemperada si la hay.
Granito sano fisurado en bloques.					Ampliar taludes según la disposición de las fisuras.
Granito esfoliado, grandes bloques empacados en arena.					No se considera recomendable la construcción de bermas en el cambio de talud.
Granito esfoliado, grandes bloques empacados en arcilla arenosa.					Se recomienda construir banquetas con el objeto de recibir en ellas los pequeños desprendimientos que normalmente se presentan.
Granito totalmente intemperado (tucuruquay).					Si el producto de la intemperación del granito es arena fina, limosa o arcillosa, se recomienda proyectar banquetas de 1 m para cortes hasta de 15 m y de 3 m para cortes mayores.
Diorita.	Se recomienda tomar en cuenta las mismas observaciones que se hacen para los granitos, dependiendo del grado de intemperamiento de la roca.				
Andesita fisurada, sin alteración.					Se recomienda ampliar siguiendo los planos de fisuramiento.
Andesita fracturada y poco alterada.					Se puede construir bermas de 4 m al cambiar talud si la parte inferior del corte no contiene arcilla en las fracturas y éstas están cerradas.
Andesita fracturada y alterada.					Se recomienda descoquetar con talud 1:1 la parte superficial más alterada. Si existe flujo de agua deberá proyectarse un sub drenaje adecuado.

Tabla III.6

TIPO DE MATERIAL	TALUD RECOMENDABLE				OBSERVACIONES
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mayor de 15 m	
Caliza intemperada con flujo de agua.					Proyectar subdrenaje con trancuetas impermeables.
Caliza sana con esbaldado contra el corte entre 90° y 45°, con lubricante arcilloso entre estratos.	Dar el talud correspondiente al esbaldado. Si la roca está muy fracturada, proyectar bermas impermeabilizadas de 4 m a la mitad de la altura. Con trancuetas impermeables.				
Caliza muy fracturada e intemperada.					Contracuerpo impermeabilizado.
Caliza sana poco fracturada con esbaldado contra el corte entre 30° y 45°.					No puede considerarse como si el esbaldado fuera horizontal.
Caliza muy poco intemperada y fracturada, con esbaldado entre 45° y 30° contra el corte.					Desproyectar la zona más fracturada a 1:1. Contracuerpo impermeabilizado.
Puarras	Mismas recomendaciones que para calizas				
Aglomerado medianamente compacto con líneas no plásticas.					Contracuerpo impermeabilizado, para cortes mayores de 10 m construir banquetas de 1.0 m en el pie del talud.
Aglomerado medianamente compacto con líneas plásticas.					Contracuerpo impermeabilizado. Para corte mayor de 10 m proyectar bermas de 2 m a la mitad de la altura y para corte mayor de 15 m aumentar el ancho a 4 m.
Arenas limosas y limos compactos.					Desproyectar 1:1 la parte superior más intemperada, si son materiales fácilmente erosionables deberá proyectarse talud de 1:1 y proteger con pasto.
Arenas limosas y limos poco compactos.					Contracuerpo impermeabilizado. Desproyectar a 1:1:1 a la parte más intemperada. Para corte mayores de 15 m proyectar banquetas de 3 m al pie del talud.

Tabla III.7

TIPO DE MATERIAL	TALUD RECOMENDABLE				OBSERVACIONES
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mayor de 15 m	
Roquetas sanas o fracturadas en grandes bloques, con sistemas de fracturamiento a 90° horizontal y verticalmente.					Se recomienda amarrar asegurando los planos de fracturamiento así como descompartar a 1:1 la parte intertemporada.
Dialbana sana para fracturada.					Se recomienda amarrar.
Basalto fracturado, sano.					Descompartar 1/2:1 la parte superior del corte, si el fracturamiento es muy intenso. Si hay una capa intertemporada descompartar 1:1.
Basalto fracturado en bloques de tallas variadas.					Si los fragmentos están sueltos y sin suelo, o empacados en arcilla o limo suare con flujos de agua.
Basalto fracturado en bloques de tallas variadas.					Si los fragmentos están empacados en arcilla firme sin que existan flujos de agua.
Basalto muy fracturado y en proceso muy avanzado de intemperzación.					En zonas muy húmedas se recomienda construir al pie del talud una banqueta de 1 m para cortes hasta de 15 m y de 3.0 m para cortes mayores de 15 m.
Corrientes basálticas intercaladas con rocas porfíricas tiras y troncos		Se recomienda definir el contacto entre el basalto y las rocas porfíricas para darle a cada uno su talud correspondiente. Las rocas porfíricas requieren talud de 1:1 si se encuentran sueltas o de 3/4:1, si se encuentran compactas o con materiales muy gruesos.			
Tronche masiva					Si el tronche es de grano fino y está suelto, se propone aplicar las mismas recomendaciones que para el caso de las porfíricas.
Tobas, tobas brechónicas, andesíticas, riolíticas o basálticas, sanas o ligeramente fisuradas.					Si están intemperizadas en la parte superior del corte, se recomienda descompartar el corte a 1/2:1.
Tobas, tobas brechónicas, andesíticas, riolíticas o basálticas, sanas o ligeramente fisuradas.					Si existe un flujo de agua importante, se recomienda construir bermas de 4 a 6 m la mitad de la altura, sin permeabilizándola.

Tabla III.8

TIPO DE MATERIAL.	TALUD RECOMENDABLE				OBSERVACIONES
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mayor de 15 m	
Tobas, tobas berbeholes, silíceas, andesitas o basálticas poco intemperizadas.					Se recomienda desmenujar a 3/4:1 la parte superior si el fracturamiento es intemperizante e intenso.
Tobas, tobas berbeholes, silíceas, basálticas o andesíticas muy intemperizadas.					Cambio de talud a la mitad de la altura en cortes mayores de 15 m.
Lusita dura y resistente, con echado casi horizontal, poco fracturada.					No construir contracuerteras si no son bien impermeabilizadas. Desmenujar a 3/4:1 la parte superior más intemperizada.
Lusita suave de resistencia media muy fracturada.					No construir contracuerteras si no son bien impermeabilizadas. Desmenujar 1:1 la parte superficial más intemperizada.
Areniscas suaves fuertemente cementadas, estratificación casi horizontal o a favor del corte.					Desmenujar 3/4:1 la parte muy intemperizada.
Areniscas poco cementadas, muy alteradas con flujos de agua.					Desmenujar 1:1 la parte superficial muy intemperizada.
Conglomerado berbeholes bien cementado con matriz silíceo o calcárea.					Se recomienda amasar eliminando solo los fragmentos sueltos.
Conglomerado pobremente cementado con matriz silíceo.					Si la matriz arcillosa se encuentra saturada o sometida a fuertes cambios de humedad, se recomienda para cortes mayores de 10 m construir banquetas de 1 m y bermas de 4 m a la mitad de la altura.
Caliza fracturada con echado casi a favor del corte con estratificación gruesa u mal definida.					Se recomienda desmenujar 1:1 la parte superior alterada o muy fracturada.
Calizas suaves con estratificación casi horizontal o a favor del corte.					Desmenujar 1:1.

Tabla III.9

TIPO DE MATERIAL.	TALUD RECOMENDABLE				OBSERVACIONES
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mayor de 15 m	
Arenas limosas y limos muy compactos (repetar).					Descapotar la parte superior suelta.
Ardillas poco arenosas firmes (homogéneas).					Descapotar 1:1 la parte incompactada. Si existe flujo de agua proyectar subdrenaje.
Ardillas muy suaves expansivas y compresibles.					* Para cortes mayores de 15 m proyectar bermas a la mitad de la altura bien drenada.
Caoilín producto de la intemperización de granitos o dioritas.					Cubrir con pasto el talud para cortes mayores de 8 m proyectar bermas de 6 m bien drenada. (altura máxima 16 m)
Arenas limpias poco o nada compactas.	Su ángulo de fricción interna con banqueta de 1 00 m en la base.				Cubrir las taludes con pasto.

*La construcción de la bermas requerirá de una contrapendiente con objeto de drenar el agua por medio de ranuras que deberán ser impermeables, pues si no lo son se podría tener una filtración que pondría en peligro la parte inferior del corte; si estableciere una superficie de falla ocasionada por la disminución de la resistencia al esflowar cohesivo del material por efecto de la filtración.

La columna (8), corresponde a las observaciones o recomendaciones que deberán seguirse en cuanto a la utilización de los materiales que se emplearán en las terracerías de acuerdo con la calidad y características de los mismos, así como su utilización probable en las diferentes capas de las terracerías, así como el grado de compactación que se deberá dar a las capas que constituyan a dichas terracerías y en casos particulares se indica algún párrafo anexo o procedimiento cuando se trata de estudios especiales o zonas de riesgo, como zonas pantanosas, lagunas, zonas de falla geológica, etc.

b. Croquis de localización de préstamo de Materiales (TABLA III.2)

En general, los materiales que se utilizan en la formación de las capas de las terracerías, pueden ser procedentes de los cortes como compensación longitudinal en el caso de que dichos cortes cumplan con las características de calidad que se requiere, siendo éste el procedimiento más económico en el sentido de que se disminuyen los volúmenes de desperdicio y se utiliza todo el material removido, pero aún con esto, no siempre se logra la compensación completa en todos los casos.

Otro procedimiento para obtener materiales para la formación de las capas de terracerías es el llamado préstamo lateral, en el cual, se extrae el material requerido de áreas paralelas al eje de

trazo y generalmente dentro del derecho de vía, con este procedimiento se reducen los acarreos de materiales, y en consecuencia el costo de la construcción; el procedimiento estará limitado por la calidad de los materiales existentes, de la ubicación del préstamo, es decir, que los materiales se encuentran en zonas planas, agrícolas, inundables o pantanosas, por lo que se recomienda no hacer excavaciones en esos sitios, ya que traería más problemas que ventajas; en ocasiones por lo reducido del derecho de vía, se obliga a excavar zanjas muy profundas, por lo que los problemas de drenaje y encharcamientos se agravan, y si en el futuro se va a llevar una ampliación o construcción de un cuerpo nuevo, éstas zanjas o excavaciones tendrían que ser rellenas. Por lo anterior, el préstamo se recomienda únicamente cuando produzca materiales apropiados, que las zanjas provocadas por la excavación sean fáciles de drenar y que éstas queden a razonable distancia de la carretera.

Es recomendable durante la etapa de proyecto, se realice un análisis de costos con el fin de establecer si este concepto es ventajoso o no, ya que algunas veces no lo es tanto.

Uno de los procedimientos para la obtención de materiales, es la de ubicar áreas de extracción en depósitos o formaciones naturales, ya que éstas se explotan en forma masiva y se encuentran fuera del derecho de vía, por lo que se requiere acarrear para tender-

lo, a éstos préstamos se les denomina bancos de préstamo.

Los bancos de materiales deberán quedar lo mejor ubicados respecto a la línea de trazo y además deberán cumplir con las especificaciones de calidad y volumen suficiente según el uso específico que se les dará, también es importante que dichos bancos tengan un acceso apropiado y que el material de éstos bancos se pueda explotar con los procedimientos menos costosos, y una vez en la obra, requieran los procedimientos más usuales y mínimo tratamiento.

La búsqueda y localización de bancos de materiales debe hacerse con el auxilio de la fotointerpretación y posteriormente mediante reconocimientos de campo, y si el volumen fuera muy grande, con el auxilio de los métodos geofísicos; generalmente será necesario el localizar bancos de materiales de subrasante, subbase, base, carpeta y sello, y en ocasiones se requerirán bancos para la elaboración de concretos y piedra para mampostería. Muchas veces, un mismo banco puede proporcionar material para la mayor parte de los usos, dando un tratamiento en cada caso.

Los bancos de terracerías conviene localizarlos próximos al tramo, cuya distancia no debe ser mayor de 5 Km, aunque en ocasiones en las zonas costeras donde el material es escaso, es permitido. En caso contrario, el material que se pudiese utilizar y cuya calidad no

sea la adecuada, tendrá que estabilizarse mediante un proceso especial, ya sea químico o mecánico.

En general, para la formación de la capa subrasante, se recomienda que el material de los bancos sea lo más homogéneo posible, ya que los valores representativos para el diseño de la estructura del pavimento por lo regular se basan en los mismos, lo que permite que la estructura no se varíe en forma significativa.

Los materiales para subbase y base, suelen estar condicionados por el tratamiento al que se sujetan para satisfacer las normas y especificaciones de calidad, ya que necesitan de la instalación de equipos y plantas especiales que no es recomendable mover mucho, por esto, la ubicación de dichos bancos es más espaciada, con distancias entre éstos de hasta 50 Km.

Los bancos de materiales utilizados en subrasante se localizan principalmente en lomeríos suaves, en formaciones de roca muy alterada, en zonas de depósito de los ríos, etc. en cambio, los materiales de subbase y base, son encontrados en playones y márgenes de los ríos, en frentes rocosos, cerros relativamente elevados, etc. (ver fotos III.3 y III.4)



FOTO III.3 Banco de materiales



FOTO III.4 Extracción de muestras

1) Tratamiento a los Materiales Procedentes de los Bancos

En general, los materiales procedentes de los bancos - que van a ser utilizados en la formación de las terracerías, no suelen sujetarse a ningún tipo de tratamiento especial y se utilizan tal como se obtienen, esa es una condición que deberá cumplirse en la mayoría de los casos, ya que de la calidad del material empleado depende el procedimiento constructivo a seguir, por lo que se considera anti-económico el empleo de algún tratamiento en particular.

Solo es justificable, cuando en el lugar donde se realizará la construcción, no se logre la calidad especificada y no cumpla con las especificaciones de proyecto, por lo tanto, solo en las capas superiores de las terracerías es adecuado su mejoramiento.

En los materiales para pavimento, por el contrario, es usual el dar un cierto tratamiento para lograr que dicho material cumpla con las funciones, dependiendo de la capa por construir.

Los tratamientos más usuales son:

a) Eliminación de desperdicios.

Este tratamiento consiste en eliminar un determinado porcentaje -

de partículas (más de 5%), cuyo tamaño máximo es mayor al considerado en el proyecto (frecuentemente estas partículas son mayores de 3"), y esta eliminación se hace por lo regular a mano y se denomina papeo.

b) Disgregado

Los materiales que requieren ser disgregados, son los cohesivos, tales como los tepetates, caliches, conglomerados, que al ser extraídos, resultan terrones que deben ser disgregados por medio de arados o cuchillas y con equipos de compactación como rejillas o pata de cabra.

c) Cribado

Los materiales que requieren de cribarse, son las mezclas de grava, arena y limos, que al extraerlos quedan sueltos y en algunos casos contienen entre el 5% y el 25% de material mayor de 3".

El cribado generalmente se utiliza para lograr que el material tenga una granulometría adecuada o para eliminar porcentajes altos de partículas mayores que el tamaño máximo requerido (arriba del 15% es recomendable eliminar por medio de cribado).

Las instalaciones donde se realiza el cribado son sencillas y el material normalmente se maneja por gravedad, es decir, el material se pasa por una criba y se recoje en un camión; cuando se necesita de -

una buena clasificación de materiales diversos, se requiere utilizar alguna planta de cribado la cual deberá contar con cribas vibratorias en dos o tres niveles, dichas plantas por lo regular se utilizan en combinación con equipos de trituración.

La trituración se realiza en plantas muy completas y que están formadas por alimentadores, bandas de transportación, plantas de cribado, elevadores de material y equipos de trituración por medio de primarios, secundarios y terciarios en ocasiones, ya sea por impactos, de quijadas, etc.

d) Lavado

En algunas ocasiones cuando el material se encuentra muy contaminado por finos del tipo plástico, se requiere lavar el material por medio de chiflón de agua o por medio de tanques lavadores, este procedimiento se realiza durante las operaciones de cribado y trituración.

IV. EJEMPLO DE ESTUDIO GEOTECNICO Y DISEÑO DE PAVIMENTO

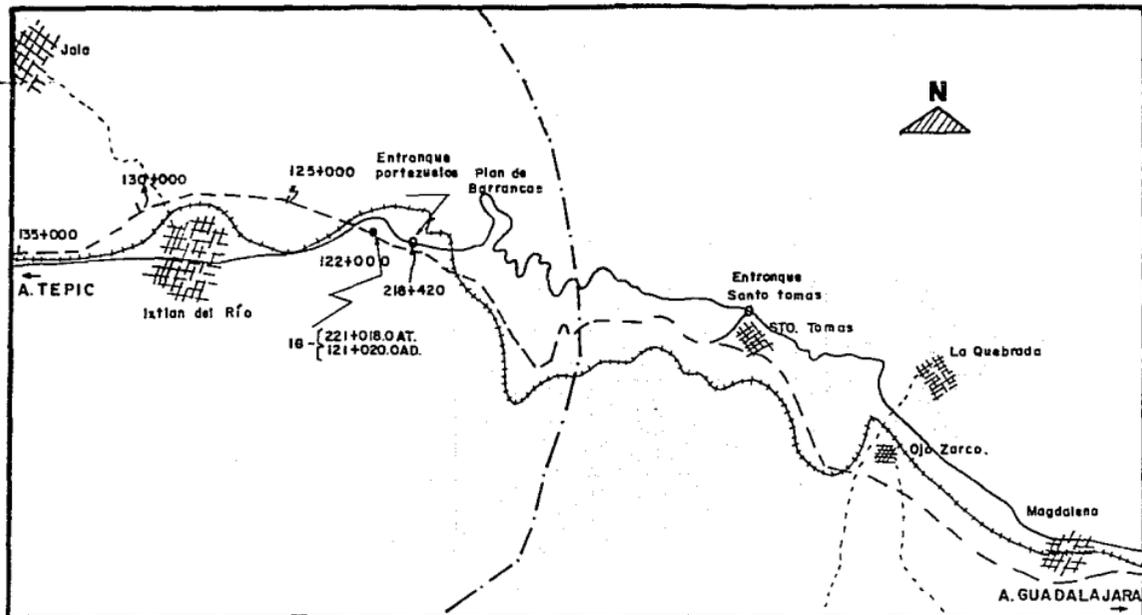
CARRETERA : Guadalajara - Tepic
TRAMO : Libramiento de Ixtlán del Río, Nay.
SUBTRAMO : De Km 218 + 420 a IG 221 + 018 = 121 + 020 AD a Km
135 + 000
ORIGEN : Guadalajara, Jal.

- Descripción del Proyecto

El proyecto tiene como objetivo, el aliviar el volumen de tránsito en la actual carretera que pasa dentro de la población de Ixtlán del Río, por tanto se contempla la construcción de un cuerpo - nuevo que constará de 21 m de corona, con dos calzadas de circulación de 7.50 m cada una, acotamientos exteriores de 2.50 m y barrera central separadora de 0.60 m de ancho y franjas de seguridad de 0.20 m a ambos de la misma.

- Localización

El tramo en estudio, se localiza al Nor-oriente de la - población de Ixtlán del Río, Estado de Nayarit; el origen de cadenamien- to de dicho tramo se ubica en el Km 218+420 de la carretera Guadalajara- Tepic y el cadenamiento final corresponde al Km 135 + 000, lugar donde se une con la misma carretera actual Guadalajara - Tepic (ver figura IV.1)



CARRETERA : GUADALAJARA - TEPIC
T R A M O : LIBRAMIENTO IXTLAN DEL RIO
SUB-TRAMO : DE KM. 218+420 A KM. 135+000
O R I G E N : GUADALAJARA, JAL.

SIMBOLOGIA :

- CARRETERA ACTUAL
- LIMITE DE EDOS.
- ++++ LINEA DE FF.CC.
- BRECHA / CAMINO REVESTIDO.
- - - - PROYECTO

CROQUIS DE LOCALIZACION

FIGURA IV.1

- Topografía

El tramo se aloja en un terreno con topografía formada básicamente por lomerío suave a fuerte y pequeñas zonas de terreno plano.

- Clima

El clima de la región se clasifica como templado, por su temperatura y subtropical por su grado de humedad, las temperaturas mínima y máxima son de 8 y 25 °C respectivamente, con precipitación promedio anual de 800 mm, con régimen de lluvias en verano.

- Nivel Freático

No se detectó en la exploración de 1.50 m de profundidad

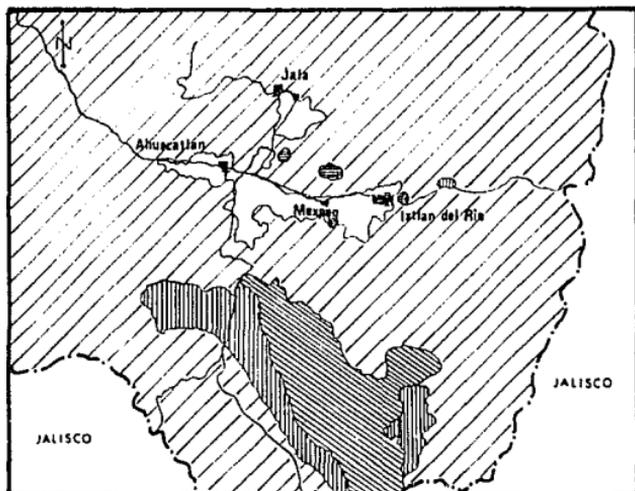
- Geología Regional

El estado de Nayarit, durante su historia geológica ha tenido una gran actividad volcánica como lo demuestran las cuatro provincias geológicas que integran el estado: La Sierra Madre Occidental; La llanura Costera del Pacífico; El Eje neovolcánico y La Sierra Madre del Sur.

Las principales estructuras geológicas del estado están representadas por aparatos volcánicos, grandes coladas de lava, fallas y fracturas regionales. La mayoría de las rocas que existen son Igneas

(Extrusivas e Intrusivas) del Período Terciario; le siguen en cuanto al área cubierta, los depósitos aluviales, lacustres y palustres que caracterizan a la provincia de la Llanura Costera, después los depósitos sedimentarios clásicos del Terciario, y por último los afloramientos de rocas sedimentarias y metamórficas del Mesozoico.

La zona donde se desarrolla el proyecto, está ubicada en dos de las cuatro provincias geológicas. La Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico. La primera está caracterizada por afloramiento de rocas metamórficas, esquistos y gneiss, producto de un metamorfismo tectonodinámico por el contacto con intrusivas del Cretácico, así como rocas ígneas extrusivas, basaltos, riolitas y andesitas, subyaciendo a las rocas volcánicas y también del Terciario, se presentan en algunos afloramientos de rocas sedimentarias como areniscas y aglomerados, e ígneas extrusivas del Período Terciario en su mayor parte.



S I M B O L O G I A

- | | |
|--|------------------------------------|
|  | Cuaternario, depósitos aluviales |
|  | Terciario, brecha volcánica |
|  | Terciario, rocas ígneas extrusivas |
|  | Cretácico, complejo metamórfico |
|  | Triásico ígneas intrusivas |

FIG. IV.2. GEOLOGIA REGIONAL

- Bancos de Materiales

En las cercanías del trazo, se localizaron bancos de materiales para terracerías, adecuadamente ubicados a fin de minimizar las distancias de acarreo.

- Trabajos de Campo y Laboratorio

Se realizó un reconocimiento a lo largo del trazo y en el área adyacente al mismo con base en la información obtenida de cartas topográficas y geológicas editadas por INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), con objeto de definir los suelos y las posibles zonas de explotación de bancos de materiales.

Con base en el reconocimiento realizado, se localizaron varios bancos de materiales, cuyas características se muestran en este mismo informe y en el cual aparece el croquis de localización de cada banco, así como la información referente a la naturaleza del depósito, calidad del material, volumen aprovechable y facilidad de acceso.

En todas las zonas exploradas se obtuvieron muestras aliteradas representativas de los pozos a cielo abierto excavados, y de los frentes de explotación para ser analizados en el laboratorio y así determinar su calidad.

- Cruces

A lo largo del trazo se localizaron lo siguientes cru-

ces:

Km	218 + 850	(Arroyo Becerro)
Km	219 + 695	(Arroyo el Ocote)
Km	121 + 366	(Arroyo el Ocotal)
Km	122 + 584	(Arroyo Seco)

CARRETERA : QUADALAJARA - TEPIC
TRAMO : LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO, NAY.
SUBTRAMO : De Km 218 + 420 a IG 221 + 018 AT = 121 + 020 AD a
Km 135 + 000
ORIGEN : QUADALAJARA, JAL.

OBSERVACIONES

- A) En todos los casos el cuerpo de terraplén, se compactará al 90% - o se bandeará según sea el caso; las capas de transición y subrasante se compactarán al 95% y 100% respectivamente; los grados de compactación indicados son con respecto a la Prueba Proctor o Por ter dependiendo de la granulometría del material, por lo que quedará a juicio del Laboratorio de Control aplicar la Prueba que - corresponda.
- B) En todos los casos, cuando no se indique otra cosa, el terreno - natural, después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto deberá compactarse al 90% de su PVS en una - profundidad mínima de 0.20 m; o bandearse según sea el caso.
- C) Material que por sus características, no debe utilizarse ni en la construcción del cuerpo de terraplén.

- D) Material que por sus características, solo puede utilizarse en la formación del cuerpo del terraplén, mismo que deberá compactarse al 90% de su PVM o bandearse, según sea el caso.
- E) Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén y capa de transición.
- F) Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, capa de transición y capa subrasante.
- G) En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición de 0.20 m de espesor, cuando la altura de éstos sea menor de 0.80 m y cuando sea mayor, la transición será de 0.50 m; y en ambos casos se proyectará capa subrasante de 0.30 m de espesor.
- H) En terraplenes construídos en este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.20 m de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

- I) En cortes formados en este material, la cama del corte, se deberá compactar al 95% de su PVS_M, en una profundidad mínima de 0.20 m y se deberá proyectar capa subrasante de 0.30 m. de espesor, compactándola al 100% de su PVS_M, con material procedente del banco más cercano.

- J) En este tramo se deberá proyectar en cortes y terraplenes bajos, capa de transición de 0.50 m de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m; en caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las capas citadas; ambas - capas se proyectarán con préstamo del banco más cercano.

- K) En cortes, se deberá escarificar los 0.15 m. superiores y acamelionar; la superficie descubierta, se deberá compactar al 100% - de su PVS_M en un espesor mínimo de 0.15 m. con lo que quedará - formada la 1a. capa subrasante, con el material acamelionado se construirá la 2a capa subrasante, misma que deberá compactarse - también al 100% de su PVS_M.

- L) En cortes formados en este material, se proyectará únicamente la - capa subrasante de 0.30 m. de espesor mínimo, compactándola al - 100% y se construirá con material de préstamo del banco más cerca - no.

- M) En cortes formados en este material, se escarificarán los primeros 0.30 m. a partir del nivel superior de subrasante, se acamellonará el material producto del escarificado y se compactará la superficie descubierta al 95%, hasta una profundidad de 0.20 m. Posteriormente, con material acamellonado se formará la capa subrasante de 0.30 m. de espesor.
- N) En el caso de cortes y terraplenes construídos en este material, se deberá proyectar capa de transición y capa subrasante de 0.20 m y 0.30 m respectivamente, compactando al 95% y 100%, ambas capas se construirán con material de préstamo de banco más cercano.

CARRETERA : QUADALAJARA - TEPIC
TRAMO : LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO, NAY.
SUBTRAMO : De Km 218 + 420 a IG 221 + 018 AT = 121 + 020 AD
a Km 135 + 000
ORIGEN : QUADALAJARA , JAL.

OBSEERACIONES GENERALES PARA TODO EL TRAMO

1. Los trabajos se iniciarán con el desmonte, desenraice y limpieza general del área en donde quedará alojado el cuerpo del camino, - de acuerdo a lo indicado en el proyecto.
2. El despalde se hará hasta la profundidad indicada en las tablas - de datos y de la manera conveniente para eliminar el material - correspondiente al primer estrato.
3. Los terraplenes desplantados en un terreno con pendiente natural - igual o mayor al 25%, se anclarán al terreno natural mediante es- calones de liga a partir de los ceros del mismo; cada escalón ten- drá un ancho mínimo de huella de 2.50 m, en material tipo "A" o - "B" y en material "C" el escalón tendrá un metro de huella; en am- bos casos la separación de dichos escalones será de 2.00 m. medi- dos horizontalmente, a partir de los ceros de los mismos.

4. En los taludes de los cortes, no se dejarán fragmentos rocosos o porciones considerables de material susceptibles de desplazarse hacia el camino.
5. Con el material producto de despalme, se deberán arropar los taludes de los terraplenes.
6. La construcción de obras de drenaje se hará antes de iniciar la construcción de terracerfas; concluidas tales obras, deberán arroparse adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción.
7. Se debe propiciar la forestación de los taludes de los cortes y terraplenes, con vegetación para evitar la erosión de los mismos.
8. En todo el tramo las cunetas deberán impermeabilizarse con concreto hidráulico $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, con un espesor de 8 cm. aproximadamente.
9. Debe evitarse que la boquilla de aguas abajo de las alcantarillas, descargue sus aguas sobre el talud del terraplén construido; en estos casos la obra de drenaje se prolongará con lavadero hasta los cerros del terraplén.

10. Cualquier ampliación de corte por requerimiento de material, debe hacerse a partir del talud externo de la cuneta, o bien formando una banqueta, la cual quedará debidamente drenada y de preferencia aguas abajo.
11. Los taludes de proyecto que deberán considerarse para terraplenes son los siguientes:

<u>ALTURAS</u>	<u>INCLINACION</u>
Entre 0.00 y 0.80 m.	3 : 1
Entre 0.80 y 2.00 m.	2 : 1
Mayores de 2.00 m.	1.5 : 1

12. El material que forma la capa subrasante, no deberá contener partículas mayores de 75 mm. (3"). Cuando éstas existan deberán eliminarse mediante papeo.
13. Al material grueso no compactable, se le dará un tratamiento de bandeado para aumentar su acomodo; este material solo servirá para formar el cuerpo del terraplén, construyéndose por capas sensiblemente horizontales, con espesor aproximadamente igual a la de los fragmentos, y se dará como mínimo tres pasadas a cada punto de su superficie con tractor D-8 o similar.

