

20/11

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROYECTO DEL CAMINO DE ACCESO
PRINCIPAL AL COMPLEJO PETROQUI-
MICO MORELOS, MUNICIPIO DE
COATZACOALCOS EN EL EDO.
DE VERACRUZ.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA**

**P R E S E N T A:
VICTOR MANUEL GARCIA GARCIA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

CAPITULO	I.-	INTRODUCCION.
CAPITULO	II.-	GENERALIDADES.
CAPITULO	III.-	PROYECTO PRELIMINAR.
	III.- 1.	RECONOCIMIENTO.
	III.- 2.	DETERMINACION DEL EJE PRELIMINAR.
	III.- 3.	TRAZO Y NIVELACION DEL EJE PRELIMINAR.
	III.- 4.	SECCIONAMIENTO.
	III.- 5.	ELABORACION DEL PLANO - TOPOGRAFICO.
CAPITULO	IV.-	PROYECTO DEFINITIVO DEL CAMINO.
	IV.- 1.	PROYECTO HORIZONTAL DEL CAMINO.
	IV.- 2.	PROYECTO VERTICAL DEL - CAMINO.
CAPITULO	V.-	TRAZO DEFINITIVO.
	V.- 1.	CURVAS HORIZONTALES.
	V.- 2.	CURVAS VERTICALES.
	V.- 3.	SECCION DE CONSTRUCCION.
	V.- 4.	PLANOS DEFINITIVOS DEL PROYECTO.
CAPITULO VI	VI.-	ESTUDIO DEL DIAGRAMA DE- MASAS.
	VI.- 1.	DEFINICIONES Y PROPIEDA- DES.
	VI.- 2.	CALCULO DE LA RASANTE Y- CURVA MASA.
	VI.- 3.	LIMITACIONES DEL ACARREO Y SOBRECARREO.
CAPITULO	VII.	CONCLUSIONES. BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO I

INTRODUCCION.

El propósito de este trabajo, es el de dar a conocer el convenio que existe entre la UNAM y otras instituciones del sector público y privado.

Este convenio llamado "ESCUELA-INDUSTRIA", da la oportunidad a los egresados de las diferentes facultades y escuelas de nivel profesional para preparar su tesis o trabajo escrito, así como pagar su servicio social y otras actividades (prácticas profesionales), las cuales sirven para el buen desarrollo profesional dentro de la industria.

Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo, dieron la oportunidad del desarrollo de este trabajo en una de sus instalaciones ubicadas en el Municipio de Coatzacoalcos, Veracruz.

El objetivo del mismo es el de dar a conocer la topografía empleada por PEMEX en las construcciones de grandes magnitudes.

Durante los proyectos, así como en la construcción de obras para PEMEX, los métodos topográficos empleados no son rigoristas, siempre van siguiendo una trayectoria definida, por lo cual se hace innecesario introducir cálculos extras.

El desarrollo topográfico referente al camino de acceso principal al Complejo Petroquímico "Morelos", consistió básicamente en trazo y nivelación, eliminando la precisión en éstos, pues se consideró innecesario por lo reducido de su longitud y así también por su localización. En los capítulos siguen

tes, se menciona lo referente a la construcción y al origen del proyecto del camino, que es exclusivo de la instalación mencionada.

Las causas que dieron origen al proyecto y construcción de este camino fueron determinantes. En primer lugar, para ir al Complejo Petroquímico "Morelos", era necesario utilizar un camino de una topografía muy abrupta y con mucha pendiente, lo cual hacía complicada la circulación de vehículos y retrasaba el traslado tanto del personal como de la maquinaria, ya que había sido trazado con otra finalidad, además de la de comunicar con otras áreas habitacionales. Esto creaba un verdadero peligro para la mayoría de los habitantes de la zona, por la continua circulación de vehículos pesados que día con día se complicaba.

En segundo lugar, el proyecto del camino mencionado tenía un trazo muy inaccesible, esto era debido a que la vialidad pasaba por donde había demasiadas fallas técnicas y geométricas. Las fallas técnicas eran debidas a que no se tomaron en cuenta los factores de seguridad y las fallas geométricas eran el resultado de su trazo y trayectoria, pues tenía varias curvas sin peraltes, que ocasionaban muchos accidentes.

Estos factores fueron los que más influyeron en el retraso del traslado tanto de personal, como del transporte de carga, afectando la economía tanto de la empresa como la de los trabajadores y fueron determinantes para que se diera origen al proyecto de un nuevo camino de acceso principal al Complejo Petroquímico "Morelos".

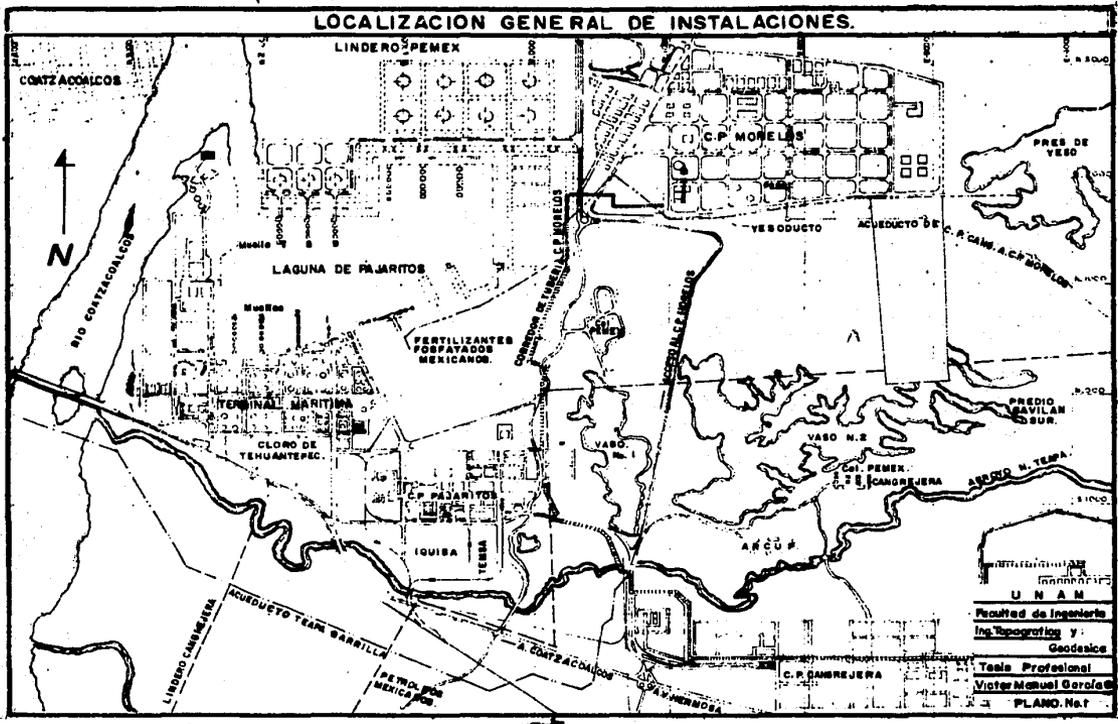
Las ventajas que con la nueva ruta se previeron, resultan obvias, debido a que se trata de una vía en donde el tránsito

es fluido y beneficiará a otras poblaciones cercanas y a empresas de este foco industrial (empresas que pertenecen a PEMEX y a otras instituciones privadas).

Las empresas que resultan beneficiadas con el nuevo camino son por PEMEX: los complejos petroquímicos "La Cangrejera" y "Pajaritos", la estación marítima y las poblaciones de Mundo Nuevo, Allende y la Ciudad de Nanchital, así como las colonias de los trabajadores de PEMEX y otras instituciones cercanas con un gran ahorro en tiempo, economía y reducción de accidentes de tránsito.

En el plano número uno se aprecian las poblaciones y empresas mencionadas en párrafos anteriores.

LOCALIZACION GENERAL DE INSTALACIONES.



UNAM

Facultad de Ingeniería
 Ingeniería y
 Geodésica

Tesis Profesional
 Víctor Manuel García
 PLANO. N.º 1

C A P I T U L O I I

GENERALIDADES

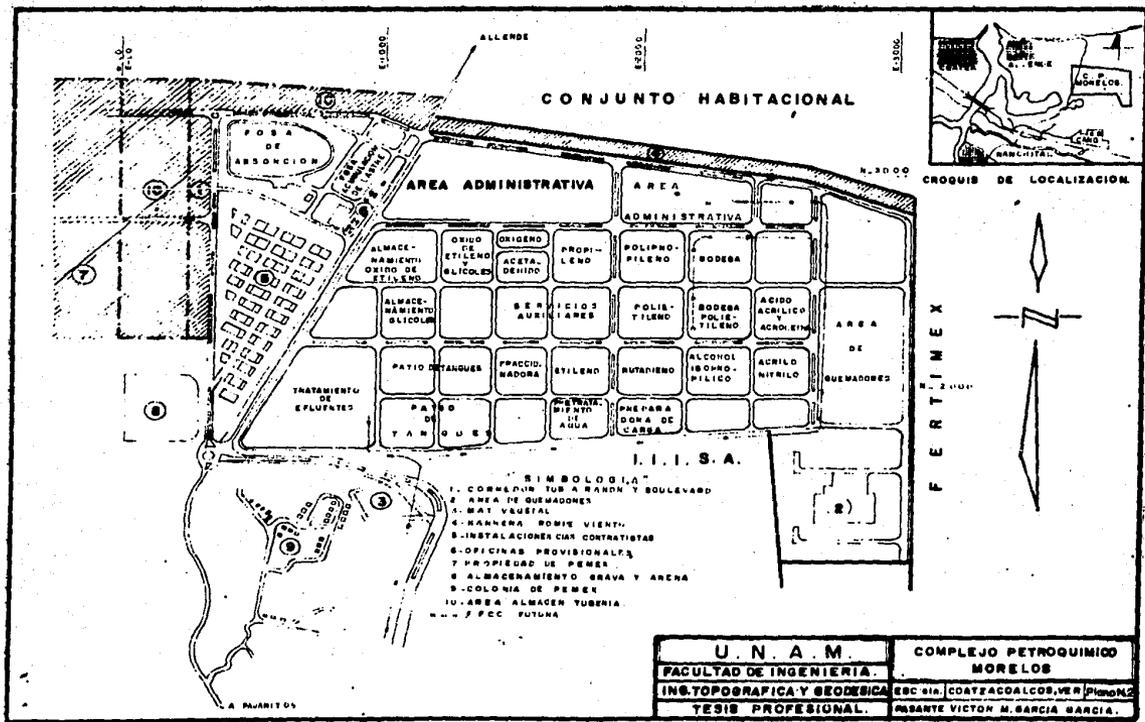
CAPITULO II

GENERALIDADES.

El Complejo Petroquímico "Morelos", pretende el aprovechamiento de recursos no renovables como son los hidrocarburos del petróleo y, en sus caso específico, las fases residuales y el crudo que provienen de las plantas criogénicas de los complejos Tabasco I y Tabasco II, que se encuentran localizados en la zona productora de Cactus, Chiapas.

El crudo obtenido de la perforación de pozos petroleros, es procesado en las instalaciones llamadas baterías de separación, en donde es separado del gas que lleva consigo y es enviado al Complejo Petroquímico "Morelos", en donde será procesado para obtener principalmente, etileno, etano, butano y otros productos como el polietileno de alta densidad.

Este complejo contará con las siguientes instalaciones: doce plantas de proceso, servicios auxiliares, áreas de tanques, áreas de quemadores, edificios administrativos, talleres, almacenes de materiales, bodegas y demás instalaciones, como se ve en el plano número dos. El Complejo Petroquímico "Morelos" ocupa una superficie de 380 hectáreas, se encuentra ubicado en el municipio de Coatzacoalcos en el Estado de Veracruz y esta delimitado al Norte con el Golfo de México, al Noroeste con el Ejido de Gavilán de Allende, al Este con Ejido de Colorado, al Oeste con la Laguna de Pajaritos, al Sur y Sureste con los complejos de "Pajaritos" y la "Cangrejera", como otras instituciones industriales del sector público y privado como lo son Fertilizantes de México (FERTIMEX), Cloro de Tehuantepec, Industrias Químicas del Istmo, Tetraetilo de México (TEMSA), Celanese Mexicana e Industrias Resistol, entre



otras, de ahí la gran importancia del proyecto y construcción del camino, (ver plano número uno).

Por todo lo anterior, se hace un elemento más, de todo un corredor industrial considerado como uno de los focos de desarrollo más importante del país.

Por tales circunstancias el Complejo Petroquímico "Morelos", es beneficiario de toda una infraestructura industrial, de comunicaciones, de servicios comerciales y financieros, así como de la existencia de mano de obra calificada, lo que hace posible la superación de los obstáculos que se presentan en proyectos de esta magnitud. La importancia de este camino, es tan grande como el de una autopista, por tal circunstancia, PEMEX clasifica a este camino como de primera. La clasificación de caminos en PEMEX se hace con base en la función de los mismos, haciendo caso omiso del volumen de tránsito, que en estos caminos no es decisivo. Y de acuerdo con esta función se han elegido las velocidades de diseño, de las cuales se derivan las especificaciones geométricas.

Los caminos de PEMEX se clasifican de la siguiente manera:

- a) CLASE ESPECIAL.- Son aquellos que por las circunstancias que en ellos concurren, pueden recurrir a un diseño particular, y por lo tanto no se sujetan a lo dispuesto por PEMEX (normas de diseño y construcción).
- b) PRIMERA CLASE.- Son los troncales dentro de campos de explotación a los que dan acceso permanente a los mismos y los que dan acceso a instalaciones definitivas (complejos, refinerías, bodegas, etcétera).
- c) SEGUNDA CLASE.- Son los ramales dentro de las mismas insta

laciones mencionadas en el párrafo anterior, cuando éstas son provisionales.

- d) **TERCERA CLASE.-** Son los que dan acceso a instalaciones del tipo provisional, como pistas de aterrizaje, bancos de material de construcción, etcétera.

