

872715

3
24



Universidad Don Vasco A.C.

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México
CLAVE N° 8727-15

Escuela de Ingeniería Civil

**PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE TERRACERIAS
PARA LA AUTOPISTA MORELIA-LAZARO CARDENAS
DEL SUBTRAMO URUAPAN - NVA. ITALIA
DEL KM 11+000 AL 18+000**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTAN:

Ignacio Quintero Vizcarra - Rigoberto Cervantes Zamora



Uruapan, Mich. Marzo 1999

27/24/18

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

"Dedicamos este trabajo a nuestros padres por el apoyo incondicional a nuestra formación humana y académica"

AGRADECIMIENTOS

- *Primeramente a Dios.*
- *A nuestras familias por el impulso para concluir nuestras metas.*
- *A nuestra institución por ser el "Alma Mater" de nuestra formación académica.*
- *A nuestros profesores y compañeros que formaron parte de nuestra vida en la Universidad.*
- *En especial al Ing. Anastiano Blanco Simiano, asesor de esta Tesis.*
- *Al Ing. Roberto Ramírez Cancino y a la compañía GUTSA Construcciones S. A., por las facilidades prestadas para el desarrollo de este trabajo.*

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL

INTRODUCCION

CAPITULO I.- MARCO GENERAL DEL ESTADO DE MICHOACAN

1.1 Orígenes. -----	5
1.2 Aspectos físicos. -----	6
1.2.1 Situación geográfica. -----	6
1.2.2 Extensión. -----	6
1.2.3 División política. -----	6
1.2.4 Orografía. -----	8
1.2.5 Geología. -----	9
1.2.6 Hidrografía. -----	9
1.2.7 Clima. -----	10
1.3 Aspectos sociales. -----	10
1.3.1 Población. -----	10
1.4 Aspectos económicos. -----	10
1.4.1 Agricultura. -----	10
1.4.2 Ganadería. -----	10
1.4.3 Industria. -----	11
1.4.4 Comercio. -----	11

CAPITULO II.- ANTECEDENTES Y DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

2.1 Tipo de la obra. -----	14
2.2 Descripción de la obra y características del proyecto. -----	16
2.2.1 Descripción de la obra. -----	16
2.2.2 Características del proyecto. -----	18

CAPITULO III.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

3.1 Definición. -----	31
3.2 Volúmenes de proyecto. -----	38
3.3 Selección de maquinaria y equipo. -----	40

CAPITULO IV.- PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE TERRACERIAS PARA LA AUTOPISTA MORELIA-LAZARO CARDENAS

4.1 Preliminares. -----	52
4.2 Desmonte. -----	54

4.3 Despalme en corte y en terraplén.	54
4.4 Excavación en corte y adicional abajo de la subrasante.	55
4.5 Préstamo en banco.	61
4.6 Compactación del terreno natural.	62
4.7 Compactación de la cama de los cortes.	62
4.8 Obras de drenaje.	63
4.8.1 Alcantarilla de tubo.	65
4.8.2 Alcantarilla de cajón.	67
4.8.3 Alcantarilla de bóveda.	67
4.8.4 Alcantarilla de losa.	68
4.9 Formación de terraplén.	69
4.10 Formación de subyacente.	72
4.11 Formación de subrasante.	74
4.12 Cálculo de volúmenes de obra.	75
4.13 Supervisión, control y verificación.	79
4.14 Soluciones constructivas interesantes durante los trabajos de terracerías.	80

CAPITULO V.- CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS

5.1 Pruebas de rutina.	85
5.1.1 Granulometría.	85
5.1.2 Contenido de humedad.	86
5.1.3 Límite líquido y plástico.	87
5.1.4 Contracción lineal.	87
5.1.5 Absorción y densidad.	88
5.1.6 Peso específico suelto.	89
5.1.7 Valor relativo de soporte.	90
5.2 Pruebas para revisión de espesores.	91
5.2.1 Valor relativo de soporte modificado.	91
5.3 Control de compactación.	91
5.3.1 Peso específico máximo y humedad óptima.	91
5.3.2 Peso específico máximo y humedad a condiciones del lugar.	92
5.3.3 Porcentaje de compactación.	92
5.4 Evaluación de pruebas.	93
5.4.1 En terreno natural.	93
5.4.2 En cuerpo de terraplén.	93
5.4.3 En capa subyacente.	94
5.4.4 En capa subrasante.	94

CAPITULO VI.- MECANISMO DE SUPERVISION EXTERNA EN LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA

6.1 Generalidades.	102
6.2 Facultades, normas y lineamientos de la supervisión.	103
6.2.1 Autoridad de la supervisión.	104
6.2.2 Responsabilidades de la supervisión.	105
6.2.3 Servicios de la supervisión.	105
6.2.4 Responsabilidades particulares de la supervisión.	105
6.3 Actividades de la supervisión en la obra.	106
6.3.1 Previas al inicio de la obra.	106
6.3.2 Al inicio de la obra.	108
6.3.3 Durante la obra.	108
6.3.4 Previas al término de la obra.	109
6.3.5 Al término de la obra.	110
6.4 Desarrollo de los trabajos de la supervisión.	110
 CONCLUSIONES	 113
 GLOSARIO Y DEFINICION DE TERMINOS	 116
 BIBLIOGRAFIA	 121

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El desarrollo socioeconómico y cultural equilibrado del estado de Michoacán requiere de una red de carreteras que permita a sus diferentes ciudades y poblados salir al mercado con su producción y su demanda.

El plan de Desarrollo Integral del estado de Michoacán 1996-2002 se propone mejorar y ampliar la infraestructura para el desarrollo productivo, recurriendo a llevar a cabo un programa de construcción y mejora de carreteras, con objeto de impulsar el progreso regional y municipal.

De acuerdo a este programa de trabajo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes está llevando a cabo la construcción de la autopista de cuota que unirá tres de las ciudades más importantes del estado: la capital Morelia, Uruapan y Lázaro Cárdenas.

Esta magna obra se realiza porque se está conciente de la importancia que tienen estos tres puntos del estado; Morelia, que siendo la capital se cuenta como la ciudad con mayor desarrollo comercial e industrial y por tanto se crea entorno de ella la necesidad de una comunicación eficiente y rápida; Uruapan, que a pesar de ser una de las ciudades más grandes del estado se ha quedado un poco resagado en materia comercial e industrial, por lo que con esto se pretende dar mayor impulso a su crecimiento productivo y la necesidad de la continuación hasta el puerto de Lázaro Cárdenas dados los beneficios que se tendrán en el ámbito de intercambio de comercio y turismo, así como para darle un mayor auge a esta ciudad portuaria que se había estancado en su crecimiento desde hacía aproximadamente veinte años.

Se tiene un avance del 100% en la longitud comprendida entre Morelia y Uruapan, mientras que el tramo que parte del poblado de Zirimícuaro y que llegará hasta la ciudad de Nueva Italia se encuentra en proceso de construcción, el resto de la longitud de la autopista se tiene solo como proyecto a realizar.

El tramo que será objeto de este estudio, está comprendido entre los km 11+000 al 18+000 del subtramo denominado Uruapan-Nueva Italia, cuya construcción corre a cargo de la empresa GUTSA CONSTRUCCIONES S.A. de C.V., cabe mencionar que la longitud que comprende el kilometraje antes mencionado es solo una fracción del tramo total a cargo de dicha empresa (km 1+000 al 21+000), el cual es representativo y el más crítico en su construcción, dadas las características del terreno en cuanto al tipo de suelo encontrado, las cuales se describirán posteriormente.

A través de los diferentes capítulos se expondrán en forma resumida los procedimientos constructivos, así como una descripción general del proyecto.

Se enfoca más a los trabajos de terracerías y a la selección de la maquinaria empleada para estos trabajos en base a sus rendimientos y a la cantidad de obra por ejecutar, además al control de calidad de los materiales empleados en la construcción de las terracerías. Adicional a esto, se hará una descripción del mecanismo de supervisión externa que se llevó a cabo durante el desarrollo de la construcción de la obra, así como un capítulo dedicado a las obras de drenaje que son de suma importancia y las conclusiones sobre el tema del presente trabajo de tesis.

CAPITULO I

MARCO GENERAL DEL ESTADO DE MICHOACAN

CAPITULO I

MARCO GENERAL DEL ESTADO DE MICHOACAN

Desde la época prehispánica, Michoacán ha sido un paso de comunicación importante; las tribus nahuas transitaban por aquí en su peregrinar a Tenochtitlán.

De esta manera, mejorar las vías de comunicación viene a proporcionar al estado de Michoacán una posición inmejorable dando a la actividad industrial, comercial, agrícola y turística una perspectiva hacia la modernidad del siglo XXI.

Antes de iniciar el tema que nos concierne, daremos en este capítulo un vistazo al sitio que acogerá a la autopista Morelia-Lázaro Cárdenas; esto con el fin de conocer las características principales del lugar e identificar la importancia de la obra.

1.1 ORIGENES

Hacia el año de 1160, un grupo indígena purépecha llegó a la región de Michoacán, zona habitada por familias otomfes, tequechas, pirindas y huetamas.

Los purépechas ("los visitantes", "los que visitan") se asentaron en lo que ahora es Zamora y se unieron a los pueblos originarios y formaron a su vez otros más, como los de Capacuaro y Pátzcuaro entre otros. Más tarde los purépechas fundaron su capital en Pátzcuaro, llamando a su reino Michihuacan o "Lugar donde abundan los peces".

Por el año de 1201, los purépechas, al mando de su Señor Zirazirancámara, fueron invadidos por grupos procedentes de Guanajuato y Querétaro, a los que se unieron y con los que fundaron un nuevo reino llamado Zacapu o "Lugar de redes".

Aproximadamente en el año de 1310, ante el acoso de una nueva invasión, ahora de los tecos, los purépechas se unieron en lucha a una tribu llamada Matlatzincas consiguiendo con ello poblar la región donde más tarde se fundaría la ciudad de Morelia.

Años más tarde con la llegada de los españoles, los frailes Franciscanos evangelizaron y enseñaron todas sus costumbres a la población indígena de este lugar y con ello desarrollar a pueblos existentes como Pátzcuaro, entre otros y fundar nuevos como Uruapan y Cuitzeo. (Campillo,1992:15-18).

1.2 ASPECTOS FISICOS

1.2.1 Situación geográfica.

Michoacán fue constituido estado libre y soberano el 3 de octubre de 1824, quedando su situación geográfica de la siguiente manera:

-Localización:

Michoacán está situado entre los paralelos 17° 50' y 20° 20' de latitud Norte y los meridianos 100° 03' y 103° 45' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Está comprendido en la región media Occidental de la República Mexicana, entre el lago de Chapala y el río Lerma, por el Norte y el río Balsas por el Sur.

-Límites:

Lo limitan al Norte los estados de Jalisco y Guanajuato; al Este los de Querétaro, México y Guerrero; al Sur Guerrero y el Océano Pacífico y al Oeste el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.

1.2.2 Extensión.

El estado de Michoacán cuenta con una superficie territorial de 59,864 km² (sin considerar superficies insulares), que representan el 3.04 % del territorio nacional. Ocupa la posición número 16 en la lista decreciente de las entidades mexicanas, por su extensión.

1.2.3 División Política.

El estado se encuentra dividido en 113 municipios, cuyas cabeceras municipales son 17 ciudades, 37 villas, una congregación y 57 pueblos.

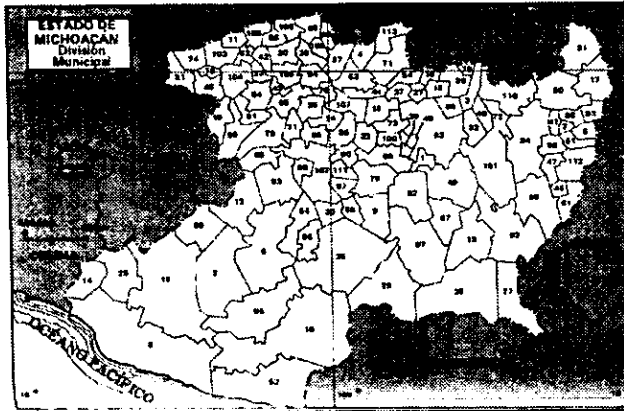


Fig. 1.1 División Municipal del estado de Michoacán.

ESTADO DE MICHOACAN
División Municipal

1 Acuzco	59 Nuevo Parangaricutiro
2 Aguila	59 Nuevo Urecho
3 Álvaro Obregón	63 Numanán
4 Angamacutiro	61 Ocampo
5 Angahuan	62 Patzcuaro
6 Apaxtlan	63 Parandacuaro
7 Apura	64 Páscuaro
8 Aquila	65 Paracho
9 Ario	66 Patzcuaro
10 Arriaga	67 Pátzcuaro
11 Braseros de Matamoros	68 Peribán
12 Buenavista	69 Perote La
13 Caracurro	70 Punguero
14 Coahuayana	71 Punguero
15 Coconahuacán	72 Queréndaro
16 Coeneo	73 Querétaro
17 Coeneo	74 Reyes
18 Copalimero de Galeana	75 Reyes del
19 Cozia	76 Sahuaró
20 Cutcio	77 San Lucas
21 Charapan	78 Santa Ana Maya
22 Charo	79 Santa Clara
23 Charinde	80 Saraguro
24 Charan	81 Salsipueda
25 Chichota	82 Tacámbaro
26 Chichuata	83 Tancitaro
27 Chucándaro	84 Tanguahandaro
28 Chucuzco	85 Tanguahandaro
29 Chumiluco	86 Tarascanos
30 Ecuandureo	87 Taretan
31 Epitacio Huerta	88 Tarascanos
32 Erongaribari	89 Tacacalesde
33 General Zamora	90 Tinguahandaro
34 Hecalg	91 Tinguhandaro
35 Huacoma La	92 Tiquahandaro
36 Huandacarán	93 Tiquahandaro
37 Huandacarán	94 Tiquahandaro
38 Huasimote	95 Tiquahandaro
39 Huasimote	96 Tumbucaro de Ruiz
40 Indaparapeo	97 Tumbucaro
41 Iruya	98 Tumbucaro
42 Iruya	99 Tumbucaro
43 Jacoma	100 Tumbucaro
44 Jiménez	101 Tumbucaro
45 Jucuman	102 Uruapan
46 Jucuman	103 Venustiano Carranza
47 Jungapeo	104 Vicamar
48 Lagunillas	105 Viescarrizosa
49 Madero	106 Viescarrizosa
50 Madero	107 Zacaco
51 Marcos Castellanos	108 Zamora
52 Lázaro Cárdenas	109 Zináparo
53 Morelia	110 Zináparo
54 Morelia	111 Zináparo
55 Mucica	112 Zináparo
56 Nahustzen	113 José Soto Verdugo
57 Nocupetiro	

Tabla 1.1 Referencias de la figura 1.1

1.2.4 Orografía.

La Sierra Madre Occidental recorre el estado de Oeste a Este con diversos nombres. La parte comprendida entre el río Tepalcatepec y la costa del Pacífico está ocupada por la Sierra Madre del Sur con en el nombre de Sierra de Coalcomán, que al terminar enlaza con las Sierras de Jalisco y Colima. La parte Norte del estado ocupa el Oeste de la mesa de Anáhuac. La parte Sur baja por el declive de la cordilera Neovolcánica o sistema Tarasco-Náhuatl que atraviesa el territorio de Michoacán con diversas denominaciones regionales: Sierras de Zitácuaro, de Angangueo, de Tlalpujahuá, de Ozumatlán, Curapaseo, Nahuatzen, Paracho, Parangaricutiro, Charapan, Tancítaro y Patambán. Entre los límites del Sistema Montañoso del Centro y los límites con los estados de Jalisco, Guanajuato y Guerrero, se extienden las extensas llanuras de Zamora, El cuatro, Cuarcacurío, San Bartolo y el Valle de Maravatío. Las alturas principales son: el Pico de Tancítaro (3,842 mts) y los cerros de San Andrés, Patambán, Quinceo y Zirate.

Muy notable, sino por su altura sí por haber nacido en este siglo (1943) es el volcán Parícutín.

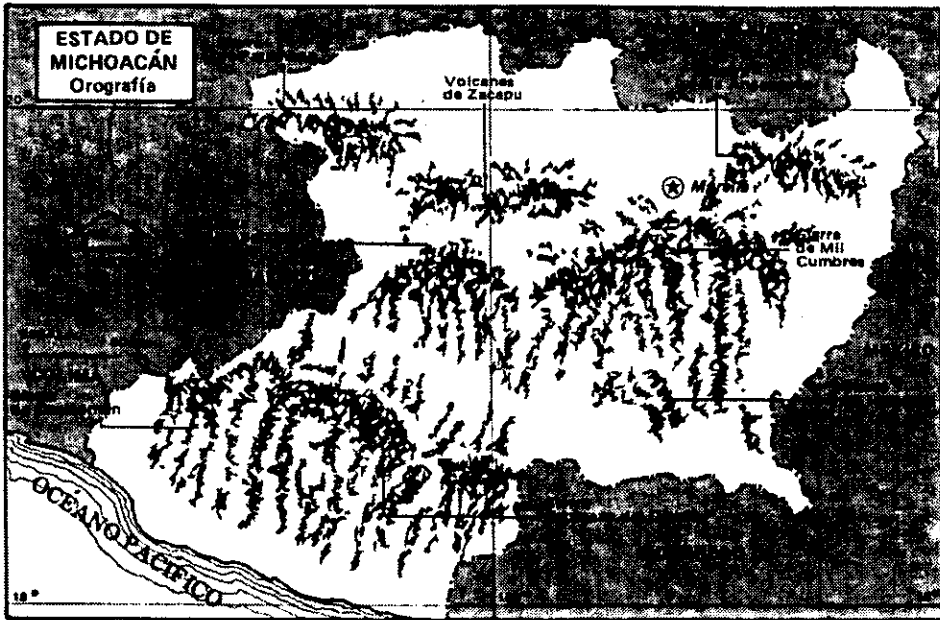


Fig. 1.2 Orografía del estado de Michoacán.

1.2.5 Geología.

La mayor parte del suelo de la entidad está constituido por rocas ígneas estrusivas de distintas edades. Dominan las de la era terciaria, pero hay formaciones cuaternarias en algunos valles, como en Zamora y en Tangancícuaro, en las ciénegas de Chapala, Zacapu y Villachuato y en algunas partes de Tarímbaro, Alvaro Obregón y Zitácuaro. Se encuentran rocas intrusivas del postcambriano en Huetamo y Turicato y en un amplia zona de la Tierra Caliente, rocas del cretácico inferior, con elevaciones de rocas ígneas estrusivas. Parte de la costa está constituida por playas cuyas arenas contienen numerosos residuos minerales de origen ígneo y metamórfico. Las rocas ígneas están representadas por dioritas y granodioritas y las estrusivas están representadas por andesitas, riolitas y basaltos. Los basaltos recientes son los más abundantes. Los sedimentos predominantes son por lo común calizas cretácicas con escasas pizarras.

1.2.6 Hidrografía.

Está formada por tres vertientes: La del Norte que confluye al río Lerma; la vertiente del Centro que comprende los ríos Tepalcatepec y la vertiente del Sur o del Pacífico formada por los ríos Alpica, Nexpa, Cochán, Coyra, Aquila y Coahuayana. Hay hermosas cascadas como las de Enadio y la Tzararácua, esta última formada por el río Cupatitzio. Le corresponde a Michoacán parte del lago de Chapala (el mayor de la República). Muy notables son los lagos de Pátzcuaro y de Cuitzeo. Hay, además, manantiales de aguas termales en diversas partes del estado.

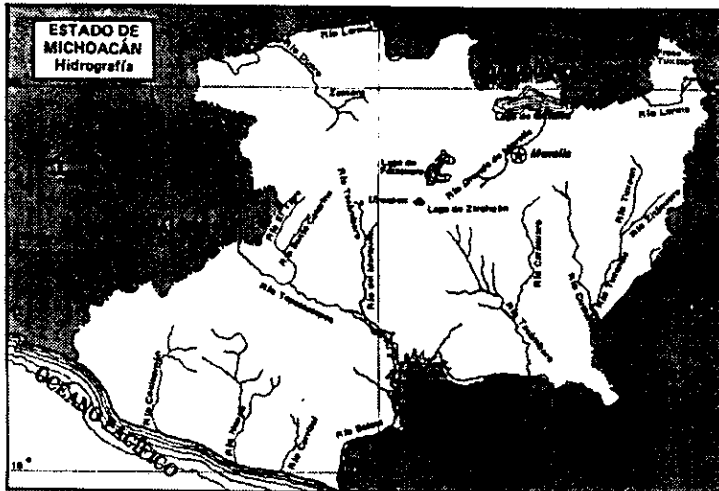


Fig. 1.3 Hidrografía del estado de Michoacán.

1.2.7 Clima.

En general muy agradable en todo el estado, teniendo como promedio una temperatura de 20° C, aunque es bastante frío en las sierras y cálido y húmedo en las regiones bajas del Sur. (Campillo,1992:3-6).

1.3 ASPECTOS SOCIALES

1.3.1 Población.

Se calcula en el estado de Michoacán una población de 3'548,199 habitantes de los cuales 802,755 hab. son considerados como población económicamente activa y que representa un 30% aproximadamente. (Ritter,1995:14,189).

1.4 ASPECTOS ECONOMICOS

1.4.1 Agricultura.

La fértil tierra del estado de Michoacán produce bienes en abundancia, destacando en la producción agrícola, el aguacate, ajonjolí, fresa, arroz, mango, algodón, sorgo, trigo y caña de azúcar como principales productos. El estado produce además, ajo, alfalfa, chile, frijol, papa, tabaco y tomate.

1.4.2 Ganadería.

El estado de Michoacán, no es un estado ganadero de importancia. Los mayores hatos se encuentran en los municipios de Arteaga, Villa Victoria, Jiquilpan, Sahuayo, Pajacuarán, Vistahermosa, Tanhuato, Indaparapeo y Morelia. Existen en la entidad 2.5 millones de cabezas de ganado bovino; 2 millones de porcino; 300 mil de ovino y 450 mil de caprino. Se producen alrededor de 500 millones de litros de leche de vaca de los cuales 200 mil son industrializados; 30 millones de litros de leche de cabra y 200 tons. de lana. Hay en el estado 6 millones de aves ponedoras y 16 millones de pollos en engorda. Se registraron un millón de colmenas con una producción de 1,800 tons. de miel de abeja y 75 de cera.

1.4.3 Industria.

Aunque no es precisamente uno de los grandes emporios industriales, Michoacán posee una industria bastante avanzada, para cuya atención cuenta con 86 plantas de energía eléctrica. Cuenta el estado con importantes ingenios azucareros, fábricas de hilados y tejidos de algodón y lana; molinos de harinas diversas; fábricas de aceites vegetales. Son muy importantes las industrias forestales que disponen de grandes acerraderos y, sobre todo un turismo activo tanto nacional como extranjero, atraído por las bellezas naturales de la región, así como por el incentivo de sus artesanías.

1.4.4 Comercio.

Las principales poblaciones del estado, son generalmente centros comerciales de intercambio de productos, donde los productores acuden a comprar, vender y cambiar. Los principales productos que se comercian en el estado son el azúcar, la carne de res, la carne de cerdo, la carne de cabra y de oveja. Se exportan e importan productos y toda la entidad es gran consumidora de productos de los demás estados del país. (Campillo,1992:8-11).

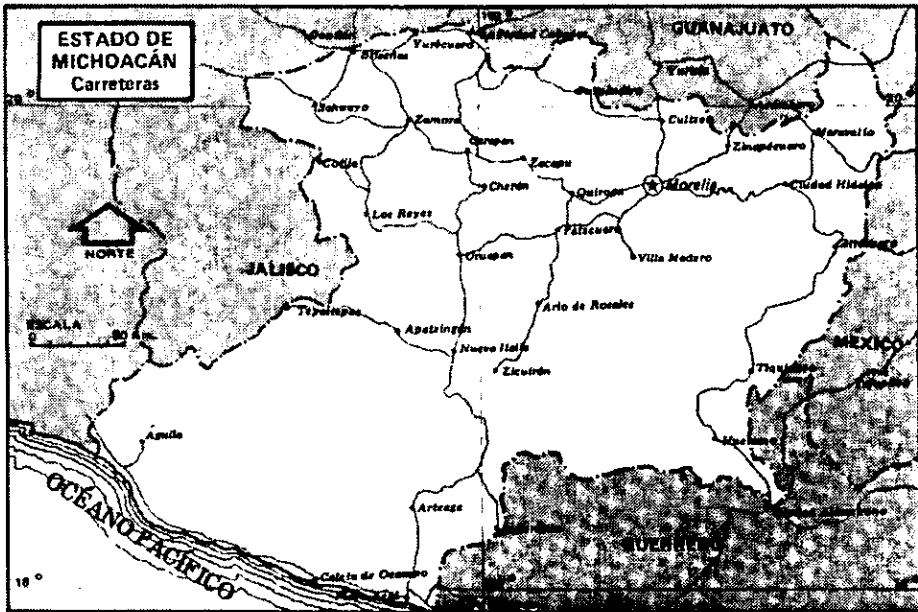


Fig. 1.4 Carreteras principales en el estado de Michoacán hasta 1992.

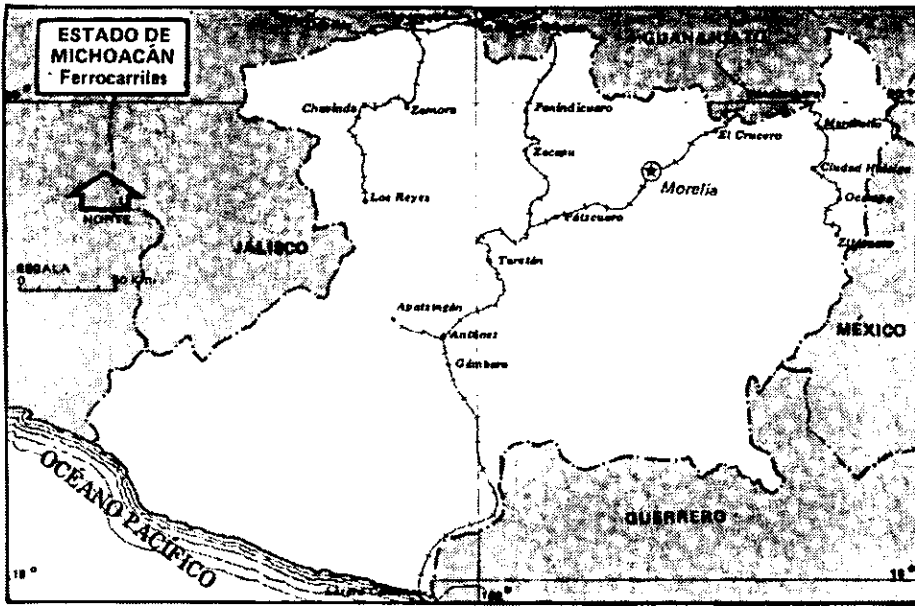


Fig. 1.5 Ferrocarriles en el estado de Michoacán hasta 1992.

Con los aspectos revisados en este capítulo, se puede obtener una idea general de la necesidad de vías de comunicación en el desarrollo del estado, ya que se han descrito los puntos más relevantes que definen el crecimiento en el nivel de vida de la población michoacana, tales como las actividades económicas; además con la descripción de los aspectos físicos, nos creamos una imagen del entorno que rodeará la autopista Morelia-Lázaro Cárdenas.

CAPITULO II

ANTECEDENTES Y DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

CAPITULO II

ANTECEDENTES Y DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

En el presente capítulo se describirá un marco general del proyecto para conocer a grandes rasgos desde la manera en que se obtuvo el contrato de obra así como la constitución y características generales de la misma.

Se pretende con esto definir el ambiente en el que se desarrollará este trabajo de tesis.

2.1 TIPO DE LA OBRA

OBRA PUBLICA

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en cumplimiento con lo estipulado con los artículos 28 y 29 de la Ley de Adquisiciones de Obras Públicas, convocó a todas las personas físicas y morales en posibilidades de realizar los trabajos, para participar en el concurso de obra siguiente:

Construcción de terracerías, obras de drenaje, pavimento de concreto asfáltico, entronques y obras complementarias de la autopista Morelia-Lázaro Cárdenas tramo Uruapan-Nueva Italia del km 1+000 al 61+000 con origen en el entronque Zirimicuaro en el estado de Michoacán.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes dividió para su adjudicación los 60.1 kilómetros totales de la obra como siguen:

- Del km 1+000 al 21+000
- Del km 21+000 al 44+000
- Del km 44+000 al 61+100

El primer tramo se le adjudicó a la empresa GUTSA Construcciones S.A. de C.V. dentro del cual está comprendido este trabajo; así mismo los dos siguientes tramos se otorgaron a las empresas Caminos, Acarreos y Pavimentos S.A. de C.V. (CAPSA) y Cinco Ingenieros Constructores S.A. de C.V. respectivamente.

Los requisitos en cuanto a documentación que se debieron cumplir para participar en la licitación de esta obra consistieron en:

- 1- Solicitud por escrito indicando el interés de participar en la presente licitación.
- 2- Documentación que compruebe el capital contable mínimo requerido (deberá acreditarse con el estado financiero actualizado, auditado y dictaminado por contador público titulado externo y con los documentos completos de su última declaración fiscal).
- 3- Testimonio del acta constitutiva y modificaciones, en su caso, cuando se trate de persona moral o copia certificada del acta de nacimiento, si se trata de persona física.
- 4- Registro actualizado en la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.
- 5- Documentación que acredite su capacidad técnica en trabajos similares a los que son motivo de la convocatoria y de que se dispone por lo menos del equipo mínimo indispensable para la ejecución de las obras que sean de su propiedad (incluyendo facturas), de los que se consideran más importantes las plantas de concreto asfáltico y los equipos de trituración.
- 6- Declaración escrita y bajo protesta de decir verdad, de no encontrarse en los supuestos del artículo 41 de la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas.

La empresa GUTSA Construcciones S.A. de C.V. al haber cumplido con los requisitos de licitación, recibió de la SCT su constancia de aceptación así como la documentación que se describe a continuación:

- Bases de licitación.
- Especificaciones particulares.
- Descripción de los trabajos.

Así mismo la empresa constructora de acuerdo a las bases de licitación entregó para someter a concurso el paquete con el contenido siguiente:

- Propuesta técnica.
- Propuesta económica.
- Garantía de la propuesta.
- Relación de conceptos de trabajo y cantidades de obra.
- Relación de precios unitarios.
- Costos indirectos.
- Programas de obra.
- Costos horarios de maquinaria y equipo.

De esta manera al cumplir con los requisitos estipulados por la SCT y después de la revisión detallada de las propuestas se determinó otorgar a GUTSA el tramo antes mencionado.

2.2 DESCRIPCION DE LA OBRA Y CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

2.2.1 Descripción de la obra

El programa de comunicaciones para el estado de Michoacán por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), pretende unir a la capital de este estado, la ciudad de Morelia, con el puerto de Lázaro Cárdenas. El proyecto encargado de esta tarea se ha estado realizando por etapas, de las cuales una de ellas es la correspondiente al tramo Uruapan-Nueva Italia. Una de las compañías constructoras involucradas en esta gran obra es la empresa GUTSA CONSTRUCCIONES S.A de C.V. que tiene un tramo asignado con una longitud total de 20 kilómetros y cuyo origen en el kilómetro 1+000 se sitúa en el entronque Zirímfcuaro y termina en el kilómetro 21+000.