ESTUDIO GEOTECNICO

RELACION DE MATERIALES A LO LARGO DE LA LINEA

CARRETERA : Guadalajara - Tepic

TRAMO : Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

SUB TRAMO : Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

DEL KM. 218+420 AL KM. 135+000 ORIGEN: Guadalajara

HOJA

1

KILOMETRO Desde / hasta	ESTRATO		CLASIFICACION DEL SUELO (S.U.C.S.)	TRATAMIENTO PROBABLE	VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	CORTES		OBSER- VACION No.
	No	ESPESOR m.			90 %	95 %	100 %	BAND		ALTURA MAXIMA	TALUD	
218+420	1	0.30	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla arenosa de mediana a alta plasticidad de consistencia firme, empacando fragmentos chicos y medianos de basalto en un 15% (Cl-fc)	Compactado	1.05	1.00	0.95		40-60-00	2.00	3/4:1	A,B,D, N
218+590	1	0.40	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	1.00	Arcilla arenosa de media plasticidad con 3 a 5% de fragmentos chicos y medianos de basalto, de consistencia media (Cl-fcm)	Compactado	1.00	0.95	0.90		60-40-00	2.00	3/4:1	A,B,D, N
218+840	3	Indef	Fragmentos chicos, medianos de basalto (boleos), en 15% y grandes aislados empacados en arcilla arenosa de consistencia media, color café rojizo. (Cl)	Compactado	1.05	1.00	0.95		40-60-00		3/4:1	A,B,D, N
a	1	Indef	Fragmentos medianos, chicos y grandes de basalto con empaques de arcilla y gravas. (Fmc-Cl) ARROYO BECERRO	Bandeado				1.00	00-100-00			A,B,D, H,L
218+855												

ESTUDIO GEOTECNICO

RELACION DE MATERIALES A LO LARGO DE LA LINEA

CARRETERA : Guadalajara - Tepic

TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

SUB TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

DEL KM. 218 + 420 AL KM. 135 + 000 ORIGEN: Guadalajara

HOJA

2

KILOMETRO Desde / hasta	ESTRATO No	ESPESOR m.	CLASIFICACION DEL SUELO (S.U.C.S.)	TRATAMIENTO PROBABLE	VARIACION VOLUMETRICAS				CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	CORTES		OBSER- VACION No.
					90 %	95 %	100 %	BAND		ALTURA MAXIMA	TALUD	
218+855	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Fragments chicos, medianos y grandes de basalto (boleos) en 20% empacados en arcilla de mediana a - alta plasticidad, de consistencia firme (CL-fcm)	Compactado	1.05	1.00	0.95		40-60-00	1.00	3/4:1	A,B,D, N
219+080												
219+080	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Gravas y fragmentos chicos y medianos de basalto hasta un 40%, empacados en arcilla limosa de mediana plasticidad (fcm-GP)	Bandeado				1.00	70-80-00		1:1	A,B,D, H,L
219+120												
219+120	1	0.40	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla limosa empacando fragmentos chicos y medianos de basalto en un 5%, de consistencia media y de mediana plasticidad. (CL)	Compactado	0.96	0.91	0.86		60-40-00			A,B,D, N
219+695												
219+695	1	Indef	Fragments medianos, chicos y grandes de basalto (Rie), en boleos, empacados en arcilla limosa de mediana a alta plasticidad (fmc-CL)	Bandeado				1.05	00-100-00			A,B,D, H,L
a												
219+705												
			ARROYO "OCOTE"									

ESTUDIO GEOTECNICO

RELACION DE MATERIALES A LO LARGO DE LA LINEA

CARRETERA : Guadalajara - Tepic

TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

SUB TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay

DEL KM. 218+420 AL KM. 135 + 000 ORIGEN: Guadalajara

HOJA

3

KILOMETRO Desde / hasta	ESTRATO		CLASIFICACION DEL SUELO (S.U.C.S.)	TRATAMIENTO PROBABLE	VARIACION VOLUMETRICAS				CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	CORTES		OBSER- VACION No.
	No	ESPESOR m.			90 %	95 %	100 %	BAND.		ALTURA MAXIMA	TALUD	
219+735	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla limosa empacando fragmentos chicos y medianos de basalto en un 15% y fragmentos grandes aislados - (CL-fcm)	Compactado	1.05	1.0	0.95		20-80-00		3/4:1	A,B,D, N
219+890												
219+890	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla arenosa de mediana a alta plasticidad empacando fragmentos chicos y medianos de basalto aislados - (CL-fcm) de consistencia firme	Compactado	1.05	1.00	0.95		40-60-00	5.00	3/4:1	A,B,D, N
219+940												
219+940	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla de mediana plasticidad de consistencia media empacando hasta un 25% de fragmentos chicos y medianos de basalto (CL-fcm)	Compactado	1.05	1.00	0.95		20-80-00	3.00	3/4:1	A,B,D, N
220+660												
220+660	1	0.40	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla limosa café rojizo de mediana a alta plasticidad empacando fragmentos chicos y gravas en 5% de consistencia firme y seca (CL)	Compactado	1.03	0.98	0.95		50-50-00	1.00	3/4:1	A,B,D, N
221+018AT	=											
121+020AD	a											
121+360												

ESTUDIO GEOTECNICO

RELACION DE MATERIALES A LO LARGO DE LA LINEA

CARRETERA: Guadalajara - Tepic

TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay

SUB TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay

DEL KM. 218 + 420 AL KM. 135 + 000 ORIGEN: Guadalajara

HOJA

4

KILOMETRO Desde / hasta	ESTRATO		CLASIFICACION DEL SUELO (S.U.C.S.)	TRATAMIENTO PROBABLE	VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	CORTES		OBSER- VACION No.
	No	ESPESOR m.			90 %	95 %	100 %	BAND.		ALTURA MAXIMA	TALUD	
121+360	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Grava y boleos chicos y medianos con empaques de arcilla y limos arenosos en las márgenes (GP-fcm) "ARRIMO OCCIDENTAL"	Compactado	0.96	0.91	0.86		20-80-00	1.00	3/4:1	A,B,E, G.M.
121+460	1	0.40	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla arenosa café grisáceo de consistencia media, con fragmentos chicos y gravas en un 20% y fragmentos grandes aislados (CL-fc)	compactado	1.05	1.00	0.95		40-60-00	1.00	3/4:1	A,B,D, N
122+060	1	0.30	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla arcillosa compacta y seca con un 5% de fragmentos chicos y gravas (SC)	Compactado	1.03	0.98	0.93		50-50-00	2.00	1/2:1	A,B,F, C,M
122+600	1	0.30	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	1	Indef	Arcilla arenosa café obscuro, de mediana a alta plasticidad, de consistencia media a firme (CL)	Compactado	0.96	0.91	0.86		70-30-00		3/4:1	A,B,D, N
122+800	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			

ESTUDIO GEOTECNICO

RELACION DE MATERIALES A LO LARGO DE LA LINEA

CARRETERA: Guadalajara - Tepic

TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

SUB TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay

DEL KM. 218+420 AL KM. 135+000 ORIGEN: Guadalajara

HOJA

5

KILOMETRO Desde / hasta	ESTRATO		CLASIFICACION DEL SUELO (S.U.C.S.)	TRATAMIENTO PROBABLE	VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	CORTES		OBSER- VACION No.
	No	ESPESOR m.			90 %	95 %	100 %	BAND.		ALTURA MAXIMA	TALUD	
a	2	Indef	Arcilla arenosa café de consistencia media a firme, empacando fragmentos chicos, medianos y grandes de basalto en un 40% (CL-fcm)	Bandeado				1.0	00-85-15	12.00	3/4:1	A,B,D, H,L
124+600												
124+600	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla arenosa café, de consistencia media, empacando fragmentos chicos y medianos en un 15% (CL-fcm)	Compactado	1.05	1.00	0.95		20-80-00		3/4:1	A,B,D, N
125+100												
125+100	1	030	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	1.50	Arcilla arenosa, de consistencia firme, empacando fragmentos chicos y medianos hasta en 20% (CL-fcm)	Compactado	1.05	1.00	0.95		20-80-00		3/4:1	A,B,D, N
125+860	3	Indef	Basalto (Rie), muy alterado y fracturado, con empaques de arcilla de alta plasticidad en sus juntas, se obtendrán fragmentos chicos y medianos con fragmentos grandes aislados	Bandeado				1.05	00-100-00			A,B,D, H,L
125+860	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			

ESTUDIO GEOTECNICO

RELACION DE MATERIALES A LO LARGO DE LA LINEA

CARRETERA : Guadalajara - Tepic

TRAMO : Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

SUB TRAMO : Libramiento de Ixtlán del Río - Nay

DEL KM. 218+420 AL KM. 135+000 ORIGEN: Guadalajara

HOJA

6

KILOMETRO Desde / hasta	ESTRATO		CLASIFICACION DEL SUELO (S.U.C.S.)	TRATAMIENTO PROBABLE	VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	CORTES		OBSER- VACION No.	
	No	ESPESOR m.			90 %	95 %	100 %	BAND.		ALTURA MAXIMA	TALUD		
a	2	Indef	Basalto vesicular (Rie), fragmentos medianos y grandes con empaques de arcilla en sus juntas, al atacarse se obtendrán (fmj-CL)	Bandeado					1.05	00- 00-100	3.00	1:1	A,B, D,H
125+980													L
125+980	1	0.40	Tierra Vegetal	Despalme						100-00-00			
	7	0.40	Arcilla arenosa de consistencia firme, empacando fragmentos chicos y medianos aislados de basalto en un 15% (CL-fcm)	Compactado	1.00	0.95	0.90			60-40-00	7.00	3/4:1	A,B,D, N
a	3	Indef	Basalto (Rie), muy alterado e intemperizado, al atacarse se obtendrán gravas arcillosas y fragmentos chicos y medianos aislados (CP)	Compactado	1.00	1.02	0.98			00-90-10		3/4:1	A,B,D, N
127+000													
127+000	1	0.30	Tierra Vegetal	Despalme						100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla arenosa de consistencia media a firme, con lentes de arena - blancuzca aislados, empacando fragmentos chicos y medianos de basalto en 15% (CL)	Compactado	1.00	1.00	0.95			40-60-00	5.00	3/4:1	A,B,D, N
128+300													

ESTUDIO GEOTECNICO

RELACION DE MATERIALES A LO LARGO DE LA LINEA

CARRETERA : Guadalajara - Tepic

TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

SUB TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay

DEL KM. 218+020 AL KM. 135+000 ORIGEN: Guadalajara

HOJA

7

KILOMETRO Desde / hasta	ESTRATO		CLASIFICACION DEL SUELO (S.U.C.S.)	TRATAMIENTO PROBABLE	VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	CORTES		OBSER- VACION No.
	No	ESPESOR m.			90 %	95 %	100 %	BAND		ALTURA MAXIMA	TALUD	
128+300	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Basalto muy alterado y fracturado, con intercalaciones de andesita al- terada (Rie), al atacarse se obten- drán (Fmc-GC)	Bandeado				1.10	00-70-30	4.0	3/4:1	A,B,D, H,L
128+600												
128+600	1	0.30	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla arenosa de consistencia fina, empacando fragmentos chicos y medianos de basalto en un 25%. (CL-fcm)	Compactado	1.05	1.00	0.95		20-80-00	7.00	3/4:1	A,B,D, N
130+150												
130+150	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	1.50	Arcilla arenosa de mediana plastici- dad, empacando fragmentos chicos y - medianos de basalto en un 15% (CL-fcm)	Compactado	1.05	1.00	0.95		20-80-00	2.00	1:1	A,B,D, N
	3	Indef	Riolita (Rie), muy alterada y frac- turada, al atacarse se obtendrán - fragmentos medianos, chicos y grandes aislados con gravas (fmc-GP)	Bandeado				1.07	00-70-30		3/4:1	A,B,D, H,L
131+175												
131+175	1	0.40	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			

118

ESTUDIO GEOTECNICO

RELACION DE MATERIALES A LO LARGO DE LA LINEA

CARRETERA: Guadalajara - Tepic

TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

SUB TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

DEL KM. 218+420 AL KM. 135+000 ORIGEN: Guadalajara

HOJA

8

KILOMETRO Desde / hasta	ESTRATO No	ESPESOR m.	CLASIFICACION DEL SUELO (S.U.C.S.)	TRATAMIENTO PROBABLE	VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	CORTES		OBSER- VACION No.
					90 %	95 %	100 %	BAND.		ALTURA MAXIMA	TALUD	
a	2	Indef	Arcilla café oscura de mediana plasticidad y de consistencia firme (CL)	Compactado	0.98	0.91	0.86		70-30-00		3/4:1	A,B,D, N
131+300												
131+300	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	1.00	Arcilla de mediana a alta plasticidad empacando fragmentos chicos y medianos de basalto y riolita en un 10%	Compactado	1.05	1.00	0.95		70-80-00	4.00	3/4:1	A,B,D, N
	3	Indef	Riolita (Rie), muy alterada y fracturada, al atacarse se obtendrán fragmentos medianos, chicos y gravas con arcilla.	Bandeado				1.10	00-70-30	8.00	3/4:1	A,B,D, H,I
131+925			(fcm-CC)									
131+925	1	0.30	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Limo arcilloso con poca arena medianamente compacto y seco con gravas y fragmentos chicos aislados (ML)	Compactado	1.00	0.95	0.90		60-40-00	3.00	1/2:1	A,B,E, G,I
132+750												
132+750	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Basalto (Rie), muy alterado y fracturado de color gris claro	Bandeado				1.10	00-60-80		1/2:1	A,B,D, H,I

ESTUDIO GEOTECNICO

RELACION DE MATERIALES A LO LARGO DE LA LINEA

CARRETERA: Guadalajara - Tepic

TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

SUB TRAMO: Libramiento de Ixtlán del Río - Nay.

DEL KM. 218+420 AL KM. 135+000 ORIGEN: Guadalajara

HOJA

9

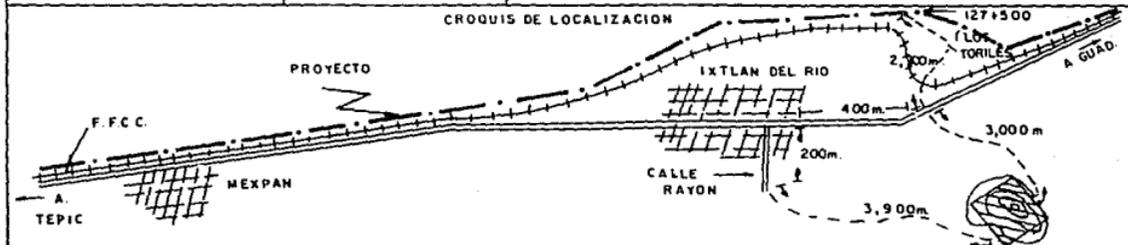
KILOMETRO Desde / hasta	ESTRATO No	ESPESOR m.	CLASIFICACION DEL SUELO (S.U.C.S.)	TRATAMIENTO PROBABLE	VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO	CORTES		OBSER- VACION No.
					90 %	95 %	100 %	BAND.		ALTURA MAXIMA	TALUD	
132+925			al atacarse se obtendrán fragmentos medianos, chicos y gravas									
132+925	1	0.30	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Limo arcilloso con poca arena, medianamente compacto, color café claro (ML)	Compactado	1.00	0.95	0.90		60-40-00	1/2:1		A,B,E, G, I
134+000												
134+000	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Arcilla con poca arena de mediana plasticidad, de consistencia firme, empacando fragmentos chicos y medianos en un 15% (CL-fcm)	Compactado	1.05	1.00	0.95		20-80-00	2.00	3/4:1	A,B,D, N
134+250												
134+250	1	0.30	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	Indef	Limo arcilloso con poca arena medianamente compacto, color café claro y gravas sueltas aisladas - (ML)	Compactado	1.00	0.95	0.90		60-40-00	1/2:1		A,B,D, N
134+500												
134+500	1	0.20	Tierra Vegetal	Despalme					100-00-00			
a	2	1.00	Arcilla arenosa de mediana plasticidad, empacando fragmentos chicos y medianos de riolita en un 20% (CL-fcm)	Compactado	1.05	1.00	0.95		20-80-00	8.00	3/4:1	A,B,D, N

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PRESTAMO DE MATERIALES	CARRETERA	CUADALAJARA - TEPIC
	TRAMO	LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY
	SUBTRAMO	LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY
	ORIGEN	CUADALAJARA - JAL.

PRESTAMO DE MATERIALES PARA Cpo. de Terraplén, Transición y C. Subrasante DENOMINACION "El Cerrito"

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S. O. P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C
	No	ESPESOR m			90%	95%	100%	BANDEADO	
Km 127+500 d/izq. 5000m 6	1	0.15	Suelo Vegetal	Despalme					100-00-00
Km 127+500 d/izq. 6350m sobre calle Rayón 6	2	0.45	Arena arcillosa café, con 20% de fragmentos chicos de basalto y tezontle	Compactado	0.90	0.85	0.80		60-40-00
Km 121+950 d/izq. 8600m sobre la carretera actual	3	Indef	Brecha volcánica, intemperizada con arena, medianamente compacta, se obtendrán gravas, arcillosas	Compactado	0.90	0.85	0.80		60-40-00

DIMENSIONES LARGO 300 mts ANCHO 200 mts ESPESOR 8 mts	VOLUMEN APROVECHABLE 480.000 m ³	OBSERVACIONES <u>Se recomienda utilizar el tercer estrato para construcción de la capa subrasante; Propiedad Ejidal</u>
---	--	---

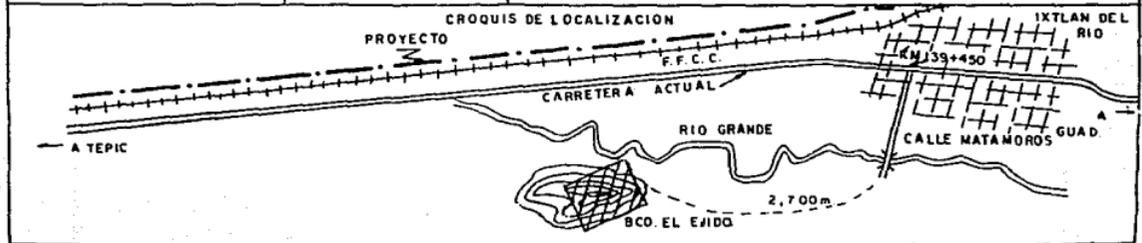


CROQUIS DE LOCALIZACION DE PRESTAMO DE MATERIALES	CARRETERA:	GUADALAJARA - TEPIC
	TRAMO	LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY.
	SUBTRAMO	LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY
	ORIGEN	GUADAJARA - JAL.

PRESTAMO DE MATERIALES PARA Cpo. de Terraplén, Transición y C. Abrasante DENOMINACION "El Ejido"

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S. O. P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C
	No	ESPESOR m			90%	95%	100%	BANDEADO	
Km 139+450 d/izq. 2700m de la carretera actual Guadalajara-Tepic	1	0.20	Suelo Vegetal	Despalme					100-00-00
Km 131+000 d/izq. 3900m del proyecto	2	Indef	Tezontle vesicular (Rie) color rojizo, al atacarse se obtendrán gravas y arenas mal graduadas, sueltas (CP-SP)	Compactado	0.87	0.82	0.78		90-10-00

DIMENSIONES	VOLUMEN APROVECHABLE	OBSERVACIONES
LARGO <u>200</u> mts ANCHO <u>200</u> mts ESPESOR <u>8</u> mts	320,000 m ³	<u>Propiedad Ejidal, existe un camino de acceso en regulares condiciones</u>

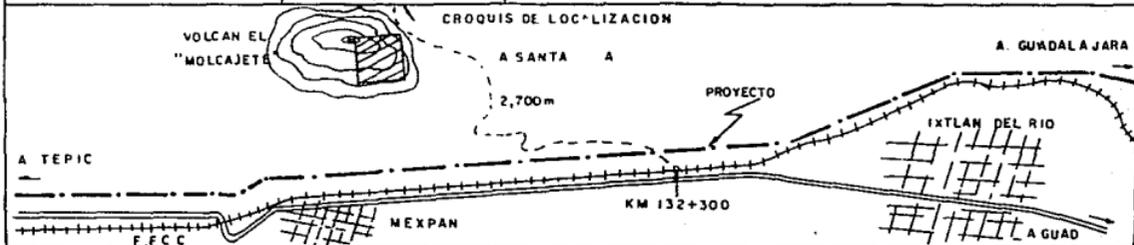


CROQUIS DE LOCALIZACION DE PRESTAMO DE MATERIALES	CARRETERA: <u>GUADALAJARA - TEPIC</u>
	TRAMO : <u>LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAV.</u>
	SUBTRAMO : <u>LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAV.</u>
	ORIGEN : <u>GUADALAJARA - IAJ</u>

PRESTAMO DE MATERIALES PARA Cpo. de Terraplén, Transición y C. Subrasante DENOMINACION "Molcajete"

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S. O. P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C
	No	ESPESOR m			90%	95%	100%	BANDEADO	
<u>Kn 140+700 d/der 4000m sobre la carretera actual</u>	<u>1</u>	<u>0.20</u>	<u>Suelo Vegetal</u>	<u>Despalme</u>					<u>100-00-00</u>
<u>Guadalajara - Tepic 6</u>	<u>2</u>	<u>Indef</u>	<u>Basalto vesicular (Rie), tezontle color negro, -- medianamente alterado, al atacarse se obtendrán gravas y arenas sueltas mal graduadas (CP-SP)</u>	<u>Compactado</u>	<u>0.87</u>	<u>0.82</u>	<u>0.78</u>		<u>90-10-00</u>
<u>Kn 132+300 d/der 2700m sobre brecha a la población de Rosa Bca.</u>									

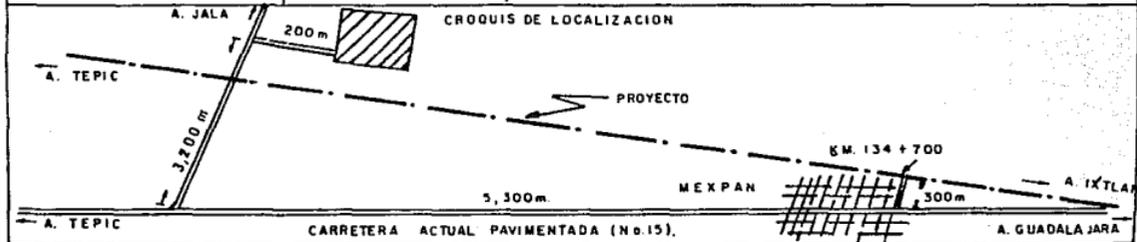
DIMENSIONES LARGO <u>400</u> mts ANCHO <u>200</u> mts ESPESOR <u>8</u> mts	VOLUMEN APROVECHABLE <u>640,000</u> m ³	OBSERVACIONES <u>Existe brecha de acceso</u>
		<u>Propiedad Privada</u>



CROQUIS DE LOCALIZACION DE PRESTAMO DE MATERIALES	CARRETERA:	CUADALAJARA - TEPIC
	TRAMO	LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY
	SUBTRAMO	LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY
	ORIGEN	CUADALAJARA - JAL.
PRESTAMO DE MATERIALES PARA Cpo. de Terraplén, Transición y C. Subrasante		DENOMINACION "JALA"

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION	O. P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C
	No	ESPESOR m				90%	95%	100%	BANDEADO	
Km 148+800 d/der 3400m sobre la carretera federal No. 15, Guadalajara - Tepic	1	0.20	Suelo Vegetal		Despalme					100-00-00
Km 134+700 d/der adelante sobre la carretera actual 8 800m.	2	Indef	Basalto vesicular(Rie), tezontle negro, intemperizado al atacarse se obtendrán gravas mal graduadas y arenas -- (GP-SP)		Compactado	0.87	0.82	0.78		90-10-00

DIMENSIONES	VOLUMEN APROVECHABLE	OBSERVACIONES Camino Pavimentado, con acceso en buen estado; Propiedad privada, presenta frente de ataque.
LARGO 200 mts ANCHO 200 mts ESPESOR 20 mts	800,000 m ³	

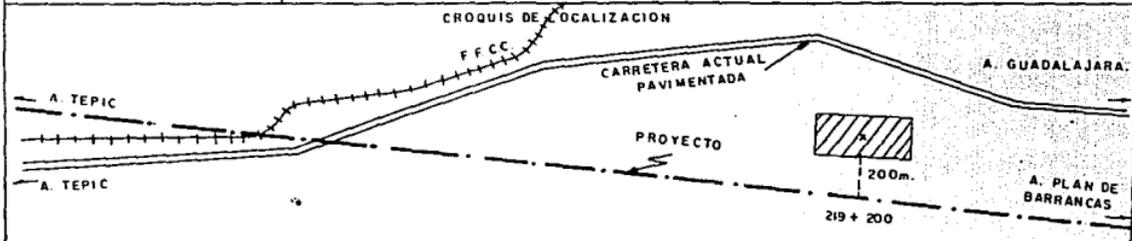


CROQUIS DE LOCALIZACION DE PRESTAMO DE MATERIALES	CARRETERA:	GUADALAJARA - TEPIC
	TRAMO :	LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY
	SUBTRAMO :	LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY
	ORIGEN :	GUADALAJARA - JAL

PRESTAMO DE MATERIALES PARA Cpo. de Terraplén, Transición y C. Subrasante DENOMINACION "Las Torres"

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S. O. P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C
	No.	ESPESOR m			90%	95%	100%	BANDEADO	
Km 219+200 d/der 200m	1	0.30	Suelo Vegetal	Despalme					100-00-00
	2	Indef	Basalto(Rie), muy alterado y fracturado, color gris con arcilla de mediana a alta plasticidad en sus juntas y fragmentos chicos y medianos aislados, se obtendrán gravas arcillosas y frym.	Compactado	1.03	0.98	0.93		40-60-00

DIMENSIONES	VOLUMEN APROVECHABLE	OBSERVACIONES
LARGO 100 mts ANCHO 200 mts	120,000 m ³	
ESPESOR 6 mts		



RECOMENDACIONES DE CIMENTACION

CARRETERA CUADALAJARA - Tepic
 TRAMO LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY
 SUBTRAMO LIBRAMIENTO DE IXTLAN DEL RIO - NAY
 ORIGEN CUADALAJARA - JAL.

UBICACION Km	TIPO DE OBRA Y DIMENSIONES (m)	MATERIAL SOBRE EL QUE SE EFECTUARA EL DESPLANTE	ALTURA DEL TERRAPLEN m	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE m	CAPACIDAD DE CARGA Ton/m ²	TIPO DE ARRASTRE	OBSERVA- CIONES
121+580	L 3.0 X 2.0	Grava y boleos chicos y medianos empacados en arcilla medianamente compactas (GP-fcm)		0.75 1.00	14.0 17.0	finos y gravas	b,c
122+075	L 2.0 X 1.50	Arena arcillosa compacta con 5% de fragmentos chicos y gravas (SC)		0.50 0.75	12.0 14.0	arenas y finos	b,c
122+746	L 1.0 X 1.0	Arcilla arenosa café de mediana a alta plasti- cidad, de consistencia media a firme (CL)		0.50	10.0	finos	c
123+777	L 1.50 X 1.00	Arcilla arenosa de consistencia media empacan- do fragmentos chicos, medianos y grandes de - basalto (CL-fong)		0.50	12.0	finos	c
124+107	B 1.50 X 1.00	" " " " " " " " " " "		0.50 0.75	12.0 14.0	finos	c
124+305	B 2.0 X 1.00	" " " " " " " " " " "		0.50 0.75	12.0 14.0	finos	C

OBSERVACIONES: a) Se formula la recomendación para hacer la cimentación de losa o bóveda, previendo alguna modificación del proyecto.

b) Se proyectará dentellón a la entrada y salida de la obra en una profundidad mínima de 0.75m a partir de la plantilla de la obra y además el zapeado en la longitud salvada por ésta.

c) Existe material disponible en el lugar para construcción con mampostería

L-LOSA

B-BOVEDA

C-CAJON

T-TUBO

FORMULO

DISEÑO DE PAVIMENTO

Para llevar a cabo el diseño del pavimento, además del estudio geotécnico realizado, se tomaron en cuenta las características del lugar en el cual se ubicará el proyecto, las propiedades y calidad de los posibles bancos a utilizarse en la etapa de pavimentación, también se obtuvieron los datos de un estudio reciente de Ingeniería de Tránsito para el año inicial de proyecto.

Se determinó para 1991, un tránsito diario promedio anual de 6150 vehículos diarios en dos sentidos (T.D.P.A.), con una tasa de crecimiento anual del 8%, para una vida útil de 10 años y una composición vehicular con la distribución siguiente:

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION VEHICULAR
A2	62
B2	6
C2	16
C3	6
T2 - S2	2
T3 - S2	3
T3 - S3	3
T3 - S2 - R3	1
T3 - S2 - R4	1

Para el cálculo de espesores del pavimento, se utilizará el Método del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional

Autonoma de México, establecido para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras, de la SAHOP - 1980.

En el empleo de este método se ha utilizado un Nivel de Confianza (Qu) de 0.9, considerando los siguientes valores relativos de soporte para las diferentes capas de terracerías y de pavimento.

C A P A	VRS (%)
Terreno natural	5
Cuerpo de Terraplén	7
Capa de Transición	12
Capa Subrasante	16
Subbase Hidráulica	65
Base Hidráulica	100

Una vez que se ha determinado el valor relativo de soporte para aplicarse en el diseño del pavimento y considerando que este camino será de dos carriles por sentido, se ha supuesto que el volumen de tránsito pesado compuesto por autobuses y camiones, circulará por el carril de diseño.

La aplicación de coeficientes de daño para las cargas máximas permitidas y que están consignadas en el Diario Oficial del 28 de Noviembre de 1980, y de acuerdo con el Instructivo para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras, se obtienen los

tránsitos equivalentes acumulados, tomando como año inicial el año de 1991 e incrementándose en un 8% anual hasta cubrir 10 años de vida útil del proyecto, de acuerdo con el desarrollo que se indica en las tablas siguientes:

**PROYECTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
METODO ELABORADO PARA LA SCT POR
EL INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM**

-128-

FECHA DE ELABORACION: _____
 CARRETERA : CIADAJALARA - TEPIC
 TRAMO : LIBRAMIENTO IXTLAN DEL RIO - NAY.
 SUBTRAMO : LIBRAMIENTO IXTLAN DEL RIO - NAY.
 ORIGEN : CIADAJALARA - JAL.

TIPO ESTRUCTURAL DEL CAMINO: A T.D.P.A. 6150 PARA EL AÑO 1993
 NUMERO DE CARRILES: 2
 VIDA UTIL DEL PROYECTO: 10 AÑOS
 TASA DE CRECIMIENTO : 8.0 %

1.- TRANSITO EN EL CARRIL DE PROYECTO.

AÑO	TDPA cd	TPA cd	TRANSITO ACUMULADO
1991	3075	1'122,375	1'122,375
1992	3321	1'212,165	2'334,540
1993	3587	1'309,255	3'643,795
1994	3873	1'413,645	5,057,440
1995	4183	1'526,795	6'584,235
1996	4518	1'649,070	8'233,305
1997	4879	1'780,835	10'014,140
1998	5270	1'923,550	11'937,690
1999	5691	2'077,215	14'014,905
2000	6146	2'243,290	16'258,195

2.- TRANSITO ACUMULADO EQUIVALENTE A EJES SENCILLOS DE 8.2 TON.