- e) **BRECHAS.-** Son los accesos transitorios en localizaciones, estudios, bancos de materiales ocasionales y de emergencias, los cuales no están sujetos a las normas de construcción de PEMEX.

PEMEX efectúa inversiones considerables en la construcción y mantenimiento de vías de acceso a sus instalaciones localizadas en toda la República Mexicana.

Estas vías requieren características especiales debido a las necesidades de operación de la industrial. Por esta razón y con objeto de establecer un criterio general para el diseño de los caminos construídos por PEMEX, se elaboran normas de construcción y las especificaciones contenidas en las mismas servirán para que las diferentes clases de caminos que se construyan tengan las características adecuadas, con la máxima economía de inversión.

Para llevar a cabo la elaboración de este proyecto del camino, se debió contar con la información consistente al clima, comunicación, economía, localización general, etcétera.

Todos los datos climatológicos son registrados en las estaciones que para este fin tiene PEMEX para este tipo de proyectos.

En la zona en estudio se tienen los datos siguientes:

TEMPERATURA .

Máxima: 42^oC. Promedio del mes más frío 10^oC.
Mínima: 11.8^oC. Promedio del mes más caluroso 30^oC.
Máxima promedio: 38.6^oC.
Mínima promedio: 13.8^oC.

HUMEDAD .

Máxima: 95 %
Mínima: 50 %
Media mensual: 82 %

TORRENTAS ELECTRICAS .

<u>M E S</u>	<u>NUMERO</u>	<u>M E S</u>	<u>NUMERO</u>
Enero	0	Julio	2
Febrero	0	Agosto	2
Marzo	0	Septiembre	2
Abril	1	Octubre	1
Mayo	1	Noviembre	0
Junio	2	Diciembre	0

PRECIPITACION PLUVIAL .

Horaria máxima: 80mm.
Máxima en 24 horas: 280mm.
Anual media: 3,241mm.

VIENTOS .

Dirección vientos reinantes de NE a SW.
Dirección vientos dominantes de N a S.
Velocidad media 10 Km/hr. Máxima 200 Km/hr. Diseño 240 Km/hr.

ATMOSFERA .

Presión atmosférica: 750 mm/hg.
Contaminantes: NaCo, SO₂, SO₃.

ELEVACION .

Sobre el nivel medio del mar: 15 metros.

Como ya se dijo anteriormente, PEMEX diseña sus caminos para sus instalaciones, que requieren de servicios (agua, drenaje, teléfono, luz, etcétera), las instalaciones pueden ser refinerías, complejos petroquímicos, unidades habitacionales, etcétera y por lo tanto no se han llegado a necesitar caminos de largo kilometraje, lo que hace que sus diseños no se sujeten a especificaciones de las normas de construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, aunque en eso se basa para elaborar las suyas, sólo que con pequeñas modificaciones.

Todo lo anterior se hace con el fin de abatir altos costos de consultores.

Ahora bien, en PEMEX también diseñan sus caminos para poder economizar, en construcción, mantenimiento y en el movimiento de tierras, que son los factores que más encarecen un proyecto o una construcción de esta naturaleza, de ahí que se aprovechen caminos ya existentes, rutas del ferrocarril ya fuera de servicio o caminos reales. Dentro de las normas de construcción de PEMEX, hay especificaciones, que son muy necesarias y las cuales se describen a continuación:

VELOCIDAD DE DISEÑO.

Velocidad de diseño es la máxima velocidad que puede mantenerse en un camino, o tramos del mismo, dentro de la seguridad y de acuerdo exclusivamente con sus características geométricas.

La velocidad de diseño se selecciona según la topografía y la clase de camino.

ANCHO DE LA CORONA.

Ancho de la corona es la distancia medida normalmente al eje del camino entre las aristas superiores de los taludes de un terraplén o de los cortes de una cuneta. Aumenta con la mayor importancia del camino y en ocasiones se disminuye al pasar del terreno plano a uno muy accidentado, a fin de no incrementar los costos.

SOBREELEVACION.

Sobreelevación es la pendiente transversal que se da a la corona de un camino, con objeto de contrarrestar la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo al transitar en una curva a la velocidad de diseño.

CARGA PARA DISEÑO.

Con el objeto de asegurar el paso de vehículos pesados en los caminos de primera y segunda clase, las estructuras de las obras de drenaje se diseñarán para carga HS-20. Las estructuras de las obras de drenaje se calcularán para soportar y resistir esfuerzos que resulten de las condiciones de trabajo de la obra que se trate. A estas cargas se les denomina: muerta, viva y accidental.

Como cargas vivas se utilizarán las cargas HS-20 y H-10.

La carga HS-20 corresponde a un camión tractor de dos ejes, con un remolque de un solo eje. El camión tractor tiene un peso total de 20 toneladas del cual el 20% corresponde al eje delantero, el 80% restante al eje trasero, otra carga igual a la del eje trasero del camión tractor, corresponde al eje del remolque.

La carga concentrada se ubica en cada caso, en donde se producen los mayores esfuerzos.

Carga viva, es aquella que se encuentra en movimiento continuo sobre la superficie de rodamiento (rasante), como cualquier clase de vehículos, animales, gente, etcétera.

Carga muerta, es aquella que se encuentra en reposo sobre la superficie, ejerciendo una fuerza total y equilibrada.

Carga accidental, es la producida por la naturaleza, como es la producida por las lluvias, los sismos, etcétera.

OBRAS PARA DRENAJE.

El objeto del drenaje es la eliminación del agua que en cualquier forma pueda perjudicar al camino, esto se logra evitando que el agua llegue a él o bien dando salida a la que inevitablemente recibe.

Las obras de drenaje pueden ser superficiales o subterráneas, de acuerdo con la forma de escurrimiento.

Drenaje superficial.- Es el que elimina el agua que escurre encima del terreno o del camino, cualquiera que sea su proce-

dencia, mediante los siguientes elementos:

- a) Bombeo. - Es la pendiente transversal que se da a la corona del camino, hacia ambos lados del eje, el bombeo para cualquier clase de camino es del 2 %.
 - b) Cunetas. - Son las obras destinadas a recoger el agua de lluvia que escurre sobre el camino debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes y que provienen de pequeñas áreas adyacentes.
 - c) Contra cunetas. - Son zanjas que se construyen aguas arriba de los cortes que interceptan el agua que escurre por las laderas para evitar deslaves en los taludes y escurrimientos excesivos hacia las cunetas que pudieran sobrepasar su capacidad.
 - d) Canales y bordos. - Son obras que se construyen para encauzar la corriente laminar o laminares en lugares planos en donde no existen cauces definidos. Su localización, sección y pendientes, se fijan de acuerdo con las condiciones hidráulicas de las corrientes por encauzar.
 - e) Alcantarillado y puentes. - son las estructuras que se construyen para permitir el cruce de las corrientes que llegan al camino, ya sea de ríos, arroyos u hondonadas o bien, debido a las obras de encauzamiento descritas en los incisos anteriores. Generalmente se consideran como alcantarillas las obras menores y como puentes, aquellas con un claro mayor de seis metros y sin colchón de tierra. Las alcantarillas más usadas son las tubulares, las de losas y las bóvedas.
- Drenaje subterráneo**. - Es el que elimina el agua que se presen

ta bajo la superficie, ya sea en corrientes o estancadas. Esta agua subterránea puede alterar la estructura del camino y afectar la superficie de rodamiento. Además, por efecto de saturación, se pueden presentar deslizamientos en los terraplenes y cortes. Pueden impedirse estos efectos mediante capas de materiales que aislen, o bien recurriendo a obras que favorezcan su escurrimiento, sin ocasionar perjuicios.

Las obras principales para el drenaje subterráneo son las zanjás rellenas con material permeable y los tubos perforados.

El material de relleno se gradúa por capas, colocando el más grueso en el fondo y el más fino en la capa superior.

El proyecto de las zanjás y el diámetro de los tubos depende de la naturaleza del terreno y del volumen de agua por drenar.

SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

Es la parte del camino acondicionada para que los vehículos transiten sobre ella, el tipo de superficie de rodamiento se escoge según la clase de camino, como lo especifique el proyecto.

Para este proyecto de camino, perteneciente al Complejo Petroquímico "Morelos" y de acuerdo a la clasificación que se le dió (de primera), la superficie será de concreto rígido, que por las condiciones climatológicas y según estudios previos, resultó ser la más adecuada y conveniente por su durabilidad y costo.

ANCHO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

En los caminos revestidos el ancho de la superficie de rodamiento es el ancho de la corona y en los de primera clase que

se pavimentan, es el ancho de carpeta que se especifique por normas, según el terreno, por ejemplo, para un terreno plano y ondulado, que es el tipo del de este proyecto, se emplea un ancho de 10.00 metros, para cada carril con un camellón de 6.00 metros.

ANCHO DE DERECHO DE VIA.

Derecho de una vía es la faja de terreno que se requiere para alojar el camino y tener un área adicional de servicio. La Ley especifica el ancho mínimo de derecho de vía para cada clase de camino, de acuerdo a la clasificación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. En PEMEX, el ancho se deberá ampliar lo necesario para dar cabida a terraplenes o cortes excepcionales, así como a obras de drenaje y toda clase de servicios relacionados con el camino.

Para este proyecto, que es un camino de primera clase, el ancho o derecho de vía, deberá ser de 20.00 metros, pero como se construirá en terrenos propiedad de PEMEX, no hubo objeción en tener 20.00 metros de cada lado. El ancho de derecho de vía, se mide del centro del camellón hacia ambos lados.

REVESTIMIENTO.

El material de revestimiento debe tener la suficiente cohesión, sin llegar a ser plástica para evitar que el tránsito forme rodaduras o desplace el material a los lados del camino, el revestimiento se tendrá en todo el ancho de la corona y se procurá protegerlo en los caminos con un riego de asfalto.

En este proyecto, las características del revestimiento son las siguientes: El espesor debe tener 20 centímetros con un grado de compactación al 95%.

PAVIMENTO.

El pavimento de un camino es la estructura formada por la sub-base, la base y carpeta. El espesor total de esta estructura depende del valor relativo del soporte de las terracerías, del volumen de tránsito y de las características del mismo.

El pavimento será de carpeta flexible y concreto rígido, la impregnación se dará a todo lo ancho de la base, la cual a su vez, abarcará toda la corona. Los anchos de la carpeta están indicados dentro de las normas de construcción de PEMEX. En este proyecto el pavimento será de concreto rígido, con una resistencia de $f'c=200$ kilogramos/centímetros cuadrados.

Definimos como base y subbase a las capas sucesivas de material seleccionado, que se construyen sobre la subrasante, cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías distribuyéndolas de manera que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

La sub-base (que algunas veces se omite), tiene varias funciones, como aislar de la penetración de las heladas, de las lluvias, facilitar el drenaje y como capa resistente a la erosión y al bombeo.

La base es la capa principal para distribuir la carga. Es lo suficientemente resistente para tolerar los esfuerzos cortantes producidos por las ruedas, es incomprensible y lo suficientemente rígida para distribuir la carga, en la capa subyacente.

La subrasante es el suelo natural subyacente o la superficie de relleno compactada que finalmente soporta la carga.

LIBRAMIENTO.

En los caminos de tercera clase se deberán construir libramientos donde un vehículo pueda desviarse y detenerse para permitir el paso de otro, con un espaciamiento menor, mientras mayor sea la pendiente, y con una separación aproximada de 200 metros en las pendientes suaves. Dichos libramientos deberán tener una longitud mínima de 10 metros y un ancho mínimo de dos metros.

Para este proyecto, que es de primera clase, no se necesita este tipo de construcción.

Dentro de las normas de construcción y especificaciones de PEMEX, están las siguientes, que además se emplearon para la construcción del camino de acceso al Complejo Petroquímico "Morelos", y son:

- a) **Desmonte:** Es el despeje de vegetación existente en el derecho y en las arenas existentes a bancos, con el objeto de evitar la presencia vegetal en la obra.
- b) **Despalme:** Remoción de la capa vegetal hasta llegar al terreno sano, es a la vez un corte de una capa del terreno entre 30 y 40 centímetros de espesor.
- c) **Corte o Excavación:** Son las excavaciones a cielo abierto para formar la sección del camino, la cual queda alojada abajo del terreno natural.
- d) **Terraplenes o Repleno:** Cuerpo de una terracería sobre el terreno natural previo despalmes, usando el material producido de los cortes para formar la subrasante.

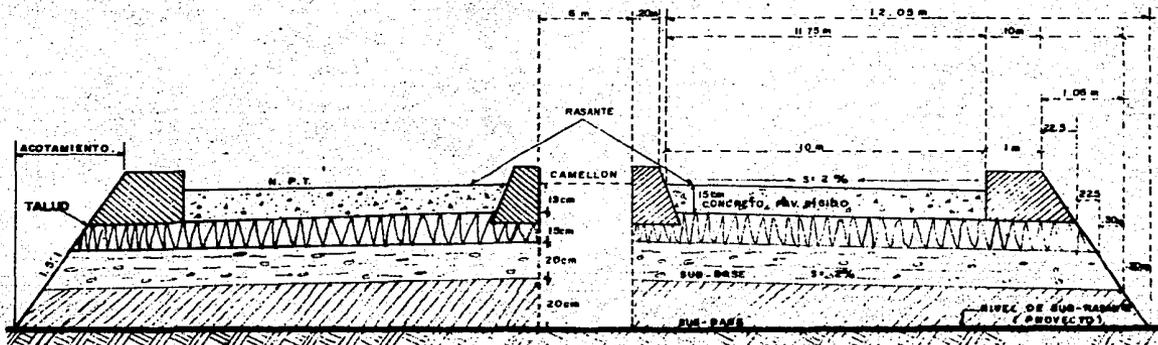
- e) **Taludes:** Parámetros terminados de un corte o terraplén, de una terracería cualquiera. En terraplenes se dejarán taludes con proporción 1.5:1 para este tipo no necesita cunetas o contracunetas.
- f) **Pavimentos:** En este proyecto se utilizará concreto rígido y se colocará únicamente en zona de terraplenes una capa de 20 centímetros de revestimiento de material mejorado para recibir losas de concreto hidráulico de 20 centímetros de espesor con una resistencia de $f'c=200 \text{ Kg/Cm}^2$.