Del tramo correspondiente a la compañía GUTSA se han seleccionado un total de 7 kilómetros que proporcionan una muestra representativa de los trabajos y procedimientos constructivos del total de la obra. El inicio físico de este estudio iniciará en el kilómetro 11+000 y concluirá en el 18+000. En este intervalo seleccionado, se pretenderá dar a conocer a grandes rasgos una descripción del proyecto.

Se trata de una autopista de dos carriles, uno para cada sentido con la diferencia de que el ancho de los acotamientos es mayor al normal, con un ancho total de 2.50 mts que sumados al ancho de calzada que es de 3.50 mts para cada carril nos da un total de ancho de corona de 12.00 mts. Debido a que ésta es una autopista de cuota se tiene planeada la posibilidad de construir dos casetas a lo largo de los 20 kilómetros asignados a GUTSA pero estas obras se concursan aparte, así que tanto su construcción y localización no se tienen identificadas aún.

En cuanto a estructuras complementarias, se tienen consideradas un Paso Superior de Ferrocarril denominado "F.C.E. San Joaquín" localizado en el kilómetro 15+440; así como diversas obras de drenaje las cuales se presenta una relación a continuación:

km 11+203 Sifón de tubo de 0.90 mts de diámetro.
km 11+342 Losa de alcantarilla de 1.00x1.00 mts.
km 11+483 Tubo de 1.50 mts de diámetro.
km 11+748 Tubo de 1.05 mts de diámetro.
km 11+986 Tubo de 1.05 mts de diámetro.
km 12+724 Tubo de 0.90 mts de diámetro.

- km 13+032.5 Tubo de 1.50 mts de diámetro.
- km 13+566 Losa de alcantarilla de 1.50x1.00 mts.
- km 13+760 Tubo de 1.20 mts de diámetro.
- km 13+760 Losa de alcantarilla de 5.00x3.50 mts.
- km 13+969 Sifón de tubo de 0.90 mts de diámetro.
- km 14+134 Sifón de tubo de 0.90 mts de diámetro.
- km 14+396 Alcantarilla de doble tubo de 1.50mts de diámetro.
- km 14+766 Losa de alcantarilla de 3.00x1.50 mts.
- km 15+176 Sifón de tubo de 0.90 mts de diámetro.
- km 15+964 Losa de alcantarilla de 6.00x4.50 mts.
- km 16+670 Tubo de 0.90 mts de diámetro.
- km 17+140 Tubo de 1.20 mts de diámetro.
- km 17+340 Tubo de 0.90 mts de diámetro.
- km 17+550 Tubo de 0.90 mts de diámetro.
- km 17+550 Losa de alcantarilla de 5.00x3.50 mts.

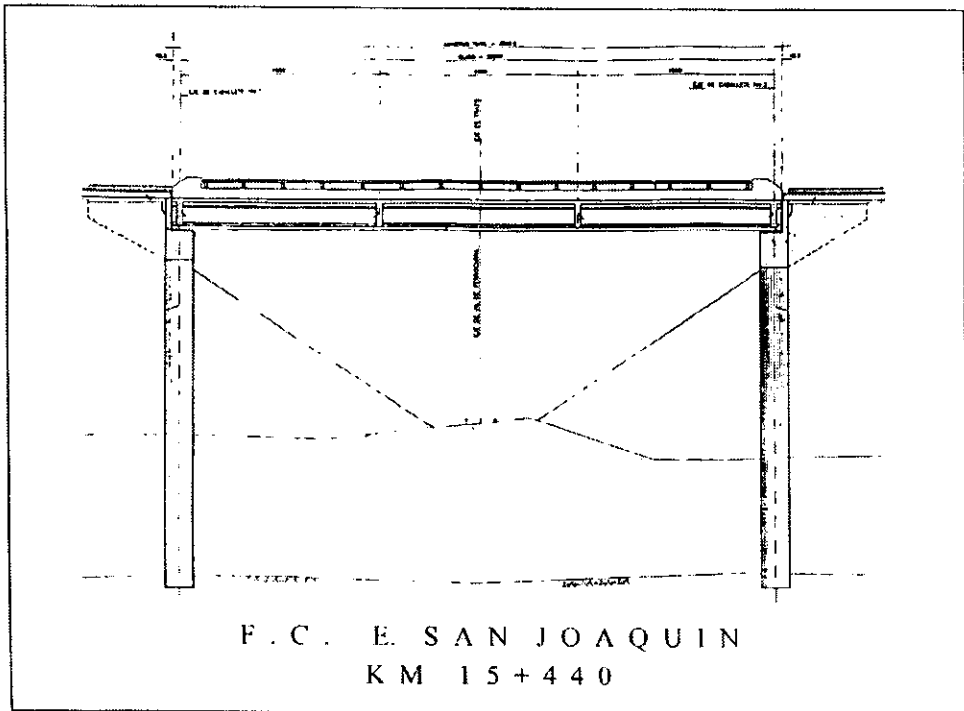


Fig. 2.1 Plano en alzado del F.C.E. San Joaquín.

2.2.2 Características del proyecto

-Tránsito:

Al proyectar una carretera, la selección del tipo de camino, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente de la demanda, es decir, el volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y su composición.

Un error en la determinación de estos datos ocasionará que la carretera funcione durante el periodo de previsión, bien con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los que se proyectó o que se presenten problemas de congestión.

El volumen de tránsito se define como el número de vehículos que pasa por un punto a lo largo de una carretera o de un carril durante una unidad de tiempo determinado. La cantidad de flujo de tránsito, el volumen, se mide normalmente en unidades de vehículos por día, vehículos por hora, vehículos por minuto, etc.

Dos medidas de volumen de tránsito tienen un significado especial para el ingeniero de carreteras: el tránsito promedio diario anual (TPDA) y el volumen horario máximo (VHM). El tránsito promedio diario anual es el número de vehículos que pasan por un punto particular en una carretera durante un periodo de 24 horas consecutivas durante un año.

La medida del tránsito promedio diario anual proporciona al ingeniero vial, al planificador y al administrador, la información necesaria para determinar las normas de diseño, clasificar sistemáticamente las carreteras y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. El TPDA considerado en este proyecto es de 2,400 vehículos misma cifra que se especifica en los planos de las plantas de proyecto.

-Clasificación:

Para determinar el tipo de carretera en cuestión, se recurre esencialmente a dos clasificaciones representativas las cuales se denominan "clasificación administrativa" que como su nombre lo dice se refiere a la manera en que está administrado el costo del proyecto; y la "clasificación técnica oficial" que dependerá del tránsito promedio anual (TPDA) antes descrito.

La clasificación administrativa se representa con un número, el cual tendrá su significado de la manera siguiente:

- 1- Federales: Cuando son costeadas íntegramente por la Federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.
- 2- Estatales: Son construidas por el sistema de cooperación, aportando un porcentaje el Estado donde se construye y el otro la Federación, estos caminos quedan a cargo de la junta local de caminos (Estado).
- 3- Vecinales: Son construidas por los vecinos beneficiados, la Federación y el Estado, su construcción y conservación es por medio de la junta local de caminos.
- 4- De cuota: Las cuales quedan a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales de ingresos, siendo la inversión recuperada por medio de cuotas de paso.
- 5- Concesionadas: Construidas por particulares y a su cargo por un número de años para recuperar la inversión.

Son cuatro tipos en que la clasificación técnica oficial divide las carreteras:

Tipo especial: Para tránsito promedio diario anual superior a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o más.

Tipo A: Para un tránsito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos. Equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos, o sea el 12% del tránsito promedio diario.

Tipo B: Para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos. Equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.

Tipo C: Para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos. Equivalente a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos, o sea el 12% del tránsito promedio diario.

El proyecto que se está tratando en este trabajo es una carretera tipo A-4 de manera que significa que es una carretera de cuota con un TPDA de entre 1,500 a 3,000 vehículos.

-Curvatura máxima:

Se conoce como curvatura máxima al grado máximo de curvatura que puede tener una curva que permita a un vehículo recorrerla con seguridad con la sobreelevación máxima y la velocidad de proyecto.

Para el caso de este proyecto en los kilómetros estudiados se tendrá un grado de curvatura máxima de 2° 00' en los primeros cuatro kilómetros y de 2° 30' en los tres restantes.

-Ancho de corona:

La corona es la superficie del camino terminado que queda comprendido entre los hombros del camino, o sean las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

a) Rasante: La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino.

b) Pendiente transversal: Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal en los que se presentan tres casos, bombeo, sobreelevación y transición del bombeo a la sobreelevación.

c) Calzada: La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

d) Acotamientos: Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. El ancho de los acotamientos dependen del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que el camino vaya a funcionar.

Reuniendo todos estos elementos nos dará como resultado el ancho de corona el cual en el tramo de estudio es de 12 metros.

- Espesor de pavimento:

Se entiende por pavimento, a la capa o capas de material seleccionado y/o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona, que tienen por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de terracerías subyacente a la subcorona, no le causen deformaciones perjudiciales; al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento adecuada al tránsito. Los pavimentos generalmente están formados por la sub-base, la base y la carpeta, definiendo esta última la calzada del camino.

En el tramo correspondiente a este trabajo se diseñó un espesor de pavimento de 0.40 metros, aunque en el capítulo correspondiente a los procesos constructivos no se tomará en cuenta para su estudio ya que solo se abarca hasta la construcción de terracerías.

- Velocidad de proyecto:

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables.

La selección de la velocidad de proyecto está influida principalmente por la configuración topográfica del terreno, el tipo del camino, los volúmenes de tránsito y el uso de la tierra. Una vez seleccionada, todas las características propias del camino, se deben condicionar a ella, para obtener un proyecto equilibrado.

De esta manera conociendo los datos anteriores y basándonos en la topografía de México, se tienen establecidos, como límites para la velocidad de proyecto, 30 km/h y 110 km/h. En el caso de este proyecto, se cuenta que la velocidad de proyecto está en el límite superior con 110 km/h.

- Ancho de calzada:

Como ya se hizo mención en lo correspondiente al ancho de corona, el ancho de calzada que es parte de éste, no es más que la parte destinada al tránsito de vehículos y puede estar constituida por uno o más carriles. El ancho de calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización en la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.

El ancho de calzada que se maneja en los kilómetros correspondientes a este tramo es de 7.00 metros.

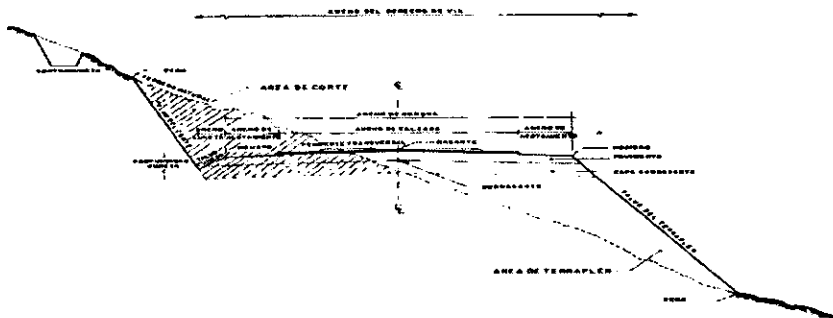


Fig. 2.2 Sección transversal típica.

- Pendiente gobernadora y pendiente máxima:

Se conoce como pendiente gobernadora a la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado en función de las características del tránsito y la configuración del terreno. Para el tramo en cuestión se eligió una pendiente gobernadora del 4%.

La pendiente máxima es la mayor que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen, la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno. Debido a esto último la pendiente máxima en cada kilómetro del tramo estudiado cambia y se especifica en las plantas de proyecto anexas a este capítulo.

Las pendientes máximas utilizadas en México recomendadas por AASHO para caminos principales son:

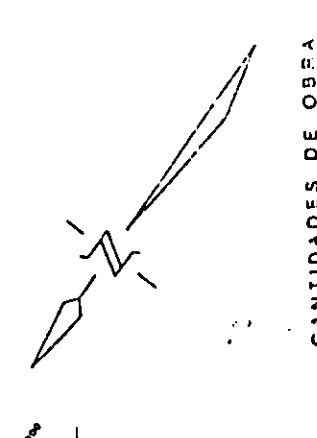
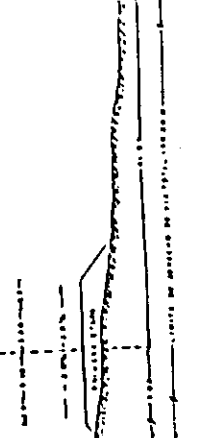
V proyecto km/hr	Pendiente máxima en %		
	Terreno plano	Terreno en lomerío	Terreno montañoso
50	6	7	8
60	5	6	8
70	4	5	7
80	4	5	7
90	3	4	6
100	3	4	5
110	3	4	5

Tabla 2.1 Pendientes máximas utilizadas en México (en %).

En base a los puntos descritos en este capítulo, se define el tipo de obra y su conformación en general, lo cual nos da una idea del proyecto que se tiene en mente realizar; más adelante observaremos los métodos de construcción para lograr una autopista con las características descritas. Se presentan a continuación las plantas de proyecto de los kilómetros en estudio (11+000 al 18+000).

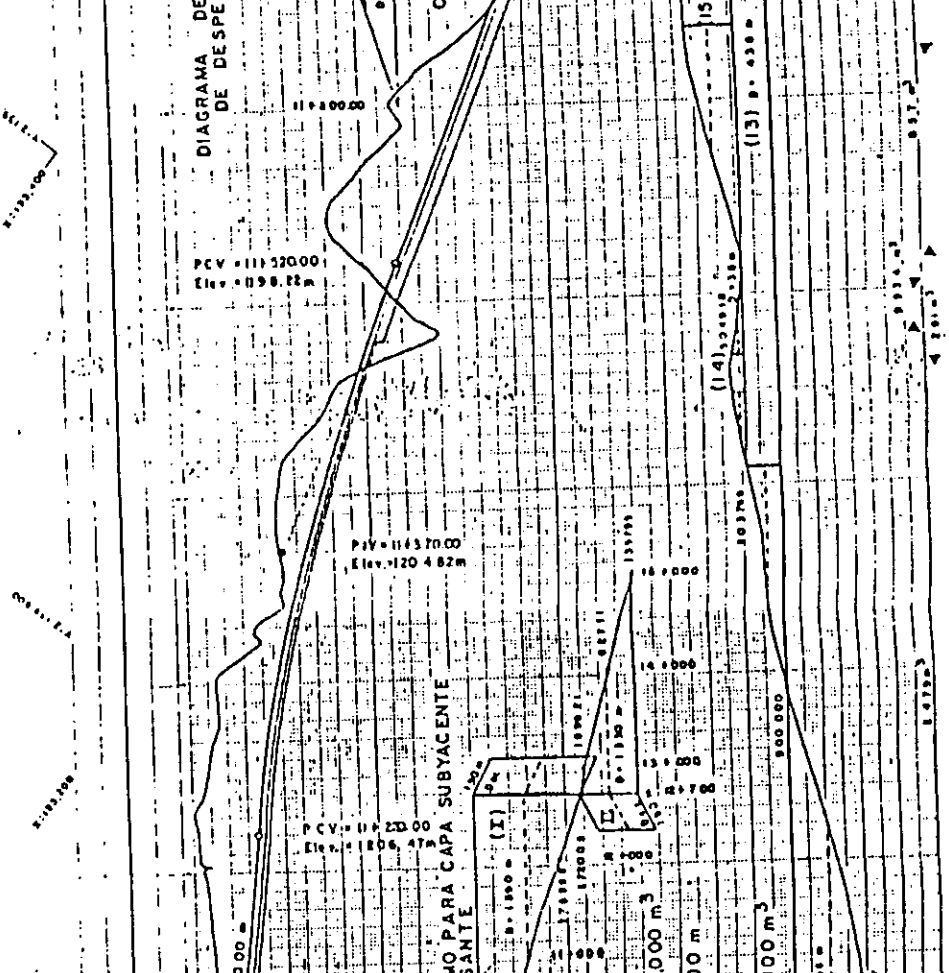
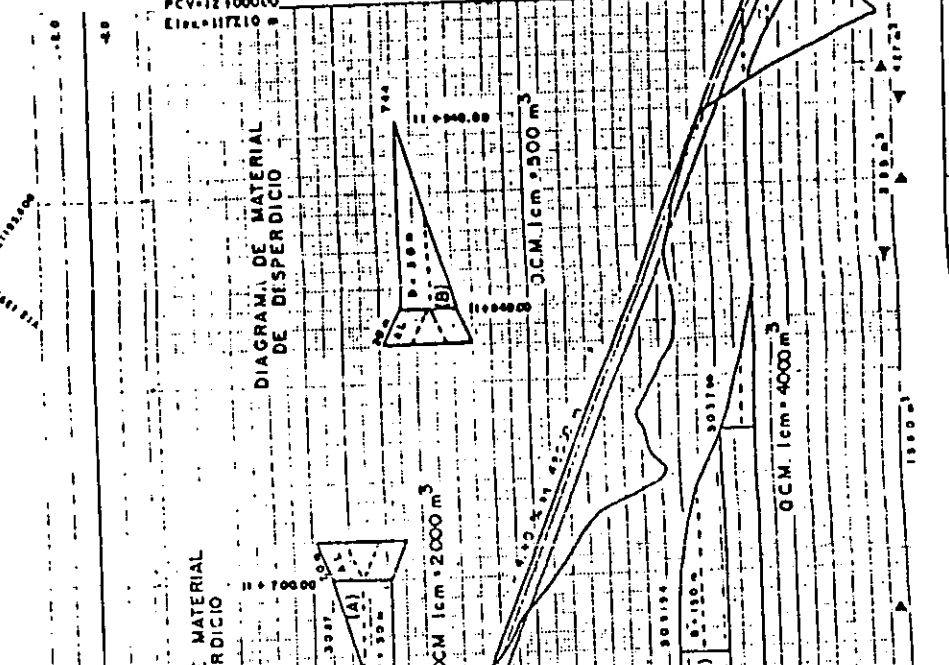
DATOS DE ...

...
...
...



CANTIDADES DE OBRA

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50



GEOMETRIA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

STATION	B.C.	C.C.	R.C.	LS	LS'	LS''	LS'''	LS''''	LS'''''	LS''''''	LS'''''''	LS''''''''
12
13
14
15
IC
A
B

RESUMEN DE OBRAS DE DRENALLE

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

APROBADO: ...

POLIGONAL DE REFERENCIA

REFERENCIAS DEL TRAZO

PROPIEDAD DEL SR. FRANCISCO MORENO

PROPIEDAD DE LA SRA. CONSUELO REYES

PROPIEDAD DEL SR. ANTONIO CEJA

EJIDO TARETAN

MUNICIPIO DE TARETAN, MICHOACÁN

NVA ITALIA

URUAPAN

NP 6 CAO
 12331-097
 12331-098
 12331-099

POLIGONAL DE REFERENCIA

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
1	12331.097	123.31	12331.097
2	12331.098	123.31	12331.098
3	12331.099	123.31	12331.099

REFERENCIAS DEL TRAZO

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
12	12331.097	123.31	12331.097
13	12331.098	123.31	12331.098
14	12331.099	123.31	12331.099

GEOMETRIA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

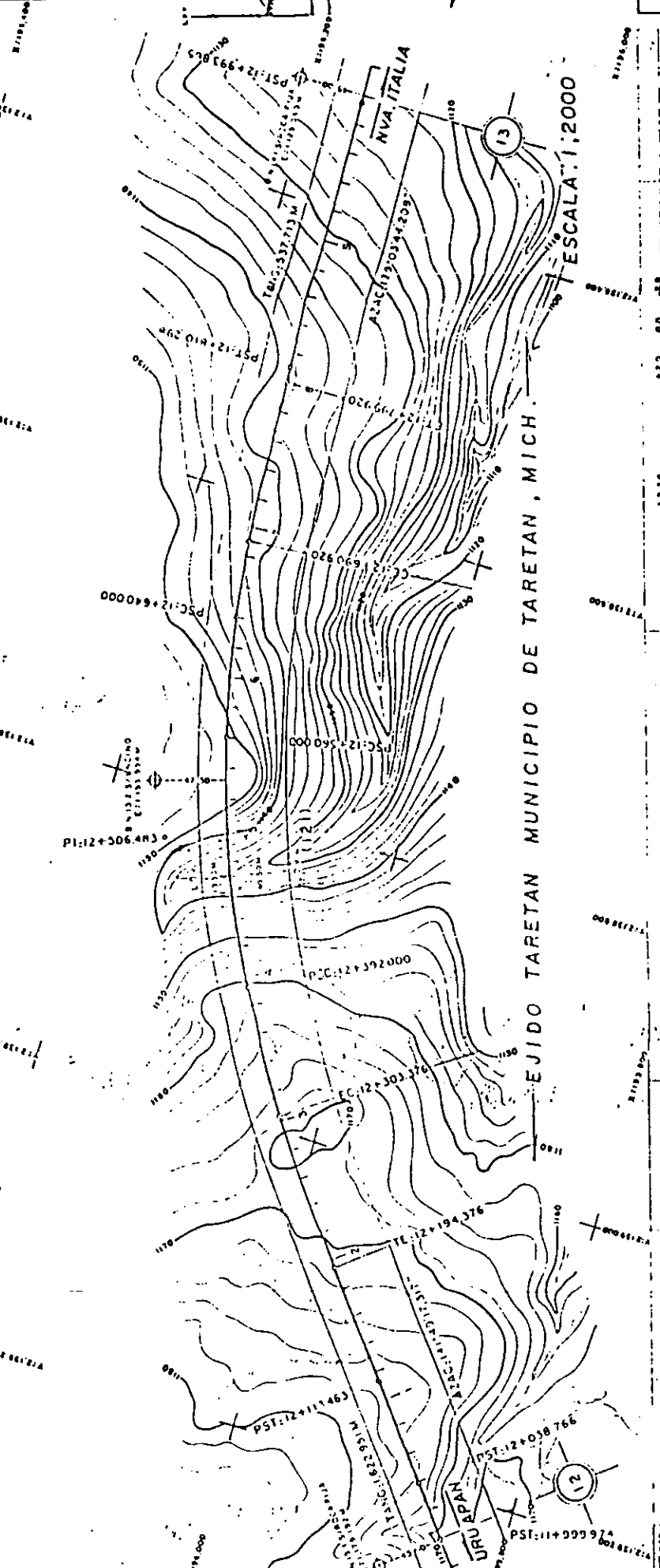
ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
12	12331.097	123.31	12331.097
13	12331.098	123.31	12331.098
14	12331.099	123.31	12331.099

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
15	12331.097	123.31	12331.097
16	12331.098	123.31	12331.098
17	12331.099	123.31	12331.099

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
18	12331.097	123.31	12331.097
19	12331.098	123.31	12331.098
20	12331.099	123.31	12331.099

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
21	12331.097	123.31	12331.097
22	12331.098	123.31	12331.098
23	12331.099	123.31	12331.099

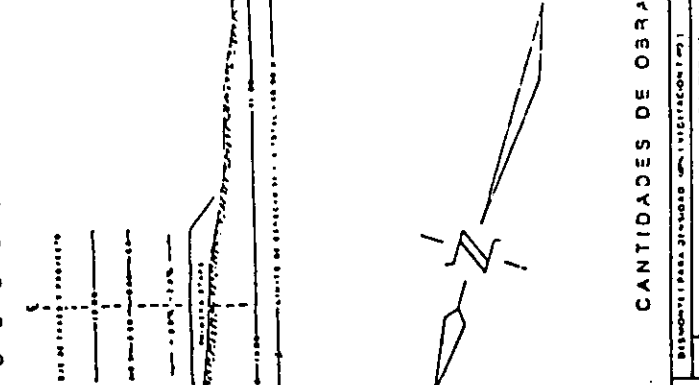
PLANTA FOTOGRAFICA



DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	DE CARRETERAS FEDEPERAL
ESTACION	12+300 A 12+400
ESCALA	1:2000

SECCION TI



CANTIDADES DE OBRA

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1
2

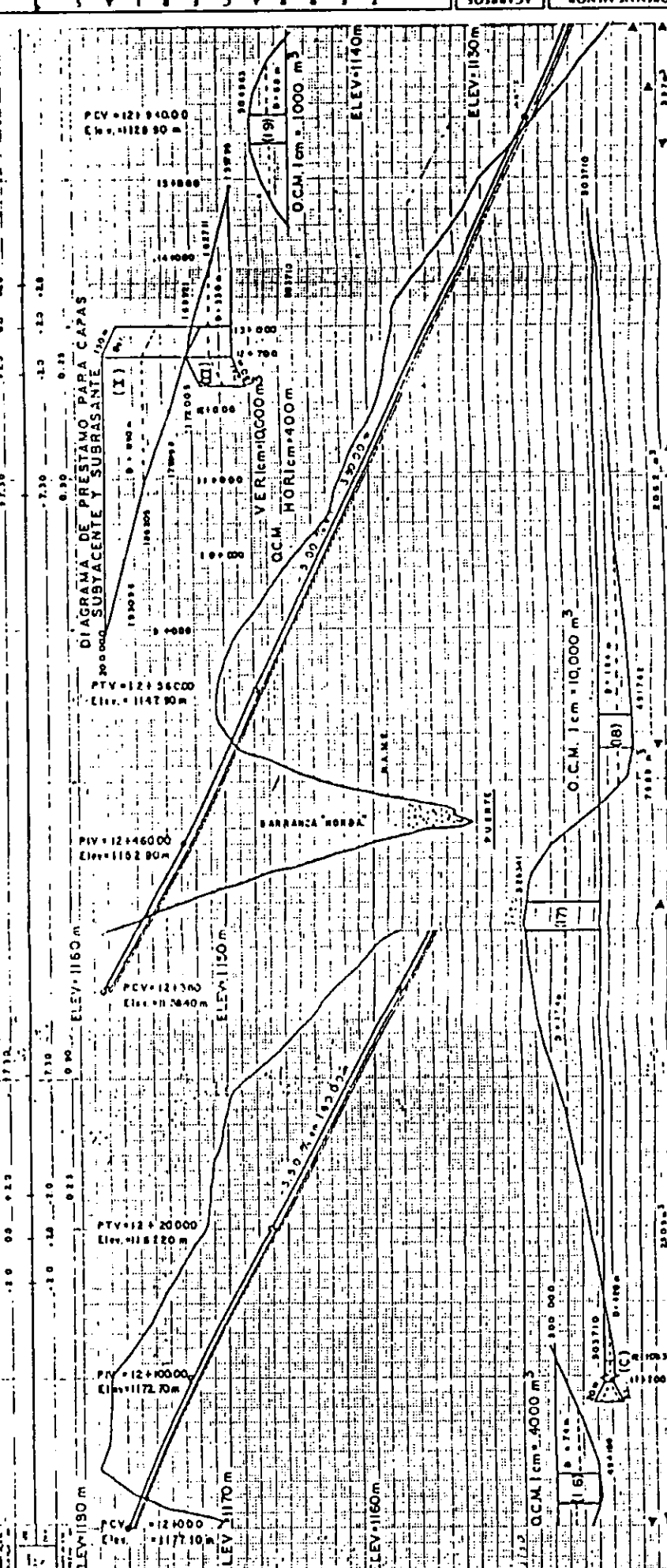


DIAGRAMA DE PRESIÑO PARA CAPAS SUBSUNTENTE Y SUBSANTANTE

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
12	12331.097	123.31	12331.097
13	12331.098	123.31	12331.098
14	12331.099	123.31	12331.099

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
15	12331.097	123.31	12331.097
16	12331.098	123.31	12331.098
17	12331.099	123.31	12331.099

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
18	12331.097	123.31	12331.097
19	12331.098	123.31	12331.098
20	12331.099	123.31	12331.099

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDEPERAL
 MORELIA - L. CAROENA
 PROYECTO DE TARRACIS
 URUPAN
 NUEVA ITALIA 12 A 13

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
21	12331.097	123.31	12331.097
22	12331.098	123.31	12331.098
23	12331.099	123.31	12331.099

ESTACION	ALTIMETRIA	ANGULO	COORDENADAS
24	12331.097	123.31	12331.097
25	12331.098	123.31	12331.098
26	12331.099	123.31	12331.099

REFERENCIAS DEL TRAZO

1	51178810	51178810
2	51178811	51178811
3	51178812	51178812
4	51178813	51178813
5	51178814	51178814
6	51178815	51178815
7	51178816	51178816
8	51178817	51178817
9	51178818	51178818
10	51178819	51178819

GEOMETRIA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

STACION	PC	PT	PV	PC	PT	PV	PC	PT	PV	PC	PT	PV	PC	PT	PV
13															
14															

STACION	PC	PT	PV	PC	PT	PV	PC	PT	PV	PC	PT	PV	PC	PT	PV
13															
14															

DIAGRAMA DE PRESTAMO PARA CAPA SUBYACENTE Y SUBSANTANTE

STACION	UNIDAD	VOLUMEN Y DISTANCIA (CANTIDAD)	UNIDAD	UNIDAD
20	M ³ KM	11029	M ³ KM	11029
21	M ³ KM	6258	M ³ KM	6258
22	M ³ KM	3340	M ³ KM	3340
23 A	M ³ KM	3350	M ³ KM	3350
23 B	M ³ KM	7941	M ³ KM	7941