TRANSITO ACUMULADO EQUIVALENTE A EJES SENCILLOS DE 8.2 TON.										
TRANSITO TIPO	COMP. % ①	COEFICIENTE DE DAÑO PARA					NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 TON PARA			
		Z=0 ②	Z=15 ③	Z=30 ④	Z=45 ⑤	Z=60 ⑥	① x ② = ⑥ Z=0	① x ③ = ⑦ Z=15	① x ④ = ⑧ Z=30	① x ⑤ = ⑨ Z=45
A2	0.62	0.004	0.00	0.000	0.000	0.00248	0.000	0.000	0.000	0.000
B2	0.06	2.00	1.890	2.457	2.939	0.120	0.1134	0.14742	0.17634	
C2	0.16	2.00	1.890	2.457	2.939	0.320	0.3024	0.39312	0.47024	
C3	0.06	3.00	2.817	2.457	2.940	0.180	0.16902	0.14742	0.1764	
T2-S2	0.02	4.00	4.358	4.747	5.760	0.080	0.08716	0.09494	0.1152	
T3-S2	0.03	5.00	5.285	4.747	5.761	0.150	0.15855	0.14241	0.17283	
T3-S3	0.03	6.00	5.239	4.746	5.758	0.180	0.15217	0.14238	0.17274	
T3-S2-R3	0.01	8.00	9.294	9.327	11.401	0.080	0.09294	0.09327	0.11401	
T3-S2-R4	0.01	9.00	10.221	9.327	11.403	0.090	0.10221	0.09327	0.11403	
3 EJES EQUIVALENTES PARA EL T. UNITARIO						1,2025 ⑩	1,1828 ⑪	1,25423 ⑫	1,51175 ⑬	
T.D.P.A INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO ⑭						3,075	3,075	3,075	3,075	
CCFF DE ACUMULACION DEL TRANSITO ⑮						5,287	5,287	5,287	5,287	
TRANSITO ACUMULADO ⑯ x ⑭ x ⑮ = ⑰						19'549.674	19'230.213	20'390.675	24'577.963	

CT = $\frac{(1+r)^n - 1}{r}$ 365

CT=Coeficiente de acumulación del transito
 r = Tasa de crecimiento anual

n = Numero de años de servicio

Una vez realizados los cálculos para la obtención del tránsito acumulado a ejes sencillos de 8.2 Ton, se continúa con el diseño y para poder aplicar las gráficas para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras, se determina el Valor Relativo de Soporte Crítico (\widehat{VRS}) de los diferentes materiales que componen el pavimento, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\widehat{VRS} = \overline{VRS} (1 - 0.84 V) , \text{ en donde:}$$

\widehat{VRS} = Valor Relativo de Soporte Crítico esperado en campo.

\overline{VRS} = Valor Relativo de Soporte medio esperado en campo.

V = Coeficiente de variación de los materiales, en cuanto a calidad y tratamiento (para las condiciones regionales de este tramo, se considera de 0.25 y 0.30)

Por lo anterior, tenemos que el \widehat{VRS} considerado en cada capa es el que se determina a continuación:

Terreno Natural	= 5%;	$\widehat{VRS} = 5 (1 - 0.84 (0.30)) = 4$
Cuerpo de Terraplén	= 7%;	$\widehat{VRS} = 7 (1 - 0.84 (0.30)) = 5$
Capa de Transición	= 12%;	$\widehat{VRS} = 12 (1 - 0.84 (0.30)) = 9$
Capa Subrasante	= 16%;	$\widehat{VRS} = 16 (1 - 0.84 (0.30)) = 12$
Subbase Hidráulica	= 65%;	$\widehat{VRS} = 65 (1 - 0.84 (0.25)) = 51$
Base hidráulica	= 100%;	$\widehat{VRS} = 100 (1 - 0.84 (0.25)) = 79$

En base a los valores obtenidos, y el tránsito acumulado en ejes sencillos de 8.2 Ton, se elige el nivel de confianza para el diseño, tomando en cuenta la importancia de la carretera que en este caso es Tipo A, así como a la conservación que se le debe dar a ésta, por tanto el nivel de confianza para este caso es de $Q_u = 0.9$.

Considerando los ΣL y VRS críticos, se procedió, mediante la utilización de la Figura IV.3 del mismo instructivo, a obtener los espesores del pavimento.

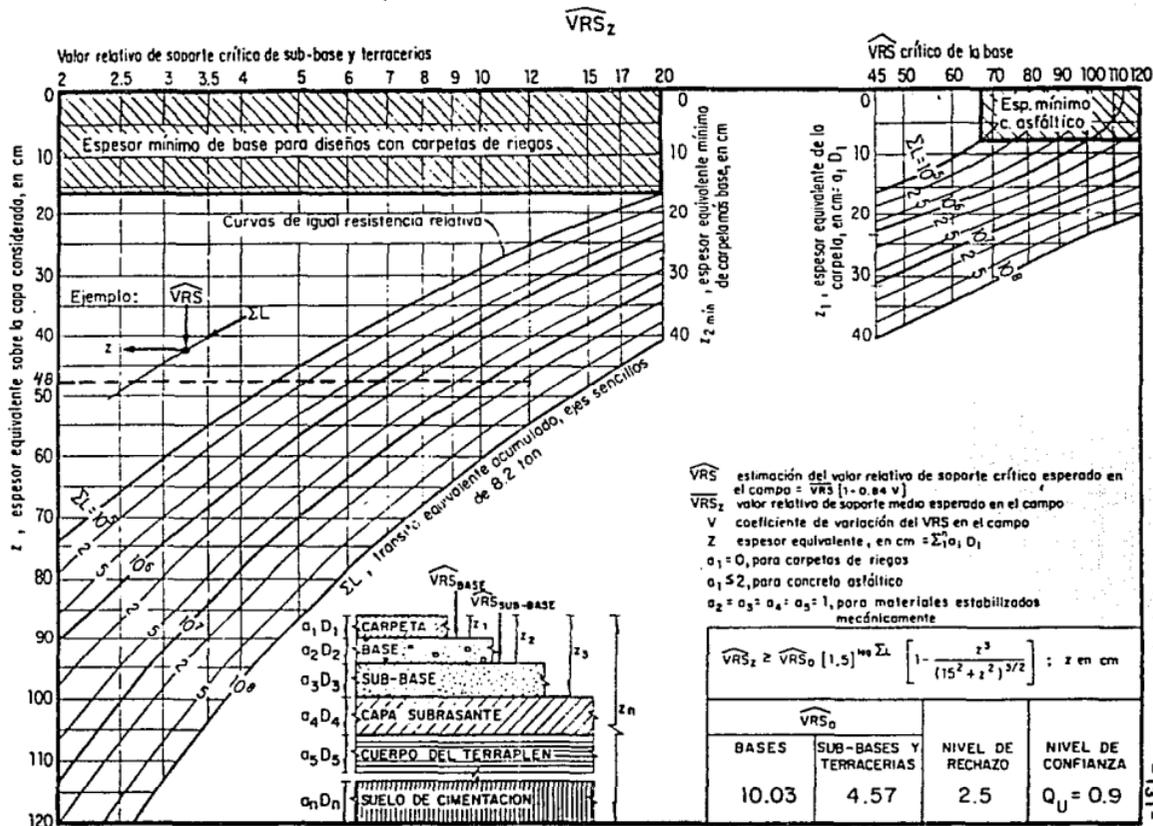


Fig. IV.3. Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

C A P A	ΣL	\widehat{VRS}	NIVEL DE CONFIANZA
			$Q_u = 0.9$
Carpeta de Concreto Asf.	19' 549 674	-----	-----
Base Hidráulica	19' 230 213	79	23
Subbase Hidráulica	20' 390 675	51	31
Capa Subrasante	24' 577 963	12	----- 48 cm. -----

De la tabla anterior se obtienen los espesores de grava equivalente que deberán considerarse sobre la capa en que se base la - estructuración del pavimento; finalmente se establece la estructura - ción de éste de acuerdo con lo siguiente:

C A P A	ESPEJOR REAL	INDICE DE ESPEJOR	ESPEJOR DE GRAVA EQUIVALENTE
Carpeta de Concreto Asf.	10	2	20
Base Hidráulica	20	1	20
Subbase Hidráulica	12	0.74	9
		Esp. Total =	49 cm.

Como se observa, el índice de espesor de la capa determina, en conjunto con el espesor real, el espesor equivalente que - deberá cubrirse para la obtención de una estructuración acorde con las condiciones de la zona en estudio.

V. METODOS DE EXPLORACION

En la actualidad, en forma complementaria a la inspección directa de campo, se están empleando los métodos directos e indirectos de exploración con el fin de conocer las propiedades mecánicas y de resistencia de los materiales en los cuales habrá de construirse la obra carretera; estos procedimientos se adecúan al tipo de problemas específicos y características de cada zona en particular, ya sea en zonas planas o montañosas.

Cada una de estas zonas presentarán en sí diversos problemas del tipo geotécnico, en cuanto a sus estados de alteración y fracturamiento en lo referente a rocas y de consistencia o compactad en lo relativo a suelos, por tanto se requieren diferentes soluciones para establecer la estabilidad y/o el correcto funcionamiento estructural de los diferentes materiales que formarán parte de la carretera.

Los métodos de exploración que van a generar la mayor cantidad de datos, así como de alternativas de solución, son los métodos de exploración directa; para esto, en los lugares donde las características geológicas y geotécnicas nos indican que el muestreo y exploración se habrán de realizar de manera tradicional, es indicio de que las condiciones en esa zona son regulares y por tanto no se ten

drán que considerar estudios especiales, en cambio, para zonas donde las condiciones son más desfavorables en cuanto a las características de calidad y resistencia de los materiales, se harán estudios de exploración mayores, tanto en calidad como en diversidad.

Por ejemplo, en las áreas de laguna donde se localizan zonas de depósito aluviales o residuales, generalmente de suelos blandos, es necesario el realizarse estudios mediante pozos a cielo abierto y sondeos profundos con máquina perforadora (En zonas donde se ubicarán estructuras), ya sea con sondeos mixtos con obtención de muestras alteradas o inalteradas; tanto con tubo Shelby como con Penetrómetro Estándar.

Los sondeos nos darán una idea más clara y en general más completa de las características del subsuelo a lo largo del área de proyecto, así como de los valores de resistencia y por tanto del comportamiento a futuro de dicha obra. Estos sondeos se recomiendan hasta una profundidad donde se espera que se tenga una influencia directa de la estructura por construir, por tanto, serán variables o se harán hasta encontrar un estrato resistente.

Cuando no sea posible la realización de sondeos profundos, se deberán emplear otros métodos o procedimientos indirectos que complementen la información obtenida así como diferentes estudios espe

ciales, de acuerdo con la importancia del proyecto.

Una vez concluida la exploración mediante la recuperación de muestras, se hace una selección de éstas para que se efectúen las pruebas de laboratorio necesarias, tanto para terracerías como en el material que constituye el terreno natural para finalmente y tomando como base el resultado de las fases de exploración, muestreo y ensayos de laboratorio efectuados, se elaboren los perfiles de suelos a todo lo largo del proyecto para verificar las variaciones de espesores de los diferentes estratos, así como de las características particulares de cada uno de ellos.

Así también en la exploración de macizos rocosos y donde habrán de formarse cortes con alturas mayores de 15m., se deberá realizar una exploración adecuada que represente en general los problemas a solucionar durante el proyecto y posteriormente durante la construcción.

Por lo anterior, se describen a continuación en forma general los diferentes métodos de exploración que se utilizan en la actualidad para el proyecto.

A. METODOS DIRECTOS DE EXPLORACION

Son técnicas de exploración que mediante la obtención de muestras de suelos y rocas y la observación de sus características in situ, permiten conocer las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio en que se lleva a cabo el estudio. Incluyen en general, los levantamientos superficiales, sondeos y pozos a cielo abierto (PCA)

1. Levantamientos Geológicos Superficiales

Son recorridos en campo para la identificación, clasificación y mapeo de las principales unidades geológicas existentes en el área bajo estudio y el reconocimiento de sus características estructurales, tales como: echado, rumbo, pliegues, contactos, fracturamientos y fallas, así como también para llevar a cabo la localización y ubicación de los materiales útiles para la obra, tipo de rocas y suelos, etc, todo con levantamientos regionales y levantamientos locales.

La obtención de fotografías durante el levantamiento puede contribuir a la aclaración de ciertos aspectos que parezcan confusos durante las observaciones realizadas en campo.

Con los datos obtenidos de las observaciones de campo y de los estudios complementarios de laboratorio hechos a las muestras colectadas, se elaboran los mapas y perfiles geotécnicos.

2. Sondeos en Roca

Se entiende por sondeo en roca, a la recuperación de muestras mediante perforaciones con las siguientes características: - Inalteradas (intactas), verdaderamente representativas del material - con alto porcentaje de recuperación y capaces de permitir la identificación de las características de la roca y su fracturamiento, tamaño y espaciamiento de fracturas, grado de alteración y presencia de materiales de relleno en ellas, mediante el uso de barriles muestreadores.

Las fotografías darán también una idea de la apariencia de los núcleos, sobre todo tiempo después, cuando las muestras ya se han deteriorado. (Ver foto V.1)

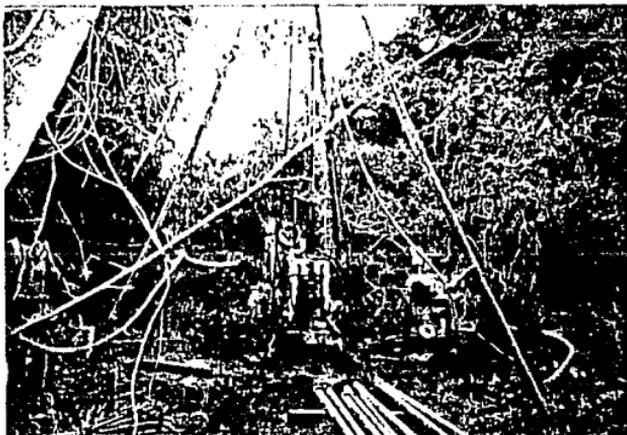


FOTO V.1

Recuperacion de muestras inalteradas con maquinaria especializada

3. Pozos a Cielo Abierto

Son excavaciones por lo general de sección rectangular de 1.00 X 2.00m y de 2.00m de profundidad, esta profundidad es recomendable para que se observe en la exploración el estrato de suelos meteorizados superficiales y llegue a los materiales de que dependerán a fin de cuentas las condiciones de estabilidad del camino.

Este método se puede complementar en ocasiones, con la inspección de algunos pozos existentes, cortes naturales, zanjas, etc. El espaciamiento de los sondeos se recomienda en general que se haga - a cada 500m, adaptándolo entre otras cosas, a las características que presente el terreno y la importancia del proyecto.

La obtención de muestras de los PCA, se realiza con pico y pala. Dichas muestras son alteradas y se toman de las paredes - y del fondo, debiendo conservarse en bolsas o costales de polietileno; debe eliminarse el material superficial contaminado y tomarse la muestra de los lugares ya indicados, aproximadamente 40 Kg y posteriormente deberá ser enviada al laboratorio para su ensaye.

Como ya se dijo anteriormente, para la ubicación de los puntos que se exploren con éstos métodos, no se puede dar una regla - a seguir, en todo tipo de casos habrán de ser fijados por el ingeniero encargado de los estudios geotécnicos y de preferencia auxiliado por un

geólogo (Ver foto V.2)



FOTO V.2

Excavación de un Pozo a cielo abierto para extracción de muestras alteradas.

B. METODOS INDIRECTOS DE EXPLORACION

Durante las etapas que intervienen en la realización de una obra carretera, se presentan comunmente problemas derivados de las condiciones del subsuelo en donde se alojará dicha obra, principalmente en zonas de topografía irregular, en que será necesario la excavación de laderas, construcción de túneles o puentes, así como la localización de bancos de materiales para la construcción de las carreteras.

Si bien estos problemas son solucionados a partir de estudios directos del subsuelo, donde su costo resulta muy caro comparado con el de una investigación por medios indirectos, debido a la economía de éstos estudios, su rapidez y alto poder de resolución proporcionan en conjunto la información necesaria que permite un conocimiento más amplio de las características del subsuelo, obteniéndose con ello los datos requeridos por el especialista en geotécnica para el diseño de estas obras.

De lo anterior, se desprende la conveniencia de realizar investigaciones que incluyan métodos indirectos, lo que permitirá ampliar la información obtenida por cada uno de los métodos directos, la utilización de éstos métodos resulta indispensable en cualquier investigación geotécnica para definir la información de detalle que los métodos indirectos no proporcionan, pero que con los datos obtenidos -

de éstos métodos indirectos, se puede orientar la ubicación de perforaciones y extrapolar para una área extensa, los datos puntuales obtenidos de la perforación.

Así mismo, las perforaciones son el punto básico para la calibración de los datos geofísicos obtenidos; de ahí que ningún tipo de investigación deba sustituir a otra, ya que ambos métodos son complementarios.

A los métodos directos de investigación del subsuelo, -añadiremos los del tipo indirecto y sus aplicaciones más usuales en la Geotécnica para la realización de obras carreteras.

Los Métodos Indirectos, son técnicas de exploración que -incluyen Sensores Remotos y Métodos Geofísicos que, basados en la medición de ciertas propiedades físicas de rocas y suelos, permiten conocer la probable estratigrafía y por correlación, las características de los materiales.

1. Sensores Remotos

El avance de la tecnología aeroespacial desarrolló algunas técnicas de detección de la energía electromagnética reflejada o emitida por rasgos terrestres ubicados a distancias considerables del aparato detector, tales técnicas se conocen como Sensores Remotos. El prin

cipio en que se basan, toma en cuenta que, todos los objetos emiten o reflejan energía electromagnética, la cual puede ser detectada mediante dispositivos diseñados de acuerdo a la longitud de onda que se emita o se refleje. Los detectores se ubican en aviones o satélites y tienen como objetivo almacenar la información obtenida, la cual a su vez es verificada en tierra en algunos puntos de control.

Una vez registrada la información en imágenes, es procesada para llevar a cabo la interpretación acorde a las necesidades de nuestra aplicación. Tales aplicaciones encuentran un mayor campo de desarrollo en el caso de control forestal, agrícola, hidrográfico, etc.

Los principales sensores remotos útiles en la exploración geotécnica en general son:

- Fotografías aéreas blanco y negro o en color
- Fotografías infrarrojas
- Imágenes de radar

El procedimiento para obtener información de los sensores remotos y poder aplicarla a carreteras, se llama fotointerpretación. Consiste en el arte de apreciar la naturaleza de los objetos sobre la superficie terrestre, mediante un análisis cuidadoso de las fotografías.

grafías y con la ayuda de estereoscopios. La interpretación de pares estereoscópicos, se basa en la obtención de imágenes en tercera dimensión, mediante la superposición de 2 imágenes iguales y planas. Dicha interpretación, es un proceso deductivo e inductivo, con base en el conocimiento general de la geología del área de proyecto y en el amplio conocimiento de geomorfología, edafología, geohidrología e ingeniería de suelos. La cantidad y calidad de información, dependerá de factores tales como: calidad y escala de fotografías, densidad de vegetación en el sitio, grado del relieve mostrado por el terreno, además de la habilidad y experiencia del intérprete.

Concretamente en lo que respecta a carreteras, la aplicación de los sensores remotos, radica en el registro de las imágenes en fotografías aéreas y se auxilia de la fotogeología, que consiste en la interpretación geológica del cuadro geomorfológico de una región que, utilizando técnicas de fotointerpretación, permite en poco tiempo, definir las principales características geológicas de un sitio a un costo reducido, tales como: patrones de juntas, planos de estratificación, rumbos y echados aproximados de capas, pliegues y fallas; tipo, distribución y espesor de materiales superficiales; características del drenaje superficial y subterráneo, etc.

Los estudios de fotografía, se deben complementar con recorridos geológicos terrestres, destinados al esclarecimiento de los

aspectos dudosos de la fotointerpretación.

2. Métodos Geofísicos

La función propia de los métodos geofísicos, consiste en determinar la distribución de parámetros físicos asociados a los materiales que constituyen el subsuelo por medio de mediciones superficiales de fenómenos físicos naturales generados en el subsuelo, o bien, por la respuesta del medio a una excitación externa al asociar estas distribuciones a la estructura del subsuelo.

Por tanto, los métodos geofísicos son las técnicas utilizadas para la exploración y definición de estructuras geológicas y cuerpos en términos de sus propiedades físicas: velocidad de propagación de ondas sísmicas, parámetros sismoelásticos, resistividad eléctrica, densidad, susceptibilidad magnética, radioactividad, etc.

Cuando se habla de proyectos de gran visión, como es en este caso la construcción de carreteras, el empleo de la Geofísica se reduce al mínimo para dejar el mayor lugar a la Geología.

El volumen de estudios posibles o correspondientes a la Geofísica, debe orientarse hacia el análisis de costos de las diferentes soluciones, obteniendo con esto los datos que permiten evaluar el estado físico de los materiales en el lugar donde se van a construir

las obras.

La Geofísica es capaz de ayudar a la Geología en la solución que se considere más adecuada entre varias posibilidades en la etapa de anteproyecto, a partir de esta etapa, empieza a tomar importancia la selección del método geofísico y la cantidad de mediciones a realizar.

Mientras dura la fase de anteproyecto, los estudios sirven para la aclaración de cualquier duda existente entre las posibles alternativas, zonas con problemas y rectificaciones de trazo, sin llegar a ser un estudio de detalle. No obstante, en esta etapa se puede empezar a dar una orientación sobre aspectos constructivos del proyecto.

Una vez aprobado el proyecto, se seleccionan los sitios más importantes y que necesitan de un estudio geofísico más detallado, con objeto de afinar los resultados obtenidos y que serán de gran ayuda para prever lo que pudiese ocurrir durante la construcción.

Para que un resultado sea bueno, antes de todo, es preciso que las condiciones sobre las que se apoyan los procesos de interpretación sean buenos, ya que la forma de obtener dichos resultados es fundamental y la calidad del mismo será función del equipo elegido -

y también del personal que lo manejará.

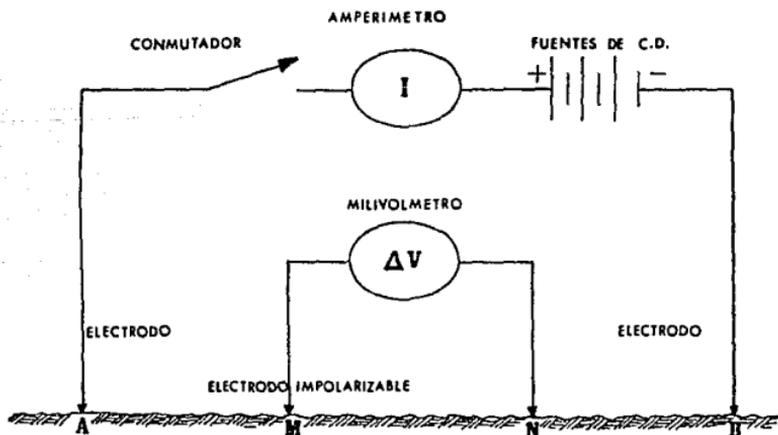
En relación al equipo, éste debe ser capaz de medir un valor sin influencia ajena de lo que se pretender obtener, además, - su manejo y conservación necesitan de técnicos habilitados, ya que si se hacen las mediciones en puntos bien ubicados, su procesamiento posterior se hará más sencillo.

En las obras de Ingeniería Civil, los métodos geofísicos resultan de gran importancia, dependiendo su uso, de las condiciones particulares de cada proyecto y de los problemas que puedan surgir durante el mismo, por lo que, se debe elegir el empleo del método más conveniente de acuerdo a nuestras necesidades.

Los métodos geofísicos son: El Gravimétrico, Magnetométrico, Sísmico de Reflexión, Sísmico de Refracción, Uphole y Crosshole, Eléctricos, Electromagnéticos, Registros de Pozos, Radiométricos y Termométricos. De ellos, los más utilizados en la geotecnia para carreteras, son los Sísmicos de Refracción y los Eléctricos, de los cuales a continuación se mencionan sus principios básicos.

a. Estudio Geoeléctrico de Resistividad

En la actualidad se ha empleado el método de la resistividad en su modalidad de (SEV) Sondeos Eléctricos Verticales, mediante el arreglo llamado Schlumberger (ver figura V.1); ese procedimiento consiste en medir básicamente la diferencia de potencial eléctrico (ΔV) que se produce entre los electrodos M - N, cuando se hace circular una corriente directa (I) en pulsos, que es conmutada hacia el subsuelo por los electrodos A-B.



Dispositivo Schlumberger.

FIG. V.1

Las variaciones de resistividad aparente ρ_a , que están en función de la distancia entre electrodos $AB/2$, permiten investigar en forma vertical el subsuelo bajo el punto central del arreglo SEV; La curva de resistividad aparente obtenida en el campo es graficada en hoja de papel bilogarítmico a un ciclo logarítmico especial y ser sobrepuestas y posteriormente comparadas con familias teóricas.

La combinación de este procedimiento con la técnica llamada "punto auxiliar", conduce a determinar un modelo geoelectrico estratificado para cada curva ρ_a , definida por los parámetros de espesor y de resistividad de las capas.

La calidad de un modelo es verificada con el programa de computadora denominado O'NEILL GRA-82 que calcula la curva de resistividad aparente a partir de la convolución de un filtro matemático con la función de resistividad del modelo, permitiendo con ello mejorar los modelos hasta alcanzar el ajuste óptimo con la curva de campo, para lo cual no debe tolerarse divergencias mayores de un 10%.

La correlación de los modelos geoelectricos sobre las secciones se hace considerando la geología superficial y los datos obtenidos en el estudio geoelectrico (ver Figura V.2 y TABLA V.1)

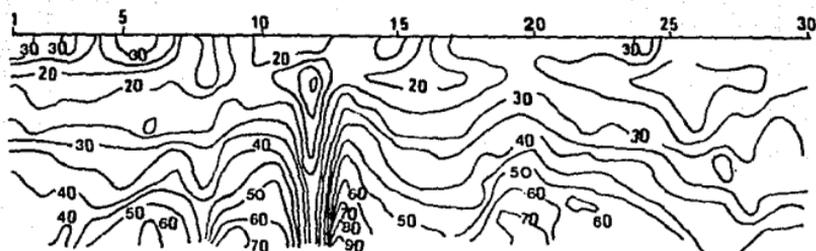


FIG. V.2 Curvas de Isorresistividad

TABLA V.1 Resistividad eléctrica de distintos tipos de roca y suelos

Material	Resistividad, en ohmio-m
Galena	$5 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$
Pirita	1×10^{-3}
Serpentina	2×10^2
Granito	1×10^6
Diorita	1×10^4
Gabro	$1 \times 10^5 - 1.4 \times 10^7$
Gneis	$2 \times 10^5 - 6 \times 10^8$
Pizarra	$6.4 \times 10^2 - 6.5 \times 10^4$
Conglomerados	$2 \times 10^3 - 1.3 \times 10^4$
Arenisca	$7 \times 10^1 - 7 \times 10^3$
Caliza	1.8×10^2
Marga	7×10^1
Depósito glaciar	5×10^2
Arena	$4 - 2.2 \times 10^2$
Suelos	$10^{-4} - 1 \times 10^4$

El método de resistividad eléctrica se emplea para estimar los espesores de suelo o roca alterada que cubren un manto rocoso con mejores características o más sano.

También se puede obtener información sobre la presencia de algunas cavernas y éstas se estudian de manera independiente dando una mayor área de estudio y de mediciones.

El método de resistividad eléctrica es más económico y rápido, en cambio, el de refracción sísmica es más confiable pero más tardado.

Una vez recabada la información de campo en forma directa y la que se obtuvo en forma indirecta, así como los trabajos de laboratorio, se divide o se ordenan las zonas con características similares y que posteriormente se describirán en detalle, proporcionando la misma clasificación y recomendaciones.

La descripción de cada subzona se deberá hacer en forma vertical clasificando cada uno de los estratos del subsuelo.

Una vez que se tenga un panorama general del problema, se realizará un concentrado de datos y finalmente, se elaborarán las recomendaciones finales del estudio geotécnico, en el que se incluirán

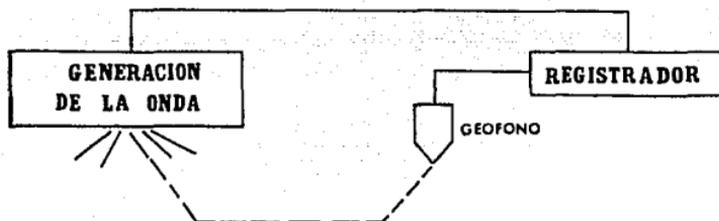
datos para la formación de taludes, uso y tratamiento de los materiales con sus coeficientes de variación volumétrica y de clasificación para presupuesto.

b. Estudio de la Sísmica de Refracción

En la exploración geotécnica el método que usualmente se emplea es el método de sísmica de refracción, por su precisión. Al igual que otros métodos se basa en una característica específica del medio, en este caso son las propiedades elásticas de los materiales, a partir de perturbaciones creadas artificialmente en la superficie del terreno.

El método se basa en las diferencias de velocidad de propagación de las ondas elásticas en medio de constitución diferentes y se usa cuando la velocidad de propagación de las ondas de los diferentes estratos aumentan con la profundidad.

Equipo.- Este método consta de tres partes básicas que son: Un mecanismo que genera las ondas, un conjunto de geófonos y un aparato registrador.



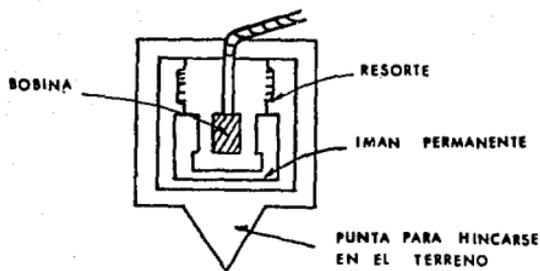
ESQUEMA DEL EQUIPO SISMOGRAFICO

Generación de Onda .- Esta se puede hacer por medio de un martillo que golpea una placa asentada en la superficie y que simultáneamente ésta dispara un microinterruptor que está conectado al aparato registrador, iniciando con ello la prueba. El martillo es usado únicamente para estudios de poca profundidad (hasta 10 m).

En los casos en donde es necesario establecer una mayor profundidad de los estudios, las ondas son generadas por una explosión de dinamita con detonador instantáneo colocada en una pequeña perforación (1.00m ó menor).

Geófonos.- Son dispositivos electromagnéticos que captan las oscilaciones del suelo y las transforman en señales eléctricas, dependiendo de la sensibilidad de éstos, ya que captan entre 5 y 100 cps (ciclos por segundo) y comúnmente registran el componente vertical

(ondas longitudinales) y tienen una punta para hincarse en el suelo.



ESQUEMA DE UN GEÓFONO TIPO ELECTROMAGNÉTICO

Aparato Registrador.— Es un oscilógrafo, con sus elementos sensibles (galvanómetros), vibran al recibir la señal de los geófonos. Los galvanómetros llevan adheridos pequeños espejos en los que inciden rayos de una fuente luminosa fija y los reflejan a un papel fotosensible para registrar el arribo de las ondas, mediante una escala de tiempos y un canal para registrar el inicio de la prueba.

En la actualidad existen oscilógrafos que registran el arribo de las ondas en cinta magnética, pantalla luminosa, etc.

El método sísmico de refracción mide el tiempo que invierte una onda en hacer el trayecto entre el origen de las oscilaciones y el geófono, después de reflejarse en una superficie de contacto entre dos formaciones de naturaleza distinta.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

El procedimiento de prueba, consiste en hincar los geófonos en el suelo a lo largo de la línea y en él o los extremos, se genera la onda. Los geófonos se colocan a distancias variables del punto de explosión, generalmente alineadas respecto a dicho punto. La distancia desde el punto de explosión hasta el geófono más cercano debe ser de 2.00 m. como mínimo, y del punto de explosión hasta el geófono más alejado debe ser de 3 a 12 veces la profundidad que se desee explorar. En la figura V.3 se muestra de manera esquemática la disposición de los geófonos sobre un perfil en estudio y el tipo de gráfica que se obtiene utilizando para ello sólo el tiempo en que llega a cada geófono el impulso inicial.