Terracerías, como en todo proyecto de vialidad, el movimiento de terracerías es muy importante y lo podemos definir como sigue: Conjunto de cortes y rellenos de un obra vial o cualesquiera otra, apoyada y ejecutada hasta la subrasante, su función es la de proporcionar una faja de apoyo al pavimento de superficie llana y uniforme, alineamiento, pendiente, elevación y drenaje que conviene a la obra.

Hecho lo anterior se procederá a construir la estructura del camino tal y como se indique, en planos, normas de construcción adecuadas de PEMEX y con el procedimiento de construcción para este tipo de obras.

La supervisión de la construcción de la obra estará a cargo de PEMEX, basándose en las normas ya mencionadas con anterioridad y en las cuales se da toda clase de conocimientos para una mejor supervisión. En el plano número tres se ve la estructura del camino de acceso principal al Complejo Petroquímico "Morelos".

Además de las especificaciones propias de PEMEX, es necesario tomar en cuenta una serie de recomendaciones de carácter práctico que



U N A M	CORTE DE LA ESTRUCTURA DEL CAMPO
FACULTAD DE INGENIERIA	COMPLEJO PETROQUIMICO MORELOS
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA	Loc. Sin Coatzacoalcos, Ver. P. No. 103
TESIS PROFESIONAL	Alumno: VICTOR M GARCIA GARCIA

tienen por objeto contribuir al logro del mejor diseño y funcionamiento de la obra que se trata en este trabajo.

Las recomendaciones que a continuación se dan, son empleadas en los caminos de PEMEX y se pueden aplicar para todos caminos, aún fuera de la compañía de PEMEX. Estas recomendaciones son:

1. Habrá casos en los que por consideraciones diversas sea conveniente intercambiar las normas de diseño de las clases de caminos. Esta adaptabilidad de las normas, previa autorización de las oficinas centrales, permitirá resolver las condiciones especiales que puedan presentarse a lo largo de todo el camino o en un tramo en particular.
2. El alineamiento horizontal debe ser el resultado de una localización previa, tan amplia como se requiera, debiendo conjugarse los factores de economía, seguridad y comodidad. Como criterio general, deben evitarse grandes movimientos de tierra, número excesivo de curvas y tangentes muy largas.
3. El grado de curvatura máxima debe utilizarse únicamente en los lugares indispensables, cuando la topografía así lo requiera. En los demás casos, se emplearán curvas del menor grado posible, procurando siempre que se cumpla con los requisitos indicados en el inciso anterior.
4. Deben evitarse cambios bruscos en el alineamiento horizontal, por lo tanto no se colocarán, curvas de radio pequeño en el extremo de tangentes largas, ni se pasarán de un tramo de curvas suaves a uno de curvas cerradas sin que exista entre ellos una zona de transición.

5. Cuando entre dos curvas contiguas de un mismo sentido no se logre alojar la tangente mínima especificada, deberán sustituirse por una sola curva.
6. Es preferible evitar las curvas compuestas. Cuando esto no sea posible, se procurará que no haya cambios bruscos de curvatura, que constituyan incomodidad y peligro.
7. No debe haber gran diferencia de curvatura entre dos curvas contiguas, principalmente en las de sentido contrario.
8. En deflexiones pequeñas se alojarán curvas de radio grande.
9. Debe procurarse un perfil con curvas verticales suaves y evitar tangentes verticales, cortas y numerosos cambios de pendiente.
10. Al estudiar el alineamiento vertical debe tenerse en cuenta el alineamiento horizontal. Cuando coincida una curva horizontal, si aquélla es en cima, se estudiará el diseño de manera que el conductor de un vehículo no pierda la visibilidad de la curva horizontal.
11. Deben evitarse las curvas en columpio en los cortes, a menos que el problema de drenaje que se origina pueda resolverse a un bajo costo.
12. Los entronques y cruzamientos con otros caminos deben ser preferentemente en tangentes, a nivel y normales y nunca en cortes.
13. Es conveniente cruzar normalmente los ríos y arroyos grandes.

14. En terrenos planos donde las corrientes no tienen cauce de finido, debe estudiarse cuidadosamente el drenaje.
15. Es conveniente colocar las alcantarillas siguiendo el alineamiento y pendiente natural de las corrientes. Sin embargo, habrá casos en los que por la naturaleza del terreno, por la corriente o por consideraciones de orden económico, sea aconsejable modificar su colocación.
16. Para alcanzar compactaciones menores del 30 por ciento en las terracerías, se procurará utilizar el equipo de construcción adecuado, que no haga necesario el empleo de equipo especial de compactación.
17. En los caminos de primera clase se colocará el señalamiento necesario, de acuerdo con lo dispuesto en las normas básicas de construcción de PEMEX, en los caminos de segunda y tercera clase, es suficiente colocar las señales que limiten la velocidad, la señal de "ALTO" en cruzamientos y entronques y señales preventivas en los lugares en donde exista una condición peligrosa.

C A P I T U L O I I I

PROYECTO PRELIMINAR

CAPITULO III

PROYECTO PRELIMINAR.

La línea que se seleccionó (de dos o más alternativas), requirió de planos, hechos con la mayor información posible para que se pudiera realizar un buen proyecto definitivo, del camino a construir.

Se dibujó un polígono de apoyo lo más cercano posible al probable trazo definitivo. Este polígono debió coincidir lo más cercano posible con la traza de la rasante y por ello con frecuencia se procede a trazar una línea de auxilio, denominada "antepreliminar". También sirve como auxiliar a la supervisión, de hecho en ella se apoya (esta línea va lateralmente).

La línea antepreliminar, es en consecuencia, una línea a "pelo de tierra" y con pendiente muy parecida a la de la rasante del proyecto, pudiéndose realizar con el simple empleo del clisímetro. La línea antepreliminar, es la guía del trazado preliminar, que permite a este último lograr una poligonal con un mínimo de vértices y la mayor aproximación posible al trazo definitivo, con lo cual el control de los niveles y detalles topográficos se facilita.

El eje preliminar facilita el cálculo de las curvas de proyecto y limita sus distancias y sus deflexiones. En cada eje preliminar se deberá considerar una franja de terreno de 20 a 40 metros de ancho a cada lado del eje, dependiendo de la pendiente transversal del terreno. En esta franja se dibujan las curvas de nivel que sirven de apoyo para proyectar el trazo definitivo de la vía, considerando que los errores de nivelación y de posición son máximos en los extremos de la franja levantada (confirma la conveniencia de que el trazo definitivo se acerque al eje preliminar lo más posible).

El polígono al que se se hace referencia es abierto y es el más recomendable en estos tipos de trabajo.

III. 1 RECONOCIMIENTO.

El reconocimiento preliminar es en esencia, el examen de la zona de una línea con el objeto de fijar los puntos obligados (puntos por donde forzosamente deba pasar el camino). Dentro de los reconocimientos hay dos tipos que son: directo e indirecto. El reconocimiento directo, es el estudio que se hace al terreno en el cual se desea alojar el camino proyectado, calculando aproximadamente los costos de construcción, de operación, de transportes y de conservación mínimos.

El reconocimiento indirecto, es aquel que se realiza por medio del análisis de fotografías confiables.

Con los estudios preliminares podemos definir en el gabinete, la trayectoria y los desniveles del camino. Para este proyecto, el reconocimiento se realizó a pie, según la secuencia de las actividades siguientes:

- a) Determinación de la altura de los puntos obligados, éste es uno de los datos más importantes y sencillos de obtener por medio del aneroides.
- b) Estimación de distancias aproximadas entre los puntos obligados.
- c) Determinación de pendientes aproximadas del terreno entre los puntos obligados.

En este trabajo, el cual se refiere al proyecto del camino de acceso principal al Complejo Petroquímico "Morelos" y a la ca-

retera federal número 180 (Coatzacoalcos-Villahermosa), los puntos obligados son: El cruce del arroyo Teapa, los bordos de vasos de captación de agua pluvial uno y dos, el corredor de tuberías y el perímetro del complejo. Para el análisis de circulación de vehículos, otros puntos obligados son la corona de la presa de absorción de lastre y la entrada principal del complejo.

Además por las condiciones topográficas del terreno, se vió la necesidad de construir, un paso a desnivel para salvar el ferrocarril. Cabe mencionar que las líneas férreas vienen paralelas hasta el kilómetro 3+760, en que se hace dicho puente.

La importancia de los puntos obligados se debe a varias razones y éstas pueden ser: topográficas o técnicas y así también: económicas, políticas, sociales o ecológicas. Estas son algunas de las razones que por lo general, dan origen a la construcción de los caminos.

Una vez dictaminada la construcción, se dió principio al reconocimiento previo y al recabo de la información necesaria para el proyecto. En este caso, el reconocimiento fue directo, como es costumbre en este tipo de obras. Aquí se contó con la ventaja de que ya existía una ruta de ferrocarril que llegaba al poblado de Allende, con un tramo de aproximadamente cinco kilómetros de longitud, el cual resultó muy accesible y sirvió como guía para el reconocimiento. Durante el recorrido, que se realizó a pie, sólo se buscaron y marcaron los cambios que podrían hacerse al camino tomado como guía.

De igual manera, durante el reconocimiento se fue anotando toda la información relacionada con el paso del camino, desde el punto de vista geológico, topográfico y de los beneficios que se lograrían con el mismo.

En síntesis, esta primera fase de los estudios ayuda a conformar un criterio acerca de la factibilidad de la obra, pues además del propósito definido, se toman muy en cuenta los beneficios a la zona de afluencia a lo largo del camino.

III.2 DETERMINACION DEL EJE PRELIMINAR.

Como ya se sabe, el cálculo de un trazo como el del que se hace referencia, se sujeta al procedimiento del cálculo de una poligonal abierta, en el que es necesario hacer orientaciones astronómicas al principio del trazo y al final del mismo, así como en todas las intermedias que sean necesarias, según la longitud del mismo. Así también se requieren coordenadas de partida y de llegada. Para este proyecto no fueron necesarias las orientaciones, ya que tanto el punto de partida como el de llegada tenían coordenadas conocidas, debido a trabajos que se habían realizado con anterioridad; y es que este complejo es el tercero que se construye en el municipio de Coatzacoalcos.

Tampoco fue necesaria una orientación astronómica intermedia, ya que la longitud del trazo fue de ocho kilómetros. Lo usual es orientar cada 15 mil metros en caminos o carreteras de más de 80 kilómetros de longitud.

Terminado el trabajo del trazo del eje preliminar, levantado el polígono y contando con datos más exactos que los obtenidos en estudios preliminares, se calcularon en gabinete, las coordenadas de las estaciones en forma especial, que constaban de los mismos datos del registro de campo, se vaciaron en la planilla correspondiente y se procedió al cálculo de los rumbos.

Después de la obtención del cálculo de los rumbos, se procedió al de proyecciones y los resultados se acomodan en las columnas de la planilla correspondiente y por último se calculan las coordenadas.

El mecanismo anterior es la secuencia de como obtener las coordenadas de los vértices de una poligonal y en este caso por tratarse de una poligonal abierta, es necesario tener las coordenadas de la trayectoria del camino, pues si desconociéramos estos datos y quisieramos localizar inmediatamente el P.I. de una curva tendríamos que trazar nuevamente todo el camino, de lo contrario, con dichos datos lo encontraríamos rápidamente, así como también las trayectorias de las tangentes.

PLANILLA DE CALCULOS

L A D O	EST. P.V.	ANGULO HORIZONTAL	R U M B O	DIST(M)	PROYECCIONES				COORDENADAS			
					N(+)	S(-)	E(+)	W(-)	Y (N)	X(E)		
MOJ.'B"	O	0°00'00"	N90°00'00"W	0					0	649.29	1078.23	
O	P	79°51'50"	N10°08'10"E	452.94	445.87	79.71			P	1095.16	1157.93	I
P	Q	22°47'49"	N82°55'59"E	485.66	407.64	264.04			Q	1502.80	1422.00	D
Q	X	107°47'49"	N74°51'50"W	706.63	184.51		687.12	X	1687.31	739.88	I	
X	Y	15°08'10"	N90°00'00"W	273.50	1.50		273.5	Y	1688.81	466.36	I	
Y	Z	45°00'00"	N45°00'00"W	144.02	101.83		101.83	Z	1790.64	364.53	D	

[Planilla N°1]

El ejemplo anterior sólo representa una parte de la planilla de cálculo, asimismo se aprecia la falta de corrección de proyecciones, pero que se consideran implícitas en el procedimiento de cálculo, esto por ser una poligonal abierta. Además en este proyecto se trabaja sólo en un cuadrante de coordenadas geográficas. Con los datos anteriores, se determinó la posición del eje preliminar para poder sacar el seccionamiento, del cual se hablará en el subcapítulo posterior.

III.3 TRAZO Y NIVELACION DEL EJE PRELIMINAR.

El objetivo de este trazo es determinar por medio de una poligonal abierta, el lugar donde se alojará la línea que se proyecta para la elaboración de un plano topográfico con suficiente faja de terreno, en donde se pueda llevar a cabo el estudio de localización. En el lugar previamente elegido en el reconocimiento, se traza una poligonal con una pendiente ligeramente menor que la gobernadora, colocando un trompo y una estaca cada 20 metros; indicando los trompos el eje de la línea y las estacas los cadenamientos.

Para el proyecto que nos ocupa, el origen del trazo se inició en el cruce con la carretera federal número 180 (Villahermosa-Coatzacoalcos), con un cadenamiento inicial de 0+000 de coordenadas conocidas, debido a que todas las coordenadas de este proyecto están referidas al sistema local de construcción del Complejo Petroquímico "Pajaritos", cuyo origen se ubica en las mojoneeras localizadas al Oriente del área de la planta Etileno I con las siguientes coordenadas:

Sur	980.00	W	732.00 (B.N)
Sur	891.00	W	732.00

Como se ve en las primeras coordenadas, el banco de nivel se localiza a una elevación de 8.630 metros sobre el nivel del mar. Esta localización se ubicó en una varilla ahogada en la mojoneera, de la cual se partió para los niveles de todo el Complejo Petroquímico "Morelos" y el propio camino.