PRESTAMO

ACARREOS	
BAJAS	
TERRAJERIAS	
OBRAS DE DRENATE	
ELEVACION DE SUBSANTANTE	

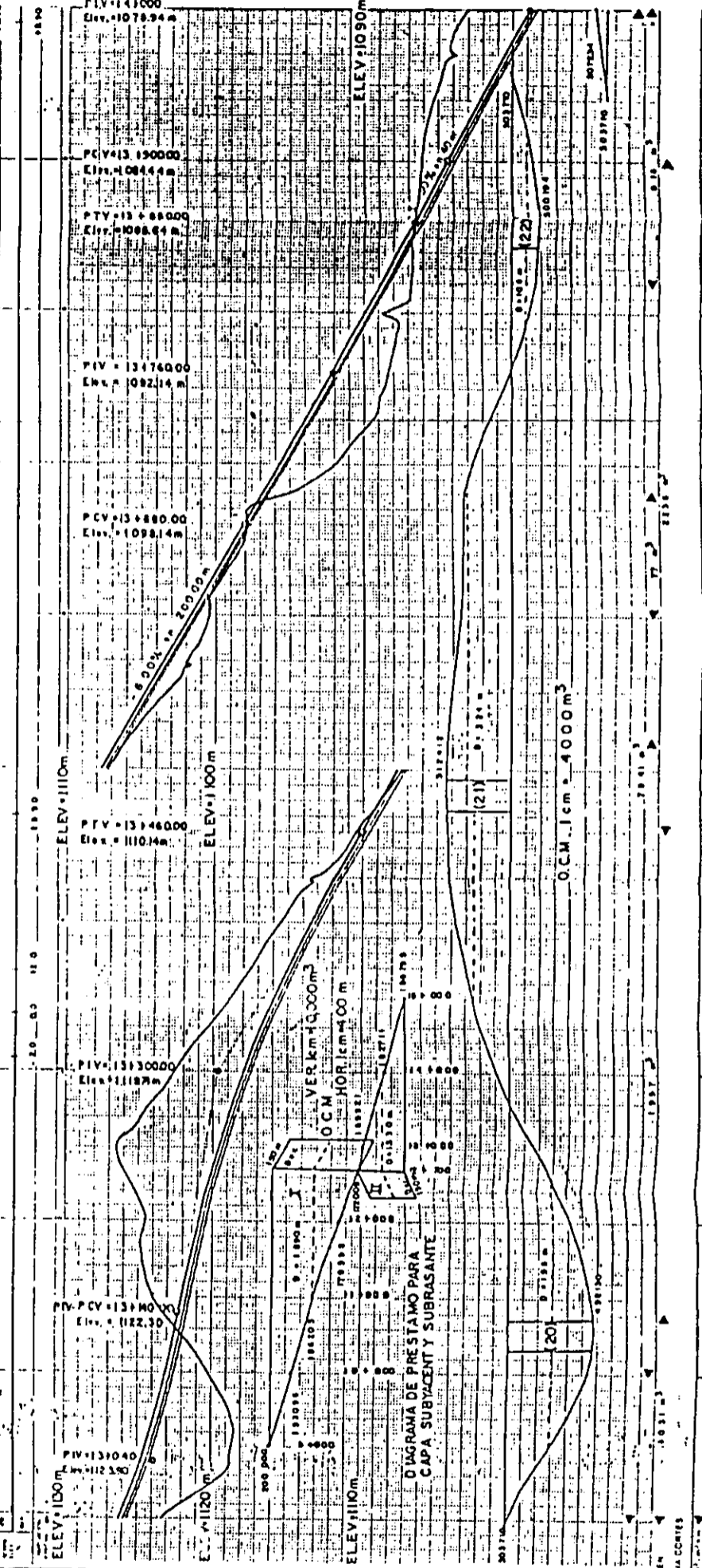
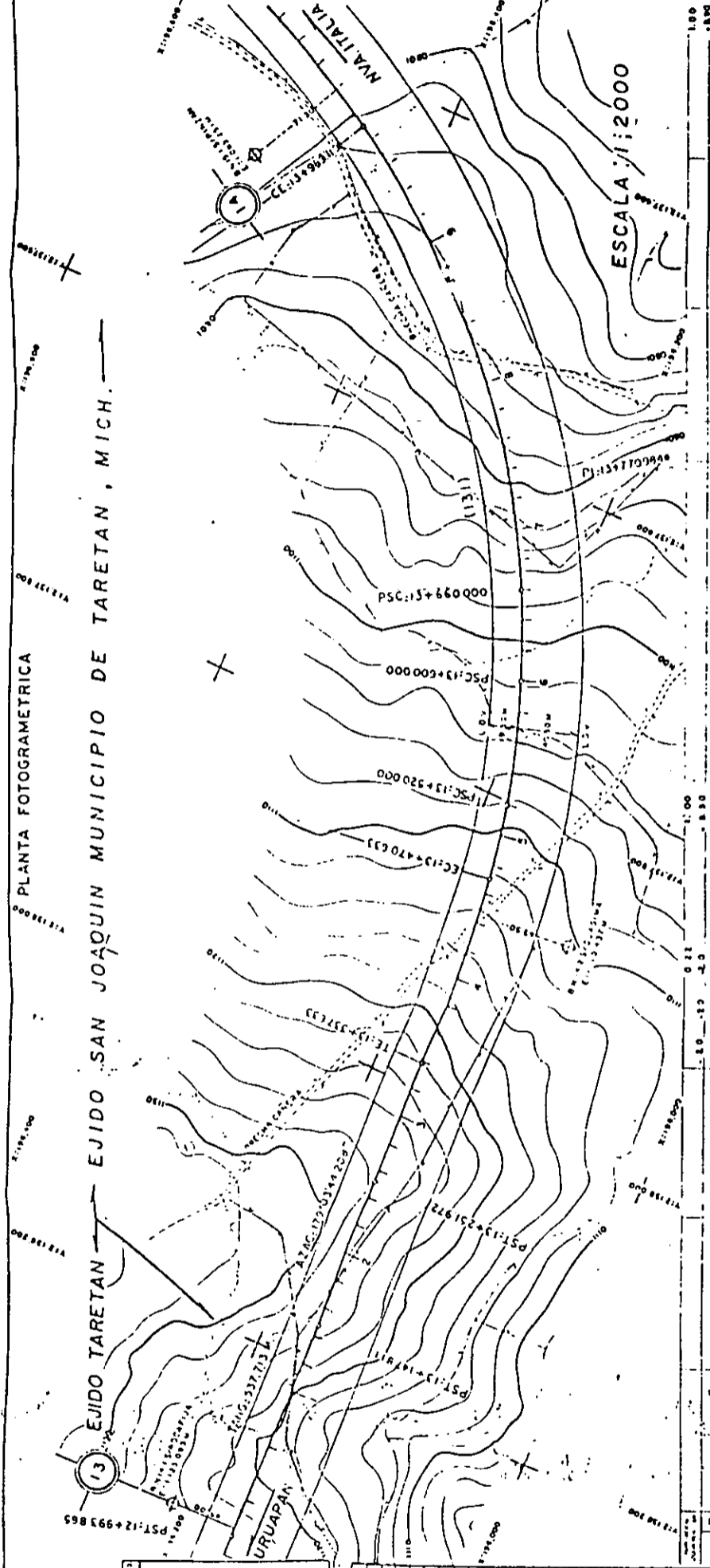
DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	DE CAPRERAS FEDERALES
MUNICIPIO	MORELIA - L. CARDENAS
PROYECTO DE TRAZO	PROYECTO DE TRAZO
URUAPAN	URUAPAN
NUEVA ITALIA	NUEVA ITALIA
AÑO	1953

SECCION TIPO

CANTIDADES DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
...
...
...



HP 6 CAD
POLIGONO DE REFERENCIA
REFERENCIAS DEL TRAZO

STACION	ALTIMETRIA	PROY. X	PROY. Y
10+00	102.00	81.93	102.00
10+10	102.00	81.93	102.00
10+20	102.00	81.93	102.00
10+30	102.00	81.93	102.00
10+40	102.00	81.93	102.00
10+50	102.00	81.93	102.00
10+60	102.00	81.93	102.00
10+70	102.00	81.93	102.00
10+80	102.00	81.93	102.00
10+90	102.00	81.93	102.00
11+00	102.00	81.93	102.00

GEOMETRIA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

STACION	PC	PT	PI	TA	TC	TE	TL	TR	TS	TS	TR	TL	TC	PT	PC
10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00

STACION	PC	PT	PI	TA	TC	TE	TL	TR	TS	TS	TR	TL	TC	PT	PC
10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00	10+00

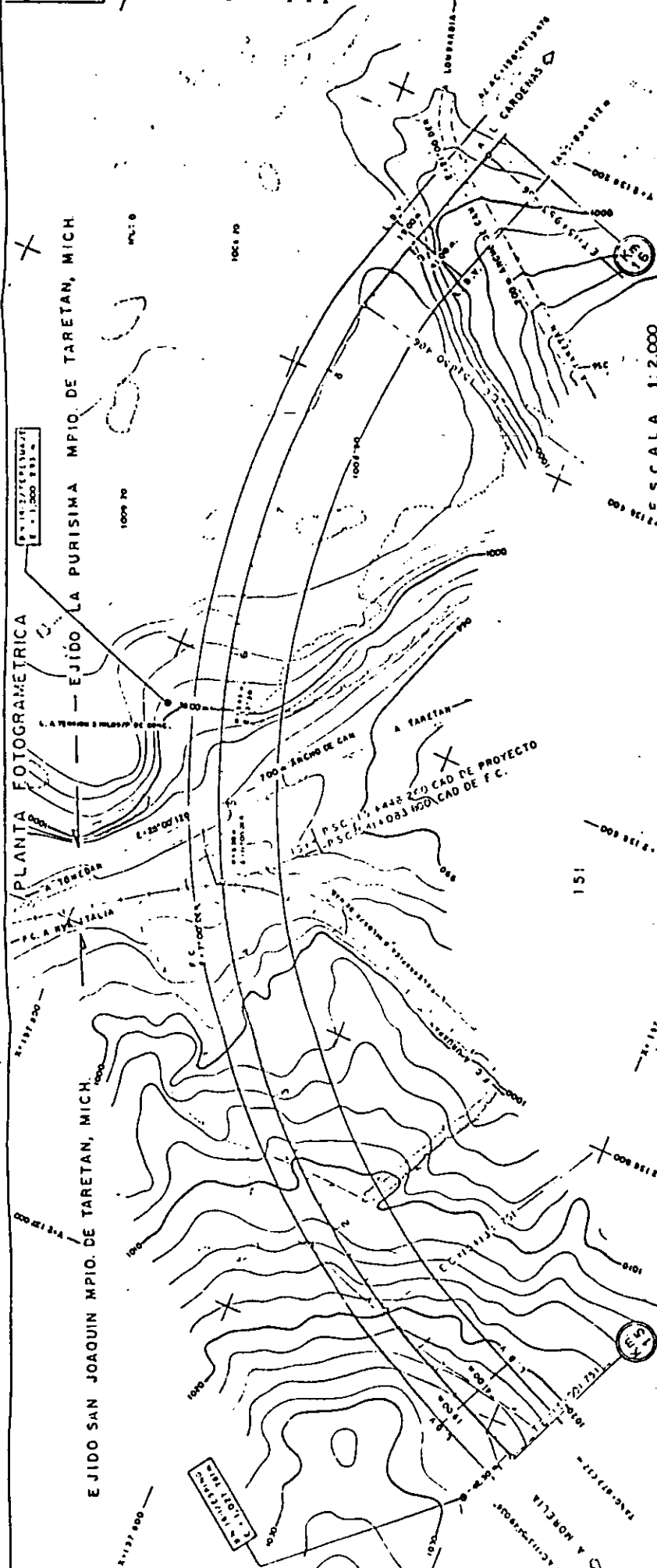
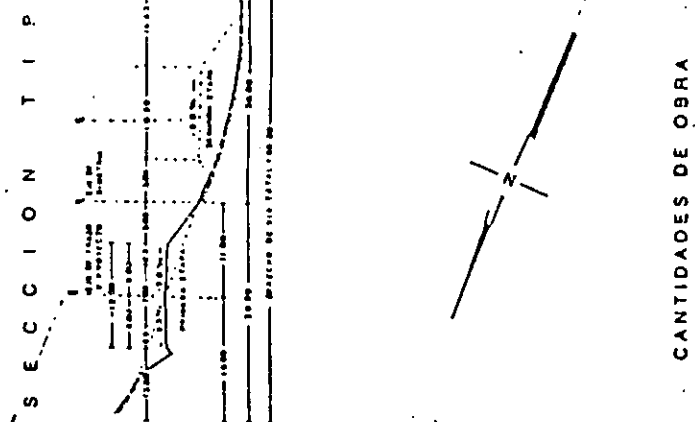
ITEM	VOLUMEN GEOMETRICO	DISTANCIA DE PASO	CANTIDAD		UNIDAD	VOLUMEN DISTANCIA
			UNIDAD	UNIDAD		
1	13203	240	1.0	13203	M ³ HM	3168720
2	4146	70	1.4	21308	M ³ HM	2983120
3	5002	130	3.5	14511	M ³ ES	1451100
4	54948	890	1.0	5002	M ³ HM	4898100
5	7049	780	0.3	1099	M ³ HM	839100
			1.0	54948	M ³ KM	54948000
			1.0	7049	M ³ KM	7049000

PREMIOS DE PAGO

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
1	ACEROS PARA TERRAPLEN	1000	M ³	1000000
2	ACEROS PARA SUBRASANTE	500	M ³	500000

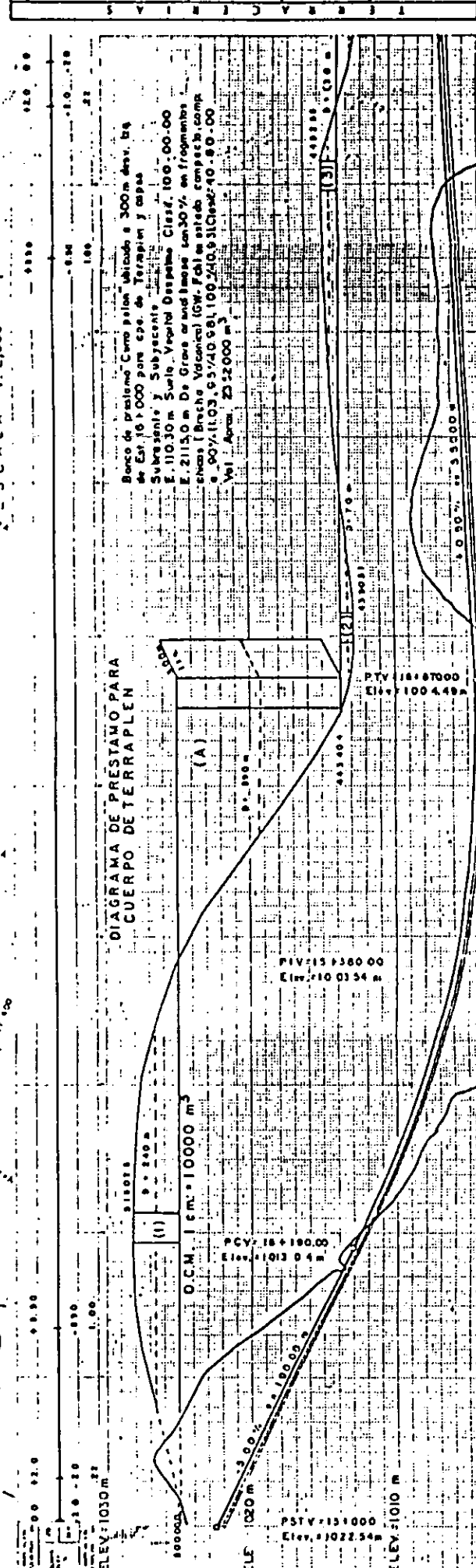
DATOS DE PROYECTO

ESTADO	MICHIGAN
MUNICIPIO	TARETAN
PROYECTO	LA PURISIMA
FECHA	1950



CANTIDADES DE OBRA

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
1	ACEROS PARA TERRAPLEN	1000	M ³	1000000
2	ACEROS PARA SUBRASANTE	500	M ³	500000



ACEROS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
1	ACEROS PARA TERRAPLEN	1000	M ³	1000000
2	ACEROS PARA SUBRASANTE	500	M ³	500000

PREMIOS DE PAGO

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
1	ACEROS PARA TERRAPLEN	1000	M ³	1000000
2	ACEROS PARA SUBRASANTE	500	M ³	500000

PROYECTO GENERAL

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

PROYECTO DE TARETAN - LAZARO CARDENAS

URUAPAN 15+000.00 ENT. ZIRIMUCUA

NVA ITALIA 16+000.00 MICH

Table with 4 columns: DATOS DE PROYECTO, EMPRESA, FECHA, etc.

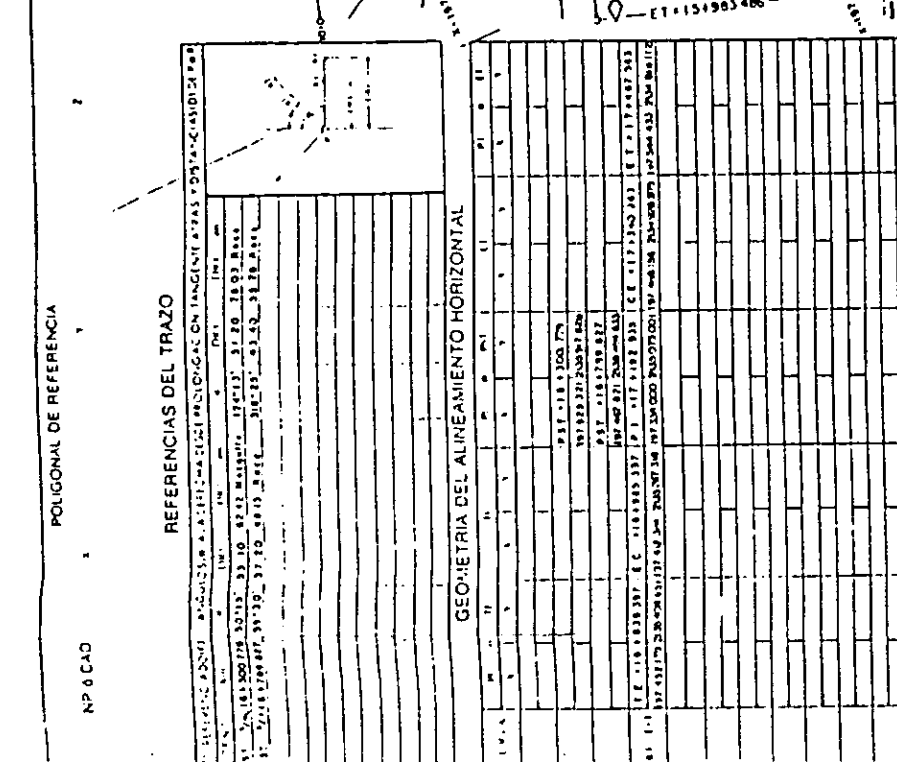
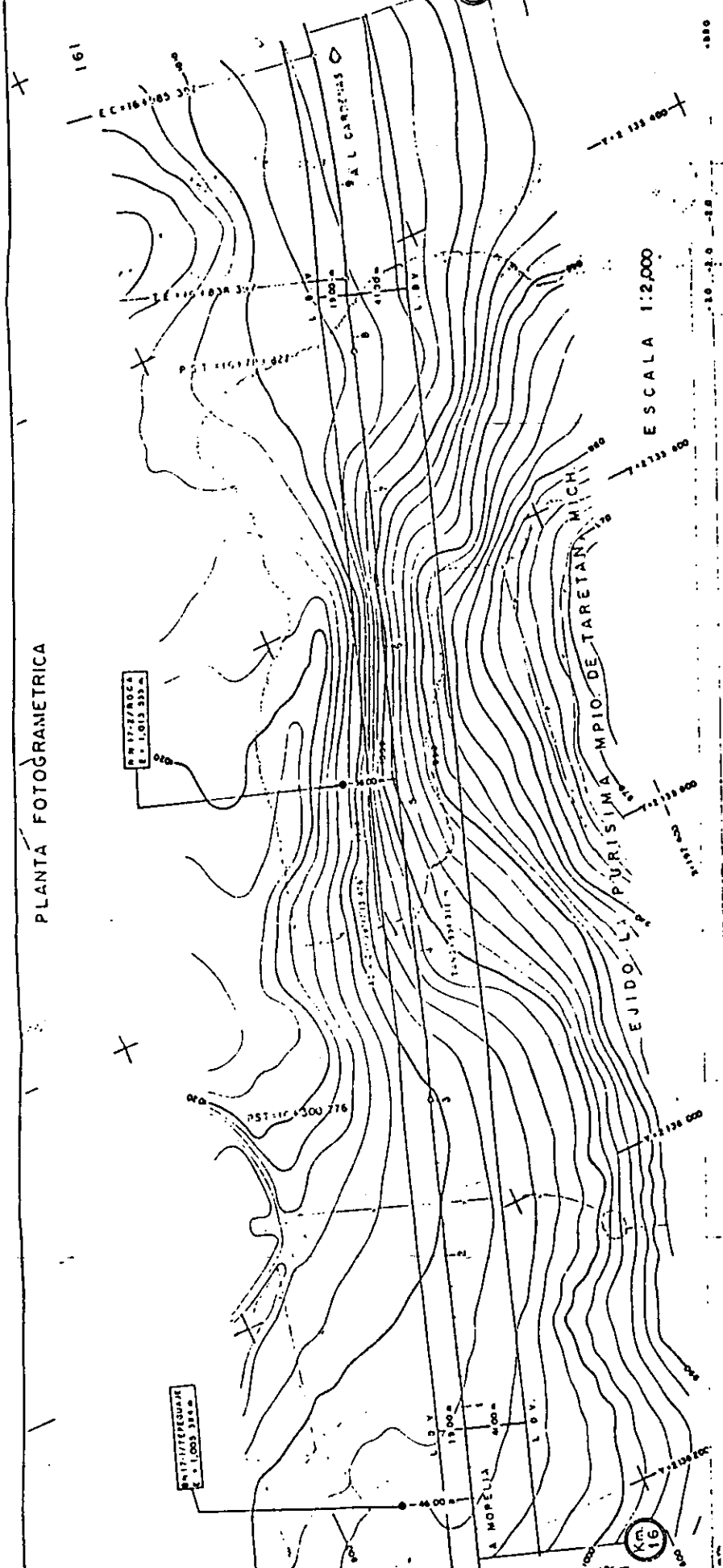


Table: REFERENCIAS DEL TRAZO

Table: GEOMETRIA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Table: CANTIDADES DE OBRA

Table: DIAGONAL DE PRESTAMO PARA CAPAS SUBYACENTE Y SUBRASANTE

Table: CANTIDADES DE OBRA (continued)

Table: ACERDOS

Table: DRENAJE MENOR

Table: DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

Table: MOFELIA-LAZARO CARDENAS

Table: ELEVACION DE SUBRASANTE

Table: PRESTAMO

Table: COMPACTACION

Table: ELEVACION DE SUBRASANTE

Table: ELEVACION DE SUBRASANTE

Table: ELEVACION DE SUBRASANTE

POLIGONO DE REFERENCIA

1	137 493 033	2	134 695 979
42	137 813 220	3	134 866 889
43	137 795 755	4	134 322 450

REFERENCIAS DEL TRAZO

ESTACION	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA	ALICATA
1	137 493 033	2	134 695 979	3	134 866 889	4	134 322 450	5	137 813 220

GEOMETRIA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

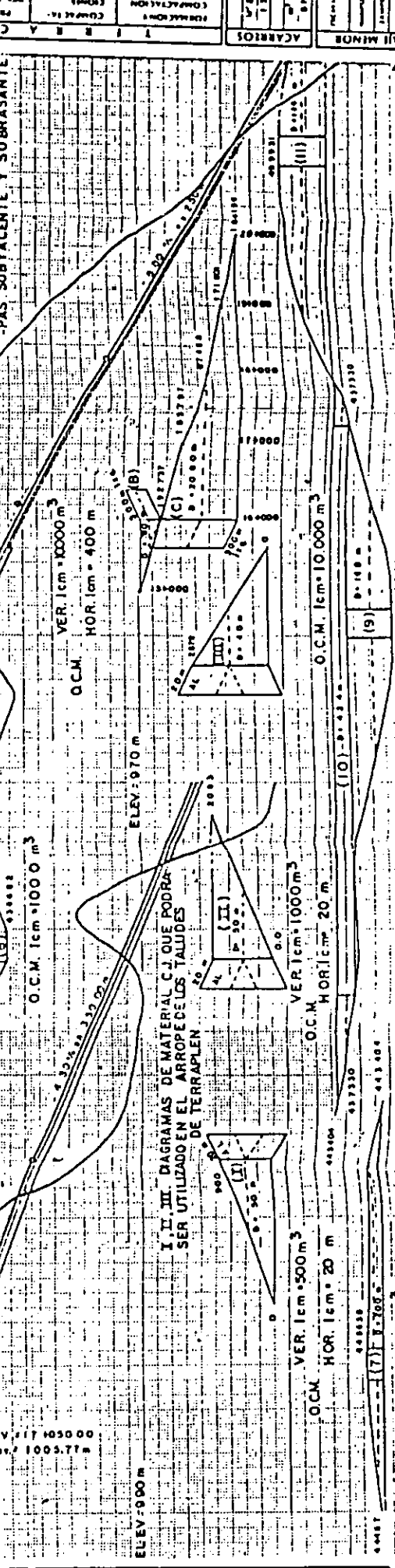
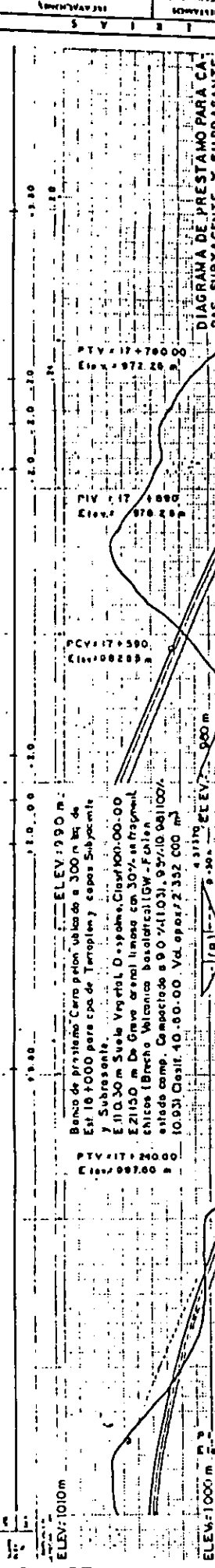
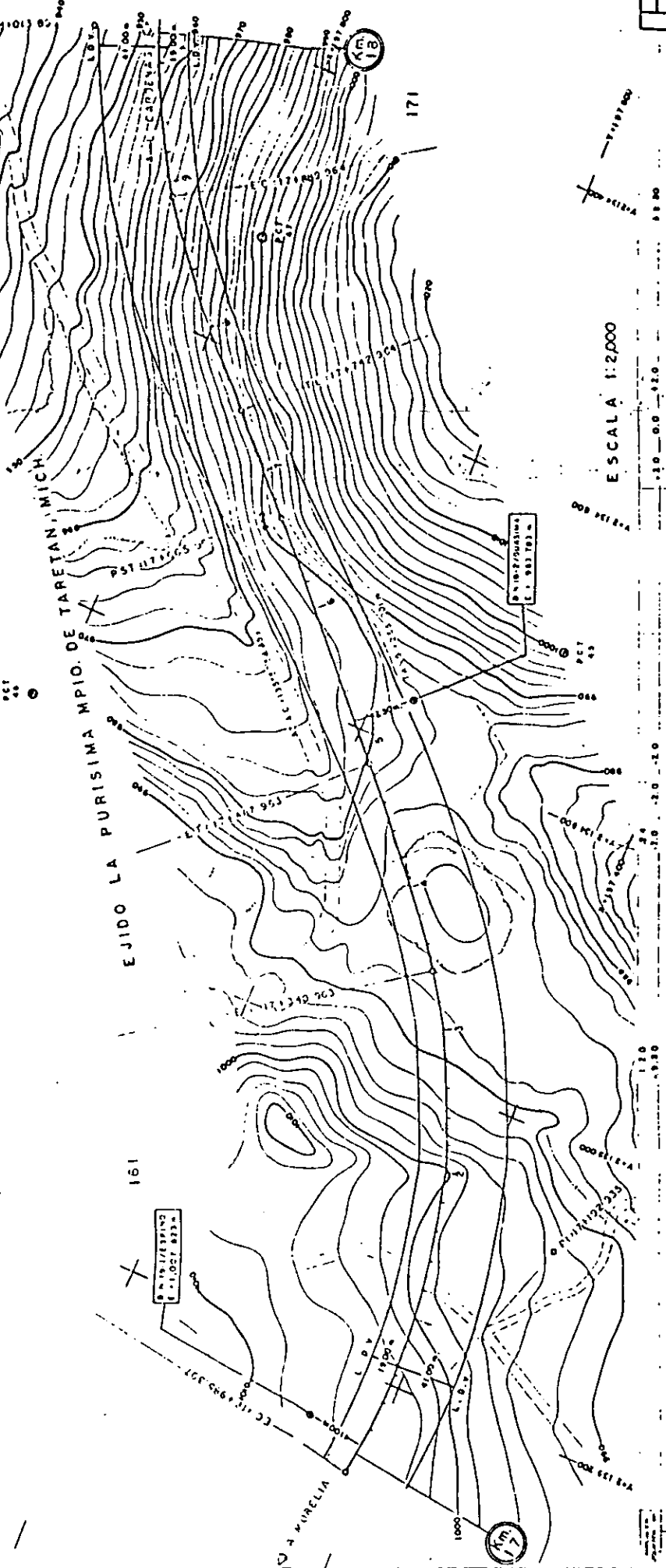
ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

PLANTA FOTOMETRICA

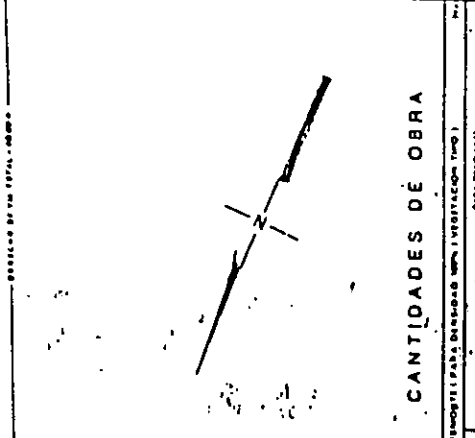
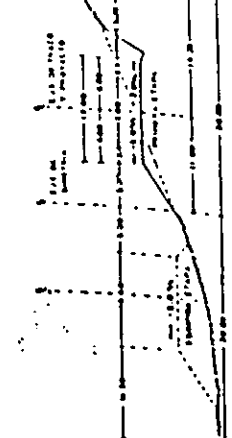


ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

DATOS DE PROYECTO

1	137 493 033	2	134 695 979
42	137 813 220	3	134 866 889
43	137 795 755	4	134 322 450

SECCION TIPO



ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

CANTIDADES DE OBRA

ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

ESTACION	PC	PT	PI	CV	CL	PI	PT	PC
1	137 493 033	137 813 220	137 795 755	134 695 979	134 322 450	137 813 220	137 795 755	134 695 979

CAPITULO III

MOVIMIENTO DE TIERRAS

CAPITULO III

MOVIMIENTO DE TIERRAS

El hablar de "movimiento de tierras" es entender la acción y el efecto de mover las tierras o los suelos, movimientos necesarios para erigir una estructura capaz de desarrollar un trabajo específico.

A continuación se detallará a fondo el concepto de movimiento de tierras, dada la importancia que tiene esta actividad en todo tipo de obra, pero en especial en obras de infraestructura de caminos. Se describirá la clasificación de suelos y rocas utilizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la determinación de las actividades que regirán el proceso constructivo de terracerías, así como también, se mencionan algunas de las actividades más comunes en el movimiento de tierras. De igual manera, entrando en materia de la obra que nos ocupa, se describirán los volúmenes de proyecto, los cuales guiaron las actividades de terracerías que en realidad se llevaron a cabo en la obra, así como la forma en que se obtuvieron por el método de la curva-masa.

Posteriormente se tratará sobre los procedimientos que se siguieron para la obtención del número de máquinas óptimo para la realización de los trabajos, así como la exposición completa de la maquinaria utilizada para el movimiento de tierras específicamente.