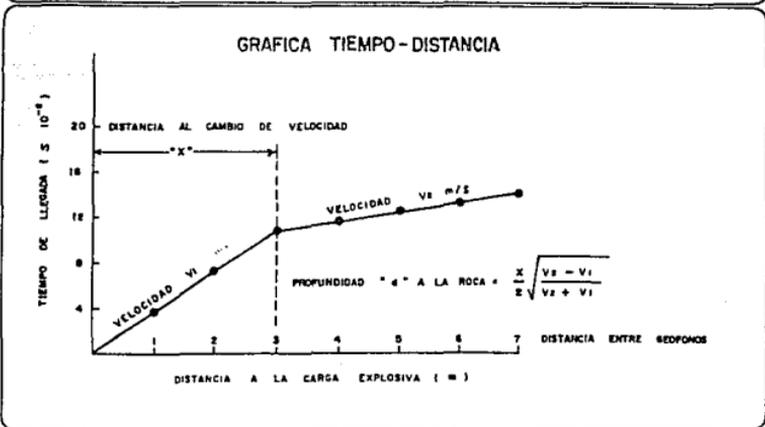
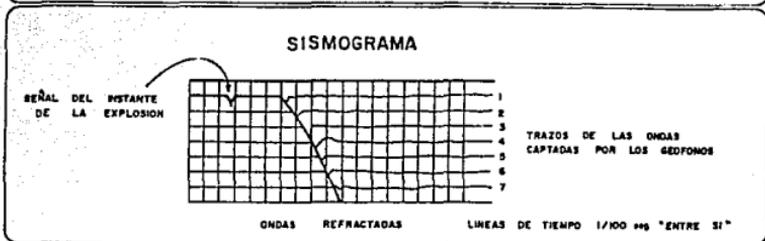
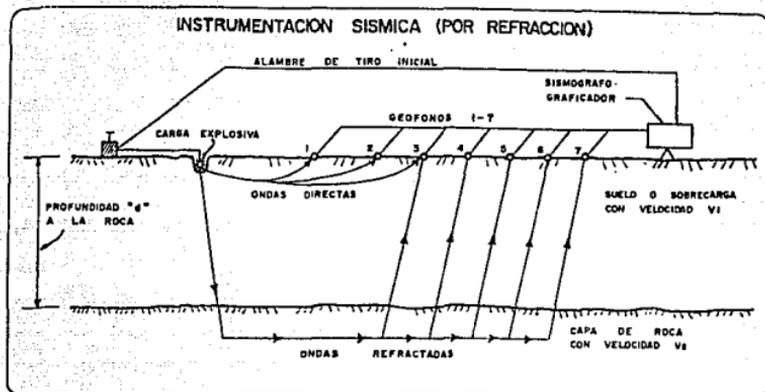


Fig. V.3 Localización de distintas formaciones de suelos o rocas por el método geosísmico

De la información relativa a las velocidades de propagación de las ondas de los diferentes materiales y aplicación de algunas fórmulas, se puede conocer la calidad y tipo de materiales del lugar; se deberá tener conocimientos del principio de refracción y de los - de elasticidad y propagación de ondas elásticas (V. TABLA V.2)

TABLA - V.2

Intervalo aproximado de la velocidad de onda longitudinal para diversos materiales representativos.

<u>M a t e r i a l</u>	<u>Velocidad, en m/seg</u>
Suelo	170 - 500
Arcilla	1000 - 2800
Arcilla arenosa	975 - 1100
Arcilla arenosa cementada	1160 - 1280
Limo	760
Arena seca	300
Arena húmeda	610 - 1830
Aluvión	550 - 1000
Aluvión (terciario)	800 - 1500
Aluvión profundo	1100 - 2360
Depósito glacial	490 - 1700
Dunas	500
Loess	375 - 400
Lutita	1800 - 3800
Arenisca	2400 - 4000
Marga	3000 - 4700
Creta	1830 - 3970
Caliza	3000 - 5700
Dolomitas	5000 - 6200
Evaporitas	3500 - 5500
Granito	4000 - 5600
Gneis	5100 - 7500
Esquisto o pizarra	2290 - 4700
Roca ígnea del basamento	5500 - 6600
Agua (dependiendo de la temperatura y contenido de sales)	1430 - 1680

VI. DRENAJE

El objeto fundamental del drenaje en carreteras, es el de eliminar el agua o humedad que en cualquier forma puede perjudicar al camino; esto se debe a que el agua es el peor enemigo en la vida útil del mismo, motivo por el cual se deberá evitar que el agua llegue a él, o bien dando salida a la que inevitablemente le llegará a éste.

En el funcionamiento de un camino, el drenaje es parte fundamental del mismo, ya que por naturaleza, los materiales con que se forman los terraplenes o los que constituyen los cortes, tiene influencia directa cualquier exceso de agua o humedad en estos, lo que ocasiona deslaves y altera el funcionamiento del camino incrementando con ello los costos de conservación.

Debido a lo anterior, se requiere que las obras carreteras sean económicas y eficientes y ésto se logra solamente realizando un buen estudio del drenaje para cada camino por parte de un especialista (drenajista), puesto que de ese estudio depende en gran parte el éxito de la obra.

Por tratarse de un drenaje que se hará de manera artificial, se clasifica en drenaje superficial y subterráneo ya que el escurrimiento del agua puede realizarse a través de las capas de la

corteza terrestre o no; a continuación se mencionan cada uno de ellos.

A. DRENAJE SUPERFICIAL

En las carreteras, el drenaje superficial es el destinado a la captación y eliminación de las aguas que corren sobre el terreno natural o sobre la estructura del camino, estas aguas proceden directamente de las lluvias, aunque algunas veces su origen es debido a corrientes fluviales o de manantiales.

El drenaje superficial se clasifica dependiendo de la posición que guarde con respecto al eje del camino, ya sea en el sentido longitudinal y/o transversal.

El drenaje longitudinal es el que tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, de tal manera que no le causen problemas, quedan comprendidos dentro de este tipo de drenaje las cunetas, contracunetas, los bordillos, etc.

En los cortes de una carretera, las dos principales obras de drenaje superficial que sirven para desalojar el agua pluvial, son las cunetas y las contracunetas.

1. **Cunetas.**- Son pequeñas zanjas paralelas al eje del camino y que se construyen en los bordes de la corona del camino, al pie del talud del corte, su función principal es la de recoger y eliminar por medio de la gravedad, las aguas pluviales que escurren sobre el talud del corte y desde la zona pavimentada del camino; generalmente la cuneta cubre en su totalidad la longitud del corte, manteniendo la pendiente longitudinal en el sentido del eje del camino y descarga hacia alguna cañada o parte baja del terreno natural en el que puede eliminarse el agua sin provocar la erosión de los taludes de la carretera.

La cuneta estará revestida con algún material impermeable para evitar filtraciones de agua hacia los materiales que forman el pavimento o el terreno de cimentación; para el cálculo del área hidráulica de las cunetas, se deben considerar las diferentes características del área por drenar, en la mayoría de los casos se ha utilizado la sección transversal triangular, cuyas dimensiones son: 33 cm de profundidad, 1.0 m de ancho y con taludes del lado de la corona de 3:1 y del lado del corte, el correspondiente al material que constituye dicho corte.

En otros casos, se han utilizado secciones rectangulares y trapecoidales, con el inconveniente de que no son muy estables, y en caminos angostos causan inseguridad a los usuarios, además de mo-

lestias en caso de caer en ellas, por tanto se ha generalizado el uso de cunetas de sección triangular, las cuales tienen la ventaja de ser fáciles de limpiar y conservar con equipo mecánico normal (ver figura VI.1)

2. **Contracunetas.**- Son pequeñas zanjas construídas en forma paralela al borde superior del corte del camino, con objeto de captar el agua que escurre en la superficie y evitar que ésta llegue al talud y lo erosione. Las contracunetas no deben ser muy profundas y se revestirán para que no haya filtraciones de agua en el talud que pudiera crearle problemas de estabilidad, las secciones de estas son generalmente de forma trapezoidal, cuyas dimensiones deben ser de 50 cm. de profundidad y de 60 a 80 cm. de ancho en la plantilla (ver figura VI.2)

3. **Bordillos.**- Son pequeñas obras de concreto hidráulico o de concreto asfáltico, que se construyen sobre los acotamientos en los bordes de la corona del camino y en el borde opuesto al corte en las secciones en balcón. Su función es la de impedir que el agua que cae sobre la corona del camino, desborde por los taludes, provocando la erosión y la saturación de los mismos. Estas obras son las que conducen el agua hasta donde se localizan los lavaderos, son de sección trapezoidal, con una base inferior de 15 cm. base superior de 8 cm y una altura de 12 cm, con una distancia del eje del bordillo al hombro del camino es de 20 cm. como mínimo (ver foto VI.1)

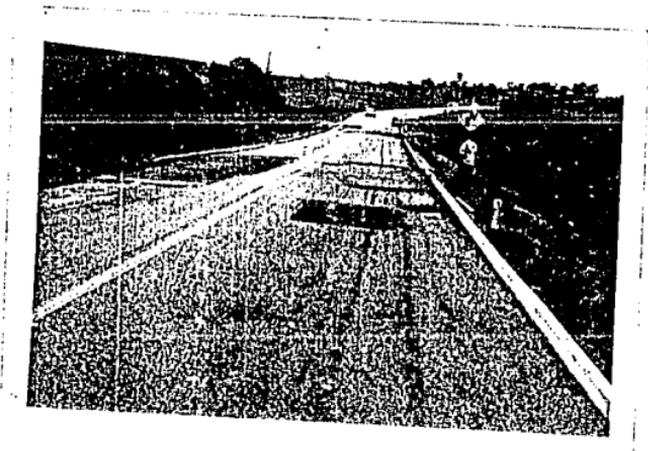
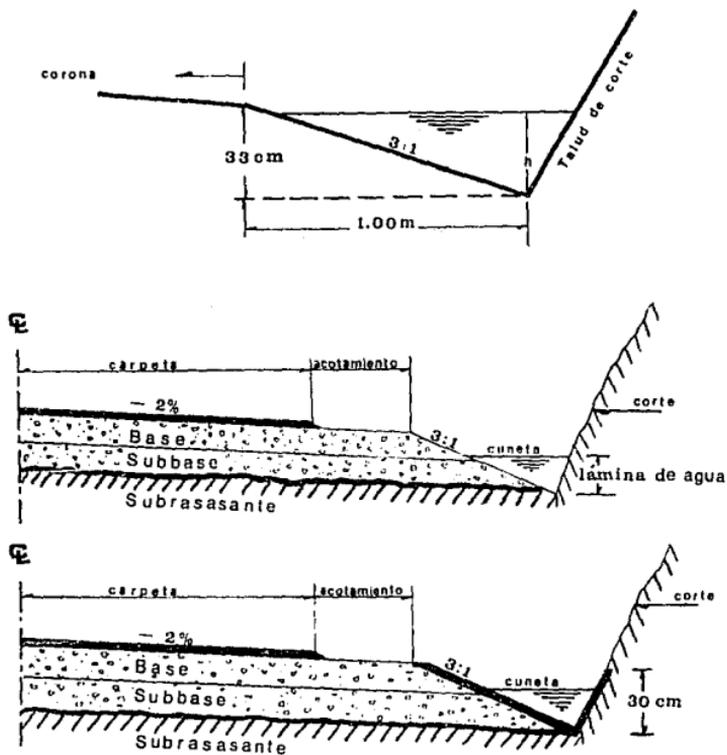


FOTO VI.1

Bordillos en zona de terraplén sobre la corona del camino



SECCION TIPICA DE UNA CUNETA

FIG. VI.1

CONTRACUNETA

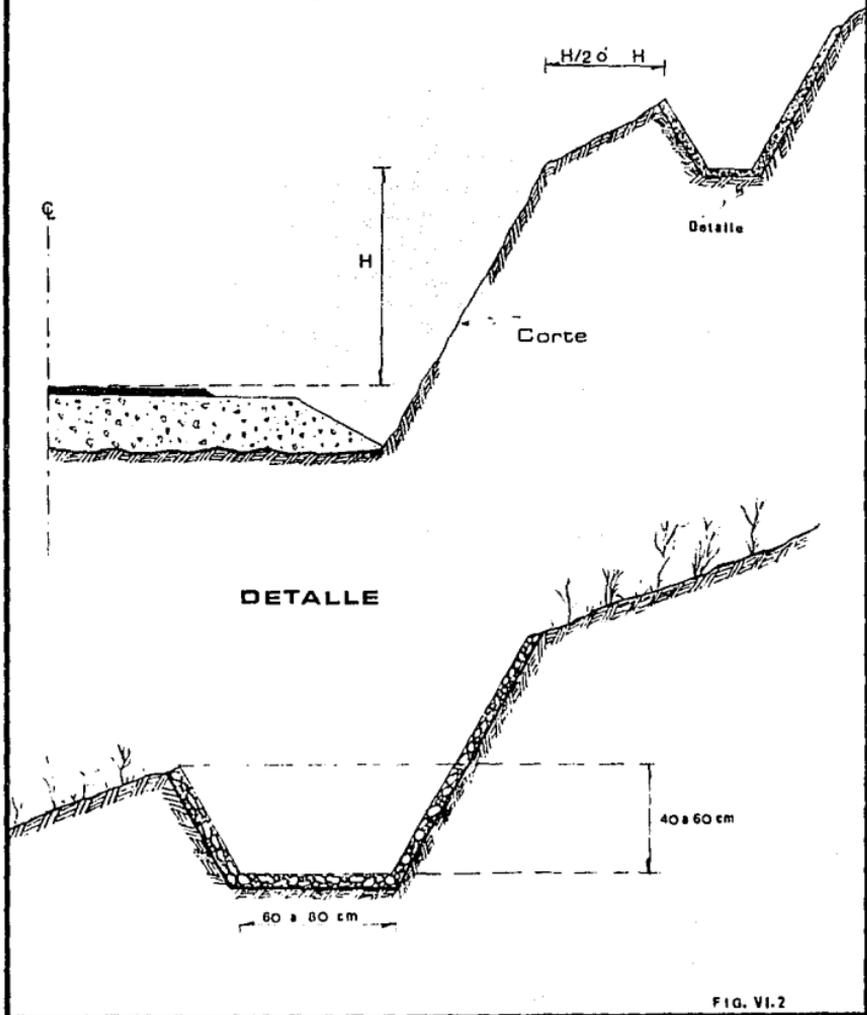


FIG. VI.2

El drenaje Transversal es el que tiene por objeto dar paso libre al agua que cruza de un lado a otro del camino, o bien retirar el agua que se encuentra en la corona del mismo; quedan comprendidos dentro de este tipo de drenaje, el bombeo de la corona, los lavaderos, las alcantarillas (drenaje menor) y los puentes (drenaje mayor).

4. **Bombeo.**- Es la pendiente transversal que se le dá a la corona del camino cuando se trata de secciones en tangente (en general del 2%); se trata de una pendiente que va del centro del camino hacia los hombros del mismo y se hace con el objeto de evitar la concentración del agua sobre la corona del camino, evitando con esto que penetre en las terracerias y capas que forman el pavimento. En el caso de cortes, el bombeo descarga sobre las cunetas; cuando son terraplenes, el bombeo descarga en los bordillos, mismos que encauzan el agua hasta los lavaderos para su desalojo final.

Quando se trata de curvas horizontales, se proporciona al camino una sobre-elevación del hombro exterior con respecto al interior, con objeto de contrarrestar la fuerza centrífuga. Esta sobre-elevación sirve también para dar salida al agua que cae en estas partes del camino.

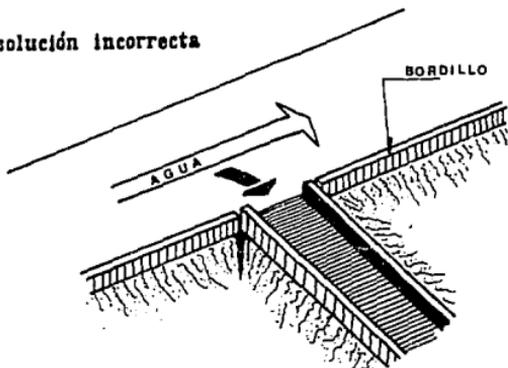
En los terraplenes, las principales estructuras de drenaje son los

lavaderos, alcantarillas y bordillos.

5. **Lavaderos.**- Son estructuras que se conectan a los bordillos, cunetas y contracunetas; son obras de gran pendiente, revestidas de concreto o de mampostería, también los hay de sección de medio tubo de lámina corrugada y con juntas atornilladas. En algunas ocasiones es necesario que éstas obras estén provistas de uno o varios dentellones para garantizar el anclaje a los taludes y evitar su deslizamiento (ver figura VI.3)

PROYECTO TIPO DE LAVADERO

solución incorrecta



solución correcta

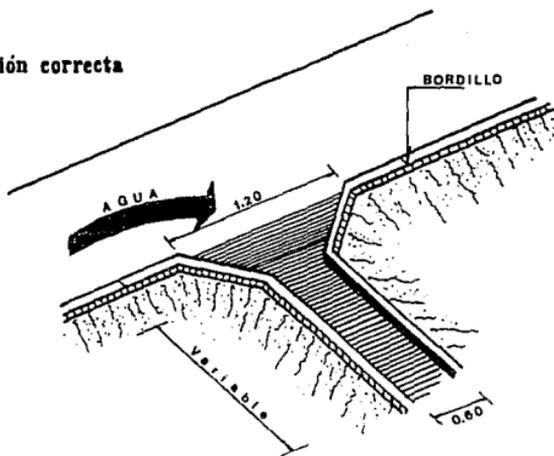


FIG. VI.3

6. **Alcantarillas.**- Son estructuras de forma diversa, que tienen la función de conducir y desalojar lo más rápidamente posible el agua de las partes bajas del terreno por donde atraviesa el camino; por la forma de la sección se clasifican en tubos, losas -- cajones y bóvedas. (Ver foto VI.2 y VI.3)

Las alcantarillas tubulares son construídas con tubos prefabricados en secciones de lámina o de concreto, teniéndose la ventaja de la rapidez de su colocación en el sitio, ya que después de tenerse la tubería, se puede formar el terraplén.

La construcción en el camino de las alcantarillas tubulares, se inicia con el trazo y nivelación del eje de la obra apoyados en el proyecto respectivo. La excavación es llevada a cabo hasta llegar al nivel de desplante de la obra, para este trabajo y cuando sea posible, se recomienda el empleo de un tractor con Ripper o desgarrador. Terminada la excavación, se limpia la superficie y se compacta, a continuación se coloca una plantilla para recibir el tubo, el que se arma por tramos y dentro de la misma excavación se procede a construir los muros de cabeza (cabezotes), que sirven de anclaje a la obra.

Después de colocados los tubos, se procede a rellenar la excavación por medio de capas de espesores no mayores de 20 cm. propor

cionando al relleno la humedad adecuada y compactación del 90%. El relleno formará una sección trapezoidal que protegerá al tubo, dicho relleno se denomina "Aproche" y tendrá en general una base de 3.0 m. en la base inferior, la base superior será de 1 m y la altura de 1.50 m; el material se coloca en forma alternada en ambos lados del tubo, siendo el colchón mínimo de 80 cm en tubos de concreto.

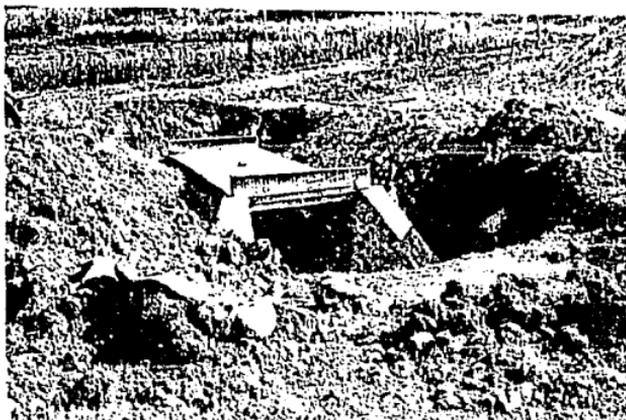


FOTO VI. 2 Obra menor de drenaje

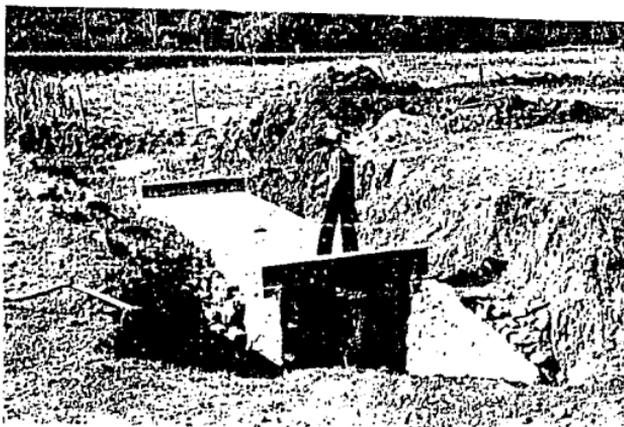


FOTO VI. 3

B. DRENAJE SUBTERRANEO

Como es sabido, el agua tiene gran influencia en el comportamiento mecánico de los suelos, en la estabilidad de los cortes y terraplenes y además es de gran importancia cuando el agua se presenta en forma estacionaria o fluyendo dentro de la masa de suelo.

Cuando el agua no se encuentra en movimiento, ésta reduce la resistencia al esfuerzo cortante provocando una mayor deformación; en suelos finos de naturaleza plástica, las variaciones de volumen por cambios en el contenido de agua o humedad, provocan contracciones y deformaciones propiciando la aparición de grietas, afectando la estabilidad y el buen funcionamiento del camino.

En los suelos saturados y poco permeables, se producen presiones de poro o de esfuerzos en el agua que reducen la resistencia y provocan una mayor deformación.

Cuando se producen los escurrimientos sobre los taludes de los cortes y terraplenes, se debe a que el agua contenida en la masa del suelo se encuentra a una mayor presión que la presión atmosférica y para captarla bastará con introducir en la masa de este suelo, algunas zonas con menor presión o sea, introducir en ésta la presión atmosférica. Esta creará un gradiente hidráulico, de lo que resultará un

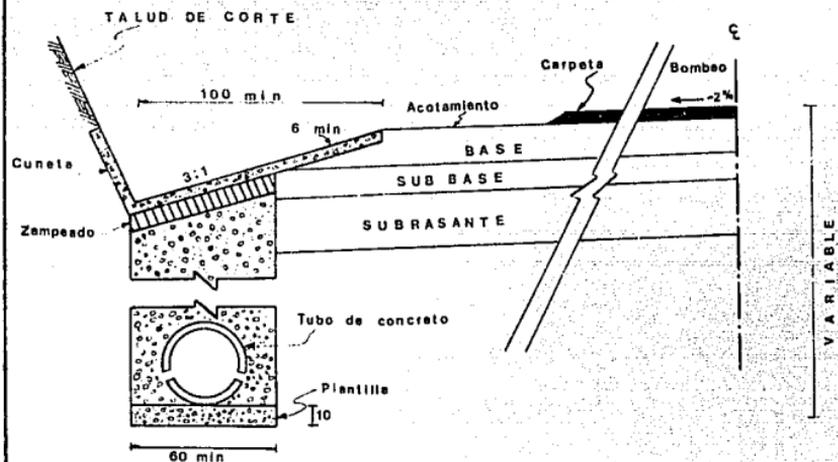
flujo que será encauzado y finalmente se secará el suelo adyacente - aumentando su resistencia al esfuerzo cortante con lo cual disminuirá sus presiones hidrostáticas.

Por lo anterior, se comprende la importancia del drenaje en la estabilidad de los taludes y del comportamiento del suelo en zonas pantanosas o saturadas.

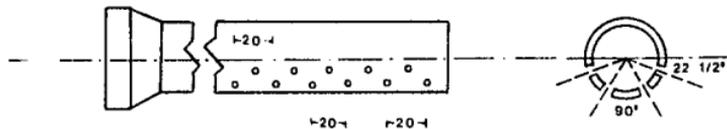
Algunas obras de subdrenaje que se proyectan y construyen en los caminos, son los subdrenes longitudinales de zanja y los drenes transversales de penetración, los que se describen a continuación.

1. Drenes Longitudinales de Zanja

La finalidad de este tipo de subdren es la de captar y eliminar de las capas que forman las terracerías del camino, el agua proveniente del subsuelo (nivel freático), evitando el daño por saturación a dichas capas (ver figura VI.4)



SECCION TRANSVERSAL



PERFORACIONES DEL TUBO DE CONCRETO

SUBDRENES EN ZANJA

FIG. VI.4

Ya una vez elegido el sitio donde se requiere construir, se excava una zanja con ancho mínimo de 60 cm. y a la profundidad requerida, después de lo cual, se coloca una plantilla de 10 cm. de espesor con el mismo material filtrante, apisonándola para obtener una superficie resistente y uniforme de acuerdo con la pendiente de proyecto.

Posteriormente a la formación de la plantilla, se colocan los tubos de concreto de 15 cm de diámetro sin juntar, éstos ya tendrán previamente cuatro hileras de perforaciones hacia abajo, dos de cada lado en forma simétrica con relación al eje vertical, con una pendiente mínima de 0.5%.

Una vez colocada la tubería, se cubre ésta con los materiales de filtro como gravas y arenas limpias, las que son colocadas a volteo por capas de 20 cm. y se les da una apisonado suave para lograr su acomodo.

Como se aprecia en la (figura VI.5), el material que servirá de filtro no deberá contener tamaños mayores de $1\frac{1}{2}$ " (3.81 cm) y con un máximo de material fino (5%) pasando la malla 200, además se deberá cumplir con $LL \leq 25\%$, $IP \leq 6\%$.

Finalmente, el material de filtro se cubre para evitar su conta-

minación mediante zarpeado o capa impermeable de material estabilizado con cemento, debiendo tener un espesor de 10 a 15 cm.

Posteriormente a la construcción y con el fin de realizar la inspección y verificar a su vez si requiere de la limpieza de los subdrenes, se construirán pozos de visita o registros en la ubicación y características de cada proyecto en particular (ver figura VI.6)

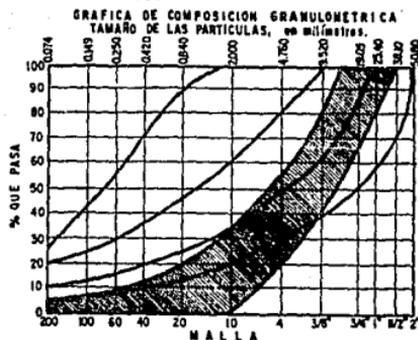
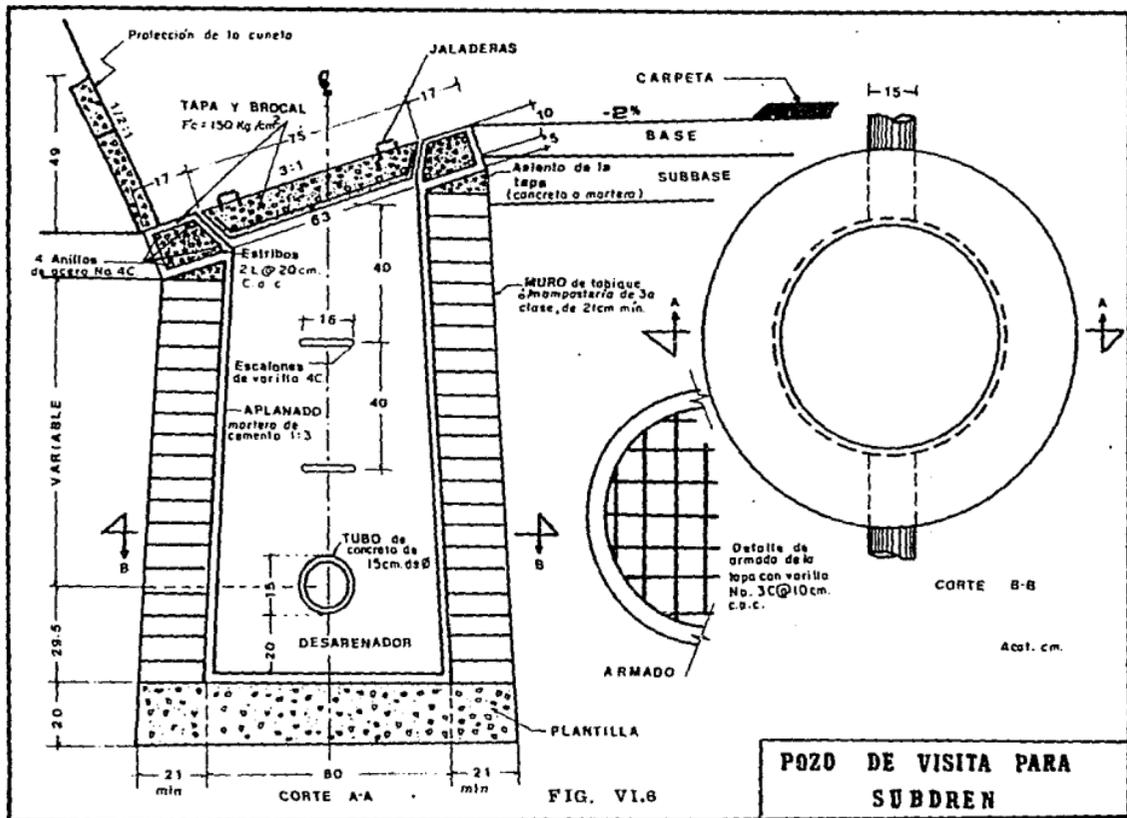


FIG. VI.5

- NOTAS :
- La curva granulométrica del material filtrante deberá estar en la zona sombreada de la gráfica de composición granulométrica.
 - Este material deberá cumplir además:
 $LL \leq 25$ e $IP \leq 6\%$
 - La plantilla donde descansa el tubo perforado deberá formarse en todos los casos con el mismo material filtrante del subdren, dándole un apisonado enérgico.
 - El tubo de concreto será de 0.15 m. de diámetro interior - mínimo con perforaciones de $3/8''$ separadas 0.20m, centro a centro, según el detalle del tubo.
 - La pendiente mínima del tubo será de 0.5%
 - El material filtrante se colocará por capas de 0.20 m. de espesor aproximado, un poco húmedo y apisonado ligeramente para lograr su acomodo.



2. Drenes Transversales de Penetración

El objeto de estos drenes es el de resolver los problemas de estabilidad en los taludes de los cortes principalmente, problemas originados por la existencia de fuertes filtraciones de agua en los taludes, produciendo una disminución crítica de la resistencia al esfuerzo cortante de los materiales en superficie de falla, pudiéndose presentar daños considerables, que en ocasiones impiden el buen funcionamiento de los caminos (ver figura VI.7)

La colocación de estos drenes, permite disminuir la presión de poro en las ya mencionadas superficies de falla, dando consecuentemente una mayor resistencia al esfuerzo cortante en los materiales del corte.