Con el propósito de tener el perfil del trazo preliminar, fue necesario desarrollar una nivelación para lo cual primeramente se realizó un estacado a lo largo del eje, cada 20 metros, a fin

de que el perfil fuera lo más apegado a los cambios de pendiente del terreno.

La operación de nivelación es semejante en todos los casos para conocer las diferentes alturas de los puntos del terreno. En la nivelación de un camino, es recomendable utilizar dos sistemas, los más comunes en este tipo de obras son: la nivelación topográfica o directa y la trigonométrica. Estos tipos de nivelación dan la facilidad y seguridad de conocer rápidamente diferencias de nivel por medio de lecturas directas de distancias verticales.

La nivelación de la línea se hace por medio de un equialtímetro y estadal al milímetro o al centímetro, colocando en cada kilómetro bancos de nivel, sobre clavos, en raíces de grandes árboles o en rocas. El perfil diario se dibuja y se hace del conocimiento del trazador para afinarle su propia nivelación.

El método más recomendable para el trazo del eje preliminar, es el de deflexiones, que consiste en medir el ángulo formado entre la prolongación de un lado anterior y el posterior en un punto de intersección (P.I.), estas deflexiones pueden ser a la izquierda o a la derecha.

El polígono preliminar se levanta con tránsito de minuto, midiendo las deflexiones y verificándolas con dobles ángulos, las medidas de las distancias se efectúan con cinta de acero, utilizando plomadas en vez de balizas y colocando la cinta en tramos horizontales con tensión uniforme. Deberá tenerse una precisión mínima de 1:2000 para los futuros cierres lineales. Para este proyecto, se empezó a trazar de la mojoneña "A" con cadencia o estación 2+700, le siguieron 2+720, 2+740, 2+760, etcétera, tomando en cuenta que con una posición del aparato no se avanzan tramos largos, debido al relieve del terreno, se tuvo que cambiar de posición, varias veces en un mismo alineamiento.

A continuación se presenta el registro del levantamiento preliminar, tal como se realizó en la libreta de tránsito.

LEVANTAMIENTO DE LA POLIGONAL				FECHA:	DEPENDENCIA:	LEVANTO:
				11-II-86	PEMEX	VICTOR MANUEL GARCIA G.
EST.	P.V.	4 HORIZ	DIST(m)	OBS	COORDENADAS DE LAS MOJONERAS:	
	MOJ "B"	0°00'00"			P(Z) KM 3+700	
MOJ "A"	P (X)	100°08'10"	300.00	KM 2+700 KM 3+000	MOJ "A" N -647.012 : E -1000.00 MOJ "B" N -647.012 : E -1064.609	
P (X)	PI ₁	180°00'00"	160.20	KM 3+160.20	PI ₁ KM 3+200	
	P (X)	0°00'00"			PC(Y) KM 3+300	
PI ₁	P (Y)	202°41'49"	230.00	KM 3+390.2	PI ₁ KM 3+160.20	
	PI ₁	0°00'00"			PC(X) KM 3+000	
P (Y)	PI ₂	180°00'00"	240.470	KM 3+630.68		
	P (Y)	0°00'00"				
PI ₂	P (Z)	72°12'12"	200.00	KM 3+830.68	MOJ "B" KM 2+700	

La mojonera "B" es un punto de referencia auxiliar para el trazo.

Las distancias se midieron en ambos sentidos a los lados para alcanzar la mayor precisión posible. En este proyecto fue de 1:500, que fue considerada suficiente. Es conveniente precisar que para caminos de trayectoria pequeña, PEMEX da tolerancias de precisión de hasta 1:500.

El método empleado para la nivelación del eje preliminar fue una

combinación de dos, de perfil y diferencial. La nivelación de perfil tiene un grado de precisión bajo respecto a la de diferencial, la cual se utiliza para la propagación del banco de nivel (B.N.), de partida; por esta razón las lecturas o la precisión deben ser al milímetro, en tanto que las de perfil se requieren al centímetro. Para nivelar, en este proyecto se utilizó el nivel automático marca Wild N-2.

Nivelación diferencial.- Tiene por objeto determinar la diferencia de nivel entre dos puntos (de banco de nivel a banco de nivel).

Nivelación de perfil.- Tiene por objeto determinar las cotas de los puntos previamente establecidos para obtener el perfil del trazo del terreno.

Queda ya definido que la nivelación de perfil se hace por todo el estacado para dibujar el perfil del terreno por donde se aloja el trazo y la nivelación diferencial se lleva a cabo por medio de puntos de liga para ir colocando nuevos bancos de nivel. Se recomienda que sea de ida y vuelta entre los dos bancos para verificar si es correcto.

Para tener una visión más clara sobre la nivelación del proyecto y su procedimiento, ver el registro de campo, y el plano número seis.

A continuación el levantamiento del perfil del tramo 2+700 al 3+700 del Camino de Acceso Principal al Complejo Petroquímico "Morelos". Es muy importante que se tenga especial cuidado en los puntos "importantes" como lo son los bancos de nivel (B.N.) y puntos de liga (P.L.) que se leen en milímetros, para la nivelación Diferencial.

PERFIL		CAMINO PRINCIPAL		C.P. MORELOS VER.	
TRAMO		KM 2+700 al KM 3+700		TERRENO NATURAL	
EST.	(+)	(∇)	(-)	COTA	OBS.
BN # 4	3.508	21.834		18.326	MOJ. "A"
2+700			2.75	19.08	
720			3.07	18.76	
740			2.93	18.90	
760			2.58	19.25	
780			2.42	19.41	
2+800			2.33	19.50	
820			1.83	20.00	
840			1.04	20.79	
P.L.1	0.183	18.103	3.915	17.919	
860			0.30	17.80	
P.L.2	0.203	14.525	3.780	14.322	
880			1.08	13.445	
P.L.3	0.321	10.881	3.965	10.560	
2+900			2.45	8.43	
920			3.21	7.67	
940			2.41	8.47	
960			2.13	8.75	
980			1.88	9.00	

EST.	(+)	(丕)	(-)	COTA	OBS.
3+000			0.380	10.50	
020			0.380	10.50	
040			0.880	10.00	
3+060	3.854	14.362	0.373	10.508	
080			3.16	11.20	
3+100			3.06	11.30	
120			2.86	11.50	
140			2.86	11.50	
PL4	3.895	18.173	0.084	14.278	
160			2.38	15.79	
180			1.87	16.30	
PL5	3.834	21.794	0.213	17.960	
3+200			0.213	21.581	
PL6	3.684	25.135	0.343	21.451	
220			2.93	22.20	
240			3.13	22.00	
260			3.95	21.18	
280			3.38	21.75	
3+300			3.91	21.22	
320			2.80	22.33	
340			3.50	21.63	
360			3.71	21.42	
380			1.13	24.00	
3+400			1.13	24.00	
420			1.13	24.00	
440			0.63	24.50	
460			0.13	25.00	
480			0.23	24.90	
3+500			0.24	24.89	
PL7	0.142	21.334	3.943	21.192	
520			2.03	19.30	
540			3.03	18.30	
560			3.17	18.16	
PL8	0.125	17.603	3.856	17.478	

EST.	(+)	(丕)	(-)	COTA	OBS.
3+580			2.90	14.70	
3+600			3.10	14.50	
3+620			3.30	14.30	
PL9	0.273	14.088	3.788	13.815	
3+640			1.09	12.99	
660			1.59	12.49	
680			1.09	12.99	
700			1.09	12.99	
BN "AUX"			0.143	13.945	S/base ci mentación torre eléc trica.

Aquí se empezó a realizar la contra nivelación a fin de checar la diferencia, se llevó a cabo solamente sobre los puntos de liga (P.L.).

EST.	(+)	(丕)	(-)	COTA	OBS.
BN "AUX"	1.973	15.918		13.945	
PL8	3.788	17.603	2.103	13.815	
PL8	3.934	21.412	0.125	17.478	
PL7	1.834	23.023	0.223	21.189	
PL6	0.043	21.490	1.576	21.447	
PL5	0.104	17.837	3.757	17.733	
PL4	0.015	14.290	3.562	14.275	
PL3	3.973	14.539	3.724	10.566	
PL2	3.833	18.158	0.214	14.325	
PL1	2.788	20.707	0.239	17.919	
BN# 4			2.379	18.328	
				OK -18.328	
				<u>18.326</u>	
				ERROR +00.002	

(Error de dos milímetros, por lo tanto es correcta la nivelación).

III.4 SECCIONAMIENTO.

Con el propósito de disponer de una pequeña franja topográfica y así conocer las pendientes transversales de la misma y de la sección del proyecto, fue necesario levantar secciones transversales cada 20 metros, normales al eje preliminar (a dichas secciones también se les denomina de topografía), se levantaron en un ancho de 60 metros, es decir, 30 metros a cada lado del eje preliminar, que se estimó como superficie, al haber seguido la ruta vieja del ferrocarril, como ya se mencionó. Por ello no hubo modificaciones significativas.

Las secciones transversales se identifican como derechas e izquierdas a partir del eje preliminar, según el sentido del trazo. No es necesario hacer un registro común, ya que quien lo realiza lleva el suyo.

Para este proyecto se analizó el tramo del kilómetro 2+700 al 2+840, que fue el que se prestó para tal propósito, pues el eje del camino en este tramo, se tenía ya estacado y nivelado.

Antes de hacer el seccionamiento, se empezó haciendo brecha, puesto que la vegetación era muy abundante. Se fijó el nivel en la primera sección 2+700 que tuvo una cota de 10.080, se colocó el estadal en esta estación y se leyó 1.208 en el signo positivo (+), dió por resultado la altura del aparato (W) que fue 20.288. Para encontrar la cota 20.00 se leyó 0.20 y en el lugar donde fue colocado el estadal se midió desde la línea de apoyo, siendo 4.50 metros; enseguida se procedió a encontrar la siguiente, leyendo 0.79 para la 19.50 con una distancia de 8.00 y así sucesivamente, hasta la cota 16.50 con lectura de 3.78 y con distancia de 38.00 metros, terminando así la sección transversal derecha, para continuar la izquierda mediante el mismo procedimiento.

Las secciones transversales generalmente se realizan con equialtímetro (nivel), de mano o con clisímetro por ser de fácil y rápido manejo y también porque da las precisiones necesarias para la "configuración". A fin de evitar grandes errores, es necesario cerrar todas las secciones, ya sea ligando con la de atrás o bien en una de las estacas de la línea.

A continuación se transcriben las secciones transversales del tramo del proyecto.

SECCIONES TRANSVERSALES 2+700 DERECHA

EST.	(+)	(丕)	(-)	COTAS	DIST	OBS.
2+700						
C Camino	1.208	20.288		19.08		S/T L.B.
			0.29	19.99	4.50	
			0.79	19.49	8.00	
			1.29	18.99	12.50	
			1.79	18.49	19.20	
			2.29	17.99	25.00	
			2.75	17.53	31.00	
			3.29	16.99	34.00	
			3.78	16.50	38.00	
Izquierda						
2+700	3.205	22.285		19.08		S/T L.B.
			0.28	22.00	3.50	
			0.78	21.50	5.00	
			1.28	21.00	8.00	
			1.78	20.50	9.00	
			2.28	20.00	11.00	
			2.78	19.50	12.50	
			3.28	19.00	15.00	
			2.78	19.50	18.00	
			2.28	20.00	22.00	
			2.78	19.50	30.00	
			3.28	19.00	35.00	
			3.78	18.50	39.00	

EST.	(+)	(丕)	(-)	COTAS	DIST.	OBS.
Derecha						
2+720	2.338	21.098		18.760		Derecha
			0.10	20.99	4	
			0.60	20.49	7.5	
			1.10	19.99	10	
			1.60	19.49	13	
			2.10	18.99	18	
			2.60	18.49	23	
			3.10	17.99	25.5	
			3.60	17.49	30	
PL	0.156	17.299	3.955	17.143	PL	
			0.30	16.99	35	
			0.80	16.49	40	
2+720	0.883	19.643		18.760		Izquierda
			1.14	18.50	6	
			1.64	18.00	7	
			2.14	17.50	10	
			1.64	18.00	15	
			1.14	18.50	19	
			1.64	18.00	23	
			2.14	17.50	28	
			2.64	17.00	31	
			3.14	16.50	36	
			3.64	16.00	41	
2+740.	3.955	22.855		18.900		Derecha
			0.35	22.50	3	
			0.85	22.00	5.5	
			2.85	20.00	10	
			3.35	19.50	13	
			3.85	19.00	18	
			4.35	18.50	23	
PL	0.088	18.093	4.850	18.00	29	
			0.59	17.50	33	
			1.09	17.00	35.5	
			2.09	16.00	38	
			2.09	16.00	40.50	
2+740	3.810	22.710		18.900		Izquierda
			0.21	22.50	24	
			0.71	22.00	5	
			0.71	22.00	7	
			0.21	22.50	10.5	
			0.71	22.00	14	
			1.21	21.50	16	
			1.71	21.00	19.	Izquierda
			2.21	20.50	22	
			2.71	20.00	28	