3.1 DEFINICION

El movimiento de tierras, incluye el movimiento de una parte de la superficie de la tierra de un lugar a otro y, en su nueva posición, crear una forma y condición física deseada. En ocasiones, el material removido se desecha como desperdicio. Debido a la gran variedad de suelos existentes y de trabajos que deben efectuarse en ellas, se ha desarrollado una amplia variedad de equipo y métodos para este fin, que se describen y analizan en éste y otros puntos del capítulo.

Específicamente para la construcción de vías terrestres, las actividades comunes en movimiento de tierras son: excavación y formación de terraplén. Entre algunas otras se encuentran la compactación del material colocado, los acarreo producto de excavación, etc.

La excavación, de todas las actividades para el movimiento de tierras en una obra carretera, es la que más se realiza y es una actividad que rige en el proceso de construcción, puesto que a partir de ella se realizan todas las demás actividades.

En la construcción del tramo carretero Uruapan-Nueva Italia -y en general de cualquier obra carretera- se clasificó la excavación relacionándola con el tipo de material a excavar y es conveniente antes de definir las diversas actividades, hacer un paréntesis para mencionar la clasificación de suelos y rocas.

Dentro del campo particular de las vías terrestres, los suelos se presentan con una variedad y complejidad, prácticamente infinitas. Así, cualquier intento de sistematización científica, acompañado de la correspondiente tendencia generalizadora, debe ir precedido por otro, en que se procure clasificar a los suelos del modo más completo posible.

A pesar de su sencillez, los criterios de clasificación puramente granulométricos resultan hoy poco apropiados, porque la correlación de la distribución granulométrica con las propiedades fundamentales (resistencia, compresibilidad, relación esfuerzo-deformación, permeabilidad, etc.) resulta demasiado insegura y sujeta a excepciones y casos especiales. En el presente, el sistema más efectivo de clasificación de suelos es el propuesto por A. Casagrande y conocido con el nombre de "Sistema unificado de clasificación de suelos" (SUCS). Se podrá ver una descripción detallada de tal sistema en la tabla 3.1.

Los técnicos mexicanos han venido usando el SUCS desde hace muchos años, siempre con resultado satisfactorio y su familiaridad con él les ha ido induciendo a hacerle pequeñas modificaciones de orden secundario, dictadas en cada caso por la conveniencia práctica.

También lo han complementado con un sistema para complementar los fragmentos de roca (mayores de 7.6 cm) que con tanta frecuencia han de ser manejados en la Ingeniería de Vías Terrestres.

También existe una clasificación de rocas, las más comunes de ellas encontradas en la corteza terrestre y agrupadas según su origen en: Rocas Igneas, Sedimentarias y Metamórficas, la cual muestra nombre de la roca, composición y características de textura esenciales para la identificación preliminar del material, las propiedades índice y mecánicas.

Estas clasificaciones de suelo y roca son utilizados por la S.C.T. en el desarrollo de proyectos de carreteras, aeropuertos, ferrocarriles y puertos marítimos. En el desarrollo del proyecto de la autopista, la S.C.T. realizó los estudios geotécnicos correspondientes

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7.6 cm y basando las fracciones en pesos estimados)				Grupo	
Suelos de grano grueso más de la mitad del material es retenido por la malla No. 4	Gravas más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplicia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	GW	
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios.	GP	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fracción fina no plástica (para identificación véase el grupo ML más abajo).	GM	
			Finos plásticos (para identificación véase el grupo CL más abajo).	GC	
	Arenas más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplicia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	SW	
			Predominio de un tamaño o tipo de tamaños, con ausencia de tamaños intermedios.	SP	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fina no plástica (para identificación véase el grupo ML más abajo).	SM	
			Finos plásticos (para identificación véase el grupo CL más abajo).	SC	
Suelos de grano fino más de la mitad del material pasa por la malla No. 200	Métodos de identificación para la fracción que pasa por la malla No. 40				
	Limos y arcillas con límite líquido menor de 50	Resistencia en estado seco (a la desagradación)	¹ Dilatancia (reacción a la agitación)	² Ternicidad (consistencia cerca del límite plástico)	
		Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	ML
		Medio a alta	Nula a muy lenta	Medio	CL
	Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50	Ligero a medio	Lento a nulo	Ligero a medio	OL
		Ligero a medio	Lento a nulo	Ligero a medio	MH
		Alto a muy alto	Nulo	Alto	CH
	Suelos altamente orgánicos	Medio a alto	Nulo a muy lento	Ligero a medio	OH
		Fácilmente identificable por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa			Pt

Tabla 3.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Grupo	Nombres Típicos	Criterio de clasificación en el laboratorio		
GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos	Determinar los porcentajes de grava y arena a partir de la curva granulométrica.	$C_v > 4$ $1 < C_c < 3$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	
GP	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos	Según el porcentaje de finos (fracción que pasa por la malla No.200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: -Menos del 5% GW, GP, SW, SP -Más del 12% GM, GC, SM, SC -5% al 12% Casos límites en los que se requiere de simbología doble.	No satisfacen todos los requisitos granulométricos de las GW	
GM	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo		LA por debajo de la línea "A" $4 < I_p < 4$	LA por encima de la línea "A"
GC	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla		LA por encima de la línea "A" $I_p > 7$	$4 < I_p < 7$ casos límites, con simbología doble
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con pocos finos o sin ellos		$C_v > 6$ $1 < C_c < 3$ $C_c = \frac{(D_{60})^2}{D_{10}D_{30}}$	
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con pocos finos o sin ellos	-Más del 12% GM, GC, SM, SC	No satisfacen todos los requisitos granulométricos de las SW	
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas		LA por debajo de la línea "A" $I_p < 4$	LA por encima de la línea "A"
SC	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcillas		LA por encima de la línea "A" $I_p > 7$	$4 < I_p < 7$ casos límites, con simbología doble
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad	<p>Índice de plasticidad</p> <p>Comparando suelos con el mismo límite líquido</p> <p>La plasticidad y resistencia (en estado seco) aumentan con el índice de plasticidad</p> <p>Linea A</p> <p>CL, CH, OL, OH, MH, ML</p> <p>Límite Líquido</p>		
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras			
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos metálicos o con diatomeas, limos elásticos			
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas			
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta			
Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

Tabla 3.1(continuación). Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

necesarios. Por lo cual en los planos ejecutivos para su construcción se hace referencia de la clasificación del suelo y sus características.

Para la construcción de terracerías es de gran importancia el conocimiento de dichas características, puesto que éstas nos definen la maquinaria y el método de ataque para optimizar la productividad.

Para una mejor comprensión, se describirá una clasificación de las actividades de excavación, de acuerdo al tipo de material a excavar.

La excavación de la capa vegetal o "despalme" es la remoción de la capa expuesta de la superficie de la tierra. Este trabajo incluye arrancar toda la vegetación. Dado que la capa vegetal o mantillo es la que sostiene el crecimiento de los árboles y otra vegetación, esta capa contiene más humedad que la inmediata inferior. A fin de que esta capa inferior pueda perder humedad y sea más fácil para moverla, es ventajoso "despalmar", tan pronto como sea posible. Cuando se mueve la capa vegetal se acostumbra apilarla y más tarde, puede devolverse al sitio para jardinería o paisaje o para sostener el crecimiento de la vegetación, con el fin de controlar la erosión.

La excavación del suelo es la eliminación de la capa de suelo inmediatamente debajo de la capa vegetal y encima de la roca. Se utiliza para construir terraplenes y suele ser fácil de mover con escrapas u otro tipo de equipos para movimiento de tierras.

La excavación en roca es el movimiento de una formación que no puede excavar sin barrenos y voladuras sistemáticas. Cualquier piedra de más de $3/8 \text{ m}^3$ se suele clasificar como roca (posteriormente se analizará más a detalle la clasificación de suelos de acuerdo a los trabajos de vías terrestres). Por contraste, la tierra es una formación que al ararla y escarificarla, se desintegra en piezas lo bastante pequeñas para moverla con facilidad, cargarla en los vehículos de transporte e incorporarla a un terraplén en capas delgadas. Cuando la roca se deposita en un terraplén, se coloca en capas gruesas, por lo general de más de 50 cm y a la acción de acomodo de la misma se denomina bandeado, el cual se lleva a cabo por lo general con las orugas de un tractor.

La excavación en fango es el movimiento del material que contiene una cantidad excesiva de agua y suelo indeseable. Su consistencia se determina por el porcentaje de agua que contiene. Debido a su falta de estabilidad bajo carga, el fango rara vez puede utilizarse en un terraplén. La eliminación del agua puede lograrse diseminando el fango sobre una superficie grande y dejarlo secar, cambiando las características de la tierra o estabilizando con otro material a fin de reducir el contenido de agua.

La excavación no clasificada es el movimiento de cualquier combinación de capa vegetal, tierra, roca y fango. Muchas excavaciones se efectúan sobre la base de no clasificada, por la dificultad de distinguir, en términos prácticos, entre estos tipos de terreno. La excavación no clasificada debe efectuarse hasta las líneas y rasantes indicadas

en los planos, sin que importen el contenido de humedad ni el tipo de material que se encuentre entre la superficie y la profundidad final.

La excavación también puede clasificarse de acuerdo con el propósito del trabajo, como escarificado, caminos, drenajes, puentes, canales, cimientos o zapatas y préstamos. En este caso, el contratante indica la naturaleza de la excavación para la que se removerán los materiales. Las designaciones pueden variar entre una zona y otra. A menudo, el nombre particular de un tipo de excavación se debe a la costumbre local.

El escarificado suele incluir el movimiento de todo el material entre el terreno natural y el desplante en cualquier material aceptable para un terraplén permanente.

La excavación para caminos es la parte de un corte para un camino que empieza en donde terminó el desmonte, desenraice y despalme, y concluye en la línea inferior de la capa subrasante. Con frecuencia el desmonte suele ser parte de la excavación para caminos.

La excavación para drenaje o la excavación para estructuras es el movimiento del material encontrado durante la instalación de estructuras para drenaje que no sean puentes. Estas estructuras a menudo, se denominan estructuras menores para drenaje e incluyen tubos y alcantarillas para caminos. La alcantarilla, por lo general, se define como una estructura debajo de un camino con un claro libre de menos de 6 metros, mientras que un puente es una estructura que abarca más de 6 metros. Después de instalar un tubo o alcantarilla, el relleno se debe hacer con material adecuado. Este material se suele obtener de una fuente que no sea la excavación para drenaje, que no suele ser aceptable ni fácil de trabajar. A menudo la excavación para alcantarillas no incluye el material más allá de una distancia especificada desde el extremo de la misma.

La excavación para puentes es el movimiento del material encontrado al excavar para zapatas y estribos, o en su caso, para pilotes. Con frecuencia, la excavación para puentes se divide en húmeda, seca y en roca. La línea divisoria entre la excavación húmeda y seca se suele determinar con la especificación de una elevación arriba de la cual el material se clasifica como seco y, debajo de ella, como mojado. Puede especificarse una elevación diferente para cada cimiento.

La excavación para canales, en el caso de que la obra carretera lo requiera, es la rectificación o cambio de lugar de un arroyo o corriente, por lo general porque se extiende a lo largo de un derecho de vía. El contratante pagará por cualquier zanja de entrada o de salida necesaria para desviar el agua por un tubo, como excavación para canal, hasta la línea en donde empieza la excavación para alcantarilla.

La excavación de material prestado (préstamo de banco), es el trabajo de obtención de material para relleno o terraplenes desde una fuente que no es la propia excavación. En la mayoría de los casos, la obtención de materiales más allá de las líneas de la pendiente se clasifica como material prestado, aunque lo más común es considerarla como la obtención de material en cualquier lugar fuera del sitio. La mayoría de las especificaciones prohíben el uso del material prestado hasta concluir toda la excavación y determinar, sin lugar a dudas, que es necesario. En algunos casos, cuando se necesita un material que no está disponible en el sitio de la excavación es necesario utilizar el material de préstamo. En muchas ocasiones, de acuerdo al estudio que se realiza para obtener la subrasante óptima (diagramas de masas) para optimizar la utilización del material de corte en los terraplenes, nos resulta insuficiente, en una longitud considerable, el material de corte para la formación de los terraplenes en ese tramo, por tanto, para evitar acarreo de material en longitudes excesivas que eleven el costo de la obra, se opta por la utilización del material de préstamo lateral. La gráfica del diagrama de masas, es esencial en el movimiento de tierras, por lo que se analizará más adelante.

El lugar de préstamo se debe desmontar y luego despallar antes de excavar para tomar el material necesario.

Habiendo descrito en su mayoría los trabajos de excavación, es necesario definir la formación de terraplenes, actividad esencial en el movimiento de tierras.

Los terraplenes son estructuras ejecutadas con material adecuado producto de cortes o de préstamos siendo éstos laterales o de banco, lo cual se fija de antemano en el proyecto correspondiente y/o, en su caso, bajo orden expresa de la S.C.T.. Se consideran también como tales, las cuñas contiguas a los estribos de puentes y de pasos a desnivel; la ampliación de la corona, el tendido de los taludes y la elevación de la subrasante, en terraplenes existentes; y el relleno de excavaciones adicionales abajo de la subrasante, en cortes.

Por último, cabe mencionar, que la realización de los cortes y terraplenes hace necesaria una movilización de material, transportándolo de un lugar a otro. A esta actividad se le llama "acarreo para terracerías" y consiste en el transporte de material producto de cortes, excavaciones adicionales abajo de la subrasante, ampliación y/o abatimiento de taludes, rebaje de la corona de cortes y/o terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos, derrumbes y canales, para construir un terraplén o efectuar un desperdicio.

Los acarreo se efectuarán de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría, con el equipo de transporte que deberá ser previamente autorizado por la misma dependencia, salvo cuando el pago se haga por unidad de obra terminada.

Se lleva un control de los acarreo sobre la base del siguiente criterio, adoptado por la S.C.T., que tiene que ver con la distancia de transporte:

Los materiales de terracerías compensadas y los préstamos laterales, tendrán un acarreo libre, a partir del término del cual su transporte se considerará como sobreacarreo. El acarreo libre es el efectuado hasta una distancia de 20 metros, al término de estos, se da origen al sobreacarreo. El acarreo libre se determina como sigue:

- a) En las terracerías compensadas, limitado en el diagrama de masas del proyecto.
- b) En los préstamos laterales, la totalidad del acarreo.

Así mismo, el sobreacarreo, contando a partir de su origen, se considerará para su cobro en distancias de:

- hasta 5 estaciones de 20 metros (100 m).
- hasta 5 hectómetros (500 m).
- a más de 5 hectómetros, hasta 20 hectómetros.

Para los materiales de préstamo de banco, el acarreo se considera como sigue:

- a) Para el primer kilómetro.
- b) Para los kilómetros subsecuentes al primero.

3.2 VOLUMENES DE PROYECTO

En este punto, se hace necesario describir en forma breve el diagrama de masas, puesto que por medio de él se obtuvieron los volúmenes de proyecto que la S.C.T. entregó a la contratista para guiar el proceso constructivo.

El diagrama de masas es una gráfica que muestra la acumulación del corte y el relleno (terraplén), según la distancia entre un punto de partida u origen. El corte se suele considerar positivo y el relleno negativo. El volumen de cada uno se traza en m³. Por lo general, la distancia se mide a lo largo de la línea de centro de la construcción, en estaciones separadas a 20 m, empezando con el origen como el km 0+000.

Se aplican factores de abundamiento y contracción, dependiendo si se trata de corte o terraplén respectivamente, esto para obtener los m³ de banco excavados o el relleno compactado dependiendo del caso.

Para ejemplificar mejor lo anterior, se puede observar la planta de proyecto del km 11+000 al 12+000, que se muestra al final del capítulo II. En ella se muestra un diagrama de masas para el perfil del km citado.

Si observamos las volumetrías, podemos notar que la diferencia entre el volumen de corte y terraplén es igual a 3087 m³ (A) y 744 m³ (B). Dicho material tendrá que acarrear a un banco de desperdicio. Si el caso se hubiera presentado contrario, en el que el volumen de relleno fuera mayor al de corte, el resultado sería que tendríamos un material a préstamo de banco.

Si una curva masa es horizontal entre las estaciones, la implicación es que no hay que mover material en ese tramo. En realidad puede haber cortes y rellenos pero se equilibran entre sí, es decir, que el trabajo consiste en cortes y terraplenes en laderas o taludes y el diagrama tiende a aplanarse porque los cortes pueden moverse dentro de los rellenos en vez de moverse de una estación a otra. A este movimiento se le llama *transporte cruzado*.

La pendiente de la curva masa aumenta con el volumen entre estaciones. Una curva de masas ascendente, indica corte; un diagrama descendente, relleno. La curva llega a un máximo en donde termina el corte y empieza el relleno y a un mínimo en donde termina el relleno y empieza el corte.

Por medio de la observación de la curva, se obtienen también las distancias de acarreo de material, de un corte a un terraplén. Se procede a sacar los centros de masa tanto de corte como de terraplén y la distancia existente de centro a centro será la que corresponda al acarreo.

La S.C.T. en su residencia de construcción entregó a la contratista los documentos de obra para su construcción y se describen a continuación:

1.- Paquete de datos electrónicos de proyecto:

a) Los datos de secciones transversales que corresponden a los datos del terreno natural, en estaciones localizadas a cada 20 m. y cuando el terreno es accidentado contiene secciones intermedias.

b) La geometría del seccionamiento de construcción, que se refiere al tipo de sección que se tiene que construir sobre el terreno natural, ya sea sección en cajón, en balcón o en terraplén. Debido a la topografía del terreno, en su mayoría montañoso, la sección de construcción predominante en la autopista fue la de cajón.

c) Los datos de Curva-Masa los cuales indican los movimientos de corte y terraplén que se realizaron sobre la línea del camino, así como los bancos de préstamo y de desperdicio que se proyectaron según fuera el caso en cada kilómetro del tramo. En estos datos se presentan las cantidades totales de corte y terraplén, así como los volúmenes de cada uno de los conceptos de obra necesarios para llegar al nivel subrasante. Además contienen los

volúmenes de corte por estratos que indican el tipo de material con el fin de seleccionar la maquinaria adecuada para el corte o en su caso el uso de explosivos si el material es tipo C; los volúmenes de terraplén por capas dependiendo si es terraplén bandeado, o compactado al 90%, 95% y 100%.

d) Las sobreelevaciones en curva y las respectivas ampliaciones.

e) Los espesores de subyacente y subrasante los cuales varían dependiendo el tipo de sección de construcción. Así mismo se indican los anchos de corona correspondientes a cada sección a nivel carpeta.

2.- Los Planos de Terracerías para cada kilómetro conteniendo los siguientes datos:

a) Planta del trazo del eje del camino.

b) Perfil del terreno natural donde se proyecta la línea subrasante del camino con sus respectivas elevaciones para cada estación.

c) La ordenada Curva-Masa en la que se muestran los movimientos de corte y terraplén que se deben realizar.

d) Los datos para el trazo del eje del camino.

e) La geometría del alineamiento horizontal y vertical.

f) La sección tipo del camino.

g) Las cantidades de obra.

h) La información geotécnica y clasificación presupuestal del material.

i) La información del los bancos de préstamo para cuerpo de terraplén, capa subyacente y capa subrasante.

j) Los datos de ampliaciones y sobreelevaciones para cada sección del camino.

Como se mencionó anteriormente, estos datos son calculados por la S.C.T. por medio de su Dirección de Proyectos mediante métodos electrónicos, y entregados a la contratista para que se apegue a ellos en la realización de la obra.

3.3 SELECCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Para el desarrollo del presente inciso, se describirá el proceso que se siguió para la selección de la maquinaria de terracerías a utilizar, tomando en cuenta dos aspectos: la selección del tipo de máquina de acuerdo a las características físicas de la obra, y la obtención del número de unidades y sus capacidades para obtener así los avances exigidos por la duración del programa de construcción.

En relación al primero, el tipo de material que se va a mover, puede determinar el equipo básico a utilizar. Ahora bien, se debe tener en cuenta la distancia y el tipo de acarreo. Por ejemplo, supóngase que se excava en tierra y se lograrían mejores resultados con escrepas con llantas neumáticas, pero el acarreo es en las calles de una población. En

este caso quizás no pueda usarse la escrepa, por su elevado peso sobre las ruedas y los problemas de tráfico. Para la obra de la autopista, es evidente que este inconveniente no se presenta, por lo que algunos acarrees se hicieron con motoescrepa.

Para las rocas, el equipo básico debe ser un cargador frontal o una pala. Para excavar en tierra, si se puede construir un camino para transporte, es preferible utilizar escrepas. Pero si hay que mover la tierra a varios kilómetros en caminos existentes, la selección sería un cargador frontal, una pala mecánica o una pala de arrastre (retroexcavadora) o cuchara de arrastre para cargar camiones de volteo. El uso de una pala depende de que el fondo de la excavación pueda soportar un cargador frontal o una pala mecánica y los vehículos para transporte. Si el fondo es demasiado suave, se necesita utilizar una retroexcavadora. La retroexcavadora puede estar a la orilla de la excavación y cargar al vehículo al mismo nivel (carga superior). Pero, cuando puede utilizarse una pala mecánica, es preferible a la pala de arrastre por su mayor producción.

Por tanto, al seleccionar el equipo básico se debe tener en cuenta:

- *Tipos de materiales que se van a excavar.
- *Tipo y tamaño del equipo para transporte.
- *Capacidad de soporte de carga del piso original.
- *Capacidad de soporte de carga del material que se va a excavar.
- *Volumen del material excavado que se va a mover.
- *Volumen que se va a mover por unidad de tiempo.
- *Longitud del acarreo.
- *Tipo de camino para el acarreo.

El equipo que se seleccionó para terracerías en esta obra se describe a continuación, de acuerdo a la actividad para la que se ha de utilizar:

*Para el desmonte se utilizaron Tractores sobre orugas D8-N CAT. de 285 Hp, equipado con hoja topadora (Bulldozer).

*Para el despalme y desenraice Tractores s/orugas D8-N CAT. de 285 Hp, equipados con riper para alcanzar una profundidad de 45 cm.

*Para la instalación de tuberías en las obras de drenaje, se utilizaron Retroexcavadoras CASE 580 de 1 YD³ y CATERPILLAR 235 con una capacidad de cucharón de 2.25 M³.

*Para la excavación en corte en material tipo A y B, se emplearon Tractores s/orugas D8-N CAT. de 285 Hp y Retroexcavadoras CAT. 435 de 4 M³ de capacidad en el cucharón. Se hizo necesaria la utilización de Bombas Autocebantes de 4" MECSA para el abatimiento de las aguas friáticas o de lluvia, según se presentó el caso durante la excavación.

*Para el corte de material tipo C, se utilizaron Compresores de 750 PCM para alimentar martillos del tipo Track Drill sobre orugas, los cuales en pequeños fragmentos de roca se

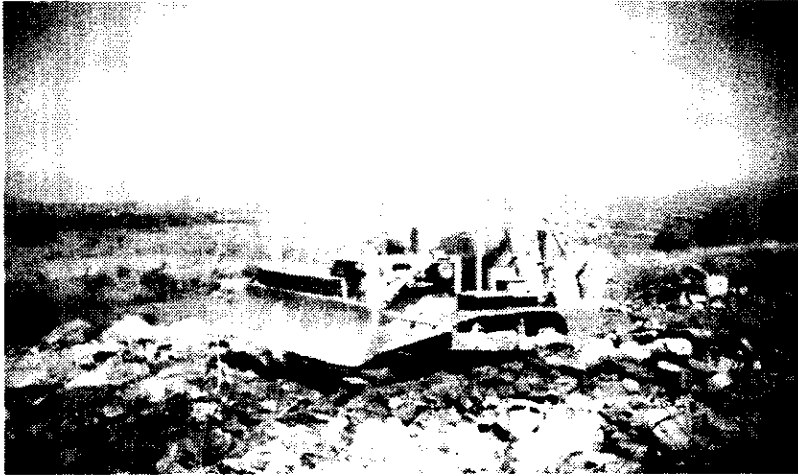


Foto 3.1 Tractor D8-N utilizado en los trabajos de desenraice y despalle.

utilizaron para demolerla, pero al presentarse en grandes cantidades su función fue la de realizar perforaciones para la introducción de explosivos los cuales fragmentaron el material y facilitaron su manejo.

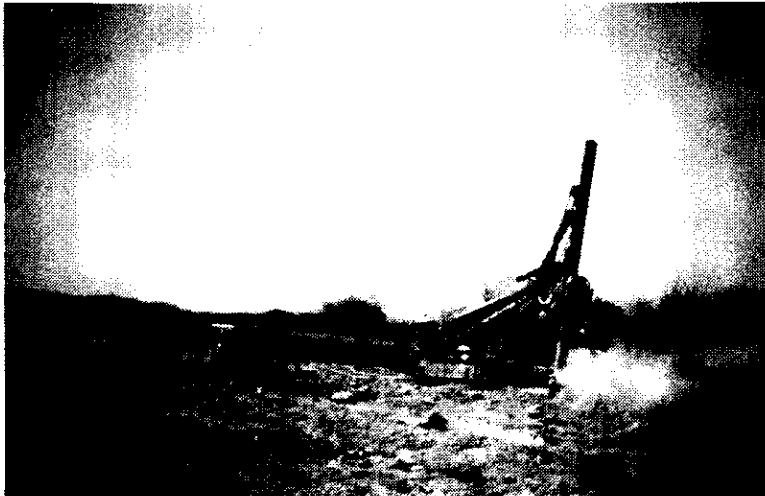


Foto 3.2 Perforación en material tipo C con Track Drill.

*Para la formación de terraplenes se emplearon Compactadores CAT 815 de 170 Hp, Compactadores neumáticos SP 3000 de 10 ton, Plancha Tandem de 10-12 ton, Motoconformadora 12F CAT de 14", Pipas de agua de 8 M³ DIESEL DINA, Trituradora primaria para proporcionar el material que se utilizó en la formación de la base hidráulica y Vibrocompactadores lisos CAT. CS583.

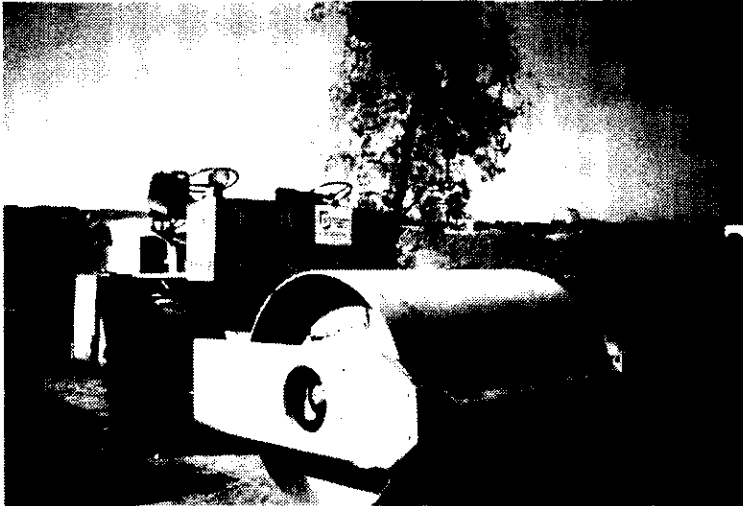


Foto 3.3 Vibrocompactador liso.

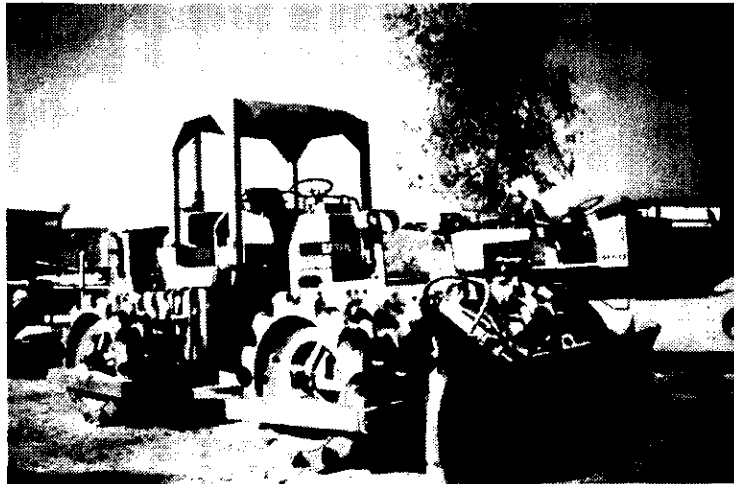


Foto 3.4 Compactador "Pata de Cabra".

*Para la carga y acarreo del material producto de cortes, tanto de material compensado como de préstamo de banco o material a desperdicio, se utilizaron camiones de volteo (F600) de 7 M³ de capacidad, cargadores s/neumáticos CAT 966F de 3.5 M³ y Camiones fuera de carretera EUCLID de 21 M³ de capacidad.



Foto 3.5 Camión fuera de carretera.

El segundo aspecto a tomar en cuenta fue la obtención del número de equipos para cada actividad, en donde al analizar los volúmenes de proyecto y los rendimientos de las diferentes máquinas, se llegó a la cantidad óptima de las unidades, las cuales satisfacen las necesidades que crea la exigencia del programa de construcción y a su vez logran la menor cantidad de horas-máquina ociosas.

Ejemplificando lo anterior, para las actividades de desmonte, despalme y desenraice, se utilizaron tractores con las características antes mencionadas. Al hacer un análisis preliminar se obtiene que para una potencia de 285 Hp un tractor puede limpiar hasta 4,000 m²/día o sea 20,000 m² por semana.

Para cumplir con la duración de esta operación se utilizaron 6 Bulldozers, los cuales dieron un avance de 120,000 m² por semana, es decir, 12 Has/semana.

Por su parte, en la operación de desenraice, se sabe que un tractor con ripper de las características ya mencionadas quitará las raíces de los árboles a una profundidad de 45 cm, a la misma velocidad que los Bulldozers tiran árboles, por lo tanto, para tener la misma duración y llevar a la par estas dos actividades, se utilizaron 6 tractores más con ripper como aditamento.

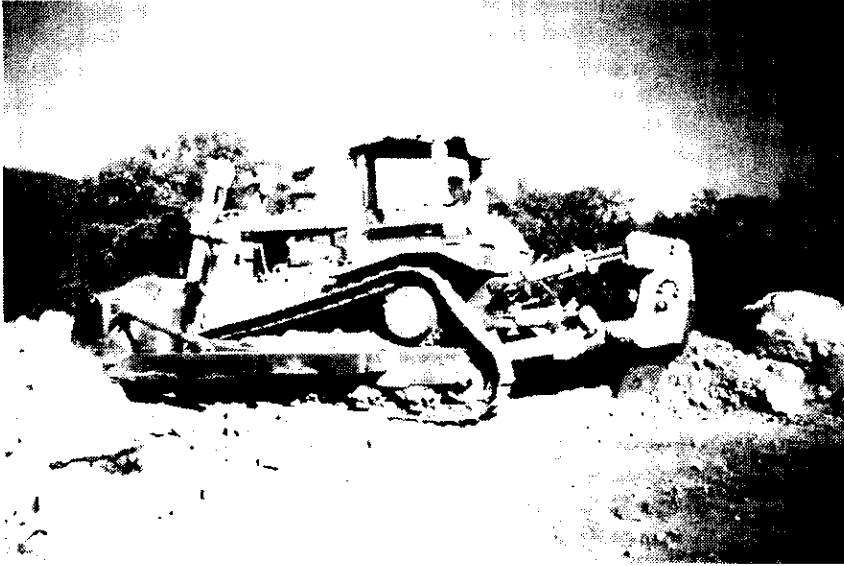


Foto 3.6 Tractor equipado con "ripper".