Cuando se recurre a este tipo de solución se utilizan drenes transversales que consisten en tubos de acero o PVC, generalmente de 2" de diámetro, perforados lateralmente y que son introducidos en el talud, previa perforación del mismo con equipo especializado, mediante perforadora del tipo neumático que va montada sobre orugas (track drill), en la que el martillo va montado en la punta de la tubería de perforación; el tubo colocado al centro del barreno es rodeado por la arena que se introduce a presión con equipo especialmente adaptado.

La longitud de los drenes debe ser tal, que garantice la intercepción de superficies de falla teórica, debiendo alojarse en las zonas donde hay flujo de agua. La velocidad de captación del agua depende de la permeabilidad de la masa del suelo, por lo que, dependiendo de la magnitud del problema y donde sea necesario, se colocarán varios pisos o niveles de drenes, preferentemente distribuidos en la forma de tres-bolillo, para hacer más efectivo el drenaje.

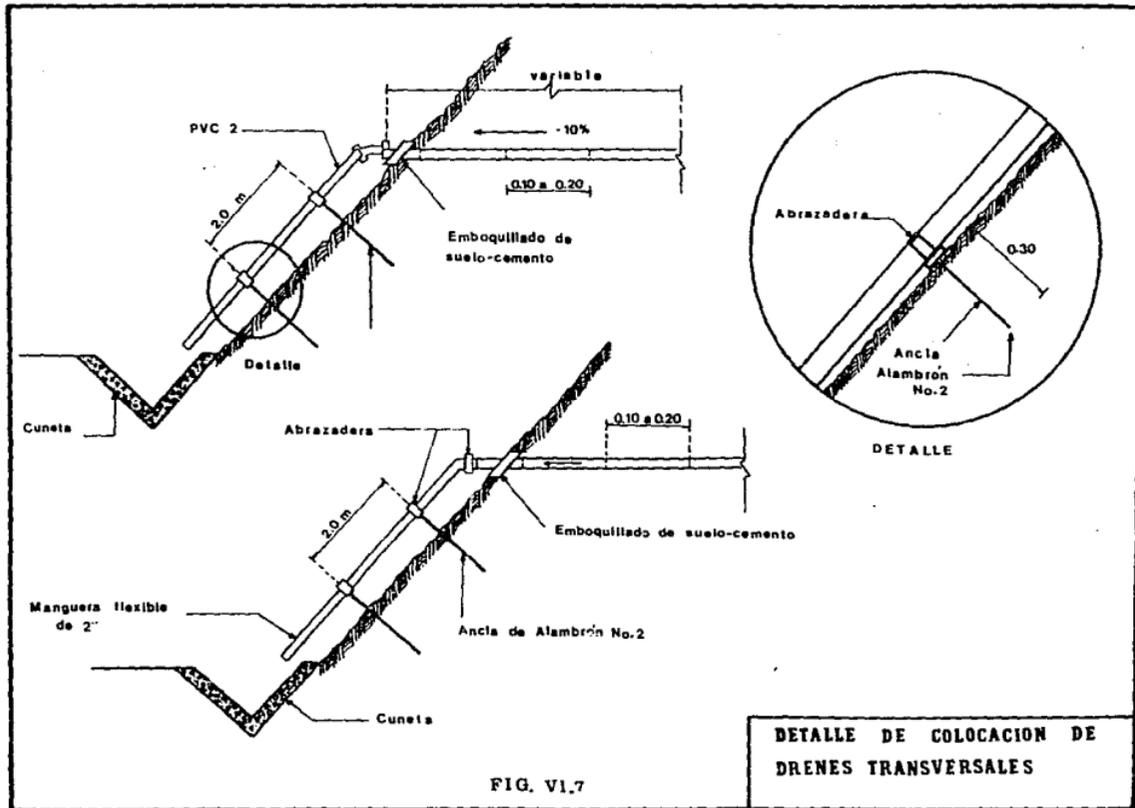
Para interceptar la superficie de falla teórica, es necesario que se utilicen tubos de la longitud requerida, en caso de que no se cuente con ellos, se deberán unir tramos de longitud comercial, siendo en el caso de tubos de PVC, mediante el uso de coples pegados con cemento especial (ver figura VI.8). En general se han utilizado en México, subdrenes cuya longitud va de 15, 20 y hasta 25 m, pero es posible que se utilicen aún más largos.

La pendiente de los tubos hacia el camino, no debe ser menor a 5% ni mayor a 20%; la descarga del tubo no deberá realizarse directamente sobre los taludes, por lo que debe hacerlo hasta la cuneta mediante conexiones, agregando a la salida del dren en la cara del talud un tubo de PVC del mismo diámetro que el mismo dren y unido por medio de un codo de 45° ó 30°, también de PVC, estos tubos se deberán fijar al terreno por medio de abrazaderas y anclas de

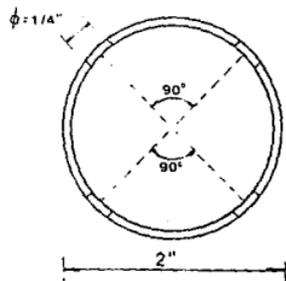
alambón del No. 2y 30 cm. de longitud a cada 2.0 m.

Otra forma de encauzar el agua del dren hasta la cuneta, es por medio de mangueras flexibles unidas al dren mediante abrazaderas, debiendo aplicar un sellador y fijando dichas mangueras al talud de la misma manera antes mencionada.

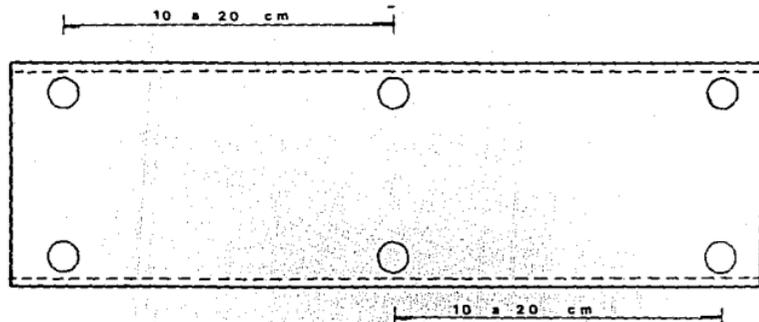
En la salida del dren y para fijarlo sobre el talud, se debe - - hacer un emboquillado con mortero de cemento o con una mezcla de suelo - cemento.



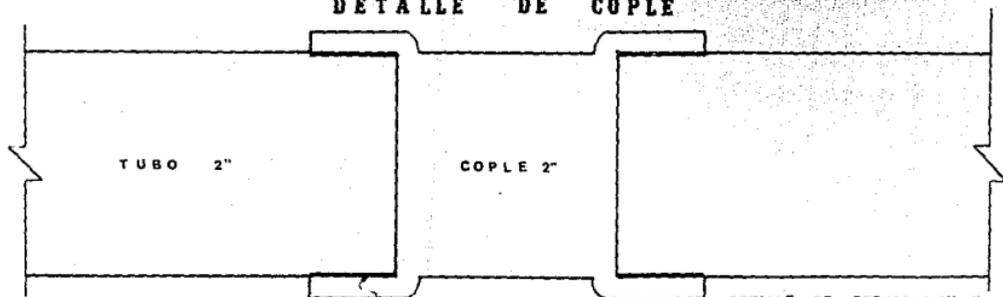
CORTE



PERFIL



DETALLE DE COPLE



DETALLE DE PERFORACION Y UNION DE TUBOS DE PVC PARA DRENES TRANSVERSALES

FIG. VI.8

3. Drenes Verticales de Arena

En general, en las zonas de la República donde se ubican suelos blandos y compresibles que se caracterizan por su baja resistencia y alta relación de vacíos, tales como las arcillas de alta plasticidad, arcillas de mediana a alta plasticidad y turbas (CH, OH y Pt), por lo regular en estos materiales se presenta inestabilidad durante la construcción de terracerías provocando asentamientos y deformaciones, lo que hace necesario establecer algún método para mejorar las propiedades de dicho suelo.

Uno de éstos métodos es el de construir dicho terraplén por etapas, dando un espacio de tiempo suficiente para que las terracerías que constituyen dicho terraplén, descarguen su presión en el terreno de cimentación y se disipen éstas al estarse incrementando la carga cuando se aumenta la altura del terraplén, ya que en este proceso se presentan los fenómenos de consolidación del terreno de cimentación y la incrustación del material que constituyen las terracerías en el área donde descargan éstas. Se pueden acelerar dichos procesos mediante la construcción de drenes verticales de arena.

Los drenes verticales de arena, son perforaciones que se realizan a los lados del área de influencia del terraplén y atraviesan el

estrato compresible , colocándose éstos según las necesidades - de la obra. Estas perforaciones se rellenan con arena graduada - o mediante tubos de plástico ranurados, o drenes de plástico o - PVC cubiertos por alguna membrana o geotextil para permitir la - filtración del agua hacia éstos.

Al formarse un gradiente entre el suelo de cimentación y los - drenes, el agua contenida en la masa del suelo fluye, y posterior - mente se extrae por medio de bombeo, provocando con ello, la ace - leración del proceso de consolidación.

Estos sistemas de drenaje para la estabilización de suelos blan - dos, acelera la consolidación primaria, provocando un aumento en la resistencia al esfuerzo cortante.

Otro procedimiento que se puede utilizar es el de la llamada elec - tro - ósmosis (ver figura VI.9), el cual consiste en pasar una - corriente eléctrica entre varillas o tubos de acero o aluminio, - cuyo diámetro va de (1 a 10 cm.) y que se introducen en la masa - del suelo, sirviendo como ánodo, y los pozos de bombeo convencio - nales que sirven como cátodo.

En este método, el agua extraída del suelo, es proporcional a la corriente eléctrica empleada y depende en general de la resistivi

dad y/o permeabilidad del suelo.

ELECTROOSMOSIS

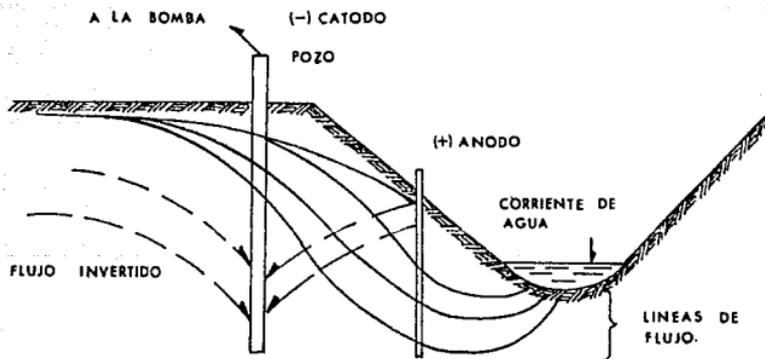


Figura VI.9 Cambio del orden del flujo natural mediante electroósmosis (líneas punteadas)

4. Capa Rompedora de Capilaridad

Uno de los aspectos importantes a considerar en zonas donde se presenta una alta precipitación pluvial, es la de la saturación de los materiales, principalmente cuando estos son muy permeables.

Debido a estas características geológicas se presentan flujos subterráneos que ocasionan el reblandecimiento del material y provocan con ello su inestabilidad. En el caso de terraplenes, éstos flujos provocan la ascensión capilar y debilitan la estructura de las capas superiores, además en las zonas donde se presenta el fenómeno de heladas en los meses de invierno, el agua se concentra bajo la superficie del terreno y ésta se congela hasta una profundidad de 0.25 m, lo que al subir la temperatura ambiente provoca que el agua intersticial concentrada en la masa del suelo empiece a fluir.

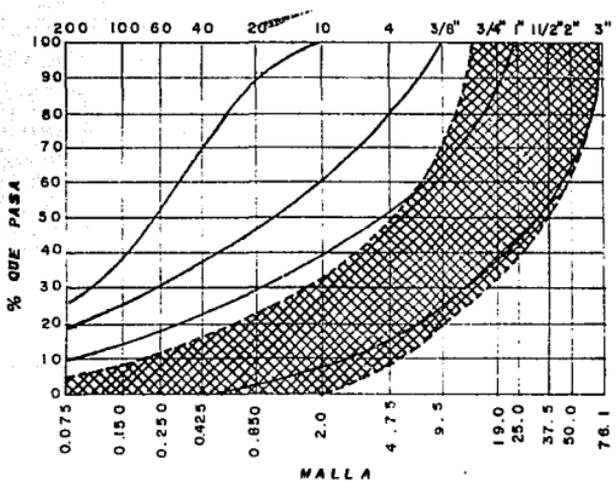
Debido a esto, se deberá diseñar una estructura que permita el paso y la circulación del flujo de agua de los escurrimientos de los cortes y evitar la posible expansión o aumento de volumen del agua cuando ésta se congele.

La construcción de una capa que solucione los aspectos referidos, se hace necesaria no tanto por el aspecto estructural, sino por el

funcional de ésta. El espesor que requiere la capa rompedora de capilaridad, en general será de 30 a 50 cm. y el material que la forme se constituirá de grava-arena mal graduada, con tamaños máximos de 3" y contenido de finos no mayor del 5% (material que pasa la malla 200).

Este material se acomodará mediante tractor, bandeándolo mediante tres pasadas mínimo por cada punto de su superficie; ésta capa en general se colocará debajo de la capa subrasante. En la (figura - VI.10), se observa la zona en la curva granulométrica de proyecto, donde deberán quedar ubicados los materiales para que cumplan con las funciones de drenaje enunciadas anteriormente.

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA DE LA CAPA ROMPEDORA DE CAPILARIDAD



ZONA GRANULOMETRICA ESPECIFICADA

LA CURVA GRANULOMETRICA ENSAYADA DEBERA RESULTAR DENTRO DE LA ZONA ESPECIFICADA SIN CAMBIOS BRUSCOS DE PENDIENTE.

FIG. VI. 10

C. PUENTES

Los puentes son estructuras que facilitan el movimiento de personas, animales o materiales sobre obstáculos naturales o artificiales; los materiales que se ocupan para su construcción pueden ser: madera, mampostería, concreto y acero.

En cuanto a su uso o el servicio que prestan, puede haber puentes carreteros o de ferrocarril, para canales y acueductos, cruces para peatones o ganado, puentes para manejo de materiales, puentes para tuberías, etc.

Dentro del tema de puentes carreteros, el uso más frecuente que se les da a éstos, es desde el punto de vista de la solución del drenaje transversal del camino, y por ser el caso más común y de gran importancia en muchos aspectos, se hará hincapié en los puentes de este tipo, los cuales se construyen sobre ríos o arroyos, barrancas, etc, y permiten a la carretera tener continuidad, evitando con esto la construcción de terraplenes de grandes dimensiones, con lo que se obtienen considerables beneficios de acuerdo con el proyecto en conjunto. Se trata de obras de drenaje mayor que requieren de un claro mayor de 6 m, siendo esta característica para fines de uso en el proyecto, la que las distingue de las obras de drenaje menor (alcantarillas), las cuales tienen un claro menor de 6m.

Por ser las carreteras obras de gran magnitud (extensión), los puentes representan una pequeña parte de las mismas, por lo que la intervención de la geotecnia en puentes, se tratará brevemente.

Para la ubicación de un puente al efectuar el trazo preliminar de una ruta, deberá ubicarse cuidadosamente el sitio de cruce de las corrientes fluviales, esto con el objeto de reducir al mínimo los costos de construcción, conservación y reposición de los puentes. Asimismo, deberá estudiarse el curso de los meandros, y en caso necesario, rectificar el de la corriente mediante obras de encauzamiento u otras medidas que pudieran reducir los problemas de erosión y posible pérdida de las estructuras.

Estudios necesarios para el anteproyecto de puentes.

Una vez definido el sitio del cruce, se determinará el área hidráulica del puente, que es un elemento esencial para lograr un proyecto económico y confiable. Para ello, es necesario realizar estudios hidráulicos en el sitio propuesto, los que deberán formar parte del anteproyecto del puente. Estos estudios deberán contener, de ser aplicables, los elementos siguientes:

1. Información Sobre el Sitio

- Mapas, secciones transversales de la corriente (la del cru-

ce del camino, una aguas arriba y otra aguas abajo, a dis
tancias que varían de 300 a 500 m. de la primera), fotogra
fías aéreas y levantamiento del perfil a cada 20 m del fon
do del río y de la superficie del agua, cadenamamiento que se
hará tomando como origen el eje del camino.

- Información completa sobre puentes ya existentes, incluyen
do fechas de construcción y su comportamiento durante las
avenidas registradas
- Niveles de aguas máximas extraordinarias (NAME), así como -
las fechas en que ocurrieron
- Datos sobre hielos, materiales flotantes y estabilidad del
cauce
- Factores que afecten el nivel de las aguas, como son las -
avenidas procedentes de otras corrientes, embalses, remansos
y obras para el control de avenidas y mareas.

2. Estudios Hidrológicos

- Recopilación de datos sobre avenidas, que permitan estimar
el gasto máximo en el cruce, incluyendo tanto las avenidas
máximas registradas como las conocidas históricamente
- Determinación de la curva-avenida-frecuencia correspon-
diente al sitio.
- Determinación de la distribución del gasto y de las veloci-
dades en el cruce, para considerar el gasto de las avenidas

en proyecto de la estructura.

- Curva tirante-gasto en el cruce.

3. Estudios Hidráulicos

- Estimación de remansos y cálculo de velocidades medias en el sitio, para diferentes longitudes tentativas del puente y evaluación de gastos.
- Estimación de la profundidad de socavación en las pilas y estribos de las estructuras propuestas.

Usualmente, el área hidráulica de un puente se determina para una avenida de proyecto cuya magnitud y frecuencia se relaciona con el tipo e importancia de la carretera de la que forma parte el puente. En la elección de dicha área, deberán considerarse como ya se indicó anteriormente, los remansos aguas arriba, el paso de hielos y de materiales flotantes, así como la posible socavación en la cimentación del puente.

Cuando es factible que ocurran avenidas que excedan a la del proyecto, o cuando las máximas avenidas puedan causar grandes daños a las propiedades vecinas, o bien originar la pérdida de una estructura costosa, se justifica considerar una área hidráulica mayor que la necesaria. En este caso, deberán tomarse en cuenta las disposiciones de las autoridades locales, estatales y federales sobre la materia.

En cuanto a los taludes de los terraplenes adyacentes a la estructura sujetos a erosión, deben protegerse convenientemente por medio de zarpeados, diques reguladores, espolones y otras obras adecuadas

4. Estudios de Mecánica de Suelos

Después de estudiadas las condiciones presentadas en el anteproyecto del puente, se realizan los estudios de mecánica de suelos, para llevar a cabo el proyecto de la cimentación. Estos estudios tienen por objeto, proporcionar la resistencia del suelo, las recomendaciones para la profundidad de desplante y la de los tipos de cimentación más adecuada para cada caso en particular.

Los estudios ya mencionados, se inician con un reconocimiento en forma total, con objeto de conocer la formación geológica que presentan los cauces mediante la formulación de un programa de estudio.

En el caso de que superficialmente existan materiales de buena calidad, se realizarán sondeos a cielo abierto con profundidad de 2 a 3 m; en caso contrario, se requerirá efectuar sondeos con máquina rotatoria, mediciones de la penetración estándar, y extracción de muestras que pueden ser alteradas, en cuyo caso, el ingeniero deberá indicar las pruebas que se deban realizar en el laboratorio.

Una vez que se obtienen los resultados de estos estudios,

se realiza el cálculo de la capacidad de carga y se decide la profundidad de desplante para los diferentes tipos de cimentación que se considere recomendable.

Los datos anteriores se dan a conocer por medio de un informe al que se anexa un perfil estratigráfico conteniendo datos de humedades, penetración estándar y tipo de materiales.

5. Diseño Estructural de Puentes

El proyecto de un puente involucra las diversas soluciones a utilizar en el cruce, ésto con el fin de obtener el costo de cada alternativa en forma aproximada y para elegir aquella que presente las mayores ventajas funcionales, constructivas y económicas (ver figura VI.11). Estas alternativas en general, se desarrollan con base a las dimensiones que tengan otros puentes similares ya resueltos, o bien realizando cálculos preliminares aproximados; en ellos se deben cumplir todos los requisitos que influyen en el cruce, como por ejemplo la separación entre pilas, para permitir el libre paso de los cuerpos flotantes.

Una vez definido el tipo de la estructura más conveniente, se continúa con la realización del proyecto estructural de sus elementos, de acuerdo con las técnicas de la estática y resistencia de materiales que correspondan y considerando las cargas que actuarán en el puente,-

su impacto, el posible efecto del empuje del viento sobre la estructura y los esfuerzos que resulten de la aceleración sísmica.

Se debe hacer la adaptación de los proyectos tipo de puentes, de acuerdo a las condiciones reales del cruce, teniéndose cuidado, cuando la obra sea esviajada, de hacer los cambios necesarios tanto en las dimensiones como en el armado del acero de refuerzo.

Con base a todos estos cálculos, se elaboran los planos constructivos del puente, en los que se detallan en forma clara y conveniente las dimensiones y espesores de sus elementos, la calidad de los materiales con que se debe construir la obra, las elevaciones de los terraplenes, coronas, rasantes; así como la ubicación de los ejes de los diversos elementos para su correcta localización en el sitio. Todos estos datos deberán cumplir con las especificaciones que marcan las normas técnicas para el proyecto de puentes carreteros, que maneja la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. En esos mismos planos, se deben incluir las cantidades y volúmenes de obra que sirven de base para obtener el presupuesto de la misma.

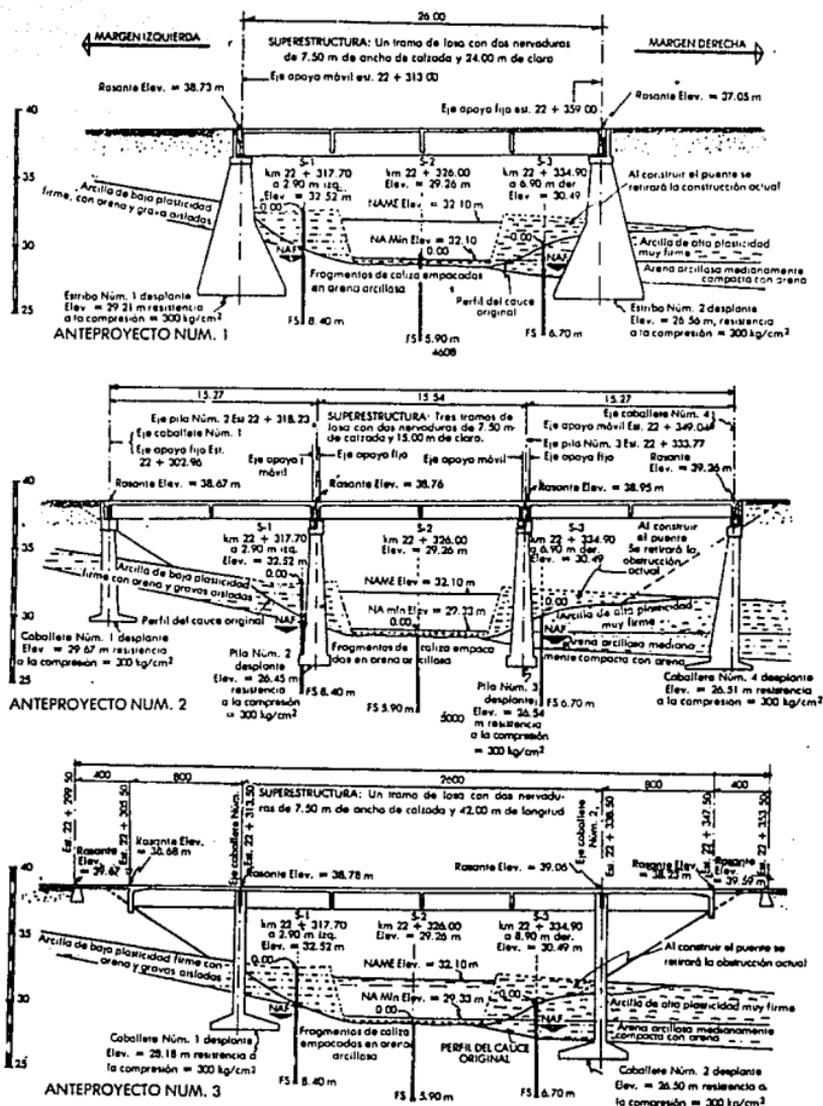


Fig. VI. 11 Anteproyectos para puentes.

VII. MUESTREO Y PRUEBAS DE LABORATORIO

Es en el laboratorio donde se obtienen todos los datos necesarios para iniciar los trabajos de proyecto, con el fin de conocer la mayor parte de las características del suelo por analizar, para lo cual, es necesario que el muestreo del material se haga en forma representativa de todo el conjunto que se pretende controlar.

Las pruebas se clasifican según su caso, en los siguientes tipos:

- A. Pruebas de Clasificación, para conocer las características de los materiales y determinar su posible uso.
- B. Pruebas de Control, para la verificación de la calidad de la obra.
- C. Pruebas de Proyecto, para conocer los espesores de las capas que formarán el camino.

A continuación se da la relación de pruebas de laboratorio que se realizan a los diferentes materiales que formarán las capas de terracerías y pavimentos que se efectúan de acuerdo con las Normas S.C.T.

- A. PRUEBAS DE CLASIFICACION (Cuerpo de Terraplén, transición y capa subrasante):

- Granulometría
- Límites de Consistencia o de Atterberg
- Contracción Lineal
- Porter Estándar; Expansión, VRS
- PVS y PVSS
- Valor Relativo de Soporte Estándar

Las pruebas anteriores se realizan a lo largo de toda la línea de trazo y nos dan la información básica para determinar de acuerdo con las características del terreno, si éste se puede compensar en las capas de terracerías de los subtramos subsecuentes o en caso contrario, se deberán localizar bancos de préstamo, para lo cual también se les realizarán las siguientes pruebas:

- Granulometría
- Límites de Consistencia
- PVS y PVSS
- Expansión
- Contracción Lineal
- VRS (90, 95 y 100%)
- VRS Estándar

Como se observa, las pruebas anteriores en general son las mismas que se realizan sobre las muestras obtenidas en los PCA localizados a lo largo de la línea de trazo, sólo que cuando los materiales son escasos en alguna zona, se requiere la obtención de los VRS al 90, 95 y a 100% de compactación ya que éstos nos definirán el valor relati

vo de soporte crítico del material en la capa por contruir.

Las demás pruebas nos clasifican el material de acuerdo con el porcentaje que se retiene en las diferentes mallas y que da por resultado el contenido de gravas, arenas y finos en una muestra de suelo; en lo relativo a los límites de consistencia, expansión y contracción lineal nos definirán la reducción o aumento del volumen de la muestra del suelo y por consiguiente el comportamiento posterior del mismo, todo en función del contenido de agua.

B. PRUEBAS DE CONTROL (PVSM y Wo) (Compactación):

- Proctor SAHOP: - 10% retenido en malla # 4
- AASHTO (Modificada): 20% > ret. en malla # 4 > 10%
- Porter Estándar: + 20% ret. en malla # 4

Las pruebas de control consisten en utilizar materiales clasificados, a los que se les realizarán las pruebas para el control de su compactación o reducción máxima de su volumen, ya que en base a estas pruebas se aumenta la resistencia del material y por lo tanto, el valor relativo será función del mismo.

Es recomendable que durante la construcción de la carretera se utilicen los mejores materiales disponibles en el lugar de acuerdo -

con lo especificado en el proyecto, ya que ésto será un factor importante en la etapa de conservación una vez concluida la obra.

C. PRUEBAS DE PROYECTO (VRS)

- 100% PVSM, W_o : en zonas de buen drenaje y bajo régimen pluviométrico
- 95% PVSM, $W_o + 1.5\%$: en zonas de regular drenaje y regular régimen pluviométrico
- 90% PVSM, $W_o + 3\%$: en zonas con mal drenaje y alto régimen pluviométrico

En general se especifican como pruebas de proyecto, los valores relativos de soporte encontrados en laboratorio, ya que, en función de los valores de cada material y principalmente el que formará la capa subrasante, se diseña el espesor de grava equivalente para hacer la estructuración del pavimento.

D. En el caso de las capas que formarán el pavimento se tiene:

SUBBASE, BASE Y CARPETA

1. PRUEBAS DE CLASIFICACION

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Contracción Lineal

- Porter Estandar (Expansión y VRS)
- Valor Cementante
- Afinidad con el Asfalto
- Contenido óptimo de asfalto para carpetas

2. PRUEBAS DE CONTROL

- Porter Estandar (PVSM): en subbases, bases, mezclas en el lugar.
- Prueba Marshall (PVSM, estabilidad, flujo): en concreto asfáltico
- Contenido de Asfalto: para los diferentes tipos de carpetas.

E. SEGUIMIENTO Y REPORTES

La SCT, lleva a cabo el control de la calidad de los caminos en construcción a través de los laboratorios que funcionan en las residencias de construcción, las cuales cuentan con una brigada móvil que se encarga de obtener las muestras en el campo, de clasificarlas y llevarlas al laboratorio para su ensaye, y la determinación de características de calidad y resistencia.

Para la interpretación de las pruebas se cuenta con formatos ya definidos, los cuales se complementan con un espacio para observaciones.

Dichos formatos son especiales y están de acuerdo con lo enunciado en el muestreo y pruebas de laboratorio, así como en sus aplicaciones específicas en cuanto a control de calidad y/o verificación de la misma en obra.

F. CONTROL DE CALIDAD

Es el conjunto de principios, prácticas y tecnología aplicada por un grupo o grupos de una organización, para asegurar, mantener, y/o superar la calidad de la obra al nivel más económico.

1. Aspectos que involucra el Control de la Calidad

- Medidas de prevención como la investigación, elaboración de especificaciones, proyectos, etc.
- Control del proceso, o sea la vigilancia necesaria para que en la construcción se ajusten las actividades al proyecto mismo y a las especificaciones, en lo posible con sus tolerancias respectivas.
- Verificación de la obra, con lo que se comprueba si se alcanzó la meta propuesta en el proyecto y en caso positivo exigir el pago correspondiente; en este aspecto se incluye también la supervisión de la obra durante su operación o uso.

- Motivación, se refiere al convencimiento que deberá tener el personal que labora, ya sean ejecutivos y/o personal en general para alcanzar la meta propuesta.
- Retroalimentación, es la información acerca de la forma en que se lleva a cabo el proceso o proyecto y del grado que se alcanzó en la meta en relación a lo proyectado, para modificar total o parcialmente las especificaciones, las tolerancias durante el proceso o el proceso en general.

2. Herramientas del Control de la Calidad

Los instrumentos del Control de la Calidad para desarrollar sus propias actividades son: Proyecto, especificaciones, procedimientos de muestreo, pruebas y mediciones, equipo, métodos estadísticos, sistemas de información y procesamiento de datos. Con éstas herramientas se pueden intervenir según las necesidades en todo o parte del proceso; diseño, construcción, operación (uso), costos, etc.

Durante la ejecución de la obra, el control de calidad verifica la calidad de los materiales y los procedimientos de construcción y prevé cualquier cambio posible, se inspecciona la maquinaria y laboratorio en cuanto a operación, mantenimiento, reparación y técnicas de trabajo; asimismo se promueven estudios para mejorar las técnicas y

utilización de materiales y equipo.