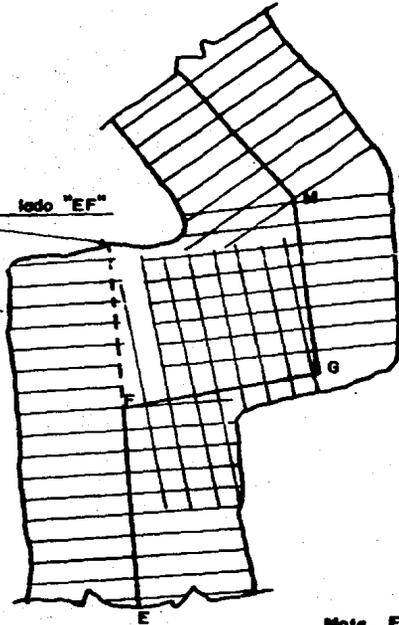
EST.	(+)	(∞)	(-)	COTAS	DIST.	OBS.
			3.21	19.50	33	
			3.71	19.00	38	
2+760	3.446	22.696		19.250		Derecha
			0.20	22.49	0.50	
			0.70	21.99	7	
			0.70	21.99	10	
			1.20	21.49	14	
			1.70	20.99	16	
			2.20	20.49	20	
			2.70	19.99	23.5	
			3.20	19.49	28	
PL	0.998	19.999	3.695	19.001	22.5	
			1.50	18.49	38	
			2.00	17.99	40	
2+760	3.095	22.345		19.250		Izquierda
			0.34	22.00	1	
			0.84	21.50	3	
			1.34	21.00	6	
			1.84	20.50	9	
			2.34	20.00	10.5	
			2.84	19.50	14	
			3.35	18.99	18.5	
			5.85	16.49	22	
			4.35	17.99	22.5	
			4.85	17.49	29.00	
2+780	3.255	22.665		19.410		Derecha
			0.16	22.50	2	
			0.16	22.50	3.5	
			0.66	22.00	8.0	
			1.16	21.50	11.5	
			1.66	21.00	16.0	
			2.16	20.50	18.5	
			2.66	20.00	24	
			3.16	19.50	25.5	
PL	1.425	20.425	3.665	19.000	29.0	
			1.93	18.49	32.0	
			2.43	17.99	37.0	
2+780	0.883	20.293		19.41		Izquierda
			0.29	20.00	0.80	
			0.79	19.50	3.00	
			0.79	19.50	5.50	
			1.29	19.00	8.00	
			1.79	18.50	11.50	
			2.29	18.00	15.0	
			2.79	17.50	19.0	
			3.29	17.00	21.50	

EST	(+)	(丕)	(-)	COTAS	DIST.	OBS.
PL	1.154	17.654	3.793	16.500	26.00	
			1.65	16.00	30.05	
			2.15	15.50	35.5	
2+800	0.183	19.683		19.500		Derecha
			0.68	19.00	3	
			1.18	18.50	6	
			1.68	18.00	10	
			2.18	17.50	13	
			2.68	17.00	15	
			3.18	16.50	18.5	
PL	1.188	17.188	3.683	16.00	23.00	
			1.69	15.49	27.00	
			2.19	14.99	31.00	
			2.19	14.99	36.00	
			1.69	15.49	38.00	
2+800	3.832	23.332		19.50		Izquierda
			0.33	23.00	5	
			0.83	22.50	8	
			1.33	22.00	11	
			1.83	21.50	14	
			2.33	21.00	19	
			2.83	20.50	22	
			3.33	20.00	25	
			3.33	20.00	27	
			2.83	20.50	30	
			2.33	21.00	33.5	
			2.33	21.00	37.5	
2+820	3.488	23.488		20.000		Derecha
			0.00	23.488	4	
			0.49	22.99	6	
			0.99	22.49	7.5	
			1.49	21.99	10	
			1.99	21.49	13	
			2.49	20.99	15	
			2.99	20.49	18	
			3.49	19.99	21.50	
PL	0.232	19.732	3.988	19,500	24.00	
			0.73	19.00	25.5	
			1.23	18.502	28.00	
			1.73	18.00	32	
			2.23	17.50	35	
			2.73	17.00	39	
2+820	1.188	21.188		20.00	0.00	L/Izq,
			1.69	19.49	4	
			2.19	18.99	7	
			2.69	18.49	10	
			3.19	17.99	13	

EST.	(+)	(π)	(-)	COTAS	DIST.	OBS.
PL	0.243	17.741	3.690	17.490	16	
			0.74	17.00	23	
			1.24	16.50	29	
			1.74	16.00	35	
2+840	0.243	21.033		20.790	0.00	L/Der.
			0.53	20.503	3.0	
			1.03	20.00	8.0	
			1.53	19.50	11	
			2.03	19.00	12.5	
			2.53	18.50	14	
			3.03	18.00	18	
			3.53	17.50	26	
			4.03	17.00	29	
			4.53	16.50	33	
			5.03	16.00	37	
2+840	0.243	21.033		20.79		L/Izq.
			0.03	21.00	2.00	
			0.53	20.50	5.00	
			1.03	20.00	8.00	
			1.53	19.50	10.50	
			2.03	19.00	12.50	Estas sec-
			2.53	18.50	16.0	ciones son
			3.03	18.00	19.00	suficientes
PL	0.943	18.443	3.533	17.500	21.5	para dar
			1.44	17.00	28.00	una idea de
			1.94	16.50	31.5	las demás.
			2.44	16.00	35.00	
			2.94	15.503	37.00	

En el dibujo número 04, se da una idea de como se verán estas secciones en planta.

Prolongación lado "EF"



Note. El dibujo corresponde a este trabajo, nada más es un ejemplo

U N A M		SECCIONES	
FACULTAD DE INGENIERIA		TRANSVERSALES	
METEOROLOGICA Y GEODESICO		DIS/SIN	Cartografía PLANO A
TESIS	PROFESIONAL	VICTOR M. GARCIA GARCIA	

III.5. ELABORACION DEL PLANO TOPOGRAFICO.

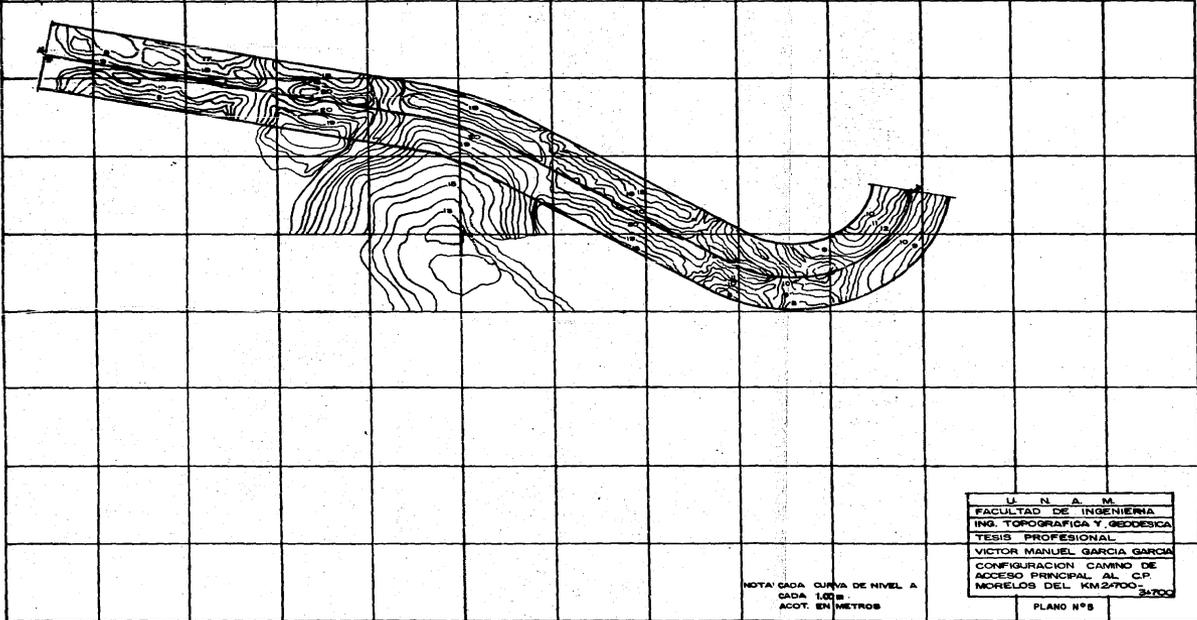
El método más generalizado para realizar planos topográficos, empleando altimetría y planimetría, es el de curvas de nivel.

Las curvas de nivel son líneas (horizontales como circulares), imaginarias sobre la superficie terrestre que unen puntos de igual elevación respecto a un plano de referencia o superficie de comparación. El más común de estos planos es el nivel medio del mar (N.M.M.). Las curvas de nivel tienen una forma semejante sobre el plano y sobre el terreno, pero reducida a la escala del mapa. En conjunto, las curvas de nivel dan lo que se llama la configuración de la zona. -- Para una mejor comprensión de lo que es una curva de nivel, imaginemos la orilla del agua del mar o de un lago, etcétera. Sobre un cerro o la playa, ésta marca la curva de nivel del terreno a una cota dada.

Las curvas de nivel indican la morfología de las distintas formas fisiográficas que constituyen la superficie terrestre, pero en los proyectos sirven también para los estudios del drenaje y mientras más completa sea la configuración del terreno, mayores facilidades se tendrán para proyectar la línea definitiva.

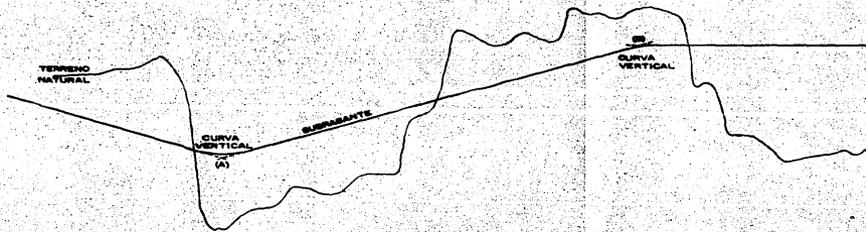
Existen tres métodos de levantamiento para la configuración de un terreno o zona, como el realizado en este proyecto, los tres métodos son: por puntos dominantes, por cuadrícula y de cota cerrada. En el tramo de este proyecto se utilizó el tercer método por considerarlo el más común y práctico, ya que consiste en trazos de línea de apoyo con secciones transversales, su variante es el conocimiento de cota cerrada y distancia en la curva de nivel.

100
200
300
400
500



NOTA: CADA CURVA DE NIVEL A
CADA 1.00 M.
ACOT. EN METROS

U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA
TESIS PROFESIONAL
VICTOR MANUEL GARCIA GARCIA
CONFIGURACION CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL AL C.P. MORELOS DEL KM 2700 - 24700
PLANO N° 5