Siguiendo el mismo procedimiento para las restantes operaciones constructivas, se obtuvo la totalidad del equipo necesario.

Se ha descrito en este capítulo las actividades fundamentales en todo movimiento de tierras, así como los datos de construcción que la S.C.T. proporciona a la empresa constructora, y que le permite estar en condiciones de comenzar la obra.

De la misma manera se ha resumido el proceso de selección de maquinaria y equipo que la contratista tiene que llevar a cabo antes de la iniciación de la obra.

A continuación se muestra en forma de tabla el programa de empleo de equipo y maquinaria obtenido para las actividades de terracerías, el cual cumplió con los tiempos de ejecución de los trabajos.



CONSTRUCCIONES S A de C V

REPORTE DIARIO DE MAQUINARIA

FECHA _____ OBRA _____

MAQUINA No. _____ MCA. _____

COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES

HOROMETRO INICIAL _____ H.E. _____	DIESEL LTS. _____
HOROMETRO FINAL _____ H.P. _____	GASOLINA LTS. _____
PARADA POR LLUVIAS _____	GRASA KGS. _____
PARADA POR FALTA DE TRAMO _____	ACEITE HID. LTS. _____
PARADA POR REPARACION _____	ACEITE TRANS. LTS. _____
PARADA POR CALENTAMIENTO _____	ESTOPA KGS. _____
OBSERVACIONES: _____	

Vo. Bo.

OPERADOR

SUPERINTENDENTE

Tabla 3.3 Formato para el reporte diario de maquinaria.

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE TERRACERIAS PARA LA AUTOPISTA MORELIA-LAZARO CARDENAS

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE TERRACERIAS PARA LA AUTOPISTA MORELIA-LAZARO CARDENAS

En el presente capítulo se describirán los procedimientos utilizados por la empresa para realizar el movimiento de tierras, los cuales se llevaron a cabo de acuerdo a lo solicitado en el proyecto de terracerías para cada kilómetro del tramo en estudio.

Para la realización del proyecto carretero se tomaron en cuenta algunas condiciones, y en base a ellas se marcó la forma de atacar la zona en construcción, estas condiciones, son las siguientes:

1.- Condiciones Topográficas: Se encontró que el tipo de terreno estaba en lomerío y montañoso, aspecto determinante en la proyección de la subrasante, puesto que en este tipo de terreno se generan grandes volúmenes de tierra y la subrasante queda condicionada a la pendiente transversal del terreno en el análisis de las secciones críticas, como son las tipo balcón y mixtas; de tal manera que en la construcción del tramo se obligaron fuertes movimientos de material. Por este motivo, en la construcción de este tramo, se presentaron secciones de construcción en terraplén de gran altura y en cajón con profundidades grandes.

2.- Condiciones Geotécnicas: Estas son de gran importancia, ya que nos definieron el tipo de material existente en la zona de construcción, de tal forma que fueron base para la proyección de la subrasante económica y para la elección en el empleo de la maquinaria adecuada, con lo que se logró un mayor dinamismo en la obra.

Así tenemos que la clasificación del material que se encontró en la zona de construcción fue la siguiente:

a) Frente I (km 11+000 - 14+000):

material tipo A.- 05 %

material tipo B.- 27 %

material tipo C.- 68 %

b) Frente II (km 14+000 - 18+000):

material tipo A.- 07 %

material tipo B.- 23 %

material tipo C.- 70 %

De lo anterior tenemos que la clasificación general del material encontrado en el tramo fue:

- material tipo A.- 06 %
- material tipo B.- 25 %
- material tipo C.- 69 %

En general, la calidad del material fue buena, puesto que el volumen aprovechable del producto de la excavación en corte fue de un 85% del volumen total, el resto se obtuvo a préstamo de banco. Esto significó que la proyección de la subrasante fue la óptima ya que existió una excelente compensación de los volúmenes de corte a terraplén.

Los procedimientos constructivos de terracerías nos llevaron a obtener el nivel subrasante del camino, el cual delimita los trabajos de terracerías y los de pavimentación.

En la construcción del tramo de la autopista, se llevaron a cabo -en orden de ejecución- los siguientes trabajos de terracerías:

- 1.- Preliminares.
- 2.- Desmante.
- 3.- Despalme en corte y terraplén.
- 4.- Excavación en corte y adicional por debajo del nivel subrasante.
- 5.- Compactación de la cama de los cortes.
- 6.- Compactación en terreno natural.
- 7.- Formación en terraplén.
- 8.- Préstamo de banco.
- 9.- Formación de subyacente.
- 10.- Formación de subrasante.

A continuación se describe el procedimiento constructivo de cada una de estas actividades, el cual, es conveniente repetir, se rigió por los procesos electrónicos hechos en computadora y por los planos de las plantas generales de cada kilómetro, que la S.C.T. proporcionó a la contratista como el proyecto.

4.1 PRELIMINARES

Estos trabajos marcaron la base para el inicio de los trabajos de terracerías; y se componen de las siguientes actividades:

- 1.- Trazo de línea central o eje del camino.

2.- Colocación de las estacas de talúd o ceros.

3.- Colocación de las estacas de referencia.

1.- El trazo del eje del camino fue hecho tomando en cuenta las referencias de trazo que se indican en los planos de terracerías del kilómetro, en ellos se tomaron las distancias, ángulos, bancos de nivel establecidos para el trazo y nivelación del eje, así como los datos de la geometría horizontal y vertical para el kilómetro.

Estos trabajos se realizaron mediante los trabajos de las brigadas de topografía de la empresa contratista acompañados de los ingenieros residentes de construcción de S.C.T.

Durante el trazo se marcaron los cadenamientos correspondientes sobre el eje y a ambos lados colocando las estacas a distancias de 20 mts. y en los puntos intermedios donde se presentaba el principio de curvas horizontales y verticales, en estas se marcaba la profundidad del corte y la altura del terraplén.

La realización de estos trabajos fue mediante el empleo de equipos de topografía con tecnología de punta como el caso de las denominadas "estación total" que son teodolitos y niveles electrónicos, así como equipo auxiliar con cintas de acero, balizas, etc.

2.- La colocación de las estacas de talúd o los ceros sirvió para establecer los puntos donde en taludes exteriores comienza el corte o la formación del terraplén y así cortar la sección transversal del terreno original, colocándose a una distancia de 20 mts. y en los puntos donde cambia la inclinación del terreno.

En las estacas se marcó la inclinación que debería tener el talud del corte, el cadenamiento respectivo y comienzo de la formación del terraplén. En varias ocasiones hubo la necesidad de establecer estas indicaciones de referencia en rocas grandes o árboles cerca del área de trabajo. Estas fueron las primeras que indicaron los límites exteriores que era necesario desmontar y limpiar para cumplir la primera etapa de las terracerías.

3.- Las estacas de referencia fueron de gran utilidad ya que al iniciar con los trabajos, las estacas se arrancaban al realizar el corte o quedaban cubiertas de tierra en la formación del terraplén, o en su caso por algún accidente común de trabajo se movían de su lugar original, es por ello que las brigadas de topografía se ocuparon de colocar estacas alejadas del eje del camino en el frente de trabajo, marcando el ángulo, distancia a la estación referida y elevación del banco próximo, éstas se identificaban con las iniciales P.R. (Punto Referido). Todo esto facilitó la nueva colocación de las estacas de trabajo por lo que se ahorró gran tiempo y en consecuencia costo.

Todos estos trabajos fueron de gran importancia para el desarrollo de los trabajos de terracerías.

4.2 DESMONTE

La ejecución de los trabajos de desmonte tuvieron como objetivo el retiro de la vegetación existente en la zona de trabajo la que se clasificó como bosque del km 11+000 al 14+000 y del 14+000 al 18+000 solo se encontraron arbustos de tamaño pequeño.

En la clasificación de bosque, el tipo de vegetación que se encontró para el concepto de desmonte, fueron pinos, árboles de encino y oyamel principalmente, además de arbustos pequeños como ya se mencionó antes.

Los trabajos de desmonte consisten en la tala, roza, desenraice y quema de la vegetación excedente, esto con el fin de despejar y preparar el área para proseguir con los siguientes conceptos de terracerías.

De acuerdo con un convenio con la SEMARNAP, la tala de los árboles fue hecha con sierras eléctricas o motosierras con el propósito de que la madera fuera aprovechada; esta madera se entregó a los ejidatarios del lugar.

Posteriormente, se retiró la roza mediante el uso de tractores D8N conocidos como "Bulldozers", los cuales presentan hoja topadora e iban logrando el desenraice y el material se iba llevando hacia adelante para posteriormente realizar la quema de éste, en su mayoría el material se tiraba a los lados del eje del camino en el derecho de vía.

Es necesario que el trabajo de desmonte sea realizado en forma rápida de tal manera que siempre se tenga uno o dos kilómetros adelante para iniciar el siguiente concepto de los trabajos de terracerías.

4.3 DESPALME EN CORTE Y EN TERRAPLEN

El concepto de despalme consiste básicamente en el retiro de los materiales que se consideran como tierra vegetal en el área de corte y en la formación del terraplén dependiendo de las indicaciones de los planos respectivos para cada kilómetro.

El espesor de despalme en corte y terraplén indicados para cada sección por las especificaciones de la S.C.T. y obtenidos mediante métodos electrónicos, fue de 30 cm. en promedio. Este espesor fue proyectado en cada sección de acuerdo a la información geotécnica recabada para la realización del proyecto, en la cual se informa el estrato que

se considera como tierra vegetal, ya que de acuerdo a sus características es inadecuado para la construcción de un camino.

El concepto de despalme se ejecuta conforme se tiene el área de trabajo ya desmontada en el frente de obra.

Al igual que para el concepto de desmonte, la maquinaria utilizada para el despalme fueron tractores D8N.

4.4 EXCAVACION EN CORTE Y ADICIONAL ABAJO DE LA SUBRASANTE

Estos trabajos consistieron en realizar la excavación en corte de acuerdo a las diferentes condiciones topográficas que se presentan (sección en balcón, cajón o mixta) y tomando en cuenta para la forma de ataque, los diferentes estratos de material encontrados en cada kilómetro del camino.

La excavación se ejecutó conforme se tenía el área despalmada en el frente de obra, de ahí que se considere de importancia realizar de manera rápida los trabajos de desmonte y despalme.

El procedimiento constructivo en los siete kilómetros en estudio, es representativo de lo que se presentó a lo largo de los 65 km de carretera totales. En éstos, los trabajos de excavación en corte se iniciaron en los frentes de trabajo donde se presentó material tipo "A" y "B", el cual pudo ser atacado mediante retroexcavadoras y bulldozers equipados con riper, éstos últimos escarificaban y con la hoja empujaban el material hasta dos o tres estaciones, dependiendo del término del corte, según como lo indicara el movimiento en curva-masa.

De la misma manera, si la distancia de acarreo excedía las dos o tres estaciones, para compensar el material se utilizaron trascavos y camiones de volteo.

En los trabajos de corte en secciones en balcón, el desarrollo de la máquina consistió en colocar el material al lado del terraplén, si así lo indicaba el proyecto, en su defecto, en caso de que el material no fuera aprovechable lateralmente, se procedía a empujarlo mediante avanzaba el corte o en caso de ser desperdicio a acarrearlo al banco correspondiente.



Foto 4.1 Corte en caja para material tipo "A" y "B"

Se presentó muy a menudo en el corte que se consideraba de material aprovechable, una capa de material arcilloso de baja capacidad de carga, por lo cual, al no estar contemplado en proyecto, hubo la necesidad de buscar nuevos espacios para desperdicio y acarrear una mayor cantidad de material de banco, para reemplazar el desperdicio.

Podemos mencionar tres, como los métodos que se utilizaron para la excavación en corte, los cuales se aplican de acuerdo a la topografía y el tipo de material a excavar, y son los siguientes:

1.- En material A y B, la dirección de la excavación en corte se realizó de la parte superior hacia abajo, procurando obtener una pendiente favorable que evitara el desperdicio de energía de la máquina al mover el material y retirarlo. Otra forma de ataque fue excavar el material hacia arriba y moverlo lateralmente, de tal manera que se iba formando un escalón de corte. Esta última manera, se utilizó a menudo en las secciones en balcón.

2.- En el material tipo B, fue necesario escarificar empleando el ripper del tractor para aflojarlo y posteriormente retirarlo con la hoja, en base al procedimiento mencionado en el punto anterior.



Foto 4.2 Excavación en corte.

3.- La ejecución de los trabajos de corte, donde el material tipo C no permitió hacer uso del escarificador del tractor, se realizó a base de barrenación y voladura, específicamente en los cortes comprendidos entre el kilómetro 15+000 al 18+000 en donde se encontró material sano, en su mayoría calizas y granitos.

Básicamente, el procedimiento de ataque de material C fue el siguiente:

a) De acuerdo a la topografía del lugar, tipo de suelo y necesidades de movimiento del material, se diseñaron plantillas de barrenación, por medio de las cuales se obtuvo un mejor aprovechamiento de la roca para compensación en terraplén, debido a que se logró una mejor fragmentación, además de que el diseño adecuado de las plantillas, permitió que la explosión arrojara el material de tal forma que su movimiento fuese más sencillo.

Para realizar el trazo de una plantilla de barrenación se debe proceder de la siguiente manera:

- Ubicar y delimitar el área que ocupará la plantilla en el terreno. De acuerdo a las indicaciones del sobrestante, basados en los planos topográficos.

- Tomar los siguientes datos del diagrama de la plantilla:

A= Distancia del barreno al bordo o a la orilla.

E= Distancia entre barrenos.

Sp= Separación entre barrenos.

- Marcar los datos obtenidos en el terreno, apoyados de cinta métrica y algún puntal que sirva para marcar el punto del barreno.

b) Habiendo obtenido el diseño óptimo de plantilla para la disposición de los barrenos, se procede a la perforación de éstos. Los barrenos utilizados para los trabajos de la autopista fueron de 2.5" de diámetro y su perforación se llevó a cabo mediante el uso de martillos alimentados de aire comprimido denominados "track drill's".

c) Procedimiento de preparación del explosivo. "Cebiar" es preparar el explosivo para ser detonado; integrando los explosivos primarios y secundarios afines, al barreno perforado. En este sentido el cebado es considerado como la iniciación del procedimiento de voladura.

La función del cebado es:

+ Iniciar los explosivos.

+ Transmitir la onda explosiva de una carga a otra.

+ Transmitir la "flama" hasta que la explosión se produzca.

La integración de los explosivos puede ser a base de hidrogeles, cartuchos de plástico con fulminante integrado de alta presión detonados con estopines eléctricos, no eléctricos y cordón detonante, entre otros.

d) Procedimiento de colocación de explosivos en el barreno. La colocación de explosivos en el barreno se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Se revisa que el barreno tenga diámetro, profundidad y limpieza requeridos.

- Se aloja dentro de los barrenos el cebo fabricado.

- Se retaca el barreno con agentes explosivos hasta una profundidad media, utilizando un taco de madera como pisón.

- Se rellena totalmente el barreno con tierra del lugar o con arena. Esta acción es indispensable ya que mejora substancialmente la fracturación del material, debido a que se logra confinar los gases, lo que provoca una expansión de la energía y con ello una explosión más efectiva.

- La superficie por fragmentar se divide en sectores, conectando a un solo cordón detonante las mechas de seguridad de los barrenos que se deseen detonar, posteriormente se procede a la explosión.

Una vez que se ha realizado la voladura, el material fragmentado se puede retirar, ya sea por una retroexcavadora 416 y camiones fuera de carretera o utilizando tractores bulldozer que amontonen material para facilitar maniobras a un cargador.



Foto 4.3 Material tipo "C" extraído con explosivos y retirado mediante cargador frontal y camiones fuera de carretera.

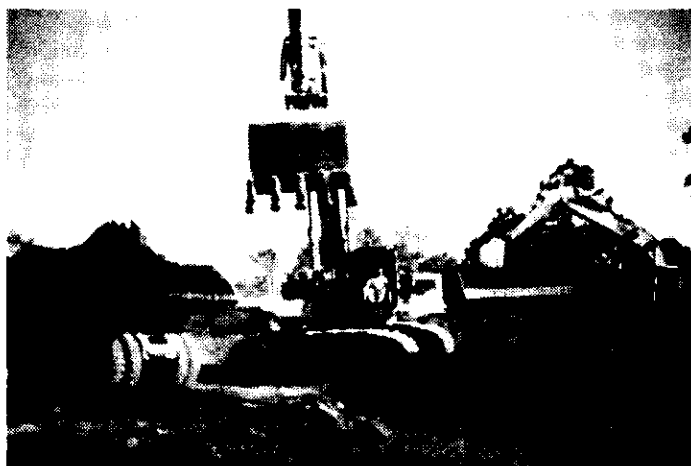
Cuando la excavación en corte ha llegado a nivel de piso, se procedió a realizar los trabajos de afine del talud del corte mediante los tractores de hoja de movimiento angular (angledozer) D9-N, con el objeto de perfilar bien el corte como lo indicaba el proyecto, los taludes de proyecto variaron de $1:\frac{3}{4}$ a $1:\frac{1}{2}$.

Un problema que se presentó con frecuencia en algunos cortes fue la inestabilidad del talud, provocada por el tipo de material y las lluvias constantes; como solución fue necesario abatir más el talud del corte y construir bermas de grandes dimensiones en la parte superior.

Otros tipos de estabilización fueron:

- Del km 13+240 al 13+660 ambos lados requirieron estabilización por medio de anclas de fricción y malla de acero.
- Del km 11+260 al 12+000, del 13+580 al 14+320 y del 16+660 al 16+980 se utilizó estabilización del material arcilloso por medio de hidrosiembra, a base de rollos de ixtle con germinaciones de pasto, en los cuales se desarrolla la vegetación en corto tiempo.

Es de entenderse la problemática para la estabilización en los taludes, si se toma en cuenta el tipo de terreno, que originó la necesidad de grandes cortes con una altura algunos de 25 a 40 metros y en una longitud de 200 a 300 metros.



Fotos 4.4 y 4.5 Extracción y carga de material con retroexcavadoras y yucles "Terex".

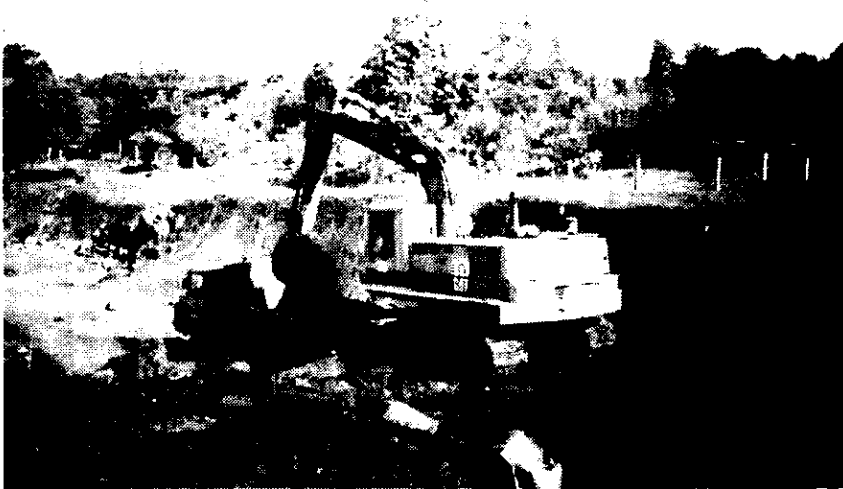


Foto 4.6 Extracción y carga de material con retroexcavadora 235 y yucles articulados Caterpillar.

4.5 PRESTAMO DE BANCO

Este tipo de trabajos consistieron en obtener el material aprovechable para la construcción de los terraplenes, en el caso en que la compensación del corte fue insuficiente o se trataba de material de mala calidad; así como la obtención del material para las capas de subyacente y subrasante, como parte de las terracerías. Para las capas de base hidráulica, base asfáltica y carpeta, que conforman el pavimento, se necesitó la explotación de un banco que debió cumplir los requisitos que exigía el laboratorio de calidad de S.C.T., en el cual se instaló una trituradora primaria de quijadas y otra de cono como secundaria, para dar las granulometrías necesitadas en las diferentes capas.

Previo a la excavación en préstamo, fue rigurosa la ejecución del desmonte y despalle del banco para después realizar la extracción del material mediante el uso de trascavos Caterpillar 155-L y 175-L y Komatsu D-75-S, maquinaria de tracción montada sobre orugas, cargadores frontales y camiones de volteo.

Por lo general el tipo de material de préstamo fue arena y grava rojiza para subyacente y subrasante y granito y arena volcánica para los materiales de pavimento.

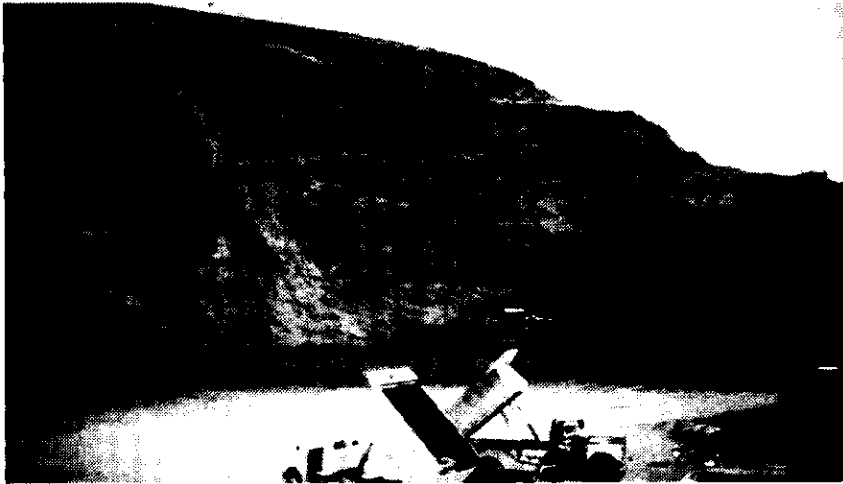


Foto 4.7 Banco de préstamo para subyacente y subrasante " Cerro Pelón"

4.6 COMPACTACION DEL TERRENO NATURAL (C.T.N.)

La compactación del terreno natural, es una actividad necesaria en la construcción de terraplenes, la cual se realiza en el área de desplante de los mismos, después de que se han ejecutado las actividades de desplante y de despálme.

Se utilizaron tractocompactadores de los llamados "pata de cabra", con lo que se logró obtener un 90% de compactación, necesario para la formación segura de los terraplenes, construidos en capas de 15 a 20 cm. de espesor.

Este procedimiento es de los vigilados rigurosamente por el laboratorio de control de calidad, debido a que una deficiente compactación puede provocar hundimientos en el pavimento terminado.

4.7 COMPACTACION EN LA CAMA DE LOS CORTES

Una vez terminada la excavación en corte, cuando el material ha sido tipo A ó tipo B, se procedió a la compactación en la cama del corte. Uno de los objetivos fue el de eliminar cualquier tipo de protuberancia originada por piedras o material suelto, que pudiera provocar esfuerzos en un área reducida al momento de aplicación de las cargas de tránsito.

Fue necesario en algunos casos, el utilizar pequeñas pistolas compresoras para fragmentar roca, y posteriormente retirarla, pero en su mayoría, solo se tendió una capa de material compactable con la que se eliminó todo tipo de desnivel y con ello las posibles zonas de esfuerzos.

4.8 OBRAS DE DRENAJE

El drenaje se puede definir como el conjunto de obras que sirven para captar, conducir y alejar el agua que puede causar problemas a una o varias partes de la estructura de la carretera.

Al construirse una vía de comunicación, como lo es en este caso una carretera, se alteran las condiciones naturales de los escurrimientos, permitiéndose el paso del agua por medio de obras de drenaje en aquellos sitios elegidos por el proyectista; si estos sitios no son los adecuados, se pueden originar varios problemas tales como deslaves, que pueden incluir hasta la rotura de la carretera, azolves, inundaciones y derrumbes entre otros.

El manejo del agua en carreteras se clasifica en drenaje superficial y subdrenaje; el primero se realiza cuando el agua escurre por la superficie del terreno o de la carretera y el segundo cuando el escurrimiento ocurre en el interior de las masas de suelo o de roca.

El drenaje superficial se compone de obras complementarias como son las cunetas, contracunetas, bordillos y el bombeo en la corona de la carretera entre otros; estas obras se construyen en una etapa posterior al término de las terracerías por lo que nos abocaremos al estudio del subdrenaje que además representa un mayor costo y requiere un procedimiento constructivo más laborioso.

El subdrenaje protege al camino del daño que le pueda causar el agua que se encuentra en el terreno abajo de él, por lo general el agua subterránea se presenta en corrientes que fluyen por efecto de la gravedad, siguiendo planos inclinados, o bien estancada en planos horizontales.

El subdrenaje en una carretera se considera principalmente como transversal ya que tiene por objeto dar paso libre al agua que cruza de un lado a otro del camino en el interior de los terraplenes. Sin embargo nos encontramos con subdrenajes longitudinales como los "subdrenes", los cuales se disponen a lo largo del eje de la carretera donde encontramos corte; los subdrenes que se utilizaron en esta obra son del tipo "Rolodrén 80", debido a que presentan un procedimiento constructivo novedoso se explica en el inciso 4.14.

Para la construcción de la autopista fueron necesarias tres tipos de obras de subdrenaje:

- Alcantarilla de tubos.

- Alcantarilla de losas.
- Alcantarilla de bóveda.

Las alcantarillas son estructuras de menos de 6 mts. de claro, que tiene por objeto dar paso libre al agua que tenga que cruzar de un lado a otro del camino.

Es difícil citar una diferencia precisa entre las alcantarillas y los puentes; no obstante, la característica que más los distingue es que la alcantarilla invariablemente se construye para conducir el agua favorablemente, mientras que el puente además de permitir el cruce del agua sirve para salvar depresiones topográficas, ya sea para dar continuidad a una carretera, a un canal, etc..

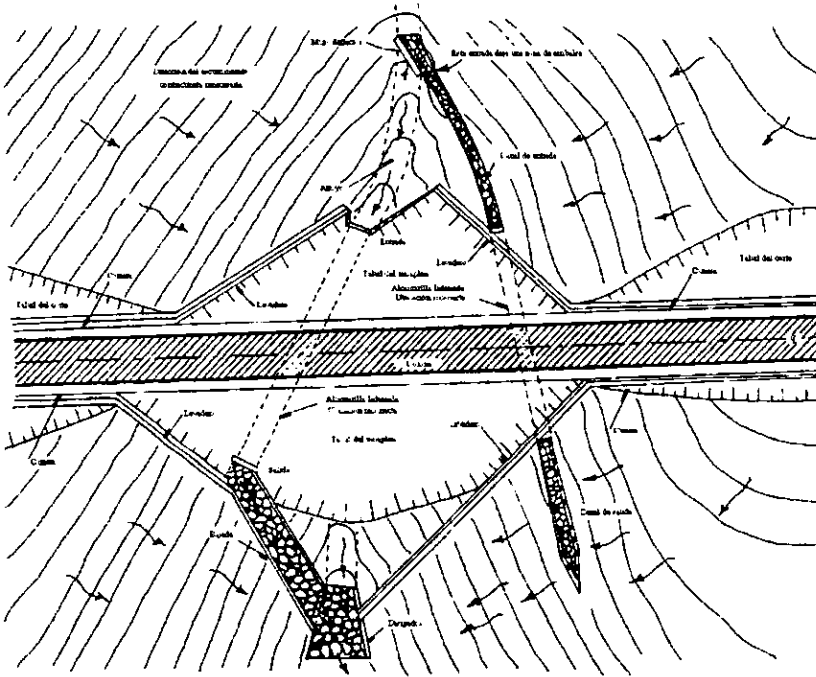


Fig. 4.1 Ubicación en planta de los diferentes tipos de drenaje.

Una alcantarilla consiste en dos partes principales: el cañón o cuerpo y los muros extremos o comunmente llamados muros de cabeza, el cañón forma el canal de la alcantarilla y los muros de cabeza sirven para anclarla e impedir la erosión a la entrada y a la salida de esta, guía la corriente y evitan que el terraplén invada el canal.

Las alcantarillas por su ubicación se han denominado:

1. Normal en tangente, cuando el ángulo de deflexión del eje trazado para el proyecto de la obra menor es igual a 90° con respecto al eje de la carretera.
2. Radial en curva horizontal, cuando el ángulo de deflexión del eje de la obra es de 90° respecto a la tangente que pasa por el punto donde se intersectan el eje del camino con el eje de la obra de drenaje.
3. Esviada, esta se considera cuando el ángulo del eje de la obra respecto al eje de la carretera es diferente de 90° . El esviaje puede ser hacia la izquierda o hacia la derecha y se mide por el ángulo que se forma entre la normal al eje del camino y el eje que forma la dirección predominante de la corriente.

Según la forma de cuerpo o cañón, las alcantarillas se dividen en:

- a) Alcantarilla de tubo
- b) Alcantarilla de cajón
- c) Alcantarilla de bóveda
- d) Alcantarilla de losa

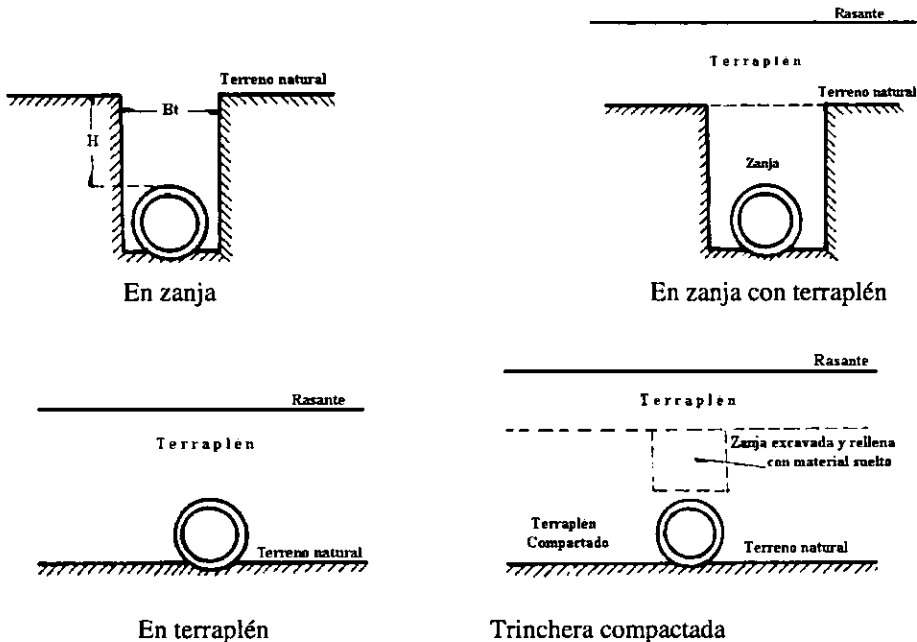
4.8.1 Alcantarilla de tubo.