3. Control de Calidad de los Materiales

El control de calidad de los materiales empleados es de suma importancia, ya que un buen control de la calidad acarreará a futuro un ahorro sustancial que se reflejará en las obras en cuanto al mantenimiento y conservación de las mismas ; se presentarán en sí una gran variedad de materiales, siendo unos de mayor calidad que otros, por lo que será necesario hacer pruebas a los distintos materiales para conocer sus diferentes posibilidades de uso. (Ver tabla VII.1)

TABLA VII.1

CAPA Características	Agregado para Carpetas	Base	Sub-base	Subrasante	Terracerías
TAMAÑO MÁXIMO	38 mm	38 mm	51 mm	76 mm	76 mm
% QUE PASA LA MALLA No. 300	0	10% máx.	15% máx.	25% máx.	30% máx.
ZONA GRANULOMÉTRICA	1	1 y 2	1 y 2	-----	-----
LÍMITE LÍQUIDO	0	25% máx.	25% máx.	30% máx.	40% máx.
ÍNDICE PLÁSTICO	0	5% máx.	6% máx.	10% máx.	-----
EQUIVALENTE DE ARENA	80% mín.	50% mín.	40% mín.	-----	-----
COMPACTACION	-----	100% mín. AASHTO STD	100% mín. AASHTO STD	100% mín. AASHTO STD	95% mín. AASHTO STD
V R S	-----	100% mín.	40% mín.	30% mín.	5% mín.
DISGASTE LOS ANGELES	30% máx.	40% máx.	-----	-----	-----
PÁRTICULAS ALABREMAS	25% máx.	-----	-----	-----	-----
CONTENIDO NATURAL DE AGUA (%)	0	-----	W OPTIMA -2%	W OPTIMA -2%	W OPTIMA -2%

VIII PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION EN ZONAS ESPECIALES

A. ESTABILIZACION DE SUELOS

La aplicación de este método es simple, y se lleva a cabo cuando el eje del camino atravieza una zona en la que el terreno de cimentación es de características malas y en general del tipo compresible. En este método se trata de remover el material malo para colocar en su lugar otro de mejor calidad; el Departamento de Carreteras del Estado de California, considera que ésta es la mejor solución en suelos blandos y compresibles que se presentan bajo los terraplenes en espesores no mayores de 4 ó 5 m, cuidando que el material sustituto sea granular cuando no este garantizado su drenaje.

En México se ha utilizado poco la sustitución de terrenos malos por suelos estables bajo terraplenes, debiendo optarse por otras soluciones, debido al alto costo que representa esta solución. La experiencia indica que cuando el espesor del terreno natural es menor de 4 ó 5m, es posible obtener un comportamiento favorable, pero cuando el espesor es mayor a esa profundidad, resulta incosteable llevar a cabo la sustitución de materiales.

Por lo anterior, la remoción y sustitución de materiales viene a ser una alternativa más a utilizarse en suelos blandos y podrá

emplearse sólo y cuando resulte la más económica o conveniente después de realizarse un cuidadoso estudio del problema.

1. Adición de Productos Naturales, o Artificiales

La adición de algún producto, ya sea natural o artificial al suelo, para el mejoramiento de sus características físicas o modificación de las mismas, es lo que denominaremos como "estabilización" y cuya función principal es la de:

- Reducción del índice de plasticidad
- Aumento del límite plástico
- Aumento de resistencia al esfuerzo cortante
- Disminución de permeabilidad
- Reducción en los cambios volumétricos
- Aumento del valor relativo de soporte, etc.

Las características anteriores se obtienen en suelos modificados por algún producto y principalmente es aplicado a materiales con alto contenido de humedad, baja capacidad de soporte y cambios volumétricos excesivos, por lo que se utilizan en zonas donde no se localizan materiales de buena calidad.

a. Empleo de Cal

En suelos cuyo contenido básico es la arcilla, el material

que se emplea para su estabilización es la Cal, ésta reacciona tanto química como físicamente formando una matriz o masa, haciendo que las partículas de suelo queden aglomeradas, el porcentaje de Cal varía con el tipo de suelo y contenido de agua del mismo.

Los efectos que se consiguen mediante la adición de Cal son en general los siguientes:

La Cal cambia las características físicas de los suelos arcillosos en la forma que se describe a continuación:

- La plasticidad se abate rápidamente
- El suelo se aglomera
- La Cal y el agua aumentan la disgregación de grumos de arcilla por lo que el suelo se vuelve desmoronable y se vuelve más trabajable.
- La Cal ayuda a secar los suelos con exceso de humedad en forma rápida lo que permite un proceso más efectivo en cuanto a la compactación del mismo.
- Los cambios volumétricos en la masa del suelo (contracciones y expansiones) se reducen.
- Los valores de soporte por carga medidos en laboratorio, nos indican un aumento de acuerdo con las pruebas de VRS, triaxial de Texas, Valor de K, etc.

- La resistencia a la tensión se incrementa (medida con cohesímetro, tensión por cortante), por lo que la capa construída y estabilizada desarrolla resistencia (como viga) a esfuerzos flexionantes.
- La capa estabilizada forma una barrera contra el agua impidiendo la ascensión capilar.

Por lo anterior y debido a las ventajas del producto, se hace necesario hacer una comparación de costos de acuerdo con los acarreos de los materiales disponibles en la zona y que presentan mejores características en cuanto a calidad y/o la estabilización del mismo.

b. Empleo de Cemento Portland

Otro de los productos utilizados en la actualidad es el del cemento Portland, cuya aplicación ha disminuido considerablemente debido a los altos costos; la adición del cemento a un suelo, da como resultado el mejoramiento de sus propiedades originales, por lo tanto se utiliza solamente en algunos de esos casos especiales como para la estabilización de bases hidráulicas y/o lo más reciente en cuestión de pavimentos a base de concreto compactado con rodillos y del cuál se están haciendo algunos tramos de prueba.

En cuanto a la estabilización de suelos con Cemento Portland se distinguen:

- 1) Suelos modificados con cemento.- Son materiales que por su bajo contenido de cemento, la función principal de éste es la de disminuir su plasticidad y aumentar su VRS, por lo que se emplea también en terracerfas y capa subrasante, en subbases y bases de pavimento, lo que permite la reducción del espesor de dichas capas.
- 2) Suelo-Cemento.- Son materiales con mayor porcentaje de cemento y cuya mezcla debe cumplir con requisitos de calidad (resistencia y durabilidad), se emplea en bases, subbases, etc.

De acuerdo con los diversos estudios realizados en suelos estabilizados y con el fin de conocer los factores que influyen en su resistencia, se han obtenido los siguientes puntos a considerar:

- Con mejores materiales, se obtienen mayores resistencias y después del curado tienden a aumentar sus resistencias respecto al tiempo.
- A mayor contenido de cemento se obtienen mayores resistencias a la compresión.
- El retraso en la compactación, afecta la resistencia de los suelos estabilizados.
- Se estima que una buena capa, se construirá dependiendo del pro-

dimiento de construcción y maquinaria utilizados que tiendan a hacer una buena mezcla suelocemento-agua y su conformación y compactación se realice antes de 2 horas, así como el curado inmediato.

- 3) Concreto Compactado con Rodillos.- Se emplea como capa de pavimento no armado y es otra de las aplicaciones que en México se están haciendo recientemente, conocido como Concreto Compactado con Rodillos (CCR) que puede definirse como un concreto del tipo convencional sin revenimiento, lo que hace su consistencia bastante rígida para que soporten el peso de rodillos vibratorios para su compactación.

c. Empleo de Cemento Asfáltico - Arena de Medano

En algunas zonas del País donde la escasez de rocas es notoria por lo que no se tiene a la mano boleos o gravas en los depósitos fluviales, se ha hecho necesario efectuar acarreos de hasta 100 km. para conseguir material para la construcción de las capas de pavimentación; Por otra parte, ya que en dichas zonas existe por lo general gran cantidad de arena, se ha estudiado el empleo de Cemento asfáltico No. 6 que permita la estabilización de dichos suelos. Las arenas necesitan de un procedimiento efectivo para que el cemento asfáltico tenga la adherencia y el cubrimiento requeridos, por lo que se emplea Cal ya que ésta modifica la polaridad en la superficie de las partículas de

arena, lo que mejora las condiciones de estabilidad de la mezcla.

Como se ha observado, y debido a la falta de materiales - en varias zonas del País, se han tenido que emplear y desarrollar técnicas y procedimientos que permitan el uso de materiales nuevos o productos químicos para la estabilización de suelos.

d. Empleo de Sulfato de Calcio

En la Planta Química Fluor de Matamoros, se obtiene un subproducto constituido por sulfato de Calcio, el cual está siendo utilizado en trabajos de pavimentación como material de subbase; este se compone o es el resultado de la reacción de fluoruro de calcio y ácido sulfúrico, el que se envía a un tanque de sedimentación y pasa a un estado semilíquido y posteriormente a semisólido en un tiempo que va de 16 a 18 meses.

El sulfato de Calcio es extraído del tanque o laguna de sedimentación en el que se depositó mediante retroexcavadoras para su utilización, éste material presenta varias consistencias desde blanda hasta dura por lo que el material se hace trozos y se transporta en camiones de volteo a la obra o se almacena. En la obra, es disgregado y homogenizado con bulldozer. Una vez tendido, se compacta con rodillo pata de cabra y posteriormente con rodillo liso para cerrar su textura.

Otro tipo de estudios que se realizan actualmente es con el Sulfato de Calcio mezclado con gravas arenas sin plasticidad, caliches y conglomerados arcillosos, observándose que en las gravas arenas incrementa en un poco más del 50% el valor relativo de soporte. En el caso de caliches y conglomerados se han tenido aumento de VRS superiores y reducción de la plasticidad hasta del 50%.

En la utilización de este producto será necesario evitar la contaminación de ríos y almacenamiento de agua, ya que en análisis químicos efectuados se ha llegado a detectar cierto contenido de arsénico.

e. Empleo de Emulsión Estabilizante CONSOLID 444 - CONSERVEX

Otro de los productos empleados en la actualidad es una emulsión que se compone por algunos reactivos, la cuál se diluye en agua y se denomina ESTABILIZANTE CONSOLID 444 - CONSERVEX, y se utiliza en general para modificar las características físico-químicas de las partículas de suelo.

Este producto CONSERVEX, se utiliza incorporándole agua tratada con ácido clorhídrico y una cantidad reducida de asfalto FR-3 o de asfalto FM-1, que esencialmente servirá para impermeabilizar.

La aplicación del CONSOLID, se efectúa por separado mediante un carro tanque con barra de rociado sobre los materiales a tratar; después del rociado se homogeniza el material con un arado de discos o motoconformadora.

El CONSERVEX se aplica de manera similar, este producto se deposita en el suelo ya tratado con el CONSOLID hasta sellar la superficie tratada; las ventajas de este producto es la resistencia a los efectos del agua, el aumento de la capacidad de carga del suelo tratado, etc, estos resultados son mas evidentes en suelos de baja plasticidad con mayor calidad, ya que aumenta el VRS y disminuye la capilaridad en la masa de los mismos.

f. Empleo de Licor Sulfito "ASLIN"

Otro producto empleado para estabilizar suelos, es el llamado "ASLIN", el cual es un producto elaborado con Licor Sulfito importado de la ciudad de Brownsville, Texas, este producto se obtiene en la fabricación de papel, sus ventajas es el aumento del VRS en un 70% del suelo tratado, reducción de la expansión, contracción lineal, etc.

El producto ASLIN, se elabora mezclando Licor Sulfito, con asfalto rebajado FR-3 ó RM-1 en una proporción de 50 - 50 ó con emulsión del tipo catiónica de rompimiento rápido en una proporción de 25 - 75 respectivamente.

Se puede mencionar que es necesario efectuar un estudio más a fondo para confirmar su empleo en suelos finos y plásticos ya que no es posible obtener mayor información para establecer sus beneficios reales.

2. Suelos Blandos

a. Compensación (por Etapas)

En las zonas del País donde se presentan limos y arcillas plásticas, se distinguen dos casos: Cuando están saturadas y su contenido de agua es alto y son francamente compresibles (CH, MH y OH), y cuando su compresibilidad es relativamente baja (CL, ML y OL); el segundo caso, es cuando los suelos presentan pocos problemas en cuanto a la sustentación de las capas que forman el terraplén, ya que la resistencia del terreno es capaz de soportar mayores cargas; en lo relativo a los suelos que contienen materia orgánica, aún cuando no sean compresibles, no se juzga conveniente su uso.

Por otra parte, los limos y arcillas de alta compresibilidad que por lo general se presentan en las márgenes de los ríos, lagunas y llanuras de inundación, el problema que presentan, es su baja resistencia y su condición de suelos normalmente consolidados, ya que su contenido de agua natural está cercano al límite líquido y además se ubican en zonas donde existen tirantes de agua, que en épocas de lluvia suben de nivel.

Por lo anterior, se hace necesario el diseñar un terraplén en el cual no se tenga fallas por falta de capacidad de carga del terreno de cimentación, y el procedimiento de construcción a emplearse sea el adecuado para no permitir el hundimiento del terreno a ambos lados de la sección por construir, éste debido al hundimiento brusco del terraplén.

Una vez contemplada la situación descrita, se deberá prever el empleo de bermas laterales que mantendrán en equilibrio la sección media o terraplén principal, lo que hace necesario se construya por etapas.

b. Empleo de Materiales Ligeros (Tezontles y Jales)

La utilización de estos materiales es aceptable debido a que estos presentan bajo peso específico, por lo que la masa del terraplén produce menores asentamientos; los materiales que se utilizan regularmente y únicamente cuando en la zona se localicen, son los tezontles y las arenas puníticas (ver figura VIII.1 y VIII.2). Estos materiales transmiten menores esfuerzos al terreno de cimentación y de acuerdo con los estudios que se realicen en cada caso en particular se establecerá el empleo o no de bermas laterales. Una de las aplicaciones más actuales es en la mayor parte de las zonas de laguna localizadas en varios tramos de carretera de la República tales como Sayula, Jal, de la carretera México - Guadalajara, tramo Guadalajara - Colima, así como

también en la Laguna de Cuitzeo, del tramo Maravatío - Copándaro y finalmente en la carretera Peñón - Texcoco, las dos últimas en proyecto y la primera ya construída en el año 1987.

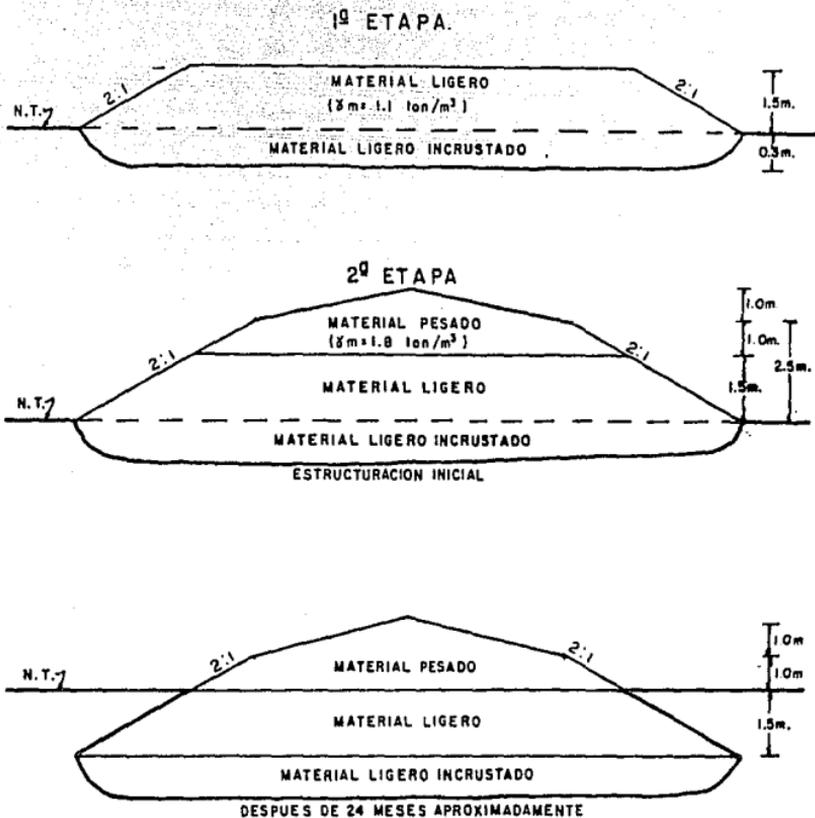


FIG. VIII.1

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.
CARRETERA: PEÑON-TEXCOCO
TRAMO : NEZAHUALCOYOTL-S. ATENCO
SUBTRAMO : Km 0+000 AL Km 18+000
ORIGEN : AV. AEROPUERTO, EDO. DE MEX.

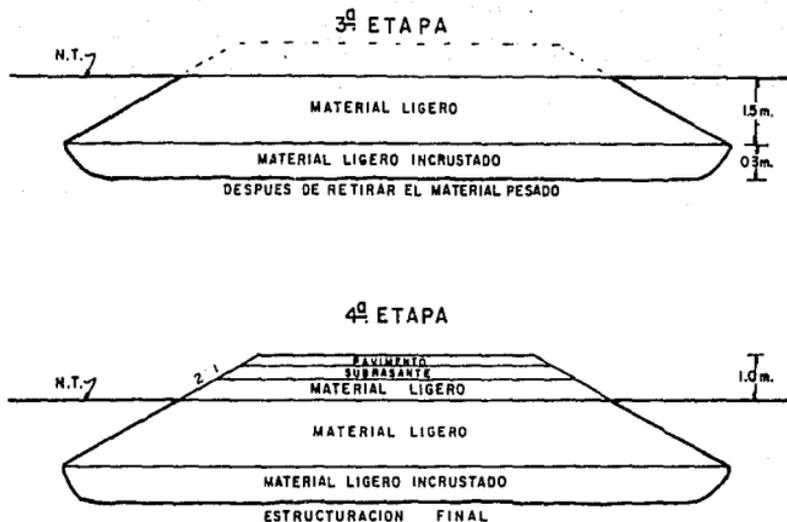


FIG. VIII.2

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
CARRETERA: PEÑON-TEXCOCO
TRAMO : NEZAHUALCOYOTL-S. ATENCO
SUBTRAMO : Km 0+000 AL Km 18+000
ORIGEN : AV. AEROPUERTO, EDO. DE MEX.

B. GEOTEXTILES

En regiones naturales denominadas "Selva Baja" con tipo de clima monzónico, donde la precipitación es alta y la construcción de las carreteras en esas zonas tiene como limitante el bajo soporte de los suelos saturados y/o en estado húmedo, se aplica en la actualidad un método complementario de construcción a base de geotextiles para las zonas de pantano.

La manera de mejorar el suelo consiste en la colocación de un geotextil en la interfase terraplén-terreno natural, con lo que se logra hasta un 30% de disminución en los volúmenes de material para formación de terracerías, esto dependiendo de las características del lugar y contenido de humedad del suelo.

En la actualidad, se ha visto la necesidad de realizar una serie de trabajos para modernizar varios tramos de carreteras en zonas costeras donde existen llanuras de inundación, las que se forman por depósitos de arcillas limosas con abundante materia orgánica de gran espesor en ocasiones, debido a que el terreno tiene muy poca pendiente y los ríos tienen cauces no muy definidos o divagantes, lo que propicia la acumulación de grandes volúmenes de sedimentos finos, con la consecuente formación de pantanos. En estas zonas, es común que el tirante de agua se haga permanente, con alturas variables dependiendo de

la época del año, principalmente en temporada de lluvias, por lo que se hace necesario conocer los niveles máximos que alcanzarán éstos.

El diseño del terraplén se apoya en un estudio de Mecánica de Suelos, en el que se determinarán las propiedades índice y mecánicas del subsuelo.

Del análisis de estabilidad, es necesario tomar en cuenta la posibilidad de utilizar o no bermas para evitar la falla por flujo plástico, ya que la rasante de proyecto está condicionada por el N.A.M.E.

Al cargarse el terreno natural con las terracerías aparece el fenómeno de bufamiento a ambos lados de las terracerías, lo que lleva consigo que se tengan grandes volúmenes de material incrustado para la formación de la plantilla de trabajo, hasta lograr el equilibrio de la sección flotante.

Dependiendo de la zona, este procedimiento resultaría muy costoso, ya que por lo general en esas áreas no es posible contar con materiales de buena calidad y las distancias de acarreo a los bancos para formar las terracerías son cada vez mayores, por lo que se hace muy caro el transporte de dichos materiales, debido a esto, se eligió una técnica que redujera lo más posible los volúmenes de material in -

crustado, con el beneficio económico correspondiente.

El empleo del geotextil se propone de acuerdo con las siguientes hipótesis:

- Cuando se trabaja en suelos blandos y específicamente en la construcción de carreteras con material procedente de banco, se tiene penetración de dicho material en el terreno natural o sub suelo, que está en función del esfuerzo máximo transmitido al suelo en su frontera con el agregado.
- Cuando el espesor de incrustación es grande, la membrana geotextil que está prácticamente anclada, se estira absorbiendo parte de la carga y distribuye en una mayor área esta carga del terraplén, ya que forma un plano inclinado entre el geotextil en tensión y la línea de acción de las cargas transmitidas, con lo cual, el grado de penetración baja cuando el esfuerzo en el geotextil aumenta, hasta llegar a la falla si se aumenta la carga.

Al llegar a esta última etapa, ya se ha logrado construir el terraplén formando una sección homogénea y se tiene la consolidación primaria y secundaria en proceso.

1. Usos y Aplicaciones de los Geotextiles

Según la función de los geotextiles, se clasifican de la siguiente forma:

- a. Separación de Materiales
- b. Refuerzo
- c. Drenaje
- d. Control de erosión
- e. Ademes

De los puntos anteriores se dará una breve explicación:

a. Separación de Materiales

Las membranas son utilizadas para mantener separados dos - materiales cuyas características son diferentes y el procedimiento per - mite que no haya contaminación o mezcla entre ambos. Su aplicación den - tro del área de las carreteras, es la de separar secciones o capas den - tro de un terraplén; separación entre una base de piedra y una capa - subrasante bajo un pavimento para carreteras, estacionamientos, etc; - para prevenir la contaminación de suelos (ver foto VIII.1)

Separación del balasto de la vía del ferrocarril y el suelo de la subrasante.

Separación de piedra y otro material que se pone en una - base temporal que después se removerá, por ejemplo: sobrecargas para - suelos blandos.

b. Refuerzo

Se utilizan los geotextiles como refuerzo en zonas donde -

se tienen suelos con bajo valor relativo de soporte. Este principio es aceptable, ya que la membrana hace que el nivel de los esfuerzos disminuya en el suelo de cimentación distribuyendo las cargas verticales, haciendo que dicha membrana trabaje a la tensión, lo que distribuye las cargas sobre una área más grande (ver foto VIII.2)

En la actualidad se han utilizado como refuerzo en:

- Construcción de caminos temporales sobre pantanos, turberas, ciénegas y depósitos compresibles en general.
- Reducir la propagación de agrietamientos en el concreto asfáltico cuando se realizan trabajos de reencarpamiento, colocando el geotextil entre el pavimento viejo y el nuevo.
- Incrementar la estabilidad de terraplenes y bordos.

c. Drenaje

El drenaje es uno de los aspectos importantes en el cuál se utilizan las membranas, ya que permiten el paso del flujo de agua pero retienen los finos, por lo que se controla la permeabilidad de los materiales de acuerdo con la situación presentada.

Los ejemplos de aplicación son los siguientes:

- Como prevención del movimiento de suelos finos en una grava o en drenes, con lo que se elimina la formación de capas gradua

das de arenas y de gravas para la formación del dren (ver foto VIII.3)

- Eliminar el empleo de filtros graduados para permitir el drenaje en la parte del respaldo de muros de contención.

d. Control de erosión

La membrana actúa como separadora entre la capa de material fino generalmente y el agente que erosiona a dicho material, o sea, el agua (ver foto VIII.4)

Una de sus aplicaciones, es en zonas donde la pendiente del terreno es grande y los depósitos de material fino son acarreados, por lo que se hace necesario construir defensas para regular el flujo.

e. Acemes

Cuando las geomembranas se rellenan y actúan como moldes - para adaptarse a la topografía de cualquier superficie o permiten la construcción de obras o estructuras independientes.

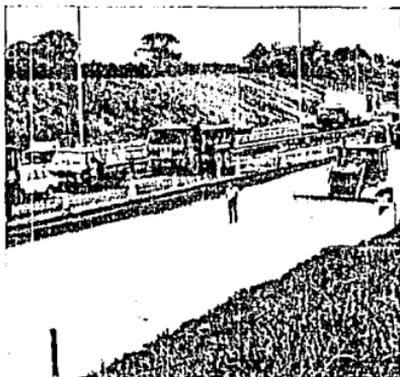


FOTO VIII.1 Refuerzo

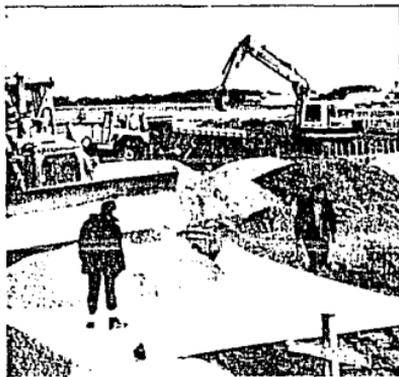


FOTO VIII.2 Separación de materiales



FOTO VIII.3 Drenaje



FOTO VIII.4 Control de erosión

2. Procedimiento de Construcción

La construcción de una carretera se lleva a cabo bajo el siguiente procedimiento:

Colocación del geotextil en bandas de ancho comercial y tendidas de forma transversal al eje del camino, ya sea, cosidas con cosedora portátil de sacos y/o unidas en sus juntas térmicamente con soplete de mano, dependiendo del tipo de geotextil utilizado.

Se debe tener cuidado de abarcar toda el área y por lo menos un 25% más a cada lado de la plantilla. La membrana se extiende en forma directa sobre la vegetación en zonas donde se localiza o existe tirante de agua.

La construcción de la plantilla de trabajo se forma colocando material a volteo sobre el geotextil siguiendo el procedimiento conocido como "Punta de Flecha" en forma simétrica, y extendiendo el material del centro hacia los lados en todo el ancho del terraplén y bermas si existieran, bandeando posteriormente con tractor dicho material.

Se continúa con la construcción en forma simultánea del cuerpo del terraplén y bermas, las que se formaran con material a volteo y su posterior bandeado.

Finalmente, se concluirá la construcción del terraplén y se formará la capa subrasante; el cuerpo de terraplén se deberá compactar al 95% y la capa subrasante al 100% de su PVSM Proctor Modificada.

En algunas ocasiones y dependiendo de las características del terreno natural y su contenido natural de agua, se deberá contemplar la colocación de una sobrecarga que permita la incrustación de las terracerfías y el asentamiento acelerado y por consecuencia el desplazamiento de la turba, por lo que el procedimiento se hace más eficiente.

Cuando se haya alcanzado el 80% del asentamiento considerado y de acuerdo con el comportamiento observado, se retira la precarga y se deposita en las zonas propuestas para este fin según lo indique la Dependencia.

C. ESTABILIDAD DE TALUDES EN CORTES Y TERRAPLENES

Cuando se forman cortes y se construyen terraplenes, el proyectista tiene que tomar en cuenta la acción de todos los agentes que producen la erosión y el intemperismo y que van afectar la estabilidad de diferente forma, y por los efectos químicos o mecánicos que hacen que la corteza terrestre tienda a convertirse en una superficie horizontal.

Tanto en la formación de cortes como en la de terraplenes, se tienen casos diferentes, pues mientras que los terraplenes se construyen con material de mejor calidad o producto de banco, en los cortes se tiene que evaluar en principio las condiciones y la calidad de los materiales del sitio ya que estos formarán dicho corte.

En la construcción de los terraplenes el comportamiento de estos se vuelve más predecible, en cambio en los cortes, la existencia de varios materiales estratificados hacen que se tenga gran heterogeneidad de estos, por lo que la influencia que se tiene se limita y debe preverse desde la etapa de proyecto.

Otro aspecto importante a considerar es que los cortes se realizan en suelos y rocas por lo tanto los métodos de exploración, obtención de muestras para la realización de pruebas de campo y en la-

boratorio, así como las técnicas utilizadas para investigar la resistencia están lo bastante avanzadas para proporcionar los datos de proyecto apropiados.

Sin embargo, ya que en el desarrollo de una carretera sería imposible conocer todas las propiedades de los materiales que constituyen los cortes, se estudian únicamente los cortes con alturas mayores de 15m o menores donde se establezca que existe de antemano alguna situación de riesgo.

Por lo tanto, en general se siguen los criterios que los ingenieros encargados de la realización de los estudios de campo indican en las recomendaciones relativas a la inclinación de los taludes basados en la experiencia y el conocimiento de los materiales.

En México, el criterio que por lo regular se tiene es del tipo conservador en cuanto a las recomendaciones dadas para estabilidad de taludes ya que, un criterio audaz algunas veces provoca gran número de fallas, haciendo que se tengan interrupciones y reconstrucción en los mismos.

Ya que el propósito principal al realizar un corte es la de dejarlo en las mejores condiciones de estabilidad posibles, existen técnicas o procedimientos de construcción que permiten establecer esta

condición y que se describen a continuación:

1. Abatimiento de Taludes

El abatimiento de taludes es uno de los métodos más obvios la idea es la de disminuir la magnitud de las fuerzas que producen el deslizamiento por lo que disminuye consecuentemente la posibilidad de falla (ver figura VIII.9)

En los suelos friccionantes lo que se busca es tener en el talud el ángulo de reposo natural o cercano a este, por lo que se producirá un aumento en el momento resistente.

En suelos cohesivos, la inclinación dependerá en gran parte del contenido de agua natural del suelo.

2. Empleo de Bermas

En muchos casos, el empleo de bermas equivale al abatimiento de taludes ya que, la berma tiende a hacer que la superficie se desarrolle en mayor longitud y más profunda (superficie de falla). No se puede dar en general una regla en cuanto al ancho de la berma; la sección ideal habrá de definirse (ver figura VIII.10 y fotos VIII.5 y VIII.6)

El peralte del escalón quedará definido por el ancho de la bermá y por la inclinación de los taludes, la que dependerá en sí de las condiciones en que se encuentre el material del corte y la alteración si se trata de roca en general. Se supone que los materiales superficiales del corte se encuentran más alterados o menos cementados y su condición mejora de acuerdo con la profundidad, por lo que se proyectan diferentes inclinaciones de acuerdo con ésto; por lo tanto, se dan mayor inclinación a los taludes de abajo o un mayor grado y se van reduciendo hacia la parte superficial del corte. Un aspecto importante que deberá considerarse en la construcción de las bermas es el del drenaje de las secciones ya que deberán impermeabilizarse con asfalto del tipo FM-1 para evitar la infiltración del agua de lluvia, además se construirán con una pendiente hacia el corte de 3% mínimo, la que descargará hacia la cuneta ubicada en el cero de la bermá y de ahí se encauzará hacia una obra de drenaje. Dicha cuneta se revestirá con suelo-cemento o con creto hidráulico para impermeabilizarla.