ESTACION	TERRENO NATURAL	SUBSANTANTE
21700	16.00	16.00
21750	15.80	15.80
21800	15.50	15.50
21850	15.20	15.20
21900	14.80	14.80
21950	14.50	14.50
22000	14.20	14.20
22050	14.00	14.00
22100	13.80	13.80
22150	13.60	13.60
22200	13.50	13.50
22250	13.40	13.40
22300	13.30	13.30
22350	13.20	13.20
22400	13.10	13.10
22450	13.00	13.00
22500	12.90	12.90
22550	12.80	12.80
22600	12.70	12.70
22650	12.60	12.60
22700	12.50	12.50
22750	12.40	12.40
22800	12.30	12.30
22850	12.20	12.20
22900	12.10	12.10
22950	12.00	12.00
23000	11.90	11.90
23050	11.80	11.80
23100	11.70	11.70
23150	11.60	11.60
23200	11.50	11.50
23250	11.40	11.40
23300	11.30	11.30
23350	11.20	11.20
23400	11.10	11.10
23450	11.00	11.00
23500	10.90	10.90
23550	10.80	10.80
23600	10.70	10.70
23650	10.60	10.60
23700	10.50	10.50
23750	10.40	10.40
23800	10.30	10.30
23850	10.20	10.20
23900	10.10	10.10
23950	10.00	10.00
24000	9.90	9.90
24050	9.80	9.80
24100	9.70	9.70
24150	9.60	9.60
24200	9.50	9.50
24250	9.40	9.40
24300	9.30	9.30
24350	9.20	9.20
24400	9.10	9.10
24450	9.00	9.00
24500	8.90	8.90
24550	8.80	8.80
24600	8.70	8.70
24650	8.60	8.60
24700	8.50	8.50
24750	8.40	8.40
24800	8.30	8.30
24850	8.20	8.20
24900	8.10	8.10
24950	8.00	8.00
25000	7.90	7.90
25050	7.80	7.80
25100	7.70	7.70
25150	7.60	7.60
25200	7.50	7.50
25250	7.40	7.40
25300	7.30	7.30
25350	7.20	7.20
25400	7.10	7.10
25450	7.00	7.00
25500	6.90	6.90
25550	6.80	6.80
25600	6.70	6.70
25650	6.60	6.60
25700	6.50	6.50
25750	6.40	6.40
25800	6.30	6.30
25850	6.20	6.20
25900	6.10	6.10
25950	6.00	6.00
26000	5.90	5.90
26050	5.80	5.80
26100	5.70	5.70
26150	5.60	5.60
26200	5.50	5.50
26250	5.40	5.40
26300	5.30	5.30
26350	5.20	5.20
26400	5.10	5.10
26450	5.00	5.00
26500	4.90	4.90
26550	4.80	4.80
26600	4.70	4.70
26650	4.60	4.60
26700	4.50	4.50
26750	4.40	4.40
26800	4.30	4.30
26850	4.20	4.20
26900	4.10	4.10
26950	4.00	4.00
27000	3.90	3.90
27050	3.80	3.80
27100	3.70	3.70
27150	3.60	3.60
27200	3.50	3.50
27250	3.40	3.40
27300	3.30	3.30
27350	3.20	3.20
27400	3.10	3.10
27450	3.00	3.00
27500	2.90	2.90
27550	2.80	2.80
27600	2.70	2.70
27650	2.60	2.60
27700	2.50	2.50
27750	2.40	2.40
27800	2.30	2.30
27850	2.20	2.20
27900	2.10	2.10
27950	2.00	2.00
28000	1.90	1.90
28050	1.80	1.80
28100	1.70	1.70
28150	1.60	1.60
28200	1.50	1.50
28250	1.40	1.40
28300	1.30	1.30
28350	1.20	1.20
28400	1.10	1.10
28450	1.00	1.00
28500	0.90	0.90
28550	0.80	0.80
28600	0.70	0.70
28650	0.60	0.60
28700	0.50	0.50
28750	0.40	0.40
28800	0.30	0.30
28850	0.20	0.20
28900	0.10	0.10
28950	0.00	0.00
29000	-0.10	-0.10
29050	-0.20	-0.20
29100	-0.30	-0.30
29150	-0.40	-0.40
29200	-0.50	-0.50
29250	-0.60	-0.60
29300	-0.70	-0.70
29350	-0.80	-0.80
29400	-0.90	-0.90
29450	-1.00	-1.00
29500	-1.10	-1.10
29550	-1.20	-1.20
29600	-1.30	-1.30
29650	-1.40	-1.40
29700	-1.50	-1.50
29750	-1.60	-1.60
29800	-1.70	-1.70
29850	-1.80	-1.80
29900	-1.90	-1.90
29950	-2.00	-2.00
30000	-2.10	-2.10
30050	-2.20	-2.20
30100	-2.30	-2.30
30150	-2.40	-2.40
30200	-2.50	-2.50
30250	-2.60	-2.60
30300	-2.70	-2.70
30350	-2.80	-2.80
30400	-2.90	-2.90
30450	-3.00	-3.00
30500	-3.10	-3.10
30550	-3.20	-3.20
30600	-3.30	-3.30
30650	-3.40	-3.40
30700	-3.50	-3.50
30750	-3.60	-3.60
30800	-3.70	-3.70
30850	-3.80	-3.80
30900	-3.90	-3.90
30950	-4.00	-4.00
31000	-4.10	-4.10
31050	-4.20	-4.20
31100	-4.30	-4.30
31150	-4.40	-4.40
31200	-4.50	-4.50
31250	-4.60	-4.60
31300	-4.70	-4.70
31350	-4.80	-4.80
31400	-4.90	-4.90
31450	-5.00	-5.00
31500	-5.10	-5.10
31550	-5.20	-5.20
31600	-5.30	-5.30
31650	-5.40	-5.40
31700	-5.50	-5.50
31750	-5.60	-5.60
31800	-5.70	-5.70
31850	-5.80	-5.80
31900	-5.90	-5.90
31950	-6.00	-6.00
32000	-6.10	-6.10
32050	-6.20	-6.20
32100	-6.30	-6.30
32150	-6.40	-6.40
32200	-6.50	-6.50
32250	-6.60	-6.60
32300	-6.70	-6.70
32350	-6.80	-6.80
32400	-6.90	-6.90
32450	-7.00	-7.00
32500	-7.10	-7.10
32550	-7.20	-7.20
32600	-7.30	-7.30
32650	-7.40	-7.40
32700	-7.50	-7.50
32750	-7.60	-7.60
32800	-7.70	-7.70
32850	-7.80	-7.80
32900	-7.90	-7.90
32950	-8.00	-8.00
33000	-8.10	-8.10
33050	-8.20	-8.20
33100	-8.30	-8.30
33150	-8.40	-8.40
33200	-8.50	-8.50
33250	-8.60	-8.60
33300	-8.70	-8.70
33350	-8.80	-8.80
33400	-8.90	-8.90
33450	-9.00	-9.00
33500	-9.10	-9.10
33550	-9.20	-9.20
33600	-9.30	-9.30
33650	-9.40	-9.40
33700	-9.50	-9.50
33750	-9.60	-9.60
33800	-9.70	-9.70
33850	-9.80	-9.80
33900	-9.90	-9.90
33950	-10.00	-10.00
34000	-10.10	-10.10
34050	-10.20	-10.20
34100	-10.30	-10.30
34150	-10.40	-10.40
34200	-10.50	-10.50
34250	-10.60	-10.60
34300	-10.70	-10.70
34350	-10.80	-10.80
34400	-10.90	-10.90
34450	-11.00	-11.00
34500	-11.10	-11.10
34550	-11.20	-11.20
34600	-11.30	-11.30
34650	-11.40	-11.40
34700	-11.50	-11.50
34750	-11.60	-11.60
34800	-11.70	-11.70
34850	-11.80	-11.80
34900	-11.90	-11.90
34950	-12.00	-12.00
35000	-12.10	-12.10
35050	-12.20	-12.20
35100	-12.30	-12.30
35150	-12.40	-12.40
35200	-12.50	-12.50
35250	-12.60	-12.60
35300	-12.70	-12.70
35350	-12.80	-12.80
35400	-12.90	-12.90
35450	-13.00	-13.00
35500	-13.10	-13.10
35550	-13.20	-13.20
35600	-13.30	-13.30
35650	-13.40	-13.40
35700	-13.50	-13.50
35750	-13.60	-13.60
35800	-13.70	-13.70
35850	-13.80	-13.80
35900	-13.90	-13.90
35950	-14.00	-14.00
36000	-14.10	-14.10
36050	-14.20	-14.20
36100	-14.30	-14.30
36150	-14.40	-14.40
36200	-14.50	-14.50
36250	-14.60	-14.60
36300	-14.70	-14.70
36350	-14.80	-14.80
36400	-14.90	-14.90
36450	-15.00	-15.00
36500	-15.10	-15.10
36550	-15.20	-15.20
36600	-15.30	-15.30
36650	-15.40	-15.40
36700	-15.50	-15.50
36750	-15.60	-15.60
36800	-15.70	-15.70
36850	-15.80	-15.80
36900	-15.90	-15.90
36950	-16.00	-16.00
37000	-16.10	-16.10
37050	-16.20	-16.20
37100	-16.30	-16.30
37150	-16.40	-16.40
37200	-16.50	-16.50
37250	-16.60	-16.60
37300	-16.70	-16.70
37350	-16.80	-16.80
37400	-16.90	-16.90
37450	-17.00	-17.00
37500	-17.10	-17.10
37550	-17.20	-17.20
37600	-17.30	-17.30
37650	-17.40	-17.40
37700	-17.50	-17.50
37750	-17.60	-17.60
37800	-17.70	-17.70
37850	-17.80	-17.80
37900	-17.90	-17.90
37950	-18.00	-18.00
38000	-18.10	-18.10
38050	-18.20	-18.20
38100	-18.30	-18.30
38150	-18.40	-18.40
38200	-18.50	-18.50
38250	-18.60	-18.60
38300	-18.70	-18.70
38350	-18.80	-18.80
38400	-18.90	-18.90
38450	-19.00	-19.00
38500	-19.10	-19.10
38550	-19.20	-19.20
38600	-19.30	-19.30
38650	-19.40	-19.40
38700	-19.50	-19.50
38750	-19.60	-19.60
38800	-19.70	-19.70
38850	-19.80	-19.80
38900	-19.90	-19.90
38950	-20.00	-20.00
39000	-20.10	-20.10
39050	-20.20	-20.20
39100	-20.30	-20.30
39150	-20.40	-20.40
39200	-20.50	-20.50
39250	-20.60	-20.60
39300	-20.70	-20.70
39350	-20.80	-20.80
39400	-20.90	-20.90
39450	-21.00	-21.00
39500	-21.10	-21.10
39550	-21.20	-21.20
39600	-21.	

De acuerdo a la nivelación, se conoció la lectura que se debió "leer" en el estadal para que fuera cota cerrada y se pidió al estadalero que subiera o bajara, según el caso. Una vez que se ubicó la curva de nivel se midió la distancia y se anotó en el registro, después se procedió a localizar la siguiente, volviendo a medir la distancia en forma acumulada, que se registró en la libreta de secciones y así sucesivamente se fueron localizando las demás, hasta terminar.

Con el ~~seccionamiento~~ realizado, se obtuvo la configuración del terreno o plano topográfico, que es donde se deben realizar los ensayos de ~~proyecto de camino~~, este plano es la base de todo proyecto de camino, o de cualquier otra obra donde intervenga la topografía.

En el plano número cinco se ve el camino ya proyectado sobre unas curvas de nivel. Para lograr esto, se trazaron curvas a cada metro.

C A P I T U L O I V

**PROYECTO DEFINITIVO
DEL CAMINO**

CAPITULO IV.

PROYECTO DEFINITIVO DEL CAMINO.

Lo ideal en el trazo de alineamiento de un camino, es que sea recto y a nivel desde su origen hasta su destino, a fin de salvar en lo posible accidentes topográficos y de esta manera economizar.

Los caminos de PEMEX, tienen como característica particular ser muy cortos (cinco, seis y hasta ocho kilómetros), y en línea recta, generalmente utilizan rutas ya establecidas. De esta manera el proceso para el eje definitivo resulta más sencillo y rápido, no así cuando los caminos no están definidos o que sean de más longitud que los que los caracterizan o bien debido a que la topografía del terreno presente muchos problemas, entonces, es conveniente estudiar alternativas de solución más variadas y complicadas.

Para este proyecto, la pendiente admisible fue de 2.5%, según las normas de diseño de PEMEX. Fue preciso desarrollar el trazo para subir el desnivel requerido, alargándolo para conservar la pendiente. Esto da una idea del proyecto definitivo.

Los puntos obligados se definieron mediante reconocimientos preliminares, empleando la fotografía aérea.

IV.1. PROYECTO HORIZONTAL DEL CAMINO.

Esta etapa del estudio, se realiza totalmente sobre el dibujo en gabinete, lo que en el terreno se puede hacer con un clisímetro para llevar una línea con una pendiente dada, también

se puede hacer en un plano utilizando un compás con puntas secas. Conociendo las equidistancia entre curvas de nivel y la pendiente que se desea para el camino.

El estudio realizado con fotografías aéreas y con cartas topográficas, permite ubicar en éstas los posibles proyectos definitivos, en los que aparecen los puntos obligados y se pueden de terminar los desniveles entre éstos y así definir la pendiente que regirá el trazo.

Esta etapa del proyecto se realiza con base a dibujos del camino antiguo ya configurado.

IV. 2 PROYECTO VERTICAL DEL CAMINO.

Esta parte también se basa en el plano de la configuración para obtener el dibujo de la sección del terreno según un cierto trazo o perfil del eje de la vía proyectada en planta, es decir, se obtiene del plano de ésta, el kilometraje correspondiente a los cruces de las curvas con el eje y se van marcando los puntos del perfil, subiendo o bajando de curva, en curva de nivel.

Para este caso, en el anteproyecto se tenían los datos del terreno natural y básicamente fue el mismo, por lo tanto los niveles fueron los mismos.

El perfil se dibuja sobre papel milimétrico grueso, para que no se maltrate al borrar cuando se hagan varios ensayos al trazar la subrasante (plano del perfil).

La subrasante se forma de una serie de líneas rectas con sus respectivas pendientes, se proyecta sobre el plano del perfil, y resulta el perfil del eje de las terracerías terminadas y la rasante es el perfil de la superficie de rodamiento, según sea

la vía de que se trate, que en general es paralela a la subrasante y desde luego queda sobre ella. Además con los elementos de este proyecto se calcularon las curvas verticales y sus puntos característicos que fueron:

- PCT: Principio de curva vertical.
- PIV: Punto de intersección vertical.
- PTV: Principio de tangente vertical.

El alineamiento vertical es el perfil longitudinal del eje del camino y consta de tramos rectos llamados tangentes y de curvas que son parabólicas.

C A P I T U L O V

T R A Z O D E F I N I T I V O

CAPITULO V.

TRAZO DEFINITIVO.

Este trazó que es el definitivo, quedó sujeto a ciertas especificaciones de parte de PEMEX, como fue que se trazará prácticamente en línea recta, sólo hubieron pequeños cambios geométricos desde su origen hasta su destino, a veces se siguieron otras vías de comunicación para facilitar su vigilancia y mantenimiento.

Tomando en cuenta el tipo de camino que se requeriría para el Complejo Petroquímico "Morelos", este fue de primera clase, de ahí que su trazo no fue muy complicado. El polígono que sirvió de apoyo, fue preliminar sobre un terreno plano de poca pendiente, por lo que se trazó de inmediato sobre la ruta elegida, para llegar al "trazo definitivo" del eje del camino. Este eje de la vía se localizó en el terreno mediante "ligas" que se midieron en el dibujo al hacer el proyecto, siendo estas "ligas", ángulos y distancias entre la preliminar y el eje definitivo (este eje se trazó, estacándolo a cada 20 metros, en las tangentes y en las curvas de acuerdo con su grado de curvatura).

V.1 CURVAS HORIZONTALES.

Con los datos de la planilla correspondiente (página 24), fue posible calcular las curvas horizontales entre cada tangente y su procedimiento fue el siguiente.

Partiendo de la pendiente máxima permitida, así como del coeficiente de fricción máximo, se establecieron los radios y grados de curvatura conveniente para cada curva, a excepción de las obligadas por la condición del proyecto. También se estableció el coeficiente de fricción, esto es muy importante en las curvas horizontales, ya que éstas pueden ser simples o compuestas.

Curvas simples: están constituidas por un tramo de una sola circunferencia (en el proyecto se usaron éstas), los elementos que tienen estas curvas son:

Δ = **Angulo de deflexión:** es el ángulo en el punto de intersección de dos tangentes.

G = **Grado de curvatura:** es el ángulo en el centro de una curva circular que corresponde a un arco de veinte metros.

R = **Radio:** es inversamente proporcional al grado y su valor se expresa en metros.

PI = **Punto de intersección de dos rectas.**

PC = **Punto de comienzo.**

PT = **Punto de Terminación.**

ST = **Subtangente:** es la distancia del PI al PC o al PT y su valor se expresa en metros.

LC = **Longitud de la curva:** es la longitud de la curva entre el PC y el PT y su valor se expresa en metros.

E = **Externa:** Es la distancia del PI al punto medio de la curva y su valor se expresa en metros.

CL = **Cuerda Larga:** es al recta que une al PC con el PT.

M = **Ordenada media:** es la distancia del punto medio de la curva al punto medio de la cuerda larga.