Este tipo de alcantarilla lo forma un tubo cilíndrico con la sección suficiente para dar paso al agua y de longitud determinada por los taludes del terraplén. Los materiales de los tubos pueden ser concreto o lámina de acero, los diámetros más usuales son:

CONCRETO	0.90 mts., 1.05 mts., 1.20 mts. y 1.50 mts.
LAMINA	0.91 mts., 1.07 mts., 1.22 mts. y 1.52 mts.

El colchón mínimo necesario para su mejor funcionamiento es de 30 cm., pero en caso de que se utilice tubo de concreto, es recomendable colocar un colchón mínimo de 50 cms.

La pendiente longitudinal que permita el escurrimiento es de 0.5% como mínimo. La colocación de los tubos puede ser en zanja, en zanja con terraplén, en terraplén y en trinchera compactada.



Entre el km 11+000 al 18+000 fueron necesarias 15 alcantarillas de tubo con diámetros que variaron entre 90 y 150 cm de diámetro, de las cuales 4 son de tipo sifón, 10 de tubo sencillo y 1 de doble tubo.



Foto 4.8 Construcción de alcantarilla de tubo.

4.8.2 Alcantarillas de cajón.

Son estructuras de sección rectangular, simples o múltiples de concreto reforzado. Estas estructuras se utilizan cuando las capacidades de carga del terreno son muy bajas, por lo general en zonas pantanosas y cuando el gasto que se tiene es de consideración y no es económico drenarse con tubos.

Las dimensiones horizontales de los cajones van de 1.0 mts. a 5.50 mts. y varían de 50 en 50 cms., y las verticales de 1.0 mts. a 4.0 mts.

La pendiente longitudinal que permita el escurrimiento es de 0.5%; el colchón deberá tener un espesor mínimo de 20 cms.

Este tipo de alcantarilla logra una larga vida, gran adaptación y estabilidad en terrenos de baja resistencia.

En el proyecto en cuestión no se consideró la construcción de este tipo de obras.

4.8.3 Alcantarilla de bóveda.

Las alcantarillas de bóveda están formadas por un cuerpo constituido por una sección rectangular y un medio círculo o arco en la parte superior que generalmente se construye de mampostería, de concreto simple o concreto reforzado.

Su función principal es la de dar paso a cantidades considerables de agua y se emplean cuando los terraplenes son altos y las cimentaciones firmes.

La pendiente longitudinal varía del 0.5% a 20% y el colchón es de 1 mt. como mínimo arriba del lomo de la corona.

Las bóvedas pueden ser sencillas o múltiples y su situación normal o esviada.

Con respecto a sus dimensiones la luz o claro horizontal de los proyectos tipo, esta expresado en función del radio del círculo y varia de 0.50 mts. a 2.00 mts. a cada 0.25 mts. el gálibo o espacio vertical de la obra varia de 50 en 50 cms. a partir de 1 mt. hasta 5 mts..



Foto 4.9 Alcantarilla de bóveda.

4.8.4 Alcantarilla de losa.

Este tipo de obra esta constituida por una losa de concreto reforzada apoyada en muros de mampostería y puede proyectarse con colchón o sin el según sea la rasante de camino en relación con la sección del cruce.

Las dimensiones del claro varían desde 1 mt. hasta 6 mts., y el gálibo varia entre 0.75 mts. y 3.00 mts.

Si en la construcción de esta obra se coloca un colchón este debe ser de 20 cms. de espesor, la pendiente longitudinal será cuando menos de 0.50%.

Este tipo de alcantarilla proporciona un área hidráulica amplia que permite el paso fácil del agua.

De este tipo se construyeron un total de 6 obras con dimensiones que variaron desde 1x1 metro hasta 6x4.50 mts.



Foto 4.10 Alcantarilla de losa durante su construcción.

4.9 FORMACION DE TERRAPLEN

Los trabajos de formación de terraplén consistieron en el aprovechamiento del material del corte y en algunos casos con material de banco para formar rellenos y lograr el nivel subrasante.

Se realizaron dos tipos de formaciones; terraplén bandeado y terraplén compactado al 90%. El terraplén bandeado es aquel que se integra de material grueso no compactable (roca), el cual predominó debido a la presencia de granitos en los cortes que aportaron el material para compensación. El terraplén compactado al 90% es el conformado de material compactable, éste se obtuvo de la excavación en corte y de préstamo en banco.

Cabe señalar que para la formación de los terraplenes y su buen funcionamiento, las obras de drenaje son muy importantes, por ello, se hizo especial énfasis en la agilización y su correcta construcción. Las obras de drenaje como su nombre lo indica se encargan de drenar durante toda la vida útil de la carretera, el agua que corre por los cauces naturales (barrancas, arroyos, etc.) y que es donde generalmente se hacen necesarias las formaciones de terraplén.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes entregó tres proyectos tipo para la realización de obras de drenaje:

- 1.- Tubo de concreto; sencillo o doble, variando el diámetro de tubería dependiendo del escurrimiento del agua.
- 2.- Losa de concreto; apoyada sobre muros de mampostería, necesaria para caudales mayores.
- 3.- Bóveda de mampostería; para proteger al terraplén de avenidas grandes.

Así pues, la formación de terraplén se ejecutó conforme se tenía el área despalmada, el producto de la excavación o préstamo y conforme se había realizado la construcción de las obras de drenaje localizadas en el área de terraplén.

Se procedió así a formar los terraplenes, mediante capas de 30 a 40 cm. para el material compactable y tratándose de roca en capas de espesor variable, dependiendo este del tamaño máximo de roca. Dichos trabajos se realizaron mediante el uso de tractores Caterpillar D9-H, D8-L, D8-K y tractores Komatsu D85-A y D155-A.



Foto 4.11 Formación de terraplén con material compactable.



Foto 4.12 Tractor D8-k extendiendo y bandeando material de terraplén

En los terraplenes de material no compactable, se construyó al final una capa de material fino, de préstamo de banco, extendido y compactado en capas de 15 a 20 cm., sobre las cuales, se tendieron posteriormente las capas subyacente y subrasante, llegando con éstas al nivel de terracerías. La compactación para estas capas se cumplió con el uso de tractocompactadores Caterpillar 825-C y 815-B, la cual se realizó después de haber escarificado la superficie, para lograr así una buena liga entre capas.



Foto 4.13 Compactación en terraplén mediante tractocompactador 825 CAT "pata de cabra".

En algunas zonas, particularmente del km 13+500 al 13+800 y del 14+000 al 15+000, fue indispensable la construcción de escalones de liga para asegurar la correcta formación del terraplén y así mismo evitar desplazamientos posteriores debidos a la pendiente del terreno natural.

Por último, es necesario señalar, que la dinámica de construcción de los terraplenes estuvo en función del avance de las excavaciones en corte y adicional abajo de la subrasante -debido a que la mayoría fue material compensado- así como de la terminación de las obras de drenaje.

4.10 FORMACION DE SUBYACENTE

La formación de la capa subyacente fue la penúltima etapa de los trabajos de terracerías. Esta se realizó conforme a las indicaciones de las secciones de proyecto de construcción del camino.

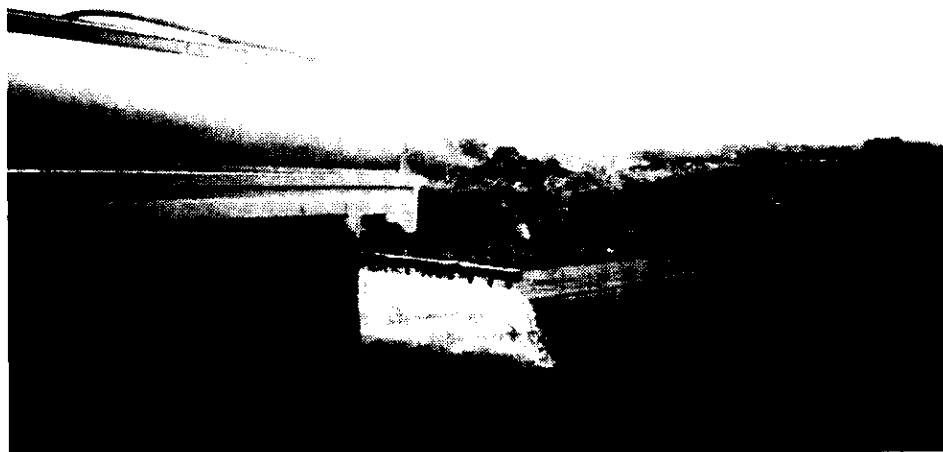
Su construcción consistió en la formación de una capa de material inerte, compactable, producto de préstamo de banco con las siguientes características:

- a) Grava color ocre, con granulometría de 3/4" a 1" medianamente compacta.
- b) Coeficiente de variación volumétrica para una compactación de 95%.

El procedimiento constructivo de esta capa fue vigilado por el laboratorio de control de calidad. Se utilizaron motoconformadoras 12-C, para el tendido y afinado y vibrocompactadores Dynapac CA-25 tipo tandem acompañados de pipas de agua para la compactación de la capa.



Foto 4.14 Compactación de capa subyacente con Vibrocompactador



Fotos 4.15 y 4.16 Afine de capa con Motoconformadora e hidratación para facilitar su manejo y compactación por medio de pipas.

El espesor de proyecto varió entre 30 y 50 cm. según la topografía y el tipo de terreno.

4.11 FORMACION DE SUBRASANTE

La formación de la capa subrasante fue la última etapa de las terracerías, la cual nos indica el término de las mismas y el punto en donde comienzan los trabajos de pavimentación.



Foto 4.17 Nivel terminado de terracerías (capa subrasante)

Se construyó un espesor constante de 30 cm. con material compactable obtenido de préstamo de banco y con un porcentaje de compactación del 100%. En el procedimiento de elaboración de esta capa fue muy importante el control de calidad, ya que se trata de la superficie que soporta directamente las capas del pavimento.

El laboratorio indicó la cantidad de agua que hubo que agregar para lograr el peso específico máximo y la humedad óptima que nos dieran las características de compactación antes señaladas. Al igual que la capa subyacente, en ésta el material se fue extendiendo por medio de el empleo de motoconformadoras y mezclándolo mediante el agregado del agua, posteriormente se compactó con vibrocompactadores Dynapac CAT-25.



Foto 4.18 Transición entre subyacente y subrasante

Se ha descrito hasta este punto, el procedimiento seguido para llegar al nivel subrasante o nivel de terracerías.

4.12 CALCULO DE VOLUMENES DE OBRA

Esta actividad fue realizada por el departamento de control de obra, con la finalidad de conocer los avances de la construcción y proceder a su estimación. Para este efecto hubo que basarse en los levantamientos de las brigadas de topografía, que se encargaban de reportar el avance a los dibujantes para plasmarlo en las secciones de construcción.

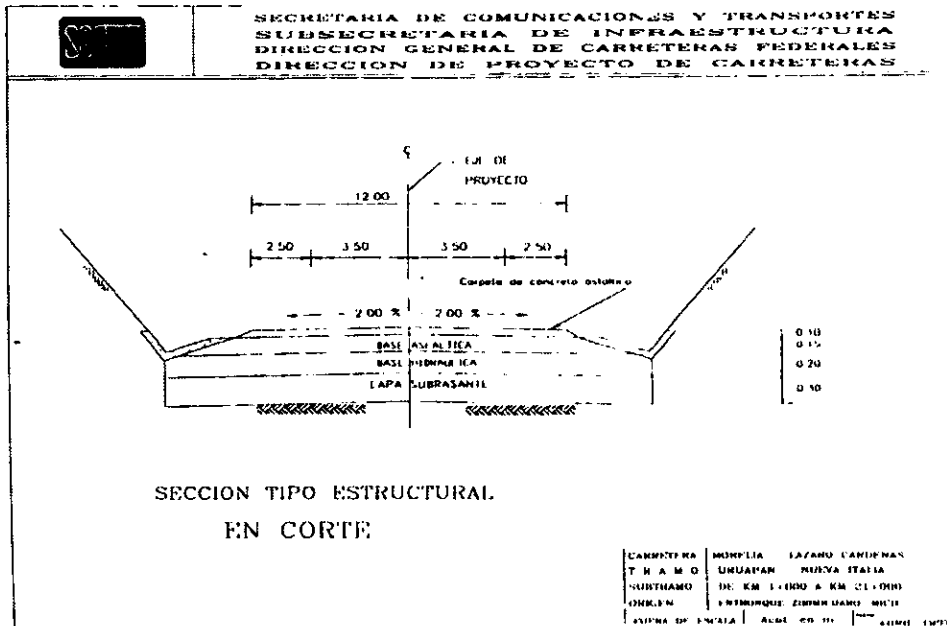
En el cálculo de los volúmenes de terracerías, es necesario suponer que existe un determinado sólido geométrico cuyo volumen sea fácilmente calculable. El método usual consiste en coonsiderar el volumen como proveniente de una serie de prismoides, es decir sólidos geométricos limitados en los extremos por caras paralelas y lateralmente por superficies planas. En el terreno, las caras paralelas corresponden a las secciones transversales extremas y las superficies planas laterales a la subrasante de la carretera, los planos de los taludes y la superficie del terreno natural.

El volumen de este prismoide puede ser calculado mediante la fórmula:

$$V = L (A1 + A2)/2$$

Donde A1 y A2 son las áreas de las secciones transversales extremas y L es la distancia entre éstas.

La formación de las secciones transversales puede ser de diferente tipo; hay secciones transversales en corte completo (sección en cajón), en relleno (sección en terraplén), y con parte en corte y parte en relleno (sección en balcón). Estas diferentes secciones dan origen a prismoides con volúmenes totalmente en corte, de terraplén o una combinación de ambos tipos respectivamente. En las figuras siguientes se muestran estas diferentes secciones de construcción.



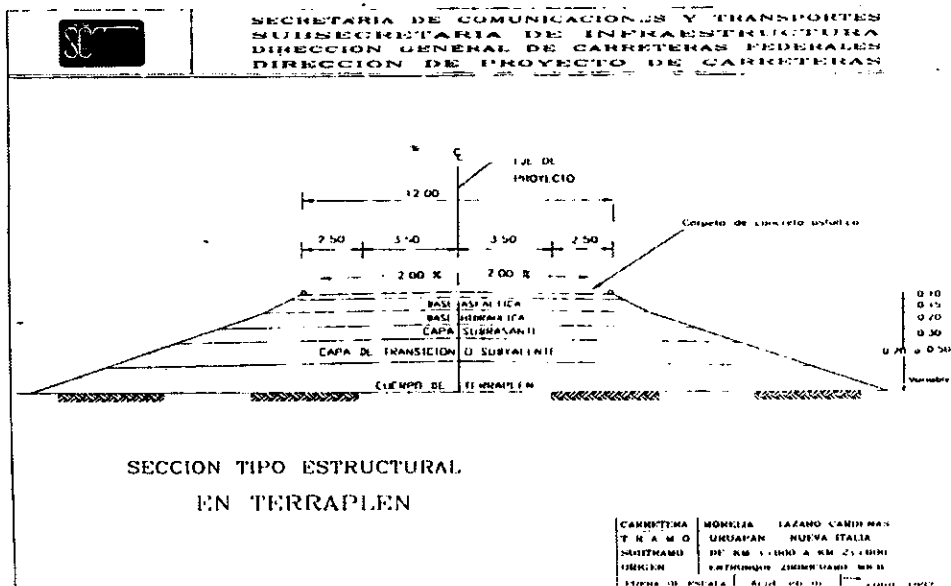
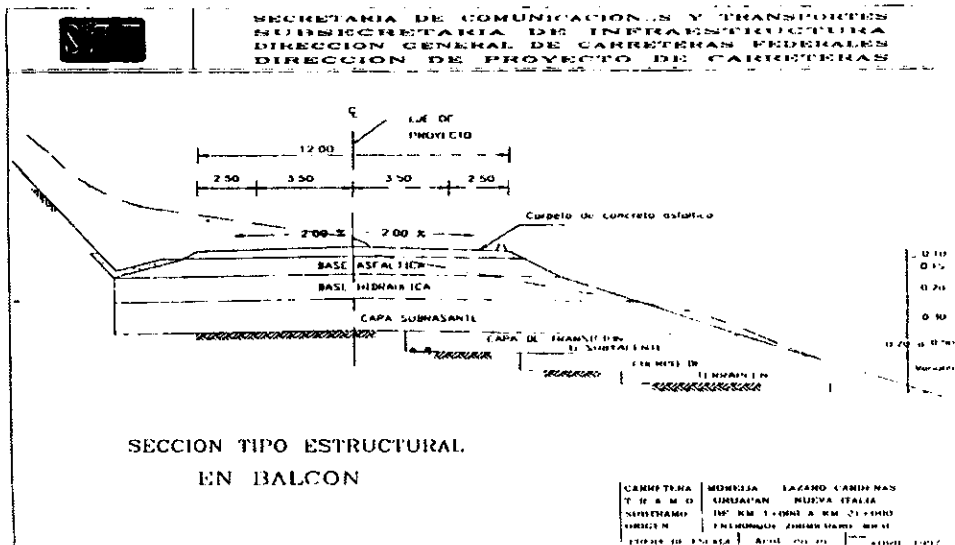


Figura 4.2, 4.3 y 4.4 Secciones tipo de construcción.

Al calcular los volúmenes de terracerías es necesario considerar que las secciones transversales sean del mismo tipo: ambas de corte o de terraplén, además se requiere gran precisión en las mediciones que realizan las brigadas de topografía en el campo durante el desarrollo de los trabajos de terracerías.

Para lograr la aproximación debida en el cálculo de los movimientos de terracerías, es necesario tener la elevación de la subrasante tanto en las estaciones cerradas como en las intermedias en donde existen cambios en las pendientes del terreno. Así mismo es conveniente tener las elevaciones de los puntos principales de las curvas horizontales, en los que la sección transversal sufre cambio motivado por la sobre elevación y la ampliación.

Obtenida la elevación de la subrasante para cada una de las estaciones consideradas en el proyecto, se determina el espesor correspondiente dado por las diferencias que existe entre las elevaciones del terreno y la subrasante.

El cálculo de volúmenes se hace con base en las áreas medidas en las secciones de construcción dibujadas con los datos de proyecto que previamente la S.C.T. entrega a la contratista mediante su residencia de construcción los cuales fueron descritos en el capítulo anterior, así como con los movimientos de los materiales que se analizan en el diagrama de curva-masa.

CANTIDADES DE OBRA DE TERRACERIAS

CONCEPTO	KILOMETRO							TOTAL
	11+000 - 12+000	12+000 - 13+000	13+000 - 14+000	14+000 - 15+000	15+000 - 16+000	16+000 - 17+000	17+000 - 18+000	
Acarreo Adicional al Primer Km	21,616.00	37,342.00	28,538.00	44,497.00	23,067.00	27,377.00	58,304.00	240,541.00
Acarreo al Primer Km	15,698.00	39,322.00	22,673.00	54,923.00	2,095.00	30,406.00	38,203.00	203,322.00
Acarreo hasta 5 estaciones	11,619.00	24,653.00	17,750.00	135.00	14,511.00	-	13,658.00	82,326.00
Acarreo kilómetros subsecuentes	9,934.00	7,699.00	7,841.00	7,523.00	-	7,311.00	17,434.00	57,742.00
Acarreo Primer Km.	9,934.00	7,699.00	7,841.00	7,523.00	62,597.00	7,311.00	8,717.00	111,622.00
Compact terr Nat	1,818.00	1,444.00	2,116.00	2,308.00	3,338.00	2,055.00	2,351.00	15,430.00
Desmonte	3.89	4.10	3.23	4.27	4.31	4.14	4.14	28.08
Despalme corte	3,625.00	4,571.00	2,892.00	-	2,993.00	1,732.00	3,695.00	19,508.00
Despalme p/terraplén	3,164.00	2,196.00	3,237.00	-	5,077.00	1,586.00	4,480.00	19,790.00
Excav. en caja material aprovech	3,312.00	132.00	210.00	56,663.00	137.00	127.00	68.00	60,649.00
Excav. en caja material desperd	-	-	-	-	-	-	173.00	173.00
Excav. p/corte aprovech	17,367.00	43,725.00	26,396.00	4,151.00	25,315.00	30,893.00	40,410.00	188,259.00
Excav. p/corte desperd.	-	3,533.00	-	3,479.00	-	-	5,641.00	12,653.00
Préstamo de banco km. 1-700	9,934.00	7,699.00	7,841.00	7,523.00	62,597.00	7,311.00	8,717.00	111,622.00
Relleno para formar subrasante	4,209.00	5,319.00	3,316.00	4,407.00	3,358.00	4,193.00	2,987.00	27,789.00
Terraplén Bandado	19,291.00	41,789.00	24,113.00	63,051.00	33,848.00	26,434.00	31,823.00	240,349.00
Terraplén al 100% (subrasante)	1,980.00	1,033.00	2,291.00	1,474.00	3,296.00	1,618.00	2,096.00	12,786.00
Terraplén al 90%	-	-	-	-	54,948.00	-	-	54,948.00
Terraplén al 95% (subsecuente)	-	-	-	-	1,282.00	-	-	1,282.00
Terraplén al 95% s/terrap. C.M.N.C.	3,018.00	727.00	1,603.00	1,035.00	3,337.00	1,120.00	3,226.00	14,075.00

4.13 SUPERVISION, CONTROL Y VERIFICACION

La supervisión, control y verificación de los trabajos de terracerías consistieron en realizar las siguientes actividades en el campo:

1.- Control de la maquinaria activa e inactiva que se encontraba en cada kilómetro de la obra.

2.- Recorridos de obra conjuntamente con los residentes y supervisión para determinar los avances de obra en cada kilómetro en los conceptos de obra que se venían ejecutando, dando mayor importancia a los volúmenes grandes de corte y terraplén, capas subyacentes y subrasantes, de tal manera que se lograba tener una base confiable para efectos de estimación de la obra.

3.- Levantamientos topográficos de los volúmenes de corte y terraplén, capa subyacente y subrasante mediante seccionamientos en diversos puntos del tramo para conocer lo trabajado por semana, con el fin de que estos datos lleven a un generador de obra del concepto correspondiente y tener así un apoyo confiable para la elaboración de la estimación.

4.- Otro punto importante fue la de hacer las observaciones correspondientes en el desarrollo de los trabajos de la obra como:

a) Observaciones con respecto al rendimiento de la maquinaria en el frente de trabajo apoyados en el control de maquinaria activa e inactiva, así como en la observación en campo en el transcurso de los trabajos.

b) Observaciones sobre la estabilidad de los cortes y en la formación de los terraplenes conjuntamente con los residentes de la obra para así lograr el correcto desarrollo de la obra.

5.- El control financiero de la obra que consistió en llevar un control de todos los conceptos de la obra por kilómetro y en la cual se anotaban todos los volúmenes de proyecto y los volúmenes físicos realizados, que multiplicados por su precio unitario correspondiente, indica el comportamiento de la obra comparándolo con el programa presupuestal.

6.- Generación de los informes de obra semanales de cada frente en los que se presentaban los trabajos ejecutados en la semana mediante un perfil de terreno natural en donde se proyectaba la línea subrasante.

4.14 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS INTERESANTES DURANTE LOS TRABAJOS DE TERRACERIAS

Uno de los procedimientos más interesantes fue el uso de explosivos para la voladura y corte del material tipo "C", el cual ya ha sido descrito en el capítulo anterior.

La utilización de panel filtrante para controlar el drenaje interior de agua, representa una aplicación novedosa en subdrenaje para carreteras. Se utilizó panel filtrante envuelto en geotextil tipo "rolodrén 80", cuyo procedimiento de colocación fue el siguiente:

El rolodrén 80 se colocó en una trinchera abierta para este fin, ésta se realizó paralela al sentido longitudinal del pavimento. Para dar el ancho de zanja requerido se utilizó una retroexcavadora de 60 cm y una zanjadora de 10 cm de ancho. La profundidad a la que se desplantó el rolodrén fue a 90 cm medidos a partir del piso de la capa de base.

Una vez hecha la excavación, se procede a colocar el rolodrén al fondo de la misma, debiendo quedar vertical y pegado a la pared de la excavación del pavimento, posteriormente se llena la zanja con material especificado (tezontle para filtro), acomodándolo con equipo mecánico.

Se dispone de salidas a una distancia especificada (no más de 120 mts), para permitir el flujo de agua hacia el exterior, las cuales debieron encintarse con membrana geotextil para un sellado perfecto que impida el regreso de agua al sistema de drenaje. Estas salidas fueron a base de tubo de PVC de 10 cm de diámetro y se procuró canalizar el desfogue a una parte alejada por medio de atraques para la tubería.

El panel rolodrén, permite un drenaje subterráneo idóneo para evitar hundimientos o deformaciones futuras en el pavimento, debido a que por su disposición en la zanja, tiene un área de absorción mayor a los demás sistemas, por tanto, su capacidad de captación de aguas logra desalojar la mayoría del flujo del líquido hacia el exterior.

Para una mejor comprensión de este sistema, se muestran algunos esquemas y especificaciones del panel rolodrén.

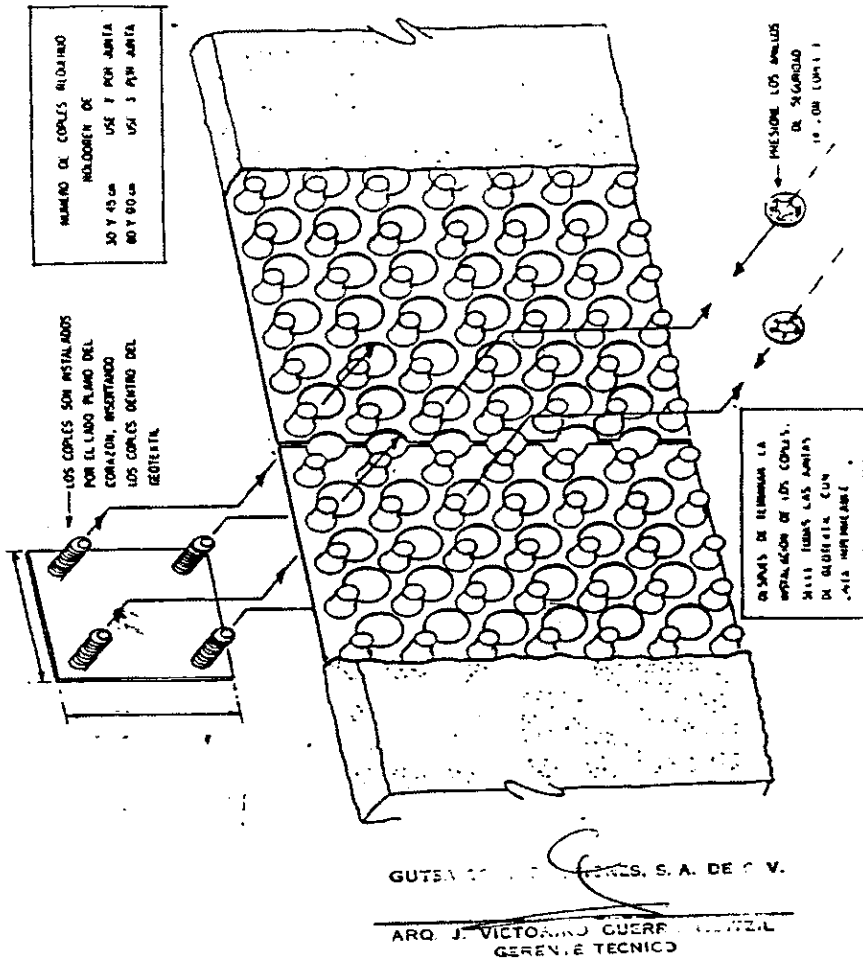
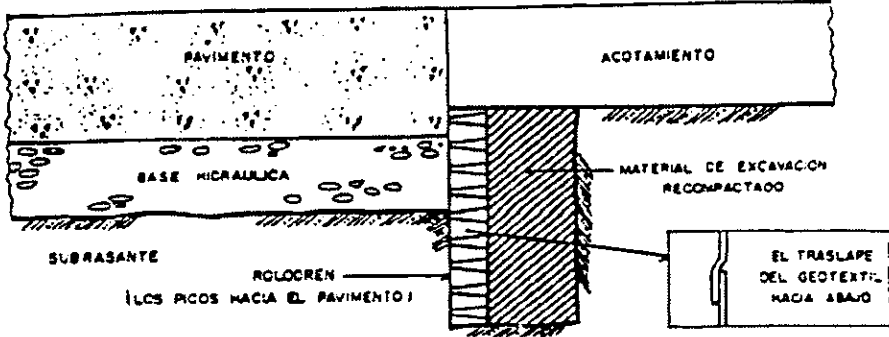


Fig. 4.5 Composición del Rolodren 80.



INSTALACION TIPICA DEL ROLODREN
EN EL BORDE DEL PAVIMENTO

GUYTON S. GUERRERO, S. A. DE C. V.

ARQ. J. VICTORINO GUERRERO MARTÍNEZ
GERENTE TECNICO

Fig. 4.6 Instalación Rolodren 80

CAPITULO V

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS

CAPITULO V

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS

Debido a la importancia que las pruebas para el control de calidad de los materiales tienen, dedicaremos este capítulo a realizar una inspección en amplios rasgos de las más utilizadas, describiendo su finalidad, importancia y aplicación dentro del proceso constructivo de las terracerías.

Las vías terrestres como tales, se construyen fundamentalmente de tierra y sobre tierra. Desde hace tiempo, es reconocida la influencia que tiene sobre cualquier estructura el terreno que le sirve de apoyo entendiendo por tal no sólo al suelo o la roca que exista en el lugar, pasivamente considerado, sino a todo un conjunto de condiciones que comprenden desde la constitución mineralógica, la estructuración del suelo, la cantidad y el estado de agua contenida, etc.

Sin embargo, ha sido hasta épocas más recientes cuando los ingenieros han comprendido que el uso de los materiales, que se ofrecen en general en amplia variedad en la naturaleza, dentro del cuerpo de la estructura, no es indiferente o arbitrario, sino selectivo, y que el control de calidad de los materiales usados durante el proceso constructivo es de gran importancia para el buen funcionamiento de la obra.

Por lo tanto, la construcción de las vías terrestres implica entonces el uso de los suelos, pero un uso selectivo, juicioso y con un control de calidad eficiente. En la ingeniería moderna se han desarrollado ramas cuyos objetivos son precisamente el aprender a manejar de la mejor manera posible, los materiales que forman parte de una obra de vías terrestres.

Estas ramas son la Mecánica de Suelos y la Mecánica de Rocas, estrechamente auxiliadas por la Geología aplicada. En el presente capítulo, se tratará solo las aplicaciones que tiene la mecánica de suelos en el control de calidad de los materiales usados durante el proceso constructivo de la obra ya que la mecánica de rocas solo interviene en aspectos más particulares. (Rico, 1974: 17).