Otra de las funciones de los escalones es la de detener pequeños derrumbes y caídos que pudieran presentarse en los taludes, así como el graneado que se presenta en las rocas debido a la alteración de las mismas o por el fracturamiento de éstas al ser atacadas.

En suelos muy erosionables es recomendable que los taludes se construyan con el ángulo de inclinación más vertical posible, para

evitar que el agua de lluvia tenga una superficie mayor de contacto con el talud.

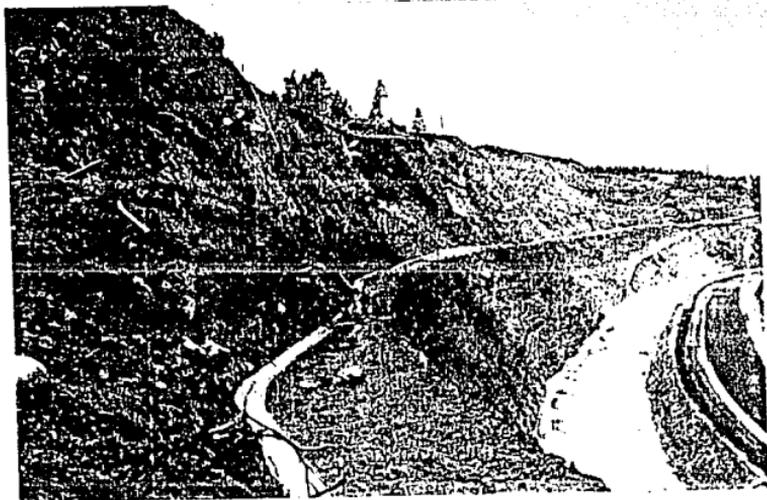
3. Taludes Combinados

Los taludes combinados es otra forma de mantener la estabilidad de un corte, siempre que el material que constituya dicho corte, no presente problemas en cuanto a alturas mayores de 20m y alteración grave, por la que se deba manejar un procedimiento diferente (ver figura VIII.11). El objeto de utilizar los taludes combinados, es la de tener menores volúmenes de corte y por lo regular se sigue el mismo criterio que cuando se utilizan las bermas, o sea, el dejar más tendidos los taludes que se ubican en la parte superior del corte e ir dejando menores conforme se profundice el corte, esto dependiendo del tipo de material del corte en cuestión y la estratigrafía que se presente.

4. Muros de Retención

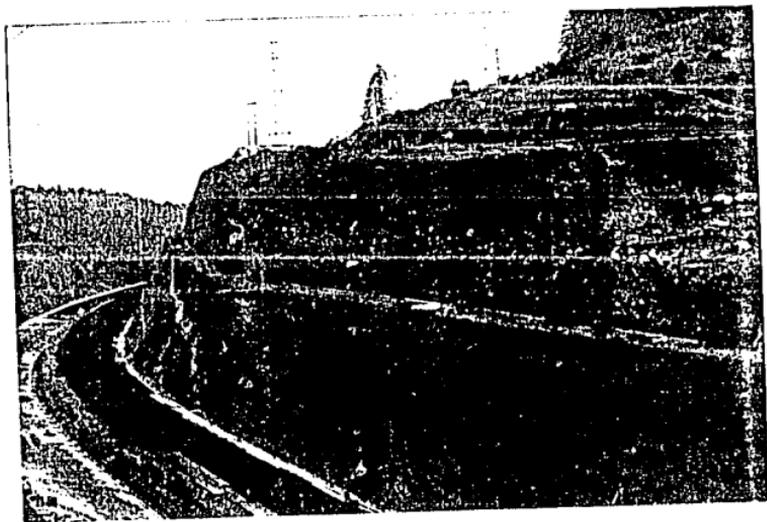
Por ser estructuras que ayudan a la estabilidad de cortes y terraplenes, el uso de muros de retención es frecuente en carreteras, ya que con ellos se abate la altura libre del talud y se logra una disminución de su inclinación.

Otro uso que se le ha dado a los muros de retención, ha -



Berma en talud de corte, se aprecia cuneta interior para descargar escurrimientos

FOTO VIII.5



Construcción de berma para estabilizar el corte debido a su altura.

FOTO VIII.6

sido para detener los taludes del terraplén en las laderas, que de otra forma resultarían excesivamente extendidos.

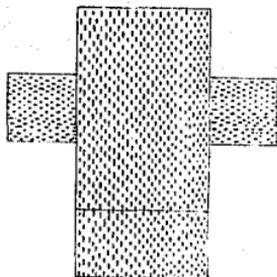
El método puede considerarse bueno, siempre y cuando el muro se desplante o esté cimentado en un material que garantice su resistencia al desplazamiento horizontal, siendo además necesario, dotar al muro de los elementos que permitan el flujo libre del agua, a fin de evitar las presiones hidrostáticas sobre él.

a. Empleo de Gaviones

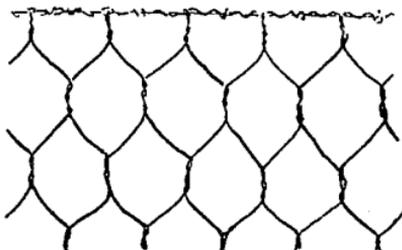
Los gaviones son estructuras cuya función es la de retención y/o protección de rellenos o terraplenes principalmente. Tales estructuras se emplean en cualquier ambiente, clima y estación, resultando eficientes ya que no requieren mano de obra especializada para su colocación.

Se trata de envolventes metálicas, por lo general de malla de alambre de triple torsión galvanizado de varios calibres, pero el más utilizado en la solución de problemas de estabilidad es el de calibre Núm. 12 1/2 (2.40 mm), con abertura de 8 X 10 cm y reforzada la malla en todas sus aristas con alambre galvanizado calibre Núm 10 (3.40mm). Para el relleno de estas envolventes, se pueden utilizar las piedras que se encuentren en las cercanías de la obra (ver figura VIII. 12)

GAVIONES



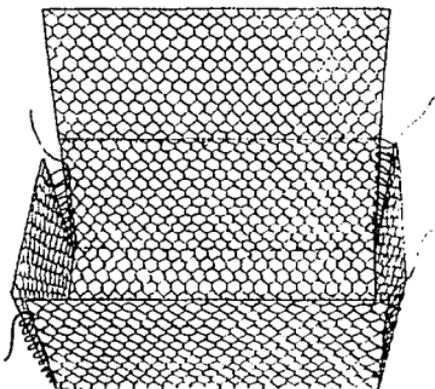
Gavión Desplegado



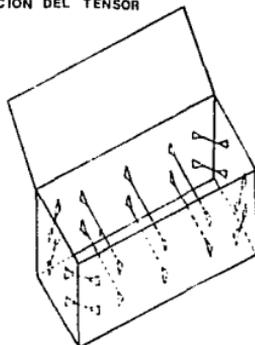
MALLA METALICA



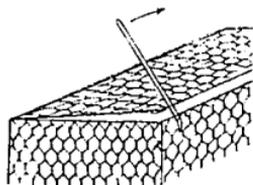
COLOCACION DEL TENSOR



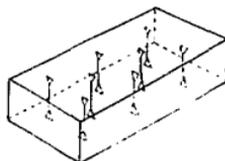
Armado en obra del Gavión



TENSORES HORIZONTALES



Cerrado del Gavión



TENSORES VERTICALES

FIG. VIII.12

1) Características Técnicas de los Gaviones

- Elevada permeabilidad que facilita el saneamiento del terreno dejando filtrar el agua que pudiera existir en las terracerías de relleno.
- Extrema flexibilidad que permite a la estructura adaptarse a los movimientos del terreno sin comprometer la estabilidad y la eficiencia.
- Alta resistencia al empuje del terreno trabajando como estructura monolítica a gravedad.
- Son capaces de resistir todo tipo de solicitaciones y, en particular, con características para poder trabajar también a la tensión.
- Son estructuras de larga duración, ya que el alambre galvanizado, en un ambiente normal, resiste la oxidación el tiempo suficiente para que la piedra de relleno se cimente con los acarreos depositados en los huecos y el crecimiento de la vegetación, formando así una masa compacta con buenas cualidades estáticas y difícilmente erosionable.
- Son estructuras permeables, capaces de disipar la energía de impacto del agua, presentando además a la corriente, una superficie suficientemente rugosa que reduce la velocidad de los líquidos que se ponen en contacto con su parámetro.

2) Características Funcionales de los Gaviones

Bajo el aspecto de función, en la estructura de gaviones se distinguen principalmente dos partes que son:

- La base cimentación de la estructura de los gaviones que se construye en un cauce y que está expuesta a la erosión del agua se llama Platea, la cual tiene como función, el defender al plano de apoyo del cuerpo principal de la obra de la socavación (ver siguiente figura)

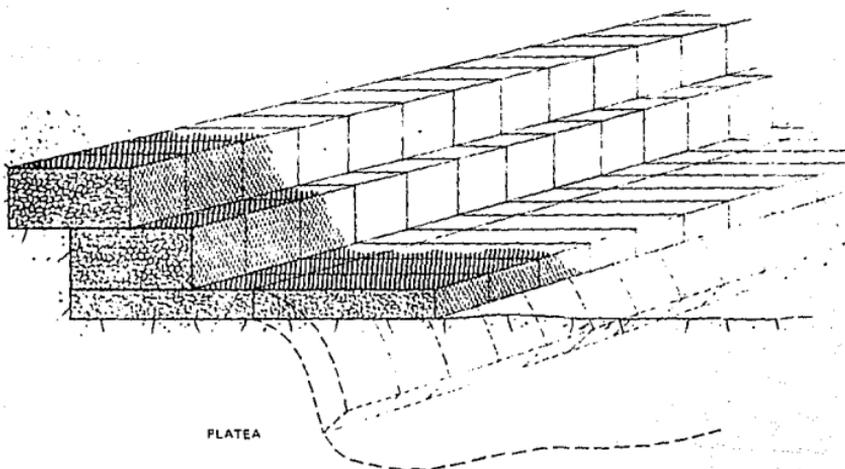


FIGURA VIII.13

- El cuerpo principal de la obra, que está constituido por gaviones de dimensiones variables, adecuados al caso en particular, dispuestos en una o varias hiladas, según la altura que deba alcanzar la obra, y el empuje que deba soportar.

3) Componentes de la Estructura de Gaviones

Vista bajo dos aspectos, los componentes principales de las estructuras de gaviones son, la Envolvente Metálica y el Relleno.

La envolvente metálica debe reunir todos los requisitos, galvanizado, triple torsión, reforzado, etc, que le aseguren una larga duración y en particular el alambre deberá tener la dimensión apropiada para resistir los esfuerzos que deberá soportar.

La envolvente metálica para que pueda deformarse sin perder su resistencia, deberá ser ligada a los demás elementos, de la manera más apropiada para tal fin.

El relleno se efectuará en relación con el comportamiento general de la estructura y en forma de no perjudicar las funciones de ésta.

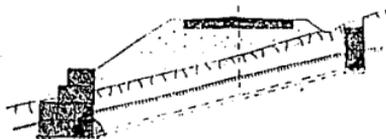
El mejor relleno es aquel que, permitiendo la deformabilidad de la estructura, asegura, el máximo de relleno y de peso. Para

tal efecto, se prefieren las piedras redondeadas, de dimensión uniforme y poco mayor que la abertura de la malla.

4) Principales Aplicaciones de los Gaviones en Carreteras

- En la consolidación de los movimientos de suelos que presentan desmoronamientos
- Como protección a las pilas, terraplenes de acceso y estribos de puentes contra la erosión
- En la consolidación de terrenos movedizos

Cuando se construye un terraplén sobre terreno arcilloso - inclinado, ocasiona casi siempre la rotura del equilibrio del terreno de sedimento, que tiene a deslizarse sobre un plano más menos profundo. Por lo que en estos casos resulta eficaz el empleo de gaviones (ver siguiente figura)

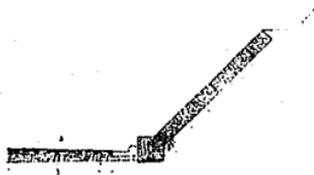


Consolidación de un terraplén en suelo movedizo.

FIGURA VIII.14

- Para la protección de taludes poco estables sujetos a erosiones superficiales, se ha utilizado el revestimiento con delgadas estructuras murales de mampostería en seco, buscando primeramente asegurar la estabilidad de la obra y posteriormente solucionar el drenaje. Pero esta solución ha demostrado ser poco eficiente, porque la impermeabilidad en primer caso y la nula resistencia al empuje en el segundo, llevan rápidamente a la destrucción de la obra.

Con mucho más ventajas, por su simplicidad, economía y conservación, son los revestimientos con gaviones, constituidos por una ligera cobertura (de 30 a 50 cm. de espesor según el caso) adosada sobre el talud (ver siguiente figura)



Protección de un talud, en terreno poco coherente y sujeto a desintegración, mediante un recubrimiento de gaviones

FIGURA VIII.15

- En el caso de las correcciones fluviales, los gaviones son como una defensa de los trazados de carreteras que se ubiquen cercanos o sobre los cauces de los ríos, como protección de dichos caminos contra la acción de las corrientes de agua. En estos casos se recurre todavía a las obras de sostenimiento con muros normales. Si el curso del cauce es estabilizado y el fondo son rocosos, la obra podrá tener excelentes efectos; no así, si el cauce es móvil y con cauces divagantes. En este segundo caso, los gaviones resultan ser más eficientes que cualquier otra estructura.

Por todo lo anterior, se debe prever el empleo de gaviones en la fase de protección de las carreteras, cada vez que se encuentren en terrenos o situaciones que lo requieran.

5) Colocación en Obra (caso general)

Para formar los gaviones se arman cajas de las medidas necesarias, utilizando alambre galvanizado calibre 12 1/2 para amarres, ligaduras y tensores y se rellenan dichas cajas con material pétreo de preferencia cantos rodados con tamaño mínimo de 10 cm y máximo de 20 cm; Cuando no se tenga a la mano dichos cantos rodados, se utilizará como se dijo anteriormente, el material del lugar que cumpla con el rango de tamaños especificado.

Se comienza con los trabajos de desmonte, desenraice, despalme y limpieza general de la zona donde se construirá el terraplén. A partir de los ceros del mismo, se excavará una caja de 2.00 m. de ancho por la longitud que se requiera y 0.50m de profundidad, pudiendo se utilizar el material producto de la excavación para formar el terraplén si cumple con las especificaciones y calidad requeridas para ello, la superficie descubierta al abrir la caja se nivelará y afinará para compactar al 90% de su PVS_M en 20 cm de profundidad el piso, con lo cual se obtendrá una superficie firme para hacer el desplante de los gaviones.

Una vez preparado el terreno de apoyo, se procederá a colocar los gaviones de cimentación (también llamado "Platea"), de 2.00 X 1.00 X 0.50 m, la que quedará con la dimensión mayor en forma transversal al camino. Las aristas verticales de los gaviones se coserán con alambre galvanizado para formar la caja.

El siguiente gavión o grupo de gaviones que sean añadidos se irán integrando gradualmente, éstos quedarán ligados sólidamente al ir elevando la estructura de gaviones. El cosido de los gaviones se realizará entre los mismos cuando se encuentren vacíos para facilitar la operación.

El material empleado para relleno de los gaviones se pon

drá a mano con el fin de lograr un acomodo más preciso y lograr también un mínimo de vacíos. Conforme se avanza en el relleno del gavión, será necesario colocar los tensores horizontales entre las paredes opuestas de la caja para evitar el abombamiento de las paredes.

Los tensores se agarrarán a la envoltura metálica con ligaduras duras que abarcarán mínimo de dos a tres aberturas de malla en cada pared. Además también deberán colocarse tensores verticales en forma transversal para amarrar las paredes adyacentes. Los tensores verticales se colocarán agarrando por un extremo el fondo del gavión, antes de iniciar el relleno y después de cerrar la caja.

En forma normal se colocan de 4 a 6 tensores horizontales, 4 verticales y horizontales en forma diagonal por metro lineal de gavión. La operación de relleno se concluye y se cierra el gavión cosiendo la tapa en todo lo largo de su borde superior.

Colocada la hilera de gaviones de cimentación (Platea), se nivelará y se afinará la parte del terreno que ocupará la segunda hilera de gaviones, debiendo quedar al mismo nivel del borde superior de la hilera de gaviones ya colocada.

La segunda hilera de gaviones se colocará en el sentido longitudinal y de manera que a la mitad de su base (0.50m), se apoyan-

en el gavión de cimentación y los 0.50 m. restantes en el terreno natural adyacente.

Colocada la segunda hilera de gaviones, se procederá a la formación de las capas de terracerías, hasta llegar al borde superior de la segunda hilera de gaviones y así sucesivamente se seguirá la construcción del terraplén añadiendo las hileras de gaviones necesarias y la formación de las capas restantes de las terracerías hasta llegar al nivel deseado, dando a cada una de las capas la compactación correspondiente de acuerdo con el proyecto de terracerías.

b. Tierra Armada

En la actualidad existen en el mundo varias técnicas para contener los rellenos de tierra, una de ellas es la denominada "Tierra Armada" (ver figura VIII.16), la que se constituye básicamente por el suelo como matriz, con tiras metálicas como refuerzo y una cubierta exterior denominada piel a base de escamas. El suelo del relleno será del tipo granular, para obtener un mayor efecto de fricción entre la armadura y el suelo y además de reducir al máximo las presiones intersticiales al llenarse de agua en forma rápida lo que originaría la pérdida de valor en la resistencia al corte; este material deberá tener menos del 15% de material fino, con ángulo de fricción interna del material superior a 25% y tamaño máximo de 350 mm.

Las tiras metálicas de refuerzo son de acero galvanizado de 40 a 60 mm de ancho y 3 mm de espesor, las cuales están detenidas a intervalos con el fin de aumentar la adherencia con el suelo, su claro es del 70% al 80% de la altura del bloque.

La cubierta está formada por escamas, que son elementos prefabricados de concreto, de forma variable, por lo general, con dimensiones de 1.50 por 1.50 m. Entre las escamas se colocan en el sentido horizontal, juntas a base de tira de corcho aglomerado con resina epóxica que permiten el asentamiento flexible entre las escamas, en las juntas verticales se utilizan tiras de poliuretano para permitir el paso de agua a impedir el paso de los finos del material del relleno.

La función de las escamas es la de evitar la erosión del macizo de tierra armada, ya que ninguna de estas está absorbiendo esfuerzos como si fuera muro de contención; las piezas que lo integran al estar completamente instaladas quedan afianzadas de las armaduras, con la carga distribuida sobre el bloque armado y no sobre las escamas.

El proceso constructivo para las terracerías en donde se ubicará el muro de tierra armada es en general el siguiente:

Los trabajos se inician con el desmonte, desentrañe y despalme del terreno natural, se efectúa la excavación o se perfila la zona.

Se excava la cepa o área sobre la que se construirá la cadena de cimentación; el terreno natural nivelado se compacta al 90% de su PVM Proctor en una profundidad mínima de 20 cm.

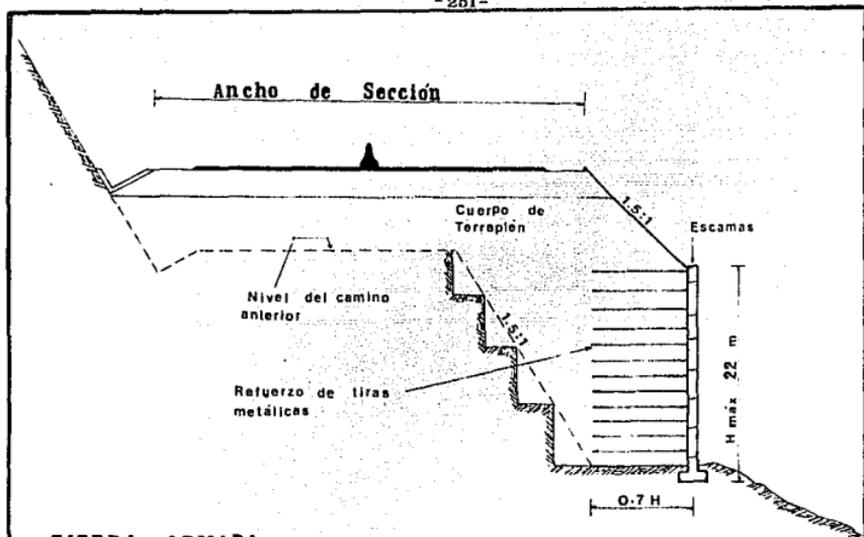
Se construye la cadena de apoyo a las escamas en el sitio con un concreto simple de $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$. Se montan las escamas con sus armaduras.

Simultáneamente al armado de las escamas y después del acomodo de las armaduras, se efectúa el relleno del macizo de tierra por capas y en forma horizontal con espesor de 37.5 cm. y se compacta al 90% de su PVM Porter.

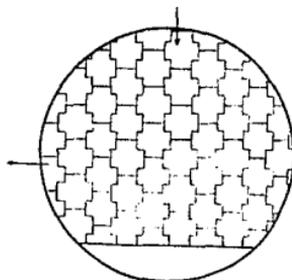
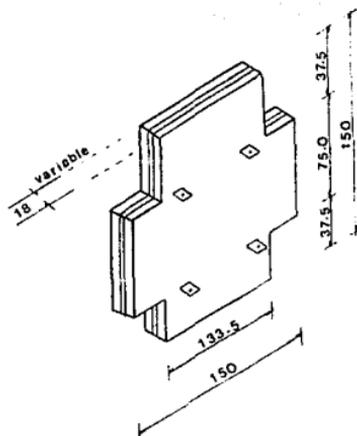
Con objeto de evitar posibles deslizamientos cuando se tiene alguna de las secciones en balcón, se forman escalones de ligacuyo peralte y compactación del piso del escalón es igual a la capa que se construye.

El muro de tierra armada se construye en accesos a puentes y zonas donde se tienen limitaciones en cuanto al ancho de seccionamien

to principalmente en intersecciones y viaductos.



TIERRA ARMADA



ESCAMAS

5. Empleo de Malla Metálica

Para evitar la caída de rocas y de escombros sobre la corona del camino, en la actualidad se está utilizando el revestimiento de los cortes por medio de malla metálica de alta resistencia (ver figura VIII.17). En este procedimiento se emplea normalmente malla metálica galvanizada con alambre de triple torsión de 8 X 10 cm., con alambre del No. 15 (2.4 mm de diámetro) y cuando los cortes se constituyen por fragmentos de pequeñas dimensiones; el que se utiliza es el de 5 X 7 cm., con alambre del No. 13 (2mm de diámetro).

En el caso de que los materiales que se pretende estabilizar presentaran características especiales, se puede reforzar dicha malla mediante el empleo de diámetros mayores en el alambre.

El procedimiento para fijar la malla metálica es el siguiente; se coloca en la parte alta del corte, un muerto de concreto (correa de anclaje) de 30 x 30/30 x 50 el que se ancla en el terreno a una distancia de 2 a 3 m de la orilla, al colarse el muerto de concreto se le introduce una barra de hierro de 10 a 12 mm de diámetro a cada 1 a 1.5 m lineales a la cual se le fija la malla. Las dimensiones y características de la correa de anclaje podrán modificarse en cada caso dependiendo de las necesidades en que se requieran, o en su caso no utilizarse.

Cuando se tiene roca, en lugar de construir la correa de concreto, el anclaje se puede hacer mediante pozos excavados en la misma roca los que se rellenan con concreto y se fija posteriormente la barra de sujeción; la malla se coloca en rollos con ancho de 2 a 3m y longitud variable según sea la longitud del corte por estabilizar, las mallas fijadas se unen en sus bordes cosiendolos para dejar formado un enrejado único.

También se colocan en el talud, fijando la malla a este, barras de hierro a una profundidad suficiente según sean las características del terreno, abarcando de 4 a 6 m² cada barra con objeto de conseguir una buena resistencia.

La malla en su parte inferior se fija también con barras de hierro con objeto de que pueda ser levantado en cualquier momento si hubiera necesidad en caso de desalojar el material de algún derrumbe o deslizamiento, una vez realizado el anclaje y si el terreno lo permite, se propiciará el desarrollo de vegetación o la plantación de arbustos de fácil crecimiento entre las mallas o en su caso plantas del lugar que permitan fijar aún más el terreno.

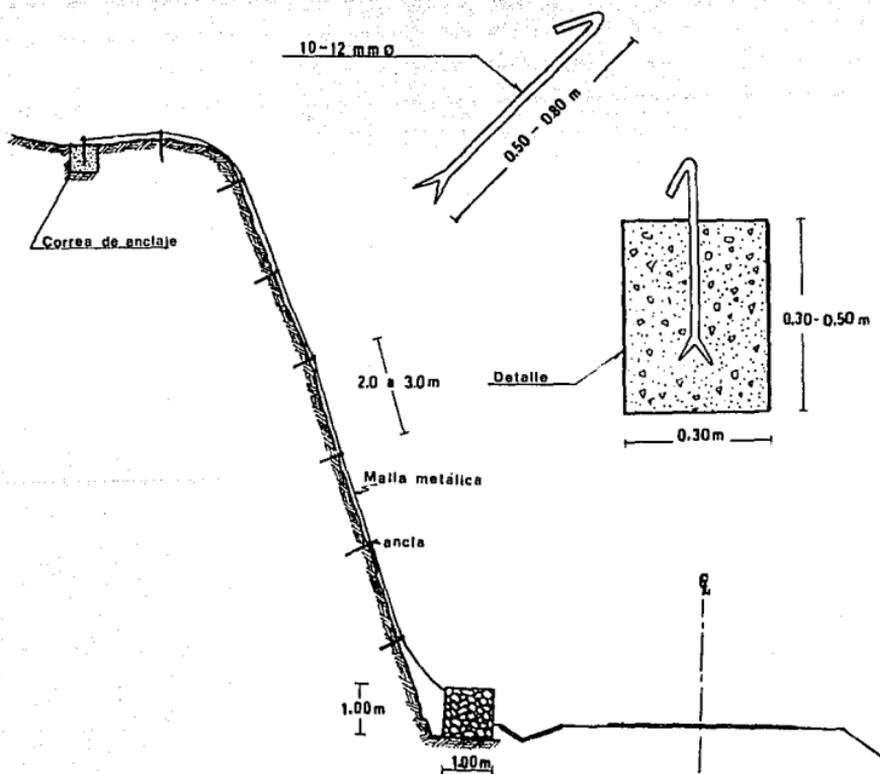


FIG. VIII.17

6. Estabilización de Taludes mediante el uso de Anclas

El anclaje es un proceso constructivo que se utiliza en caminos, para introducir en las masas de suelos y rocas esfuerzos que mejoren sus características mecánicas y que garanticen su estabilización cuando se requiera.

En los últimos 30 años, las técnicas de anclaje han tenido un desarrollo muy importante; en un principio se concibió el uso de anclas para rocas solamente, pero se emplean en formaciones mucho más fragmentadas e interperizadas y también en suelos.

Actualmente no se cuenta con una teoría completa referente a anclas, por lo cual no existen métodos de cálculo de uso seguro que puedan recomendarse por sí mismos, por lo general en cada caso, varían las características del o los materiales por estabilizar.

Con el mejoramiento en la eficiencia de las técnicas de anclaje, su utilización se ha aprovechado para la construcción de túneles sustituyendo en gran parte el uso de ademes, lo que redundó en una mayor área libre para trabajar dentro del túnel, y se acorta el tiempo de construcción, etc.

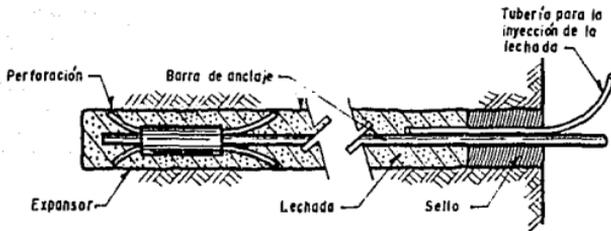
En general, todos los tipos de anclajes que se han desarrollado para rocas y suelos, se pueden clasificar en dos tipos principa -

les: las anclas de fricción y las anclas de tensión.

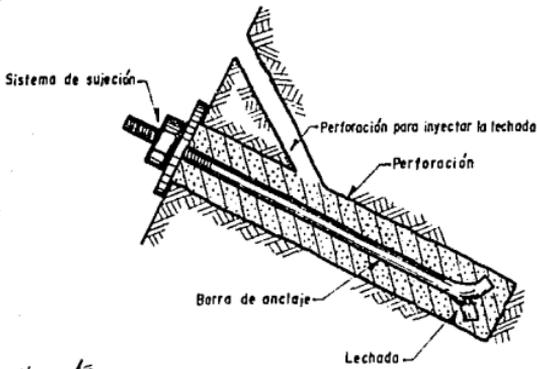
a. Anclas de Fricción

Tomando como punto principal el grado de alteración del material de los cortes, se realiza un estudio de las zonas donde es factible el uso de este procedimiento, dependiendo de la naturaleza de los cortes y en general, para garantizar su estabilidad absorbiendo los esfuerzos de tensión del suelo o rocas (ver figura VIII.18)

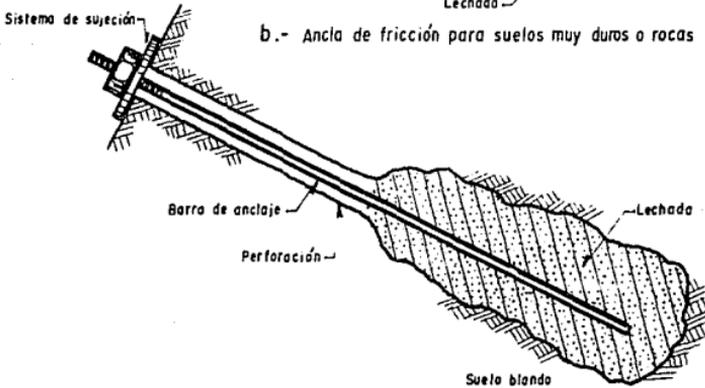
Para este tipo de anclas, primeramente se realiza una perforación en el material por anclar, dentro de la cual se coloca una varilla de anclaje, adosando a ella un tubo de calibre suficiente para inyectar a través de este, lechada de cemento en la perforación, de modo que la varilla queda embebida en dicha lechada y el contacto con el suelo se hace a través de ese elemento. La varilla puede tener un expansor, como el de las anclas de tensión o un sistema de anzuelo que le dé adherencia con la lechada.



a.- Ancla de fricción con expansor



b.- Ancla de fricción para suelos muy duros o rocas



c.- Ancla de fricción en suelos blandos

Uno de los sistemas que se utilizan actualmente se denomina "Perfobolt" y se realiza de la manera siguiente: Se efectúan barrenos en las paredes de los cortes y en las zonas donde se requiere estabilizar, con un diámetro de 38 mm (1 1/2"), para luego colocar medios tubos perforados de 32 mm (1 1/4"), que se rellenarán de mortero como se indica en la figura VIII.19. Luego se amarran con alambros las mitades (llenas de mortero) y que se insertan en el barreno, una vez introducida la camisa y debidamente alineada, inmediatamente después se introduce la varilla de acero corrugada de grado duro ($f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$) y de 25 mm \varnothing (1"), con cuerda de 0.30 m en la punta extrema o saliente en el centro del tubo (encamisado), con lo que se logra que el mortero rellene a presión el espacio libre localizado entre la camisa perforada y el terreno.