Los datos de que se parte para calcular, los demás elementos de

la curva son los siguientes:

La deflexión = Δ Cuerda = C Radio = R

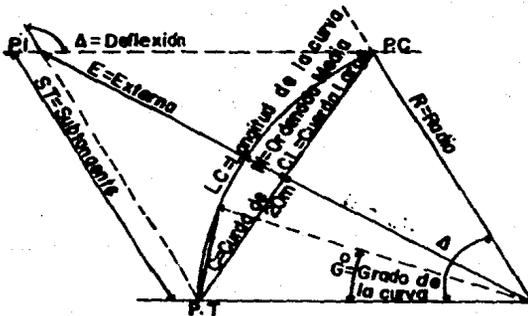
Δ = Se mide directamente con transportador en el proyecto en planta del eje de la vía, y es el ángulo formado por la subtangente y la cuerda trazada y es igual a la mitad del ángulo central que corresponda a dicha cuerda.

C = Es la cuerda que se emplea, según la curva a trazar y con el objeto de que el trazo por medio de cuerdas no difiera considerablemente del arco, se utilizan para el trazo cuerdas de diferentes longitudes, de acuerdo con el grado de la curva, como marca la tabla de PEMEX.

GRADO DE LA CURVA	LONGITUD DE LA CUERDA
Hasta 4°	20 metros
De 4° a 8°	15 metros
De 8° a 17°	10 metros
Mayores de 17°	5 metros

R = El radio queda a criterio del proyectista, que deberá de tratar de que éste sea lo mayor posible para no tener curvas forzadas, de acuerdo a la clasificación del camino.

En el dibujo, se ven los elementos de la curva.



Su comprobación sería:

Angularmente, viendo PT, la graduación del tránsito debe marcar:
($\Delta/2$)

La tolerancia = 01'.

Linealmente, la distancia entre el último punto trazado y el PT será (ST), previamente calculada.

La tolerancia = 0.10 metros.

A continuación, se da la resolución de las curvas del tramo del proyecto.

Procedimiento de la curva horizontal número uno.

Datos: PC = 3 + 114.431
 $\Delta = 22^{\circ} 47' 49''$
 $G^{\circ} = 6^{\circ} 00' 00''$

Cálculo del radio:

$$R = \frac{1145.92}{G^{\circ}} = \frac{1145.92}{6^{\circ}00'00''} = 190.987 \text{ metros.}$$

Cálculo de la (ST).

$$ST = R \text{ Tang } \frac{\Delta}{2} = 190.987 \text{ tang. } \frac{22^{\circ}47'49''}{2} = 38.50 \text{ metros.}$$

Cálculo del (LC).

$$LC = \frac{20}{G} = (20) \frac{22^{\circ}47'49''}{6^{\circ}00'00''} = 75.99 \text{ metros.}$$

Cálculo de cuerda larga (CL).

$$CL = 2 R \text{ sen } \frac{\Delta}{2} = 2 (190.987) \text{ sen. } \frac{22^{\circ}47'49''}{2} = 75.49 \text{ metros.}$$

Cálculo del (PI), punto de intersección.

$$PI = PC + ST = 114.431 + 38.504 = 152.935$$

Cálculo del (PT) punto de tangencia.

$$PT = PC + LC = 114.431 + 75.99 = 190.421$$

ESTACION	PV	DIST. (M)	DEFLEXION	NOTAS
3+114.431		0.00	0°00'00"	
	3+120.00	5.569	0°50'07.26"	
	3+130.00	10.00	2°20'07.26"	
	3+140.00	10.00	3°50'07.26"	
	3+150.00	10.00	5°20'07.26"	
	3+160.00	10.00	6°50'07.26"	
	3+170.00	10.00	8°20'07.26"	
	3+180.00	10.00	9°50'07.26"	
	3+190.00	10.00	11°20'07.26"	
	3+190.421	00.421	11°23'54.6"	

PLANILLA N°3

El cálculo de las deflexiones de la curva anterior se realizó de la siguiente manera:

Deflexión por metro:

$$1.5 \times 6^{\circ}00' = 0^{\circ}09'00''$$

Deflexión por cada diez metros:

$$\frac{6^{\circ}}{4} = \frac{6^{\circ}00'00''}{4} = 1^{\circ}30'00''$$

Curva horizontal número dos.

Datos:

$$PC = 3+472.193$$

$$G^{\circ} = 9^{\circ}30'$$

$$\Delta = 107^{\circ}47'49''$$

$$R = \frac{1145.92}{9^{\circ}30'} = 120.63$$

$$ST = 120.63 \quad \text{tang. } \frac{107^{\circ}47'49''}{2} = 165.42 \text{ Mts.}$$

$$LC = 20 \left(\frac{107^{\circ}47'49''}{9^{\circ}30'} \right) = 226.94 \text{ Mts.}$$

$$CL = 2 (120.63) \text{ Sen. } \frac{107^{\circ}47'49''}{2} = 194.93$$

$$PI = 472.193 + 165.42 = 637.613 = 3 + 637.613 \text{ Mts.}$$

$$PT = 472.193 + 226.94 = 699.133 = 3 + 699.133 \text{ Mts.}$$

$$\text{Deflexión por metro} = 1.5 \times 9^{\circ}30' = 0^{\circ}14'15''.$$

$$\text{Deflexión por cada diez metros:} = \frac{9^{\circ}30'}{4} = 2^{\circ}22'30''$$

ESTACION	PV	DIST. (M)	DEFLEXION	NOTAS
3+472.193		00.00	0°00'00"	
	3+480.00	7.807	1°51'14.99"	
	3+500.00	20.00	6°36'15"	
	3+520.00	20.00	11°21'15"	
	3+540.00	20.00	16°06'15"	
	3+560.00	20.00	20°51'15"	
	3+580.00	20.00	25°36'15"	
	3+600.00	20.00	30°21'15"	
	3+620.00	20.00	35°06'15"	
	3+640.00	20.00	39°51'15"	
	3+660.00	20.00	44°36'15"	
	3+680.00	20.00	49°21'15"	
	3+699.133	20.00	53°53'54"	

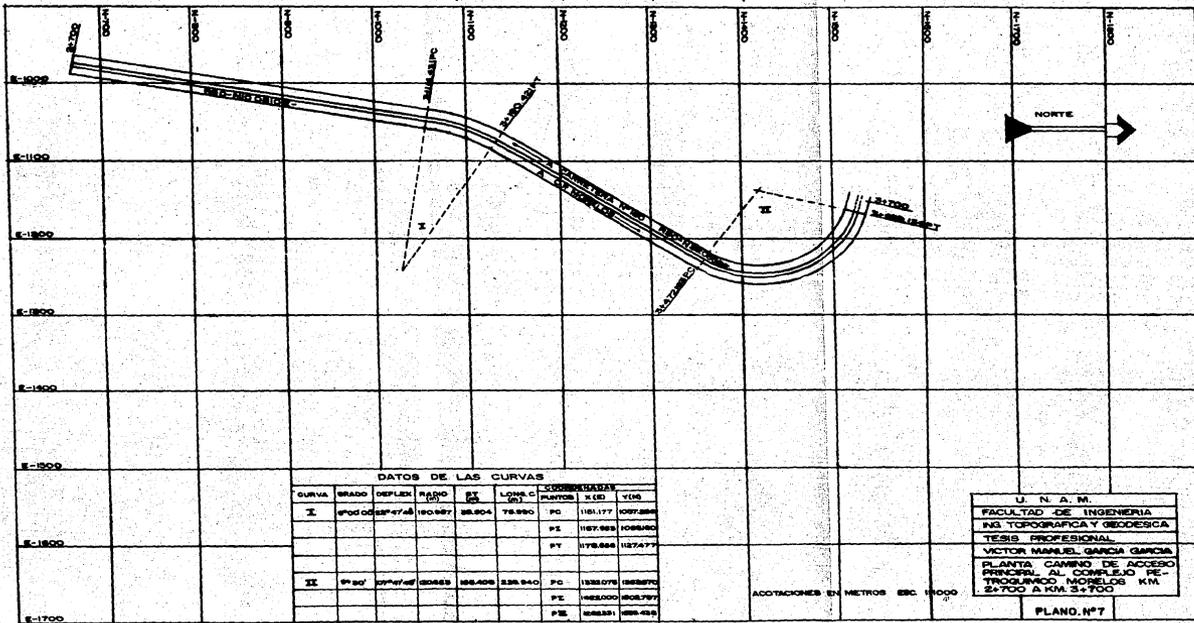
PLANLLA N°4

Estas son dos de las tablas de deflexión de las 29 curvas que contiene el proyecto.

Las estaciones se indican con trompos y su leyenda respectiva de cadenamiento (ver el plano número siete). Hay que hacer hincapié en que se va aprovechando este trabajo para construir mojoneras en lugares estratégicos con sus respectivas coordenadas, que estarían fuera del camino para que con los trabajos de desmonte y terracerías no se afectaran y se protegieran con tubos y madera bien fija a su alrededor. Estas mojoneras sirvieron para supervisar la obra, teniendo bancos de nivel para el mismo fin.

Aunque las curvas compuestas no se utilizan en los caminos de PEMEX, a modo de información se da su definición.

Curva compuesta: Está formada por varios tramos de curvas sim-



DATOS DE LAS CURVAS

CURVA	BRADO	DEFLEX	PUNTO	PT	LONG.C	COORDENADAS		
						NORTE	ESTE	
I	D	17°00'	00+47.6	00+00	78.990	PC	118.177	1097.288
						PE	1187.688	1086.840
						PT	1178.688	1127.777
II	D	17°00'	00+88.8	00+00	238.940	PC	1332.078	1082.870
						PE	1082.000	1008.797
						PT	1088.851	888.438

ACOTACIONES EN METROS ESC 1:1000

U. N. A. M.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA
 TESIS PROFESIONAL
 VICTOR MANUEL GARCIA GARCIA
 PLANTA CAMINO DE ACCESO
 PRINCIPAL AL COMPLEJO RE-
 TROGURADO MORELOS KM.
 24.700 A 26.3.700

PLANO. N°7

ples de radios diferentes, según las necesidades del terreno o de las estructuras como las de paso a desnivel.

Cada tramo se calcula como curva simple, y por geometría y trigonometría se pueden determinar todas las distancias y elementos de las tangentes principales e intermedias y los elementos necesarios para trazarlas. Las curvas compuestas son útiles porque facilitan la adaptación de la curva a la topografía del terreno, pero cuando se cambia bruscamente de radio de una a otra, constituye una incomodidad para el manejo y muchas veces son peligrosas, motivo por el que PEMEX las elimina de sus caminos, esto, por regla general.

En el plano número siete se ven las curvas del tramo del proyecto en cuestión.

V.2 CURVAS VERTICALES.

Conforme al manual de especificaciones de construcción de caminos de PEMEX, se estableció una pendiente máxima permisible del $\pm 1\%$.

El cálculo de las curvas verticales está basado en las mismas especificaciones en lo que corresponde a distancias de visibilidad. La longitud mínima que puede tener la curva vertical es en estaciones cerradas, la diferencia algebraica de pendientes.

Por ejemplo, si la diferencia algebraica de pendientes es de 7.6, se tomará como $L = 8$, es decir, la curva tendrá 160 metros de longitud, si con este cálculo no se obtiene la visibilidad necesaria, se alargara aumentando el valor de L a discreción, hasta obtener una curva tan suave como la visibilidad la requiera. Ver plano número seis (Perfil)

3. Se fijan el PCV y el PTV de manera que la curva sea simétrica y se calculan sus elevaciones.
4. Se prolonga la tangente de llegada hasta la estación del PTV y se calculan las elevaciones correspondientes a cada estación sobre esta tangente prolongada.
5. Se obtiene el valor de la constante K.
6. Para cada estación se obtiene la ordenada Y medida de la tangente prolongada a la curva vertical.
7. Se obtienen las elevaciones de las estaciones sobre la curva, restando los valores de Y a la elevación de la tangente prolongada si la curva es en cima o sumando si es en columpio.

Para este proyecto se calcularon las curvas verticales con tangentes iguales, obteniendo los datos del plano de perfil que fueron los siguientes:

- 1º Su valor es en porcentaje (%).
- 2º Son ascendentes (+) y descendentes (-).

Con estos datos hacemos la diferencia algebraica de pendientes, si resulta D negativa es una curva en columpio y si por el contrario, resulta igual ($=$), es curva de cima.

Para mayor visibilidad en la curva se consideran más estaciones que resultan de la diferencia y además que sea "par" como anteriormente se explicó.

A continuación, una forma de cálculo para las dos curvas que contiene este proyecto, se les designó A y B, y son las únicas

en su tipo en este proyecto:

Cálculo de la curva A

Datos: PIV = 2 + 960.00 Elevación 12.90 (+) cota.

Pendientes: - 1.5% (descendente).

+ 1.771% (ascendente).

Solución:

Curva A

Diferencia de pendientes:

$$D = 1.5 + 1.771 = 3.271$$

L = 4 (se considera para el cálculo L = 6 (estaciones)).

L + 6 X 20 metros (longitud de curva).

	2 + 960.00	12.90 cotas
	<u>- 60.00</u>	<u>+ .90</u>
PVC =	2 + 900.00	13.80

	2 + 960.00	12.90
	<u>+ 60.00</u>	<u>+ 1.06</u>
PTV =	3 + 020.00	13.96

$$\text{Constante} = K = \frac{D}{10L} = \frac{3.271}{60} = 0.0545$$

Tabla de cálculo Fórmula $Y = Kd^2$

ESTACION	COTAS EN LA TANGENTE	d	d ²	K	Y	COTAS EN LA CURVA
PVC 2+900	13.80	0	0	0	0	13.80
920	13.50	1	1	0.0545	0.0545	13.55
940	13.20	2	4	0.0545	0.0545	13.418
PIV=2+960	13.90	3	9	0.0545	0.4905	13.390
980	13.254	2	4	0.0545	0.218	13.472
3+000	13.608	1	1	0.545	0.545	13.663
PTV=3+020	13.963	0	0	0.0	.0	13.963

PLANILLA N° 5

Su comprobación se procedió como sigue: Al penúltimo punto se le restó cuando resultó cima o se le añadió si fue columpio, el desnivel correspondiente a su distancia al PTV disminuyó con el valor de Y, si resultó estación completa o a la mitad de Y si fue media estación.