Normalmente en la ejecución de trabajos de terracerías se realizan los siguientes trabajos de control de calidad:

a) Análisis del material (suelo) para terracerías.

b) Ensayes de compactación.

a) Análisis del material para terracerías: Proporciona conocimiento de las propiedades físicas del material tales como:

- 1- Composición granulométrica.
- 2- Clasificación del material.
- 3- Límite líquido y límite plástico.
- 4- Contracción lineal.
- 5- Absorción y densidad.
- 6- Peso específico suelto.
- 7- Contenido de humedad.
- 8- Valor relativo de soporte.

b) Ensayes de compactación: Brinda una noción sobre el comportamiento del material empleado en la ejecución de los trabajos de terracerías e indica:

- 1- Espesor de capas (subyacente y subrasante).
- 2- Altura de proyecto de terraplén.
- 3- Altura faltante a nivel de capa subrasante.
- 4- Contenido de humedad en el lugar y óptima.
- 5- Peso específico seco en el lugar y máximo.
- 6- Porcentaje de compactación.

5.1 PRUEBAS DE RUTINA

Se entenderá como pruebas de rutina a aquellas pruebas básicas que se realizaron tanto en campo como en laboratorio, con el fin de obtener el análisis del material para usar en terracerías y calificar su calidad así como hacer las recomendaciones pertinentes.

5.1.1 Granulometría.

Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan por que su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones, de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que sigue correlativamente.

La separación de fracciones se hace sencillamente por mallas, cuando es posible el cribado, pero en suelos de grano muy pequeño, que forman grumos, deben adoptarse

procedimientos bastante más complicados para separar las partículas individuales y ello da lugar a resultados mucho más confusos.

Una buena composición granulométrica, facilitará el trabajo de compactación además de lograr la calidad adecuada, ya que se compactará mejor para una misma energía de compactación a diferencia de los suelos muy uniformes (mal graduados). Esto debido a que en la compactación, sobre todo con vibrado, las partículas más chicas pueden acomodarse en los huecos entre las partículas más grandes, adquiriendo el conjunto una mayor compacidad.

En obras como ésta, para juzgar la calidad del material se utiliza el análisis granulométrico simplificado que consiste en separar los suelos gruesos por medio de mallas para posteriormente clasificarlos; en lo concerniente a suelos finos se evalúa su calidad basándose en las características de plasticidad del mismo. Cabe señalar que estas pruebas se realizan conforme a las normas de muestreo y pruebas de materiales de la S.C.T. (Rico, 1974: 24-26).

5.1.2 Contenido de humedad.

El contenido de humedad también interviene en la determinación del proceso de compactación del terreno natural, además de ser básico para pruebas siguientes como son las de plasticidad en las que intervienen los límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico).

Se conoce como contenido de humedad de un suelo, la relación entre el peso del agua contenida en el mismo y el peso de su fase sólida; y suele expresarse en porcentaje.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

En donde:

w = Contenido de humedad.

W_w = Peso del agua.

W_s = Peso de los sólidos.

W_m = Peso de la masa.

La prueba se lleva a cabo pesando la muestra para conocer el peso de la masa (W_m). A continuación dicha muestra se seca al horno y se vuelve a pesar, y así obtener el peso de los sólidos (W_s). De esta manera el peso del agua será $W_w = W_m - W_s$, con lo cual se puede determinar la humedad. (Juárez, 1985: 61).

5.1.3 Límite líquido y límite plástico.

El límite líquido y el límite plástico conocidos también como límites de Atterberg corresponden a las fronteras que ayudan a medir la plasticidad del suelo en cuestión.

Definiendo como plasticidad la facilidad de un material que presenta a remodelarse sin cambio de volumen y teniendo un mínimo de resistencia al corte; se observa que en la plasticidad de un material intervienen las características de humedad, peso volumétrico, sensibilidad de sus partículas, principalmente las finas, con respecto al agua y el porcentaje de éstas dentro del total.

Así los límites de Atterberg corresponden al contenido de humedad, definido anteriormente. El límite líquido (Ll) es la humedad correspondiente al límite entre el estado semilíquido y el plástico, en esta condición el material tiene una resistencia mínima al esfuerzo cortante. El límite plástico (Lp) es la humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y el semisólido.

Para situar el material en el límite líquido, se utiliza la copa de Casagrande en la cual, la porción del material que pasa la malla No. 40 con ese contenido de humedad debe curvar íntimamente, a lo largo de 1 cm, una abertura realizada con una pequeña herramienta especial denominada ranurador al proporcionar 25 golpes sobre la base del aparato.

Para que el material llegue al límite plástico, se elaboran rollitos de material, inicialmente en el límite líquido, que se rolan por medio de un vidrio pequeño, levantando 3 mm por medio de alambre, sobre otro vidrio base de mayores dimensiones; se dice que el material está en límite plástico cuando los rollitos empiezan a agrietarse. Este punto queda a juicio del laboratorista por lo cual tiene una amplia variabilidad. (Olivera, 1986: 70-71).

5.1.4 Contracción lineal.

La prueba de contracción lineal, es también una medida de la plasticidad de la porción de los materiales que pasa la malla No. 40. En este caso no se obtiene una humedad, sino una relación de longitudes. El material con humedad correspondiente al límite líquido, se coloca en un molde y se introduce en un horno hasta peso constante, periodo durante el cual sufre una disminución de longitud, de acuerdo a sus características. El porcentaje de acortamiento sufrido con respecto a la longitud inicial, es la contracción lineal que se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Contracción lineal} = \frac{\text{Longitud inicial} - \text{Longitud final}}{\text{Longitud inicial}} \times 100$$

Esta prueba tiene ventajas, si se compara con los límites de Atterberg como son:

- a) Se necesita un solo parámetro.
- b) La variabilidad es menor que la del límite plástico y por tanto, a la del índice plástico.
- c) Constituye una medida más exacta de la plasticidad y puede pensarse que es un vernier para los límites de consistencia.

Al utilizarse la contracción lineal en materiales de buena calidad, se pueden aceptar o rechazar con mayor precisión.

Se ha encontrado una correlación del índice plástico y la contracción lineal en la cual, aquella es del doble al triple que ésta; dicha ambigüedad hace que al utilizar sólo los límites de Atterberg en materiales de baja plasticidad, se pueden aceptar materiales de mala calidad o rechazar los utilizables. (Olivera, 1986: 71).

5.1.5 Absorción y densidad.

El conocer la absorción y densidad del material mediante pruebas de laboratorio, nos ayuda a conocer la compresibilidad del suelo y la cantidad de agua que puede absorber, todo esto con el fin de tener un mejor desarrollo de los trabajos de compactación así como el proceso de humectación del material que también es parte de estos trabajos.

La densidad de un material quedará definida por la relación de vacíos y la porosidad; así, conoceremos como relación de vacíos o índice de poros a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos de un suelo.

$$e = \frac{V_n}{V_s}$$

En donde:

e = Relación de vacíos.

V_n = Volumen de vacíos.

V_s = Volumen de sólidos.

Teóricamente la relación de vacíos varía desde 0 ($V_n=0$) hasta infinito (valor correspondiente a un espacio vacío), pero normalmente se hallan valores entre 0.25 y 15 en la práctica.

La porosidad de un suelo está dada por la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa y se expresa como porcentaje:

$$n = \frac{V_n}{V_m} \times 100$$

En donde:

n= Porosidad.

V_m= Volumen de la masa.

También de manera teórica puede variar esta relación entre 0 (suelo ideal con sólo fase sólida) y 100 (espacio vacío). Los valores reales oscilan entre un 20% y un 95%. (Juárez, 1985: 54).

Al igual que las pruebas anteriores, éstas se realizan conforme a las Normas de Muestreo y Pruebas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.).

5.1.6 Peso específico suelto.

Al referirnos al peso específico suelto de un material, nos referimos a aquel suelo en el cual su estructura ha sido alterada debido a los procesos de trabajo llevados a cabo en terracerías. Estos procesos, incluso propician que el peso específico suelto del suelo sea variable en un mismo tipo de material debido a los cambios de acomodo que sufre en los procesos de carga, acarreo y almacenamiento.

Debido a esto, se recomienda hacer un muestreo lo más representativo posible, utilizando muestras tanto procedentes del área de trabajo como del lugar de almacenamiento.

Para determinar el peso específico suelto, se realizan pruebas de laboratorio y de campo; para ello es necesario determinar el peso volumétrico del material húmedo y el peso volumétrico del material seco. Para esto, se establece la relación entre el peso del material y su volumen, de tal manera que se calcule el peso volumétrico del material en estado seco mediante la fórmula siguiente:

$$gd = \frac{gm}{100 + w} \times 100$$

En donde:

gd= Peso específico del material en estado seco en el lugar, en $[\text{kg}/\text{m}^3]$.

gm= Peso específico del material en estado húmedo en el lugar, en $[\text{kg}/\text{m}^3]$.

w= Contenido de humedad del material en %.

No solo es importante conocer el peso específico suelto, por lo que se realizan pruebas similares para determinar el peso específico en estado natural y el peso específico del suelo en estado compacto.

El primero se refiere a todo aquel material que presenta su acomodo original ocasionado por procesos naturales. Esta condición se encuentra en los bancos de préstamo y en el terreno natural de manera general. Por otro lado, el peso específico del suelo en estado compacto es aquel que se nombra al material que se encuentra acomodado mediante un proceso de compactación de terracerías y que varía con las capas del terraplén en cuestión.

5.1.7 Valor relativo de soporte.

El valor relativo de soporte (VRS) se define como la relación de las resistencias en porcentaje, del material en estudio y de un material estándar, a ser penetrados por un cilindro metálico de 19.35 cm^2 de sección. Este término es el correspondiente al California Bearing Ratio (CBR) de la prueba Porter del Estado de California, E.U.A. El material estándar es una caliza triturada, para la cual ya se tienen las resistencias constantes para cualquier penetración de los que se indican más adelante.

Para obtener este valor, se coloca el espécimen en una prensa, haciendo lecturas de cargas en kg, correspondientes a las penetraciones de: 1.27, 2.54, 3.81, 5.08, 7.62, 10.16 y 12.70 mm. Con estos datos se dibuja una gráfica, en la que en las abscisas se coloca la penetración y en las ordenadas las cargas correspondientes; si la curva no tiene cambios bruscos, el valor relativo de soporte se calcula con la carga (A) correspondiente a la penetración de 2.54 mm o sea:

$$\text{VRS} = \frac{A}{1,360} \times 100$$

1,360 es la resistencia correspondiente al material estándar, a la misma penetración de 2.54mm. (Olivera, 1986: 73).

5.2 PRUEBAS DE REVISION DE ESPESORES

Como su nombre lo indica, estas pruebas se realizan con el fin de examinar los espesores correspondientes a las capas subyacentes y subrasantes; dichos espesores en general deben cumplir con los requerimientos de compactación y espesor de proyecto.

Para realizar la revisión, se deben llevar a cabo pruebas para calcular el valor relativo de soporte modificado.

5.2.1 Valor relativo de soporte modificado.

La definición y el uso del valor relativo de soporte (VRS), han sido ya descritos con anterioridad; para la revisión de espesores se utiliza un valor de VRS modificado de acuerdo a las normas de muestreo y pruebas de materiales de SCT que se aplican a pruebas hechas en las terracerías a nivel subyacente y subrasante.

Las pruebas para obtener el valor relativo de soporte modificado es la misma que para el valor relativo de soporte normal, con la diferencia de que los especímenes a prueba tienen los contenidos de humedad para los diferentes grados de compactación que deben tener los trabajos de terracerías

5.3 CONTROL DE COMPACTACION

La compactación es el proceso mecánico, por medio del cual se reduce el volumen de los materiales, en un tiempo relativamente corto, con el fin de que sean resistentes a las cargas y tengan una relación esfuerzo-deformación conveniente durante su vida útil de la obra.

Su control consiste en determinar el peso específico seco máximo y la humedad óptima de cada material en cuestión, así como de cada capa, ya sea en formación de terraplén, capa subyacente o capa subrasante del camino.

De esta manera se pretende lograr que el grado de compactación en cada capa sea el adecuado conforme a los requerimientos del proyecto. (Olivera, 1986: 91).

5.3.1 Peso específico máximo y humedad óptima.

Para determinar el peso específico seco máximo y la humedad óptima del material de terracerías, existen varias pruebas aprobadas en las normas de la S.C.T., en donde la más común utilizada es la prueba de compactación dinámica Proctor. Esta prueba se utiliza

para suelos que se emplean en la construcción de terracerías, cuando pasa la malla No. 4.75, con una tolerancia máxima de 10% retenido en dicha malla, pero que pasan totalmente por la malla No. 9.5.

Esta prueba no se debe efectuar en arenas y en materiales cuyo índice plástico sea igual o menor que 6.

A grandes rasgos, el método consiste en preparar especímenes utilizando una misma muestra del material con diferentes contenidos de agua, compactándolos en tres capas mediante impactos con un pisón de 2.5 kgs. de peso y una altura de caída de 30.5 cm. El resultado de esta prueba se obtendrá al dibujar una curva en la que se observa la acción del agua en la compactación de los suelos, el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima.

5.3.2 Peso específico máximo y humedad a condiciones del lugar.

Estas pruebas se realizan en campo con la finalidad de comparar los valores del peso específico seco máximo y la humedad óptima obtenidos en el lugar con los valores solicitados por el laboratorio, todo esto con el objetivo de lograr la compactación de proyecto para los trabajos en terracerías.

Con las pruebas de campo se encuentra el peso volumétrico seco alcanzado en la obra, para lo cual se hace un sondeo a cielo abierto con una profundidad igual al espesor de la capa de estudio y con un ancho o diámetro igual a tres o cuatro veces el tamaño máximo del agregado (15 cm. máximo). El material que se extrae del sondeo se coloca en una charola para conocer el peso húmedo y se toma una pequeña muestra para conocer su humedad, con lo cual podemos calcular el peso seco del material.

$$\text{Peso seco} = \frac{100 \text{ Peso húmedo}}{100 - \text{humedad (\%)}}$$

En donde la humedad entra en porcentaje.

5.3.3 Porcentaje de compactación.

Una vez que en el campo se termina la compactación de alguna capa de la sección estructural, ya sea del cuerpo del terraplén, de la capa subrasante, etc., es necesario que se verifique si se alcanzó el peso volumétrico marcado en el proyecto. La compactación alcanzada se mide por medio del porcentaje o grado de compactación (G_c), que se define como la relación en porcentaje del peso volumétrico seco que se tiene en la obra y el peso

para suelos que se emplean en la construcción de terracerías, cuando pasa la malla No. 4.75, con una tolerancia máxima de 10% retenido en dicha malla, pero que pasan totalmente por la malla No. 9.5.

Esta prueba no se debe efectuar en arenas y en materiales cuyo índice plástico sea igual o menor que 6.

A grandes rasgos, el método consiste en preparar especímenes utilizando una misma muestra del material con diferentes contenidos de agua, compactándolos en tres capas mediante impactos con un pisón de 2.5 kgs. de peso y una altura de caída de 30.5 cm. El resultado de esta prueba se obtendrá al dibujar una curva en la que se observa la acción del agua en la compactación de los suelos, el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima.

5.3.2 Peso específico máximo y humedad a condiciones del lugar.

Estas pruebas se realizan en campo con la finalidad de comparar los valores del peso específico seco máximo y la humedad óptima obtenidos en el lugar con los valores solicitados por el laboratorio, todo esto con el objetivo de lograr la compactación de proyecto para los trabajos en terracerías.

Con las pruebas de campo se encuentra el peso volumétrico seco alcanzado en la obra, para lo cual se hace un sondeo a cielo abierto con una profundidad igual al espesor de la capa de estudio y con un ancho o diámetro igual a tres o cuatro veces el tamaño máximo del agregado (15 cm. máximo). El material que se extrae del sondeo se coloca en una charola para conocer el peso húmedo y se toma una pequeña muestra para conocer su humedad, con lo cual podemos calcular el peso seco del material.

$$\text{Peso seco} = \frac{100 \text{ Peso húmedo}}{100 - \text{humedad (\%)}}$$

En donde la humedad entra en porcentaje.

5.3.3 Porcentaje de compactación.

Una vez que en el campo se termina la compactación de alguna capa de la sección estructural, ya sea del cuerpo del terraplén, de la capa subrasante, etc., es necesario que se verifique si se alcanzó el peso volumétrico marcado en el proyecto. La compactación alcanzada se mide por medio del porcentaje o grado de compactación (G_c), que se define como la relación en porcentaje del peso volumétrico seco que se tiene en la obra y el peso

5.4.3 En capa subyacente.

La evaluación en capa subyacente se refiere a las pruebas de control realizadas en esta capa durante su formación hasta su término. Los resultados de las pruebas mostraron que el grado de compactación fue el adecuado para esta capa dando resultados satisfactorios.

5.4.4 En capa subrasante.

El trabajo de compactación en esta capa es muy importante, así, el control de calidad mediante las pruebas pertinentes en el proceso de formación para la capa subrasante se debe cuidar bien de modo que cumpla con las especificaciones de proyecto y normas de construcción señaladas por la S.C.T. En general se tuvieron resultados buenos dando una evaluación adecuada para la capa subrasante.

En términos generales todas las pruebas descritas en este capítulo nos llevan a considerar que es muy importante el control de calidad de los materiales que se utilizarán para los trabajos de terracerías ya que de ellos depende también el proceso constructivo en las diferentes capas referidas. En obras como ésta, el control de calidad se basa en los requerimientos de proyecto y obviamente en lo establecido por las Normas de Control de Calidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Cabe señalar que en lo concerniente a la evaluación de pruebas (5.4), los resultados de las evaluaciones, se refieren a los resultados finales después de la construcción de las capas, en algunos casos se tuvieron resultados que no cumplían las especificaciones y se realizaron las correcciones pertinentes hasta lograr el grado de compactación requerido.

Hemos visto a lo largo de este capítulo, algunos de los procedimientos y trabajos para la evaluación y el control de calidad de los materiales de construcción para la obra, con ello damos por entendido que la calidad de los materiales es muy importante para la realización correcta de una obra como la que se tiene en estudio; se presentará a continuación algunas formas empleadas para el control de calidad de los materiales y pruebas realizadas con el mismo fin.



Consultoría Supervisión Técnica
y Operación en Sistemas, S.A. de C.V.

INFORME DE COMPACTACION DE TERRACERIAS EN CUERPO DE TERRAPLEN

TERMINO: AUTOPISTA: MORELIA - LAZARO CARDENAS
 LOCALIZACION: TRAMO: URUPAN - NUEVA ITALIA
 SUBTRAMO: KM. 1 + 000 A KM. 21 + 000
 REGISTRO DE CAMIONES: 057 CI
 GRADO DE COMPACTACION MINIMO REQUERIDO PARA LAS CAPAS (EN PORCIENTO): 90%

ENSAJE Nº	ESTACION	CAPA	CANT. Nº	ESTRUC. DE LA CAPA (PROVEEDOR)	MATERIAL (PROVEEDOR) EN TERREMEN	MATERIA PASADITA AL NOME DE CIMA (TERREMEN)	HUMEDAD %		ESTIMACION DE VOLUMEN		% DE COMPACTACION
							ESTIMADO	ENCONTRADO	ESTIMADO	ENCONTRADO	
SUBTRAMO KM. 13 + 760 A KM. 13 + 840 CUERPO DE TERRAPLEN											
4054	13 + 760	D	1	02	1 00	1 48	15 0	16 8	1500	1676	90
4055	13 + 800	C	1	02	1 80	1 48	14 2	16 8	1526	1676	91

LIBERACION Y FIRMAS: LOS VALORES OBTENIDOS CUMPLEN CON EL % MINIMO ESPECIFICADO POR S.C.T. MATERIAL PROCEDENTE DEL BANCO "CERRILLO PUECO"

ELABORADO POR: C. CARLOS GONZALEZ CABRANO
 ELABORADO EN EL LABORATORIO: C. GONZALO MORALES DOMINGUEZ
 REVISADO POR: ING. L. LEO CARRASQUIN Z.

Tabla 5.1 Formato para reportes de calidad en compactación.



Consultoría Supervisión Técnica
y Operación en Sistemas, S.A. de C.V.

INFORME DE COMPACTACION DE TERRACERIAS EN CUERPO DE TERRAPLEN

TEMA: AUTOPISTA: MORELIA - LAZARO CARDENAS
 LOCALIZACION: TRAMO: URUAPAN - NUEVA ITALIA
 SUBTRAMO: KM. 1+000 A KM. 2+000
 DEPORTE DE CAMPO N°: 037 CT
 GRUPO DE COMPACTACION (MÁS DE UNO DEBEN MARCARSE): (A) (B) (C) (D) (E) (F) (G) (H) (I) (J) (K) (L) (M) (N) (O) (P) (Q) (R) (S) (T) (U) (V) (W) (X) (Y) (Z)
 NIVEL DE COMPACTACION: 90%

ENSAJE N°	ESTACION	LARGO	CANTO N°	ESTRUCTURA DE LA CAPA TERRESTRE	MATERIAL (MUESTRAS EN TERRESTRE)	MUESTRA (MUESTRA EN NIVEL DE CAPA TERRESTRE)	MUESTREO		PERFILADO (MUESTRA 10m ²)		% DE COMPACTACION
							DES. TERRESTRE	TERRESTRE	DES. TERRESTRE	TERRESTRE	
SUBTRAMO KM 13+700 A KM 13+840 CUERPO DE TERRAPLEN											
4054	13+700	D	1	32	1 80	1 48	15 D	16 B	1509	1676	90
4058	13+800	C	1	32	1 80	1 48	14 2	16 B	1526	1676	91

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LOS VALORES OBTENIDOS CUMPLEN CON EL % MÍNIMO ESPECIFICADO POR S C T MATERIAL PROCEDENTE DEL BANCO "TERRESTRE"
 EL JEFE DEL LABORATORIO: C. GONZALEZ NAVAREZ DOMINGUEZ
 EL JEFE DE OBRA: C. CARLOS GONZALEZ CARIAND
 INGENIERO: INGI. LUIS CARRASQUIN Z.

Tabla 5.1 Formato para reportes de calidad en compactación.



Consistoria Supervisión Técnica
y Operación en Sistemas, S.A. de C.V.

INFORME DE TERRACERIAS

OBRA	CARRETERA MORELIA - LAZARO CARDENAS		ENSAYE N°	5157
LUGAR LOCALIDAD TRAMO:	URULUPAN - NUEVA ITALIA		FECHA DE HECHO	19/08/88
	CIUDAD CANAL TRAMO KILOMETRO, ORDEN DEL CANTONAMIENTO		FECHA DE INFORME	26/08/88
	SUBTRAMO: KM. 1+000 A KM. 2+000			
FUENTE DE DATOS	ENSAYE N°	5157		
	ESTACION	13+800		
	LADO	EN EL TRAMO KM 13+760 A KM 13+840		
	CAPA	2º CUERPO DE TERRAPLEN		
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	5"		
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 MM.	28.7		
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 MM.	46		
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 MM.	33		
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 MM.	26		
	COEF. DE HUM. DE CAMPO %			
	LIMITE LIQUIDO %	55		
	INDICE PLASTICO %	24		
	CONTRACCION LINEAL %	8.8		
	P.E.S. BUELTOS KG/M ²	1212		
	H.P.R. MAXIMO KG/M ²	1694		
	HUMEDAD OPTIMA %	23.1		
	HUMEDAD NATURAL %			
	COMPACTACION DEL LUGAR %			
V.R.S. ESTANDAR SATURADO %	24.5			
EXPANSION %	1.02			
CLASIFICACION S.O.P.	GC			
ESTUDIO DE ENSAYOS	TIPO DE PRUEBA			
	LUGAR DE PRUEBA			
	HUMEDAD DE PRUEBA %			
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %			
	ESPESOR DE QUERIDO, cm			
	HUMEDAD DE PRUEBA %			
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %			
	ESPESOR DE QUERIDO, cm			
	HUMEDAD DE PRUEBA %			
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %			
ESPESOR DE QUERIDO, cm				
HUMEDAD DE PRUEBA %				
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %				
ESPESOR DE QUERIDO, cm				
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:				
MATERIAL NO COMPACTABLE, SE ENSAYO LA FRACCION QUE PASA MALLA DE 3", LA CUAL CUMPLE PARA CUERPO DE TERRALEN				
EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vn. No.		
C. SYMBALDIA TORRES DIAZ	C. JOSE LUIS NEVAREZ D.	C. ING. JOSE LUIS CARRASIN Z.		

Tabla 5.2 Informe de calidad del material utilizado en terracerías
(si cumple)



Consultoría Supervisión Técnica
y Operación en Sistemas S.A. de C.V.

INFORME DE TERRACERIAS

UERVA LOCALIZACION TRAMO: URUAPAN - NUEVA ITALIA ESTADO: QUEROQUARO MUNICIPIO: URUAPAN SUB-TRAMO: KM. 1+000 A KM. 21+000		FOLIO N° 3965 FECHA DE ELABORACION 14/12/98 FECHA DE RECEPCION 14/12/98
IDENTIFICACION CANTON LADO UERVA	SUB-TRAMO KM. 11+120 A KM. 11+260. RAMA 11 ENT. TARETAN CORTE A 1.0 M	No. 2 0.0 100 98 95 68 42 15.6 891 1020 39.1 8.2 3.26 C44
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL		
TAMANO MAXIMO % RETENIDO EN MALLA DE 75 MM % QUE PASA MALLA DE 75 MM % QUE PASA MALLA DE 4.75 MM % QUE PASA MALLA DE 0.425 MM % QUE PASA MALLA DE 0.075 MM EDULV. DE FERR. (M. CANON) % LIMITE SUPERIOR % LIMITE INFERIOR % DENSIDAD (M. ABSOR) % DENSIDAD (M. REAL) % P.E.S. REAL (M. REAL) P.E.S. NOMINAL (M. REAL) FRACTURA (M. REAL) % FRACTURA (M. NOMINAL) % VITIS (M. REAL) (M. NOMINAL) % EXPANSION % CLASIFICACION B.O.P.		
ESTADO DE DEBILIDADES		
HUMEDAD DE FORTA CURVA DE FORTA HUMEDAD DE FORTA % VALOR RELATIVO DE FORTA % ESPESOR DE FORTA (cm) HUMEDAD DE FORTA % VALOR RELATIVO DE FORTA % ESPESOR DE FORTA (cm) HUMEDAD DE FORTA % VALOR RELATIVO DE FORTA % ESPESOR DE FORTA (cm)		
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: NO CUMPLE CON E.V. (S. Y PORCENTAJE DE EXPANSION) NO SE RECOMIENDA SU UTILIZACION		
EL LABORATORISTA C. ENRIQUE EDUARDO CORTERO	JEFE DEL LABORATORIO C. JOSE LUIS BEVAREZ D	Vº Pº C. ING. JOSE LUIS CARRANZO

Tabla 5.3 Informe de calidad del material utilizado en terracerías (no cumple)



Consultoría Supervisión Técnica
y Operación en Sistemas S.A. de C.V.

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA

UBICACION	AUTOPISTA: MORELIA - LAZARO CARDENAS	ENSAYES	3089 3091
TRAMO	TRAMO: URUAPAN - NUEVA ITALIA	FECHA DE REALIZACION	25.05.98
		FECHA DE INFORME	15.06.98
UBICACION DE LA MUESTRA	BANCO "LA ARENA" KM. 5 + 300 O DER., 300 M.		
SUBSTRATO			
TIPO DE MATERIAL	EPICHA VOLCANICA (SP)		

	% DE ENSAYE			PROMEDIO
	3089	3090	3091	
	M-1	M-2	M-3	
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO	944	933	916	931
PESO VOLUMETRICO NATURAL DE BANCO	1303	1297	1227	1272
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	1475			
HUMEDAD OPTIMA EN PORCIENTO	18.2			
HUMEDAD DE LLUGAR EN PORCIENTO	12.5	10.7	9.4	10.8
PESO VOLUMETRICO SECO EN ESTADO NATURAL DE BANCO	1158	1162	1121	1147
% DE COMPACTACION	78.5	78.7	76	77.7
COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA DEL MATERIAL EN ESTADO NATURAL A SUELTO (C V V N C)	1.226	1.245	1.223	1.231
COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA DEL MATERIAL EN ESTADO NATURAL A COMPACTO (C V V N C) AL 95%	0.826	0.829	0.800	0.818
COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA DEL MATERIAL EN ESTADO SUELTO A COMPACTO AL 95% (C V V S C)	0.673	0.665	0.653	0.663

EL LABORATORISTA

C. CARLOS GOMEZ CASIANO

EL JEFE DE LABORATORIO

C. JOSE LUIS NEVAREZ D.

Vo. Bo.

C. ING. LUIS CARRARIN ZARATE

Tabla 5.4 Ensayo para determinar el coeficiente de variación volumétrica
(Banco La Arena)



Consultora Supervisión Técnica
y Operación en Sistemas S.A. de C.V.

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA

CANTON	AUTOPISTA: MORELIA - LAZARO CARDENAS	ESTACION	3083 3085
LOCALIDAD	TRAMO: URUAPAN - NUEVA ITALIA	FECHA DE RECEPCION	25 05 99
		FECHA DE EMISIÓN	15 06 99
DEPARTAMENTO	MICHOACÁN		
PROYECTO	BANCO "EX-HACIENDA" KM. 13 + 820 DESV. DER.		
TIPO DE MATERIAL	EPÉCHA VOLCANICA (GRI)		

	MUESTRA			PROMEDIO
	3083 M-1	3084 M-2	3085 M-3	
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO	1081	1068	1054	1069
PESO VOLUMETRICO NATURAL DE BANCO	1116	1123	1137	1125
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	1832			
HUMEDAD OPTIMA EN PORCIENTO	13.2			
HUMEDAD DE LUGAR EN PORCIENTO	5.4	5.9	5.0	5.4
PESO VOLUMETRICO SECO EN ESTADO NATURAL DE BANCO	1038	1060	1062	1066
% DE COMPACTACION	64.8	64.9	66.3	65.3
COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA DEL MATERIAL EN ESTADO NATURAL A SUELTO (C.V.V.N.C.)	0.978	0.992	1.026	0.998
COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA DEL MATERIAL EN ESTADO NATURAL A COMPACTO (C.V.V.N.C.) AL 95%	0.692	0.683	0.688	0.687
COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA DEL MATERIAL EN ESTADO SUELTO A COMPACTO AL 95% (C.V.V.S.C.)	0.647	0.669	0.680	0.689

EL LABORATORISTA

C. CARLOS GOMEZ CASIANO

EL JEFE DE LABORATORIO

C. JOSE LUIS NEVAREZ D.

Mo. Bo.

C. ING. LUIS CARRARIN ZARATE

Tabla 5.5 Ensayo para determinar el coeficiente de variación volumétrica
(Banco Exhacienda)



Consultoría Supervisión Técnica
y Operación en Sistemas S.A. de C.V.