La camisa del tubo perforado se maneja comercialmente en tramos de 5m, si no es posible maniobrar dichos tramos, se deberán cortar tramos de 2.50m, aunque es recomendable colocarlos de 5.0 m.

Una vez que el mortero haya fraguado y se tenga una resistencia aproximada (de 4 a 7 días), dependiendo del aditivo acelerante que se utilice, Sikament he o Sigunit (de 4 a 8 horas), se deberá tensar el ancla, para este efecto se deberá colocar una placa de acero de 20 x 20 x 1/4" con perforación en el centro de (1 1/4"), que deberá estar perfectamente asentada a la pared del talud, luego se colocará -

una roldana y tuerca para aplicar la tensión.

La mezcla de mortero deberá ser espesa, de acuerdo con lo indicado:

Cemento Portland tipo III ó I	100 partes por peso
Arena angular limpia tamaño máx. de 2 mm	100 partes por peso
Agente de fluidez y expansión tal como --	
"Interplástic-C" o equivalente	1.4 partes por peso
Agente acelerante tal como "Sikament he"	
o "Sigunit"	1.0 partes por peso
Agua: Una relación agua-cemento de ----	
aproximadamente	0.30 por peso

Una buena mezcla es la que se deja hacer "bola de nieve" -
sin exudación de agua. La mezcla puede variarse según lo indique el -
Laboratorio de Campo.

DETALLE DEL SISTEMA DE ANCLAS "PERFOBOLT"

INYECCION Y ANCLAJE DE VARILLAS

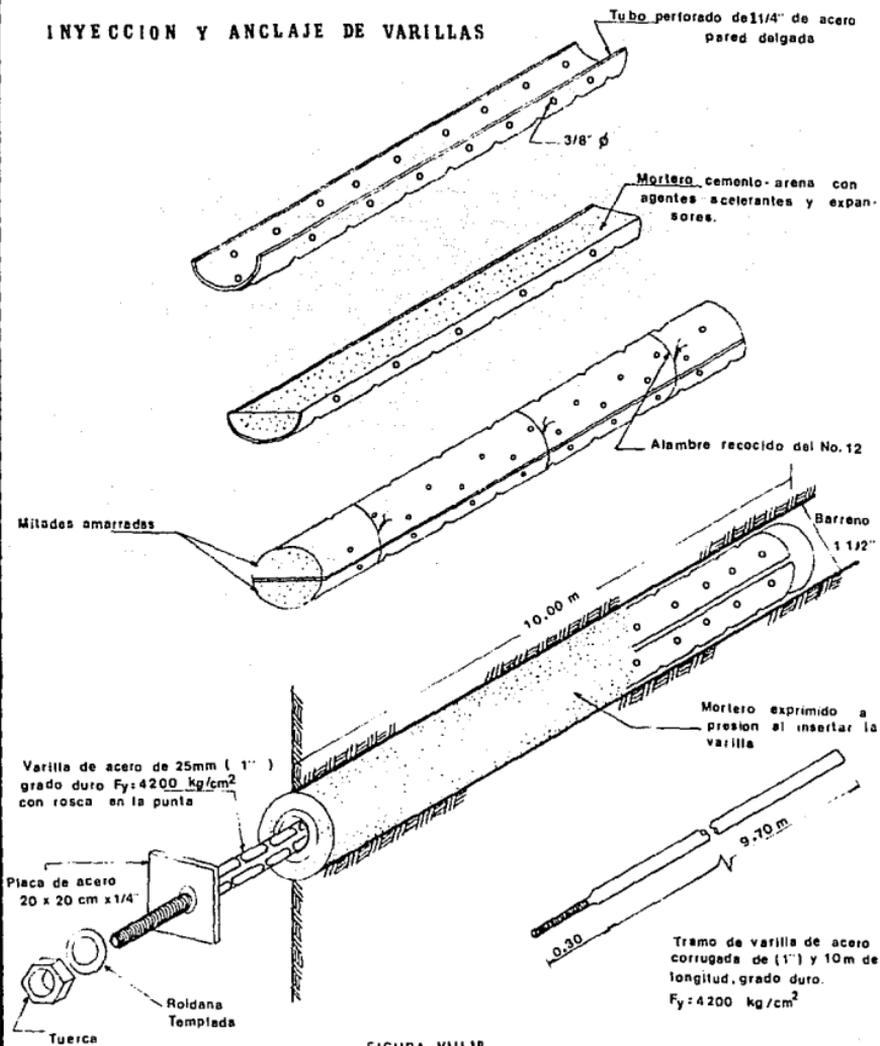


FIGURA. VIII.15

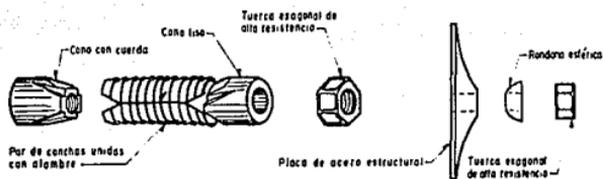
b. Anclas de Tensión

Las anclas más usuales que permiten la estabilidad de los taludes sobre todo en roca, son las del tipo de tensión, cuya función principal es la de soportar en forma directa el peso de una cierta - - porción de roca que tiende a separarse del macizo rocoso ya sea por su naturaleza (estratificación) o por su alteración.

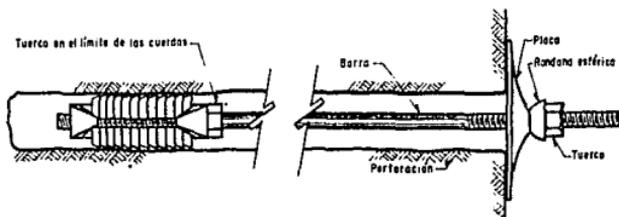
Las anclas tensadas ayudan a incrementar el esfuerzo normal en las discontinuidades de la masa rocosa, aumentando por consecuencia la resistencia al esfuerzo cortante, esto es importante ya que es posible que en los taludes de corte y en macizos donde se generan fuerzas-de tensión, éstos se conviertan en autosoportables.

Existen dos tipos de anclas de tensión uno que en el extremo queda ahogado en un cementante que se introduce antes que el ancla en forma de embutido de resina, o se inyecta posteriormente mediante una manguera a través del interior mismo del ancla; otro tipo de ancla es anclada por medio de un expansor, después de fijar el extremo interior se tensiona el ancla mediante un gato hidráulico desde el extremo exterior que se fija a una placa y una tuerca.

Los diferentes tipos de anclas varían únicamente en la forma en que se fijan a la roca y su capacidad para resistir esfuerzos (ver siguiente figura VIII.20).



a. - Detalle del expansor



b. - Conjunto

Anclas de tensión

Fig. VIII. 20

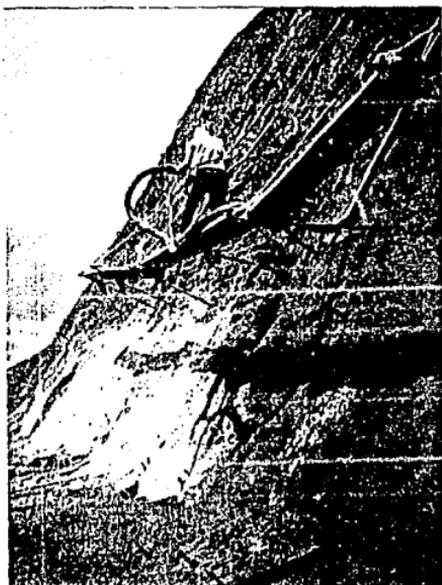
7. Colocación, Anclaje de Malla Electrosoldada y Aplicación de Concreto Lanzado en Cortes.

Para evitar infiltraciones y cambios volumétricos en el interior del talud del corte, así como para evitar la erosión en los mismos y caídos en formaciones de roca muy fracturada y alterada, se recurre al recubrimiento con concreto lanzado de las zonas con problemas, previa colocación de malla electrosoldada. Este trabajo se realiza cuando se está vaciando el corte y se ha afinado y amacizado, con esto se permitirá la colocación de la malla ya mencionada, de preferencia se debe colocar una determinada malla de acuerdo con las condiciones particulares de cada corte, en general se utiliza la de 3.43 mm. de diámetro, con abertura de 100 x 100 mm, anclándola en la pared del corte a partir de los ceros del mismo y siguiendo el contorno de este y tendiéndola posteriormente en el talud.

La malla debe sujetarse a la pared del corte mediante varillas de 13 mm de diámetro y con gancho en la parte superior, pudiendo ser de 0.30, 0.50 ó 1.00 m. de longitud, dependiendo el material que constituya el corte por estabilizar y formando con dichas varillas una cuadrícula de 2.00 m. sobre el talud.

La terminación de esta malla se hace hasta el nivel superior de la cuneta cuando así se requiera, con lo cual quedará lo suficiente-

mente sujeta y posteriormente anclada en su parte inferior; los traslapes de la malla serán de 0.30 m. y deben amarrarse con alambre recocido y debe anclarse en forma posterior para aplicar el concreto lanzado (ver foto VIII.7)



Aplicacion de concreto lanzado sobre malla metálica

FOTO VIII.7

Una vez iniciado el recubrimiento con concreto y teniendo cuidado de no dejar huecos atrás de los alambres de la malla electrosoldada, se requiere en ocasiones variar el ángulo de la boquilla del equipo, pero en general deberá permanecer perpendicular a la superficie del talud.

La resistencia del concreto deberá ser de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en general o lo indicado en el proyecto en cada caso en particular. - para esto se deben cumplir con las especificaciones generales de construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por tanto se sigue el procedimiento siguiente:

Proporcionamiento de Mezclas para Concreto Lanzado

MEZCLA SECA (Material)	PORCENTAJE DEL PESO TOTAL DE LA REVOLTURA SECA
Cemento Portland Tipo I	10.4 %
Tamaño máximo de agregado	9 mm
Agregado grueso	41.4 %
Arena	48.2 %

MEZCLA HUMEDA (Material)	PORCENTAJE DEL PESO TOTAL DE LA REVOLUTURA
Cemento Portland Tipo I	12.8
Tamaño máximo del agregado	13 mm
Agregado grueso	29.9 %
Arena	52.2 %
Agua	5.1 %

En cualquiera de las mezclas, el tamaño máximo del agregado no debe de exceder de un tercio de la parte más restringida de la manguera.

Para mejorar las condiciones de lanzado se puede utilizar un acelerante de acuerdo al tipo de mezcla y en proporción determinada, por ejemplo, cuando la mezcla es seca, el acelerante se podrá adicionar a ésta y cuando es húmeda se deberá adicionar en la boquilla en el momento de lanzar el concreto.

La mezcla tipo de concreto lanzado contiene los siguientes porcentajes de componentes secos:

Cemento	15	20 %
Agregado Grueso	30	40 %
Agregado Fino	40	50 %

En cuanto a la relación agua-cemento para concreto lanzado seco, se sitúa en el rango de 0.3 a 0.5 y se ajusta por el operador según las condiciones locales; para concreto lanzado en mezcla húmeda, la relación agua-cemento se sitúa entre 0.4 y 0.6

Como se observa, la granulometría de los agregados es de gran importancia para la elaboración de la mezcla; en la siguiente relación se indican las recomendaciones para la granulometría como base para la selección del agregado:

AGREGADOS FINOS :

**PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA
EN PESO**

Malla		
3/8"	(9.5mm)	100
No. 4	(4.75mm)	95 a 100
No. 8	(2.36mm)	80 a 100
No. 16	(1.18mm)	50 a 85
No. 30	(0.60mm)	25 a 60
No. 50	(0.30mm)	10 a 30
No. 100	(0.15mm)	2 a 10

AGREGADOS GRUESOS :		No. 8 a 3/8"	No. 4 a 1/2"	No. 4 a 3/4"
Malla				
1"	(25 mm)	-	-	-
3/4"	(19mm)	-	100	90 - 100
1/2"	(12.5mm)	100	90 - 100	-
3/8"	(9.5mm)	85 - 100	40 - 70	20 - 55
No. 4	(4.75mm)	10 - 30	0 - 15	0 - 10
No. 8	(2.36mm)	0 - 10	0 - 5	0 - 5
No. 16	(1.18mm)	0 - 5	-	-

En la siguiente figura VIII.21 se señala la escala de granulometría para una combinación de agregados gruesos y finos para el uso en concreto lanzado.

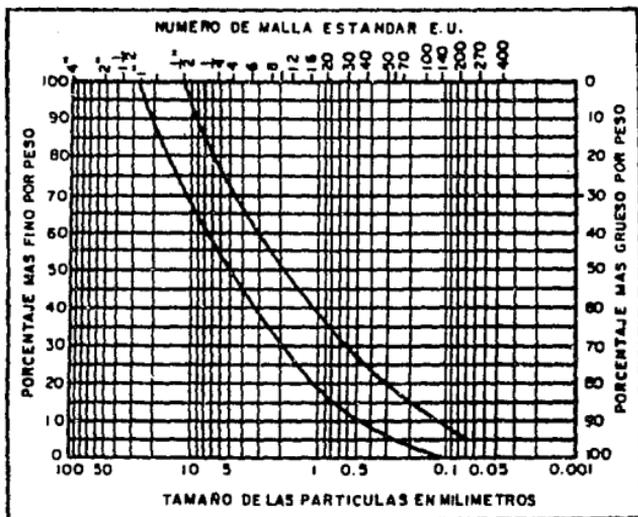
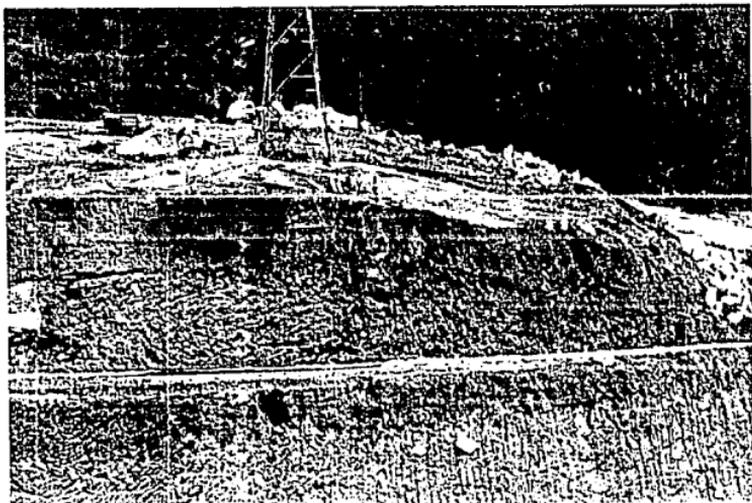


FIG.VIII.21

En los casos en que las condiciones específicas del concreto lanzado se requieran mejorar por necesidades de la obra en cuestión, se podrá emplear en dichos casos, el o los productos comerciales que para tal efecto se encuentren en el mercado (Aditivos). Ejemplos de estos productos son : Sikament He, Intraplast C y Sigunit N, que pueden emplearse entre otros casos como: acelerantes, haciendo la consistencia del concreto más fluida; como reductores de agua en las mezclas; para incrementar el efecto adherente del cemento; para acelerar el - - endurecimiento del concreto, etc. (ver Foto VIII.8)



Colocación de malla electrosoldada previo a la aplicación de concreto lanzado .

8. Empleo de Vegetación

El empleo de vegetación es en la actualidad, un método utilizado para prevenir la erosión de los taludes ya sea en cortes o terraplenes, y que es causada por agentes naturales tales como la lluvia y el viento y demás factores climatológicos.

Por lo tanto, las plantas con determinadas características en cuanto a la resistencia al medio ambiente y el uso de especies locales ha permitido establecer un cierto criterio en cuanto a la utilización de éstas para lograr que dichas plantas tengan mejores posibilidades de adaptación y por lo tanto se tendrán mejores resultados.

En la realización de los trabajos de construcción de una carretera se produce la destrucción de la cobertura vegetal dejando grandes áreas expuestas a la acción del agua superficial y el viento, una de las soluciones más económicas para restaurar en parte las condiciones iniciales de la zona afectada por la construcción, es el empleo de vegetación, preferentemente de la zona; entre las especies utilizadas en la estabilización de los taludes están los pastos y plantas herbáceas y en algunos casos se emplean arbustos cuando se trata de terraplenes muy altos, estos se colocan en hileras para que pierda velocidad el agua que llegara a escurrir sobre el terraplén.

La función más importante de la vegetación es la disminuir el contenido de agua en la parte superficial y dar una mayor resistencia a esa parte con la ayuda de las raíces de las plantas o árboles; - en algunas zonas de la República no es posible el empleo de algunas especies por lo que en la actualidad se realiza un estudio en particular en cada lugar y región para emplear la vegetación más adecuada.

Otra aplicación de la vegetación es en las zonas áridas -- donde se ubican médanos o dunas (arenas sueltas), donde la erosión causada por el viento principalmente origina que el material que constituye a estas formaciones se mueva, provocando la invasión de arena a algunas áreas de la construcción de alguna obra afectando al camino.

Para solucionar este problema, es aconsejable evaluar las condiciones en las cuales resultaría más ventajoso el empleo de algún tipo de barrera, ya sea natural o artificial; esto depende de la altura que tienen las dunas y médanos y la velocidad del viento, una vez que se ha establecido la conveniencia de utilizar alguna barrera, se debe propiciar la vegetación del lugar con el empleo de plantas rastreras y del tipo de las cactáceas que son las que mejor se adaptan al clima de la zona y/o también que generen un poco de suelo para que finalmente se tenga la posibilidad de plantar especies mayores de árboles.

9. Relleno de Grietas

Cuando llegan a aparecer agrietamientos en un camino , - deberá investigarse la causa que las produjo, ya que la presencia de esas grietas, puede indicar la existencia de un estado de falla incipiente relativamente fácil de corregir; de un verdadero estado de - deslizamiento superficial generalizado o de un estado de tensión im - portante (ver foto VIII.9)

Podrán presentarse casos en que el cambio de trazo consti - tuya la mejor solución, pues como se dijo anteriormente, el agrieta - miento puede estar asociado a fenómenos de gran escala, cuya solución resultaría muy difícil y costosa, pero cuando el problema no resulta - complicado de acuerdo con las causas que lo originaron, es conveniente en la mayoría de estos casos rellenar las grietas previamente formadas, con arcilla, lechada de cemento, suelo-asfalto o algún material similar con características plásticas. Las grietas que aparecen y no son rellenas, pueden resultar muy peligrosas, ya que al introducirseles agua, pueden generarse empujes hidrostáticos dentro de la masa de suelo, que pueden incrementar cualquier tendencia a la inestabilidad preexistente.

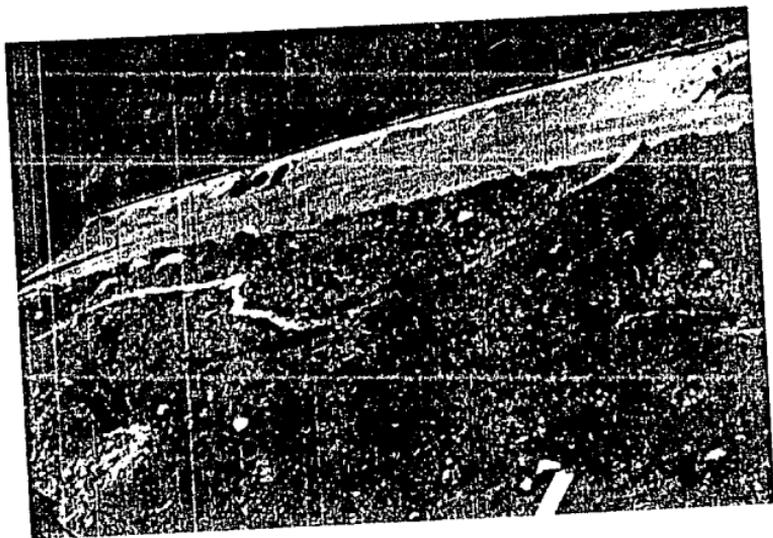


FOTO VIII.9

Repleno de grietas con asfalto y lechada de cemento en la superficie.

D. TUNELES

Los túneles son excavaciones con o sin soportes, que se construyen bajo la superficie del terreno, dejando fuera los materiales por los que atraviezan, incluyendo el agua y teniendo que soportar altas presiones, estas obras pueden tener diferentes usos, en el caso particular de las carreteras, permiten el tránsito de vehículos automotores, debiendo prever iluminación adecuada y una atmósfera segura con los medios necesarios para eliminar los contaminantes.

La principal finalidad de los túneles carreteros, es la de reducir las distancias, mejorando con ello los proyectos geométricos, por tanto se debe hacer un análisis comparativo del posible uso de estas obras con la de las estructuras de superficie (cortes y/o terraplenes), y las elevadas (puentes y viaductos)

En México, la construcción de túneles carreteros es relativamente nueva, no así en el caso de los túneles construídos para los ferrocarriles, los cuales cuentan con una buena longitud de ellos. La tecnología ferroviaria no se ha podido aplicar en gran parte al caso de carreteras, entre otras causas por falta de recursos económicos y por tratarse de secciones transversales que requieren de dimensiones mayores para permitir la construcción de varios carriles de circulación por lo que se emplean especificaciones diferentes para cada condición en

particular.

A continuación se da una relación de los túneles en México

Construídos:

Túnel La Venta, de la carretera México - Toluca; long. 340 m (2 cuer -
pos).

Túnel Vallarta, de la carretera Libramiento Puerto Vallarta; long 415m

En proceso de Construcción:

Túnel Arteaga, de la carretera México - Toluca; long 72 m.

Túnel Salazar, de la carretera México - Toluca; long 72 m.

Túnel Papagayo, de la carretera México-Acapulco; long 260 m.

En etapa de Proyecto: Vialidad de Acapulco

Túnel s/n de la carretera México - Acapulco ; long 3000m

1. Estudios en Túneles

La decisión de construir este tipo de estructuras, está en función de la posición que guarde la subrasante de proyecto con respecto a la superficie del terreno natural (alineamiento horizontal y vertical), de la importancia del camino, del presupuesto que se asigne para

la realización de la obra en su conjunto, de las características que presenten los materiales por donde cruzará el camino, por la dificultad y alto costo de explotación para formar los cortes, de los procedimientos y sistemas de construcción que se puedan utilizar, de los problemas previstos antes y después de iniciar la construcción y posteriormente durante su uso; etc.

Para la construcción de un túnel carretero, se llevan a cabo estudios de planeación y proyecto iguales o conjuntamente con las vías de superficie que se encuentran en sus extremos; esto quiere decir que en ocasiones se estudiarán varias alternativas donde se localicen túneles y será necesario el establecer la conveniencia de la construcción de dicha obras.

Para la realización del proyecto de caminos, las tres etapas en las que intervienen los estudios (elección de ruta, anteproyecto y P. definitivo) son de gran importancia ya que estos estudios que se hacen en forma detallada nos darán un panorama más amplio de los problemas que se pudieran presentar y la solución mas adecuada para éstos.

Debido a que la longitud de los túneles para carreteras representa una mínima parte comparada con el total de las vías de superficie, a continuación se dará una breve descripción de los estudios geotécnicos empleados para el proyecto de túneles.

Primeramente, se debe conocer la estratigrafía, la presencia de fallas geológicas, plegamientos, fisuras, hidrología, etc; también se tendrá que conocer las presiones en el túnel, tanto en la parte superior como en las paredes y el piso, con ello se podrá tener conocimiento de los problemas que se puedan presentar, para poder calcular el revestimiento necesario.

Para conocer lo anterior, se requiere contar con datos previos como lo son mapas geológicos y de climas de (NEG) u otras instituciones especializadas y realizar extrapolaciones superficiales y sondeos con máquina rotatoria en rocas o de avance a presión de suelos; - también se requiere de los estudios geofísicos que, correlacionados - con los datos de exploración se puede conocer con mayor precisión la - formación geológica.

Otro punto importante que se requiere conocer es el nivel - de aguas freáticas (NAF), esto en el caso de que exista, y la presión - del agua en los diferentes estratos; también será necesario conocer - las características mecánicas de las rocas así como su resistencia a la compresión, a la tensión y a la intemperización en el momento de abrirse el túnel.

Por último, es indispensable conocer las características de la zona en que se construirán los túneles. Una vez que se tiene el cono

cimiento de los datos anteriores, se debe hacer la planeación del ciclo de avance, tratando de que el tiempo sea suficiente para que no se presenten problemas de derrumbes.

2. Procedimiento de Construcción

El ciclo de construcción de túneles en roca consta de las siguientes operaciones:

- Barrenado de la roca
- Carga
- Explosión
- Ventilación
- Extracción del material procedente de la explosión, que se denomina rezaga.
- Colocación de ademe provisional
- Colocación de revestimiento definitivo

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

En general, los Estudios Geotécnicos realizados para la elaboración del Proyecto Geométrico de carreteras, son de gran importancia ya que estos dan una idea mas clara y precisa sobre el conocimiento del terreno en el que se va a construir la vía terrestre, de tal manera que es posible la evaluación de diversas alternativas de rutas probables, eligiendo así la que se considere la mas adecuada con respecto a la importancia del camino, en estas condiciones se estará en posibilidades de prever los problemas que pudieran presentarse durante la construcción de la obra.

También se podrá establecer de acuerdo con los diferentes tipos de suelos y rocas, el tratamiento, equipo y los procedimientos de construcción que resulten adecuados para cada caso en particular lo que permitirá obtener ahorros en cuanto a tiempo y presupuesto.

De acuerdo con las posibilidades económicas del País, se hace necesario contar con el apoyo que nos brindan los avances tecnológicos de nuestro tiempo y en forma conjunta con la metodología de proyecto nos permitan el alcanzar el objetivo fijado, o sea la eficiencia en las obras proyectadas.

El empleo de técnicas modernas debidamente probadas, permiti-

ten una economía considerable en todas las etapas, tanto de construcción como en la operación y conservación de las obras, cabe recordar que las fallas de un mal proyecto se reflejarán en la obra ya terminada y por tanto el costo que se ocasione al realizar estudios más completos y detallados reducirá y/o en algunos casos eliminará la posibilidad de falla.

Es necesario que para cada rama o etapa de la obra intervengan ingenieros especialistas en la materia, por lo que se hace indispensable que dicho personal se actualice día con día para que conozca los avances más recientes de la época.

La realización de estudios más completos hará que los proyectos garanticen el éxito de las obras y se requiere de una profunda observación y el análisis de todos los datos disponibles ya que de la interpretación de los mismos, dependerá el comportamiento de la obra que se proyecta.

Otro punto importante es el que la obra cumpla con los objetivos fijados en las etapas de Planeación y Proyecto en lo relativo a los lineamientos, especificaciones y normas de calidad establecidas para el proyecto ya que la aparición en el mercado de nuevos productos hace necesario el realizar nuevos procedimientos de construcción y normar criterios para evaluar

el funcionamiento de dichos productos; además se requiere que se mantenga un contacto directo entre los constructores y los proyectistas a fin de resolver los problemas que se presentan en el transcurso de las obras.

Como es sabido, la calidad y resistencia de las terracerías es un factor muy importante para el buen comportamiento de la estructura del camino en general, por lo tanto, mientras se cuente con mejores materiales y se tenga un adecuado control de la calidad de los mismos en lo relativo al proyecto y construcción, se tendrá necesariamente un menor costo de conservación de la red, puesto que esta condición permitirá que dichos materiales tengan la capacidad para absorber los esfuerzos y deformaciones que por lo regular provocan los vehículos pesados que cuentan con mayor peso y mayor número de ejes.

En 1993 en México transitarán por las carreteras y caminos del País 150 millones de personas y 360 millones de toneladas de carga, es decir, el 60% del total en todo el País, en la actualidad - se cuenta con 240 mil kilómetros de caminos de estos, en forma aproximada 3500 kilómetros son de autopistas de cuota. Todos los renglones de la economía nacional no pueden prosperar en forma eficiente si no se cuenta con una infraestructura adecuada, si tomamos en cuenta que el 98% de los mexicanos viajamos por medio de esta vía de comunicación.

Del año de 1960 hasta la fecha, la circulación en las carreteras ya ha aumentado en cinco veces por lo que la capacidad de la red de carreteras se ha reducido notoriamente, por tanto se ha visto la necesidad de tratar de aumentar esta capacidad y en el año de 1994 - se construirán 2000 kilómetros de autopistas adicionales, con un costo aproximado de 30 billones de pesos de los cuales el capital privado intervendrá directamente en dichas obras.

La modernización y construcción de carreteras se logrará - en base a un sistema en el que participarán los gobiernos de los estados, la iniciativa privada y el gobierno federal. Durante el presente año se iniciará la construcción de 12 grandes obras y en lo que resta - del año se concesionarán 1700 kilómetros con un costo de 7.4 billones - de dólares.

Por lo tanto, ya que es necesario realizar un esfuerzo muy grande para dotar al País de una red de caminos; también es necesario que la sociedad participe en la conservación y expansión de la red ya que se ha previsto que en el año 2000, se necesitará ampliar 16 mil 300 kilómetros de carreteras troncales a cuatro carriles.

Debido a lo anterior las autopistas se deberán construir con las más altas especificaciones internacionales con objeto de permitir menores costos de conservación a largo plazo y aumentar su vida útil, todo esto con el propósito de obtener los recursos necesarios para aplicarlos en otros puntos del País.

BIBLIOGRAFIA

1. Alfonso Rico, Hermilo del Castillo, "La Ingeniería de Suelos en Las Vías Terrestres", Vol. 1 y 2, Editorial Limusa (1982), México
2. J. Luis Navarro M, VII Reunión Nacional de Ingeniería en Vías - Terrestres, "Proyecto Geométrico de Carreteras 1986", S.C.T. Querétaro, México.
3. S.R. Herrera Castañeda, II Reunión Nacional de Mecánica de Rocas "Aplicaciones de la Mecánica de Rocas en las Obras de Ingeniería en México", SMR, CFE, (1987), México.
4. M. Zárate Aquino, IX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, "La Ingeniería de Suelos en las Obras Viales", SMMS, (1978), Mérida-Yuc. - México.
5. Mariano Ruíz Vázquez, Jorge Zavala M, "Manual de Diseño de Obras Civiles, Sección B, Geotécnica, tomos B.1.1, B.1.2, B.1.3, B.1.5 y B.2.2., CFE, México.
6. Fernando Olivera B. "Estructuración de Vías Terrestres", Editorial CECSA, (1988), México.
7. SAHOP, "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras" (1984), - México.
8. UNAM "Estabilización de Suelos con Geotextiles" (1981), Gisela - Márquez Barraza
9. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos "Túneles Carreteros", - México (1984)
10. Reunión Técnica "Geofísica Aplicada a la Geotecnia", México (1985) Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos
11. SCT, "Normas para Construcción e Instalaciones" (1983)
12. SCT, "Normas de Calidad de los Materiales" (1986)
13. Santiago Corro, Roberto Magallanes, "Instructivo para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras", (1980), UNAM-SAHOP, México.