REFERENCIA

INFORME DE COMPACTACION DE TERRACERIAS EN CUERPO DE TERRAPLEN

OBRA	AUTOPISTA: MORELIA - LAZARO CARDENAS	ENSAYE N°	3627/3632
UNDA/PAIS	TRAMO: URUAPAN - NUEVA ITALIA	FECHA DE REPORTE	19/06/98
	PROYECTO: TRAMO 13+000 A 13+000 (13+000)	FECHA DE INSURTO	23/05/98
	SUB-TRAMO: KM. 1+000 A KM. 11+000		

REPORTE DE CAMPO N° 350 CT COMPACTACION RECOMPACTACION

GRADO DE COMPACTACION MINIMO ESPECIFICADO PARA LA(S) CAPA(S) ENSAYADA(S) MATERIAL NO COMPACTABLE

ENSAYE N°	ESTACION	LADO	CAPA N°	ESPESES DE LA CAPA ENSAYADA	ALTURA DE PROYECTO DEL TERRAPLEN	ALTURA FALTANTE AL NIVEL DE CAPA
-----------	----------	------	---------	-----------------------------	----------------------------------	----------------------------------

REPORTE DE TERRACERIAS EN CUERPO DE TERRAPLEN CON MATERIAL NO

COMPACTABLE DE KM. 12+840 A KM. 13+100 CUERPO DE TERRAPLEN

ENSAYE N°	ESTACION	LADO	CAPA N°	ESPESES DE LA CAPA ENSAYADA	ALTURA DE PROYECTO DEL TERRAPLEN	ALTURA FALTANTE AL NIVEL DE CAPA	RET. MALLA 3"	RET. MALLA 6"	T. MAX
3627	13+040	D	5	90.0	4.80	0.60	24.0%	38.0%	30"
3628	13+040	C	5	90.0	4.80	0.60	20.0%	30.0%	30"
3629	13+040	I	5	90.0	4.80	0.60	30.0%	33.0%	30"
3630	13+040	D	6	60.0	4.80	0.00	13.0%	47.0%	15"
3631	13+040	C	6	60.0	4.80	0.00	5.0%	35.0%	15"
3632	13+040	I	6	60.0	4.80	0.00	12.0%	30.0%	15"

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

MATERIAL BANCADO CON DIRECTOR DE CRUJA

MATERIAL PROCEDENTE DEL CORTE KM 12+800 A KM 12+860

EL LABORATORISTA EL JEFE DEL LABORATORIO V. B.

[Signature] *[Signature]* *[Signature]*

C. CARLOS GOMEZ GABIANO C. JOSE LUIS NEVAREZ DOMINGUEZ C. ING. JOSE LUIS CARBARIN ZARATE

Tabla 5.6 Informe de compactación en terracerías

CAPITULO VI

MECANISMO DE SUPERVISION EXTERNA EN LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA

CAPITULO VI

MECANISMO DE SUPERVISION EXTERNA EN LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA

En el presente capítulo se tratará de describir un marco general sobre el mecanismo de supervisión existente para una obra de vías terrestres como es ésta. Se enunciarán tanto las facultades de ésta, así como sus responsabilidades y servicios que presta como tal y las normas y lineamientos por las que está regida. Por último se revisarán las actividades realizadas por la supervisión antes y durante el proceso constructivo de la obra particular que nos incumbe.

6.1 GENERALIDADES

Para tener un concepto claro sobre el tema, partiremos del concepto de supervisión, por lo que "Supervisar es ejercer una inspección superior en determinados casos". Partiendo de este concepto tan general y aplicándolo al tema de nuestra ocupación, la supervisión la conceptuamos como un proceso cuyo fin es de obtener un producto. Este producto será un informe en el cual se viertan todos los datos fruto de la inspección durante el proceso constructivo de la obra que permitan mostrar una imagen fidedigna de lo que está pasando en ésta. Y los que requieran de este producto serán aquellos que esten directamente ligados con la responsabilidad de la obra completa o de alguna de las partes, a los cuales, el supervisor deberá canalizarlos.

El supervisor dentro del campo de acción tiene bajo su responsabilidad la óptima realización de una obra; "prever", "dirigir" y "corregir", llevando a cabo la obra, tal y como fue prevista, tomando en cuenta que toda prohibición (en el proyecto) puede tener omisiones o errores y que por lo tanto entre como parte de su responsabilidad detectarlos, ya que es él, el que está viviendo la obra y va comparando lo planeado con lo ejecutado.

En conclusión, supervisar es pues, dar el visto bueno después de examinar. Y la Supervisión de Obras tiene por objetivos básicos vigilar el costo, el tiempo y la calidad con la que se realizan las obras.

La supervisión en una obra como ésta, debe considerarse en cuanto a su relación de trabajo como una extensión de la empresa contratista, es decir debe unirse a ésta identificándose plenamente con sus políticas y metas las cuales deberán tener en común la

optimización de la calidad, el costo, el tiempo de ejecución y la seguridad de la obra, aspectos en los que son corresponsables ante las autoridades de control y vigilancia del organismo federal que otorga el contrato, en este caso, S.C.T. (Ramírez, 1992: 51-52).

6.2 FACULTADES, NORMAS Y LINEAMIENTOS DE LA SUPERVISION

La empresa contratista debe apegarse a ciertos lineamientos que la supervisión le marca, basándose en esto, la supervisión tiene ciertas facultades para obrar correctamente durante la ejecución de la obra; además de las facultades como empresa supervisora, también ésta posee una cierta autoridad en la obra, así como responsabilidades y la prestación de algunos servicios los cuales serán descritos en el transcurso de este punto.

Las facultades con las que la supervisión cuenta son:

- 1.- De auxilio a la residencia de obra. Refiriéndonos a la toma de decisiones en lo concerniente a dirección y coordinación de la obra en sí.
- 2.- Verificar y controlar los trabajos. Dado que existe un proyecto ejecutivo, las obras y el proceso constructivo se deberán apegar a él en cuanto a calidad, costo y seguridad de la obra; se deberán tomar en cuenta las modificaciones autorizadas, las normas y especificaciones generales o particulares del proyecto.
- 3.- Cuantificar y valorar la obra. Se lleva a cabo la cuantificación y valuación de la obra con el fin de hacer el pago a la empresa contratista dentro de los periodos preestablecidos.
- 4.- Verificar y controlar la calidad de los materiales. Con ayuda del laboratorio se llevan a cabo pruebas para respaldar la calidad de los materiales requeridas por las especificaciones de proyecto.
- 5.- Verificar los volúmenes de obra. Se llevan a cabo estas verificaciones como apoyo para su pago.
- 6.- Actualizar los documentos del proyecto ejecutivo. Debido a que el proyecto ejecutivo puede tener modificaciones o adecuaciones durante el transcurso del proceso constructivo, éste requiere de un debido mantenimiento.
- 7.- Contolar la información de la obra. Se refiere principalmente a las bitácoras de obra y al archivo de los documentos contractuales comunicados con la residencia y la contratista.

8.- Realizar informes periódicos. Estos informes van dirigidos tanto a la residencia como a la contratista sobre el desarrollo de la obra, y se hacen desde el inicio de los trabajos hasta la recepción de la obra.

6.2.1 Autoridad de la supervisión.

La autoridad máxima dentro de la obra como es lógico recae en la residencia de obra, ya que ésta posee el mando en lo referente al proyecto y la ejecución de los trabajos. La supervisión solo es un auxiliar de la residencia en lo que a sus facultades concierne.

Las órdenes que la supervisión transmite a la contratista debido a las decisiones tomadas dentro del ejercicio de sus funciones, deben ser siempre por escrito, así ésta podrá o no revocar cualquier decisión de la supervisión que a su juicio no proceda, ya que lesione sus intereses, se contraponga a sus metas o a los objetivos de la obra.

Por tanto, la supervisión tiene autoridad para los puntos que se describen a continuación:

- 1.- Rechazar los trabajos mal ejecutados. Refiriéndose al control de calidad tanto de los materiales como de los trabajos.
- 2.- Solicitar respeto a los procedimientos constructivos establecidos.
- 3.- Exigir cumplimiento a los programas de obra.
- 4.- Proponer la adecuación de planos y especificaciones para su ajuste en obra, siempre que no modifique el proyecto en su concepción, comportamiento estructural, en la seguridad de la ejecución o implique variaciones significativas en dimensionamiento o especificaciones.

Así mismo la supervisión no tiene la autoridad para:

- 1.- Revocar instrucciones que reciba de la residencia de S.C.T.
- 2.- Hacer concesiones en el alcance del contrato para la ejecución de la obra, contenido en el proyecto y sus especificaciones.
- 3.- Aprobar compromisos y convenios verbales o escritos relacionados con la obra.
- 4.- Hacer cambios en los planos y especificaciones del proyecto, sin la aprobación previa de la residencia.
- 5.- Ordenar a la empresa contratista que ejecute obra fuera del alcance del contrato, o aprobarla sin la debida autorización de la residencia.
- 6.- Aprobar precios unitarios o factores de escalación no considerados en el catálogo o incorporados al contrato sin los procedimientos establecidos.
- 7.- Cambiar los programas y fechas pagadas contractualmente sin contar con la aprobación de la residencia.

6.2.2 Responsabilidades de la supervisión.

En cuanto a la relación de trabajo que existe entre la supervisión, la residencia y la contratista, la supervisión tiene ciertas responsabilidades, las cuales se resumen a continuación:

- a) Cuidar los intereses de la entidad federal. Refiriéndose a ética profesional.
- b) Conocer de manera completa el proyecto ejecutivo y las especificaciones de obra.
- c) Apegarse a las disposiciones y a los requisitos legales aplicables a cada caso que regulan la contratación y ejecución de la obra.
- d) Proponer a la contratista y a la residencia, aquellas acciones que en alguna forma redunden en beneficio de la obra, ya sea en calidad, costo, tiempo o seguridad.
- e) Realizar informes veraces y periódicos dirigidos a la residencia y a la contratista con respecto al desarrollo de la obra.
- f) Realizar las estimaciones, informes y reportes pactados.
- g) Asistir mediante un representante a las juntas técnicas o administrativas que convoquen la residencia y la contratista.

6.2.3 Servicios de la supervisión.

La supervisión como tal, ofrece algunos servicios a la residencia principalmente entre los que destacan los siguientes:

- Disponer de la organización interna necesaria para dirigir y controlar los servicios prestados.
- Proponer procedimientos, formas de control y comunicación en los aspectos inherentes a la vigilancia de la ejecución de la obra.
- Contar con el equipo suficiente y con las características de precisión requeridas para los trabajos que supervisa.
- Implementar el programa de verificación de calidad de los materiales, productos y procedimientos constructivos, calificar los resultados para efectos de aprobación o rechazo.
- Integrar y mantener actualizado el archivo de los documentos del proyecto y de los registros que reflejan plenamente la supervisión que efectúa.

6.2.4 Responsabilidades particulares de la supervisión.

+ Con respecto al proyecto ejecutivo:

- La supervisión es responsable de verificar que se dispone de los planos y especificaciones suficientes para dar inicio a cada una de las etapas de construcción.

+ Con respecto a la ejecución de la obra:

- Exigir a la empresa contratista (por escrito), que corrija las deficiencias que observe en la mano de obra, herramientas, materiales y equipo de construcción así como también en el proceso constructivo.
- Verificar el cumplimiento del programa de obra establecido para respetar las fechas establecidas.
- Medir la obra ejecutada para una posterior conciliación con el contratista.
- Verificar que los cálculos de las cuantificaciones de obra consignados en los números generadores, correspondan a las mediciones efectuadas y estén clasificados correctamente por concepto y precio unitario.
- No cuantificar la obra que no cumpla con la calidad pactada en tanto no se corrija.
- Analizar cuidadosamente las reclamaciones que presente la empresa contratista.
- Contribuir en la prevención de accidentes y en la seguridad general de la obra.
- Dar el visto bueno de las pruebas y puesta en servicio de las obras complementarias.

6.3 ACTIVIDADES DE LA SUPERVISION EN LA OBRA

6.3.1 Previas al inicio de la obra.

Al iniciar la supervisión de una obra, la empresa encargada de esta tarea tiene no solo la obligación de realizar algunas actividades de caracter físico en cuestión de los trabajos por realizar, sino también realiza algunas actividades de revisión de la documentación necesaria para dar la aprobación legal de inicio de obra, todas estas actividades se describen a continuación:

Físicamente, la supervisión debe realizar las siguientes actividades:

- 1.- Visitar el sitio de la obra para conocer las características relevantes del sitio de ubicación de la obra y la infraestructura existente.
- 2.- Elaborar y entregar a la empresa contratista el organigrama con los responsables de cada frente de obra y en sus oficinas centrales.
- 3.- Recabar los documentos relativos a la ejecución del proyecto ejecutivo.
- 4.- Establecer el archivo de obra (clasificación de expedientes).
- 5.- Presentar para conocimiento de la contratista los formatos de papelería que se utilizarán en el control y seguimiento de la obra.
- 6.- Revisar los requisitos de vigilancia, seguridad e higiene de la obra de sus colindancias y de la vía pública o límites de derecho de vía; conjuntamente con la residencia.

Como se mencionó al principio, al recibir la documentación correspondiente a la ejecución de la obra, la supervisión tendrá que revisar cada una de las partes que ésta posea, con el objetivo de que el proyecto sea legalmente válido y familiarizarse con él, así como sus características.

a) La supervisión en primer lugar deberá revisar la existencia de los siguientes documentos:

1.- De la tierra:

- Legalización de la tenencia de la tierra.
- Deslinde de los terrenos según las escrituras.

2.- De los trámites oficiales:

- Alineamiento.
- Aprobaciones oficiales requeridas según el caso.

3.- De los anexos técnicos:

- Proyectos ejecutivos de todas las especialidades que intervienen en la obra.
- Especificaciones de todas las especialidades.
- Programas.
- Presupuestos.
- Contratos o convenios con subcontratistas o proveedores.

b) A continuación se revisan los documentos técnicos para efectos de concurso:

1.- Planos: Estos deberán estar debidamente avalados por las personas que los realizaron y los autorizaron.

- Localización.
- Arreglo general.
- Plantas de proyecto.
- Obras complementarias.
- Obras de arte.
- Obras de drenaje.
- Etc.

2.- Normas de construcción: En términos generales indicando los procedimientos, consultas, acciones, requisitos que se deben cumplir en la realización de la obra.

3.- Especificaciones: Son las que señalan directamente los procesos que se deben cumplir en la realización del tipo de obra en cuestión, mismos que deben estar íntimamente ligados a los planos y catálogos de proyecto.

4.- Catálogo de conceptos: Este documento debe tener todos y cada uno de los conceptos de obra por ejecutar, clave, unidad, cantidad total y su resumen.

5.- Programa de obra: En este documento se plasman los capítulos de los conceptos del resumen del catálogo de conceptos, con el objeto de contemplar con más detenimiento los conceptos de que consta cada capítulo, señalando los tiempos de ejecución. (Ramírez, 1992: 64-67).

6.3.2 Al inicio de la obra.

Una vez adjudicada la obra, la supervisión de obra, toma el control de ésta, recibiendo la documentación necesaria para el inicio de la obra, la cual deberá revisar de igual manera y que consiste en:

1.- Acta de adjudicación: Este documento contiene datos importantes como el nombre y el lugar de los trabajos, número de concurso, monto contratado, fechas de iniciación y terminación de los trabajos, etc.

2.- Catálogo de conceptos: Además de lo antes mencionado, debe contarse con el catálogo de precios e importes de cada uno de los conceptos, así como el monto total, debidamente firmado por las partes correspondientes.

3.- Programa de obra: Además de lo señalado con anterioridad, contendrá el importe de las partidas, así como el monto total de los trabajos, el cual debe ser igual al monto del catálogo de conceptos.

4.- Análisis de precios unitarios: Con el fin de verificar los rendimientos señalados en estos, se lleva a cabo durante la ejecución de los trabajos una verificación para estar en condiciones de opinar sobre futuras reclamaciones. (Ramírez, 1992: 67-68).

6.3.3 Durante las obras.

Al comenzar la obra, la supervisión realiza varias actividades de gran importancia ya que se hacen conjuntamente con la empresa contratista, dichas actividades marcan la pauta para el buen desarrollo de la obra, estas actividades se enumeran a grandes rasgos a continuación:

1.- En base a los proyectos ejecutivos, la supervisión deberá recibir junto con la empresa contratista, en el sitio de la obra, las referencias de trazo y bancos de nivel de partida que entregue la residencia para su debida conservación y observancia durante la ejecución de la obra.

- 2.- Proporcionar a la empresa contratista el apoyo técnico que requiera para la interpretación de los documentos del proyecto.
- 3.- Aportar soluciones a los problemas constructivos de orden técnico que la contratista requiera.
- 4.- Efectuar inspecciones en el procedimiento constructivo. Como es de imaginarse, este aspecto es en el que más actividad posee la empresa supervisora, dada su función de avalar los volúmenes de obra reales ejecutados conforme a lo indicado en el proyecto.
- 5.- Asistir a las juntas de trabajo programadas por la residencia y participar en el análisis y solución que afecten el avance de las obras.
- 6.- Mantener actualizado el archivo de la realización de obra.
- 7.- Verificar que los trabajos se ejecuten en el tiempo establecido, que cumplan con los estándares y normas de construcción y que su costo se ajuste a lo previsto.
- 8.- Elaborar reportes de control de obra.
- 9.- Verificar el avance de los trabajos en función de los programas de obra.

6.3.4 Previas al término de la obra.

Son dos las actividades principales que la supervisión debe tomar en cuenta antes del término de la obra, éstas son:

- 1.- Acciones correctivas: Es obligación de la empresa supervisora establecer las deficiencias en los trabajos ejecutados, ordenar su corrección y verificar el trabajo realizado, objeto de las órdenes de corrección. Suspender los trabajos en su ejecución o la parte de ellos cuando sea indispensable por mala ejecución. Ordenar la demolición y sustitución de todos los elementos que no cumplan con las normas de calidad requeridas.
- 2.- Programa general: Llevar a cabo una revisión completa analizando el plan total de la obra, contenido de conceptos, secuencia de la ejecución de éstos y la determinación de la ruta crítica. Llevar un control de avance con los levantamientos de obra ejecutada y establecer desviaciones para su corrección.

6.3.5 Al término de la obra.

Al finalizar la obra, la supervisión aún tiene que realizar ciertas actividades de gran importancia ya que en ellas se establece la conclusión definitiva de la obra y se hará entrega de la obra a la contratista. Las actividades al término de la obra son las siguientes:

1.- Recepción de la obra: Se efectuará un recorrido de obra participando los representantes de la dirección de la Supervisión y Contratista, constatando el cabal cumplimiento del proyecto. De existir pendientes, se relacionan estos, marcando fechas compromisos por la contratista, procediendo a su término a la elaboración del Acta de Recepción, con objeto de promover la aplicación de las penalizaciones estipuladas en el contrato respectivo.

2.- Acta de recepción: A fin de constatar que toda la obra se haya realizado de acuerdo a los proyectos ejecutivos, procedimientos de construcción y especificaciones generales, se hará la recepción de las mismas con la presencia del representante legal de la contratista, levantándose un acta correspondiente.

3.- Finiquito de obra: El finiquito de obra se realiza de acuerdo a lo siguiente:

- Se certificará que la contratista hayan cumplido con las cláusulas contractuales.
- Que las bitácoras se encuentren depuradas sin aspectos pendientes de ejecutar.
- Se hará la conciliación final con la contratista de los volúmenes medidos de cada uno de los conceptos que aparecen en el presupuesto aprobado para las obras, cotejados con el catálogo de conceptos autorizado; así como las cantidades de obra no contempladas en dicho presupuesto, cuyo precio unitario haya sido debidamente analizado y autorizado.

4.- Cierre de la bitácora: Se entregará a la unidad de proyectos, la bitácora de obra actualizada y cerrada. (Ramírez, 1992: 72-75).

6.4 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE SUPERVISION

Ya se expuso las responsabilidades y obligaciones de la supervisión durante el desarrollo de este capítulo, ahora nos concierne saber como se realizan todas estas actividades antes descritas; es decir la manera de llevarse a cabo la supervisión en campo para posteriormente hacer una revisión en gabinete.

Durante el tiempo de trabajo en obra, la supervisión debe realizar recorridos en el tramo con el fin de revisar que los trabajos se lleven a cabo conforme a los procedimientos constructivos señalados en el proyecto; también se realizan pruebas de campo y muestreo para el laboratorio de materiales con el objetivo de cotejar que la calidad de los materiales

utilizados en los procesos constructivos sean los deseables conforme a las especificaciones.

Además y parte muy importante de estos recorridos es la actividad realizada por la brigada de topografía de la supervisión, ésta hace levantamientos de secciones de construcción para obtener los volúmenes de obra ejecutados en los cortes y terraplenes de mayor importancia de cada kilómetro, de tal manera que los volúmenes obtenidos se utilizarán para poder confrontar y conciliar con los presentados por el contratista y así determinar el avance físico.

La determinación del avance físico se determina de acuerdo con la distancia ejecutada del frente dividida con la distancia real del frente y así se obtiene el porcentaje de obra ejecutado. Los reporte de avance de los trabajos se deben llevar semanalmente.

Cabe mencionar que si bien la empresa supervisora en teoría debe trabajar en un solo equipo con la empresa contratista, ésta tiene una jerarquía mayor a la posición de la segunda; por ésta razón no es extraño que se tenga un poco de recelo por parte de la contratista a la compañía supervisora. La empresa que tiene a su cargo la supervisión de la obra en estudio es I.P.S.A. (Ingeniería de Pavimentos S.A.).

Se ha visto la importancia de la supervisión en cuanto al cuidado de la calidad del proceso constructivo, ésta juega un papel muy importante en cualquier obra civil y más aún en una obra como la que se tiene en estudio, por eso es que se quiso referir a ella y enunciar en forma general sus facultades, lineamientos, obligaciones, etc.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Se han descrito los procedimientos constructivos que conciernen a la realización de los trabajos de terracerías de la autopista Morelia-Lázaro Cárdenas, particularmente entre los kilómetros 11+000 al 18+000 del tramo Uruapan-Nva. Italia; es importante, además de analizar todos los aspectos técnicos de la obra, analizar también los beneficios socioeconómicos que la construcción de la carretera representa, por tanto, se presentan las siguientes conclusiones:

El gobierno federal, después de casi medio siglo de no canalizar recursos importantes al puerto, se ha dado cuenta al fin de la necesidad de imprimir mayor desarrollo a la zona, la cual cuenta con alrededor del 18 % de los movimientos de carga en el ámbito nacional.

Para este fin el gobierno ha provocado la inversión de la iniciativa privada en el puerto, con el objetivo de elevar este porcentaje y con el compromiso de mejorar la infraestructura carretera existente, para lo que se proyectó la construcción de la autopista que enlazará la capital del país con la del estado de Michoacán y el puerto de Lázaro Cárdenas.

Respecto a la forma de construcción, creemos que era necesario regresar a la forma de obra pública como fue el caso de esta obra, puesto que en el sexenio pasado se comprobó que las obras construidas con concesión administrativa, provocaron la quiebra de la mayoría de las empresas, debido a la poca afluencia vehicular con lo que no se recuperaba la inversión en el tiempo que se le daba a la concesionaria para administrar.

Por otra parte, el proyecto de este tramo de autopista, nos demuestra que se ha logrado la construcción de una vía de comunicación rápida y segura para el usuario, ya que tomando en cuenta una velocidad de proyecto de 110 km/hr se estima un tiempo de la cd. de Morelia al puerto de 4 hrs, mientras que por la carretera libre se realizan 7 hrs.

En cuanto a los procedimientos constructivos de terracerías que se ejecutaron, creemos que se han hecho adecuadamente al tipo de material encontrado, puesto que ha pesar de que un 69 % del material encontrado fue tipo "C" y que para su ataque se requirió de mayor capacidad técnica, se cumplió de la mejor manera con el programa de construcción.

Del proyecto podemos mencionar, que ha pesar de que la topografía del lugar obligó a la realización de grandes cortes y terraplenes, se logró que la línea subrasante fuera de lo más económica, debido a que existió una compensación de los volúmenes producto de

corte para la formación de terraplén bastante aceptable, logrando utilizar un 80 % del volumen total del corte.

Sobre la supervisión externa que la S.C.T. impuso a la contratista catalogamos que fue adecuada y determinante para la realización con calidad de los trabajos, además de que su disposición para lograr una dinámica adecuada en la construcción, benefició en la terminación de la obra.

Finalmente, debemos resaltar la importancia que reviste esta obra para el desarrollo de todo el estado y del país, y consideramos que se deben seguir proporcionando recursos, en la medida que se pueda, para la creación de toda una red carretera en el estado que permita el desarrollo de un mayor número de comunidades.

GLOSARIO Y DEFINICION DE TERMINOS

GLOSARIO Y DEFINICION DE TERMINOS

Acotamiento.- Faja contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o, en su caso, la guarnición de la banqueta o de la faja separadora.

Alineamiento horizontal.- Proyección del eje de proyecto de una carretera sobre un plano horizontal.

Alineamiento vertical.- Proyección del desarrollo del eje de proyecto de una carretera sobre un plano vertical.

Análisis.- Trabajo que consiste en la separación y distinción de las partes de un todo para conocer sus características y proceder de forma correcta.

Autopista.- Carretera de altas especificaciones de construcción para un correcto desarrollo que permite una economía.

Bitácora de obra.- Cuaderno oficial que sirve como instrumento de comunicación entre la supervisión y la contratista, en el cual se asientan los hechos y asuntos sobresalientes que en alguna forma afecten al proyecto o a la misma ejecución de la obra.

Bombeo.- Pendiente transversal descendente de la corona o subcorona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.

Calzada.- Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.

Cero.- En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o del corte y el terreno natural.

Contracuneta.- Canal que se ubica arriba de la línea de ceros de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

Contratista.- Persona física o moral responsable de la ejecución material de la obra, de acuerdo a las disposiciones establecidas en un contrato y mediante el financiamiento programado del gobierno Federal..

Concepto de trabajo.- Descripción del conjunto de operaciones y materiales que, de acuerdo con las normas y especificaciones respectivas, constituye cada una de las partes en que se divide convencionalmente una obra, con fines de medición y pago.

Control.- Actividad que consiste en la verificación y vigilancia del comportamiento de la obra.

Control de calidad.- Acciones programadas y sistemáticas de control de materiales, herramientas, equipo, procesos constructivos o de manufactura que la contratista lleva a cabo, para garantizar el cumplimiento de la calidad especificada contractualmente, con apoyo de los servicios de su propio laboratorio de pruebas.

Corona.- Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros.

Cuneta.- Canal que se ubica en los cortes, en uno o ambos lados de la corona, contiguo a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y/o el talud.

Derecho de vía.- Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la Secretaría, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y, en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares.

Dependencia.- Organismo o Entidad Federal que otorga el contrato para la construcción de una obra dentro de los términos convenidos por ella.

Desenraice.- Actividad de trabajo del desmonte, el cual consiste en el retiro de las raíces de árboles y tocones. Actividad inmediata a la tala.

Escarificación.- Actividad de trabajo de excavación en corte donde el material tiene que excavar con el "ripper" del tractor de tal manera que se afloje el material.

Especificaciones.- Conjunto de disposiciones, requisitos e instrucciones particulares para una obra determinada, que modifican, adicionan o sustituyen normas generales y que deben cumplirse para la ejecución, equipamiento y puesta en servicio de la obra, comprendiendo la medición y la base de pago de los conceptos de trabajo.

Estaca.- Instrumento de trabajo de topografía de madera terminado en punta y que se clava en el suelo.

Evaluación.- Valorización de los resultados de las pruebas de control de calidad de los materiales.

Hombro.- En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona o por ésta y el talud interior de la cuneta.

Informe de obra.- Documento que contiene la información necesaria para comunicar a la dependencia, el estado que guardan los trabajos, así como las situaciones que se hubieran presentado o que se presume que se presentarán durante el desarrollo de los mismos y las alternativas de solución a problemas específicos.

Laboratorio.- Organismo auxiliar de la contratista que se encarga de verificar, analizar y calificar, antes de la ejecución de una obra, durante su ejecución o al finalizar ésta, el comportamiento de los materiales naturales y procesados que se empleen para dicha obra.

Normas de construcción.- Conjunto de disposiciones y requisitos generales establecidos por la dirección de proyectos, que deben cumplirse para la ejecución y equipamiento de la obra.

Números generadores.- Información completa y detallada de los datos de medición y operaciones aritméticas que sirven de base para cuantificar los conceptos de trabajos por ejecutar y/o ejecutados.

Pendiente.- Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.

Presupuesto.- Documento donde se indica el número de identificación, la descripción del concepto, la cantidad de trabajo a ejecutar, el precio unitario que integra el mismo, la unidad de medida, el importe parcial y total del mismo a fin de determinar el monto de contratación.

Prueba de calidad.- Ensaye normalizado al que se somete una muestra representativa de materiales, equipos y sistemas o sus componentes, para verificar sus requisitos de calidad, incluyendo el registro e interpretación de los resultados.

Programa de obra.- Documento en el que la dependencia, y la contratista establecen el orden y los plazos de inicio y terminación de cada uno de los conceptos de obra o fases del proyecto.

Proyecto ejecutivo.- Conjunto de documentos técnicos aprobados por la dependencia que integra la información que servirá para llevar a cabo la construcción de una obra.

Rasante.- Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.

Residencia.- Representante directo de la dependencia con facultades sobre el otorgamiento del contrato, ante la supervisión, contratista y terceros en asuntos relacionados con la ejecución de los trabajos derivados de ellos en el lugar donde se ejecutan las obras.

Sección transversal.- Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.

Supervisión.- Persona física o moral contratada por la dependencia para auxiliar a la residencia en la verificación técnica, control y revisión de la ejecución de la obra, con apego al presupuesto, estimación, programación y seguridad.

Unidad de obra.- La que se indica convencionalmente para cuantificar cada concepto de trabajo, para fines de medición y pago.

Verificación de calidad.- Comprobación de los requisitos de calidad por parte de la supervisión con apoyo en el laboratorio de la contratista.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- + **BLANCO** Simiano, Anastasio.
Apuntes para el curso de Vías Terrestres. Universidad Don Vasco, Uruapan, 1997.
- + **CAMPILLO** Cuautli, Héctor.
Diccionario Enciclopédico Michoacán. FERNANDEZ, México, D.F., 1992.
- + **HENNES**, Robert; EKSE, Martin.
Fundamentos de Ingeniería del Transporte. REVERLE, México, D.F., 1963.
- + **JUAREZ** Badillo, Eulalio; RICO Rodríguez, Alfonso.
Mecánica de Suelos. LIMUSA, México, D.F., 1985.
- + **MERRITT**, Frederick.
Manual del Ingeniero Civil. Mc. Graw Hill, México, D.F., 1991.
- + **OLIVERA** Bustamante, Fernando.
Estructuración de Vías Terrestres. C.E.C.S.A., México, D.F., 1986.
- + **RAMIREZ** Cancino Roberto
Procedimiento constructivo del libramiento de Manzanillo. E.S.I.A. México, D.F., 1992.
- + **RICO** Rodríguez, Alfonso; CASTILLO, Hermilo del.
La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. LIMUSA, México, D.F., 1974.
- + **RITTER** Ortiz, Hugo.
Geografía 2, Panorámica de México. PRENTICE HALL, Naucalpan, 1995.
-

+ S.C.T. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes).
Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. S.C.T., México, D.F., 1991.

+ S.C.T. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes).
Normas para Construcción e Instalaciones, (Carreteras y Aeropistas). S.C.T., México,
D.F., 1984.

+ **WRIGHT**, Paul.
Ingeniería de Carreteras. LIMUSA, México, D.F., 1974.