Para la comprobación de la curva se realizó lo siguiente:

$$0.20 \times 1.771 = 0.3542 = D$$

A D se le resta la penúltima ordenada.

$$D = 0.3542$$

$$Y = \frac{-0.0545}{0.2997}$$

$$3 + 000 \text{ elevación, calculada} = 13.6630$$

$$= -0.2997$$

$$\text{El cálculo fue correcto: } 13.9633$$

Curva B

Datos: PIV = 3 + 440 Elevación = 21.40

Pendientes 1.771% y 0.00% (a nivel)

Solución: $D = 1.771 - 0.00 = 1.771$ $L = 2$ (estaciones), consideramos $L = 4$

	Longitud 21.40
3 + 440	
- 40	- 0.7084
PCV = 3 + 400	20.6916
3 + 440	Longitud 21.40
+ 40	+ 0.00
PTV = 3 + 480	21.40

$$K = \frac{D}{10(L)} = \frac{1.771}{40} = 0.0443$$

ESTACION	COTAS EN LA TANGENTE	d	d ²	K	Y	COTAS DE LA CURVA
3 + 400	20.962	0	0			20.692
420	21.046	1	1	0.0444	0.0443	21.000
PIV 3+440	21.40	2	4	0.0444	0.1776	21.224
460	21.40	1	1	0.0444	0.0443	21.360
480	21.40	0	0			21.400

PLANILLA N°6

Los cálculos de la visibilidad se realizaron con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{8LH}{G_1 - G_2}$$

En donde:

L = Longitud de la curva en estaciones.

H = Altura del ojo del conductor y el objeto visado arriba del pavimento (generalmente igual a 1.37 metros).

S = Distancia de visibilidad en estaciones.

$G_1 - G_2$ = Diferencia de pendientes.

Se calcula la visibilidad para curvas verticales en cima, como la utilizada en este estudio.

Longitud de curva = 80 metros = 4 (estaciones).

Altura del ojo = 1.37 metros.

Pendientes = 1.771% y 0.00%.

$$S^2 = \frac{8 \times 4 \times 1.37}{1.771 - (-0.00)} = \frac{43.84}{1.771} = \sqrt{24.75437} = 4.975$$

S = 4.975 = 99.507 metros.

Otra consideración que se deberá tomar en cuenta es la visibilidad que se tenga de los vehículos que estén estacionados fuera de la curva y en una tangente a ella. Para ello se tiene la siguiente fórmula:

$$S = \frac{L}{2} + \frac{4(H)}{G_1 - G_2}$$

Sustituyendo valores queda:

$$S = \frac{4}{2} = \frac{4 \times 1.37}{1.771} = \frac{2 + 5.48}{1.771} = \frac{3.542 + 5.48}{1.771} =$$
$$= \frac{9.022}{1.771} = 5.094$$

5.094 estaciones, pero se redondea a seis.

En conclusión, en el cálculo se debió considerar L = seis esta ciones, para estar dentro de la especificación, lo cual varió muy poco del cálculo inicial.

La sobreelevación se obtiene a partir de lo siguiente:

Conocidas cada una de las características de las curvas horizon tales, queda abierta la posibilidad de calcular la sobreelevación de las mismas.

Teóricamente se pueden diseñar curvas de cualquier grado para una velocidad de diseño determinada, siempre y cuando no pudie ra darse la sobreelevación excesiva, ya que originarían desli zamientos o volcaduras de los vehículos que transiten a veloci dades mucho más bajas que las de diseño o que se detengan en la curva. Se limita la sobreelevación a un máximo que propor cione seguridad a todos los vehículos, de acuerdo con las con diciones climáticas y de la superficie de rodamiento.

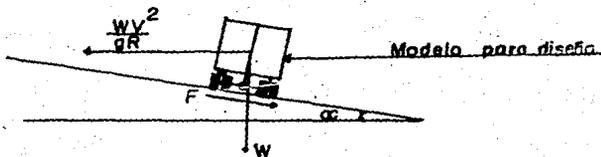
Para los caminos de primera clase la sobreelevación máxima no debe exceder de 12% y para los de tercera clase deben limitarse al 8%, únicamente las curvas del grado máximo especificado ten drán las sobreelevaciones máximas.

La sobreelevación se debe calcular por lo siguiente; esta espe

cificación es por regla general, para toda clase de caminos.

La fuerza centrífuga que obra sobre un vehículo "W" y por una fuerza de fricción "F".

La figura siguiente tiene los elementos de la sobreelevación.



$$W \text{ seno } \alpha + F = \frac{WV^2}{gR} \text{ coseno } \alpha \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

- W = Peso del vehículo.
- V = Velocidad del vehículo.
- g = Aceleración de la gravedad.
- R = Radio de la curva.
- α = Angulo de la sobreelevación.
- F = Fuerza de fricción.

Puesto que $F = f(N)$

Donde:

- f = Coeficiente de fricción lateral.
- N = Componente normal de W

Por lo que $N = W \text{ coseno } \alpha$, resulta

$$F = fW \text{ coseno } \alpha \dots\dots\dots(2)$$

Reemplazando (2) en (1): $N \operatorname{seno} \alpha + fW \operatorname{coseno} \alpha =$

$$\frac{WV^2}{gR} = \operatorname{coseno} \alpha$$

Dividiendo entre $W \operatorname{coseno} \alpha$, queda:

$$\operatorname{Tangente} \alpha + f = \frac{V^2}{gR}$$

Despejando f :

$$\operatorname{Tangente} \alpha = \frac{V^2}{gR} - f$$

Donde:

S = $\operatorname{Tangente} \alpha$; expresando V en Km./h.

R en metros

g en m/seg^2 y siendo f y S números abstractos: se tiene:

$$S = \frac{V^2}{127(R)} - f$$

Cálculo de la sobreelevación de las curvas comprendidas en el proyecto, diseñadas para una velocidad de 80 kilómetros por hora, la pendiente máxima permitida es del 12%; fricción = .16

Se procede a calcular ésta:

$$\text{Fórmula: } S = \frac{V^2}{127 R} - f$$

Donde:

$V = 80 \text{ Km/h.}$

$R = 194$

$f = .16$

Según fórmula:

$$V = (80)^2 = 6400$$

$$R = (127)^2 = (194) \cdot (127) = 24638$$

$$f = .16$$

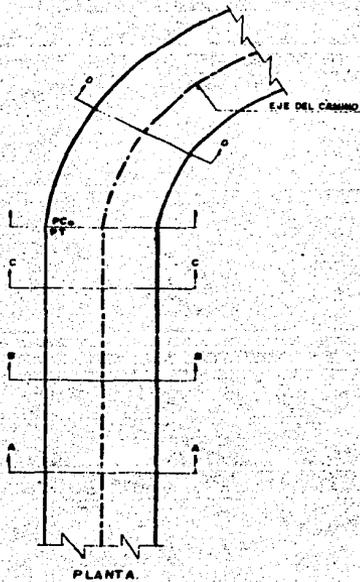
Sustituyendo en la fórmula:

$$S = \frac{6400}{24638} - .16 = 0.099$$

$$S = 9\% \text{ máxima.}$$

Esto nos indica la pendiente máxima que se da en la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

Otro componente importante dentro de las curvas, es la tangente de transición. Y esto no es más que el cambio de la sección normal a la sección sobreelevada, éste se ejecuta precisamente en la tangente de transición y parte de la curva, girando la sección sobre el eje de camino hasta tener una superficie plana e inclinada, con la pendiente transversal requerida. (Ver figuras de la transición de la sobreelevación).

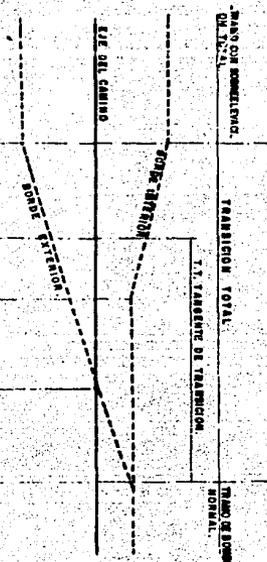


PLANTA

EJE DE CAMINO

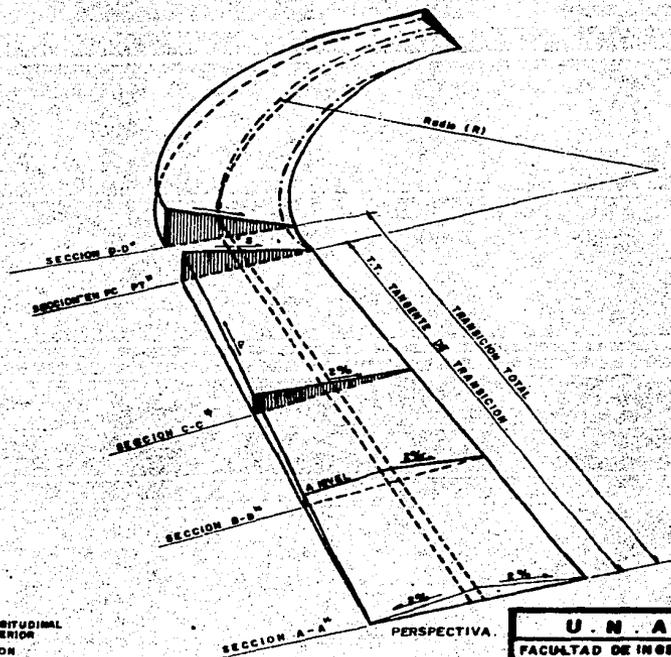


SECCIONES



PERFILES LONGITUDINALES

U N A M	TRANSICION DE LA SOBREELEVACION
FACULTAD DE INGENIERIA	COMPLEJO PETROQUIMICO MORELOS
ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA	Esc. Sig. COATZACOALCOS, VER.
TESIS PROFESIONAL	Presenta: VICTOR M. GARCIA GARCIA



R PENDIENTE LONGITUDINAL
DEL BORDE EXTERIOR
S SOBREELEVACION
W VER FIGURA 9.

U . N . A . M .	TRANSICION DE LA SOBREELEVACION.
FACULTAD DE INGENIERIA.	COMPLEJO PETROQUIMICO MORELOS.
ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA.	Esc. de COATZACOALCOS, VER.
TESIS PROFESIONAL	Presente. VICTOR M. GARCIA GARCIA

V.3 SECCION DE CONSTRUCCION.

Una vez trazada y nivelada la línea definitiva, se procedió a sa car una sección transversal del terreno en cada estación de 20 metros y en todos aquellos puntos intermedios en los que era ac cidentado o presentó cambios notables con respecto a dichas esta ciones, que le antecedieron o siguieron. Para el levantamiento se procedió de igual manera que como se hizo en el seccionamiento, haciendo transversales o de topografía. Estas fueron de cor te o terraplén, según lo indicó el perfil en el punto correspóndiente. Por ejemplo, cuando la subrasante queda arriba del terreno natural, se tiene sección de terraplén y cuando queda abajo es sección de corte.

Se les llama secciones de construcción debido a que es un reflejo de como quedaría el camino cuando se construya con su bombeo (pendiente transversal del eje del camino hacia los lados o hacia el pie de la banquetta, generalmente es del 2%), banquetas, cunetas y taludes. Las pendientes o taludes de los cortes o te rraplenes, dependerán de la clase del terreno, ya que deberá dár sele la inclinación de reposo natural en cada paso para evitar derrumbes.

Para el proyecto en estudio se consideraron los taludes para cor tes 0.5 : 1 y terraplenes de 1.5:1, (1.5 metros horizontal por uno vertical, la línea del talud fue la hipotenusa del triángulo). Hubo también secciones en que al mismo tiempo se obtuvieron cor te y terraplén, a ésta se le llamó sección en bálcón, que se pro dujeron cerca y en los puntos de paso que son los lugares donde la subrasante cruzó el perfil del terreno, al pasar de corte o terraplén o viceversa.

En las secciones de construcción, las definidas para corte, es de cir, para encontrar la subrasante de proyecto se tuvo que reti rar material. En esta sección se proyectaron las cunetas del in terior y exterior del camino y éstas se proyectaron en forma

triangular, siendo el lado interior la inclinación con la proporción 1:1 y el lado exterior el talud con proporción 0.5 que se trazó hasta donde "patee" el "hombro" del talud que se formó con el terreno natural. Así se conformó la sección de construcción.

En el caso de tener secciones de terraplén o sea rellenar con material para encontrar la subrasante, no se utilizan cunetas.

Las secciones de construcción también representan el perfil transversal de la subrasante..

Como este camino se trazó pensando en que también sería peatonal, se proyectó con camellón, zonas verdes o peatonales, banquetas, bombeo, cunetas y contraeunetas.

Con los componentes antes mencionados se formó el perfil real del proyecto. Como ya se conocía la elevación de la subrasante en el centro del camellón, a partir de éste se midió una distancia de tres metros, lo que dió por resultado un ancho de seis metros.

El camellón tuvo una anchura de seis metros. En la elevación de 16.8 bajamos cada lado 0.10 metros del centro del arroyo o vía de 10 metros de ancho. Después de haber considerado el camellón y los arroyos viales, se hizo notar que considerando una zona de acotamiento de tres metros de ancho, es decir, que la corona del camino era de seis metros (camellón), más 20 metros (de dos vías), seis de acotamiento (tres a cada lado), el ancho efectivo fue de 32 metros en total. También el talud se consideró para este tipo de proyecto que fue de proporción 1.5:1, dicho de otra manera, 1.5 metros horizontal por 1.00 de forma vertical que en este caso bajó.

El talud se proyectó donde terminó el acotamiento con la inclinación indicada, hasta encontrarse con el terreno natural. Hubo casos en los que se tuvieron ambos tipos combinados, es decir, hubo corte por un lado y terraplén por el otro; de un lado se proyectó cuneta y se subió o bajó el talud, según se requirió.

De esta manera se realizó la subrasante de proyecto en cada una de las estaciones, siempre con elevaciones o cotas de perfil correspondiente a la sección de construcción en estudio.

Se escogieron las secciones del kilómetro 2+700 al 3+180, que fueron las que mejor se acomodaron para este estudio (en el plg no ochose ven éstas).

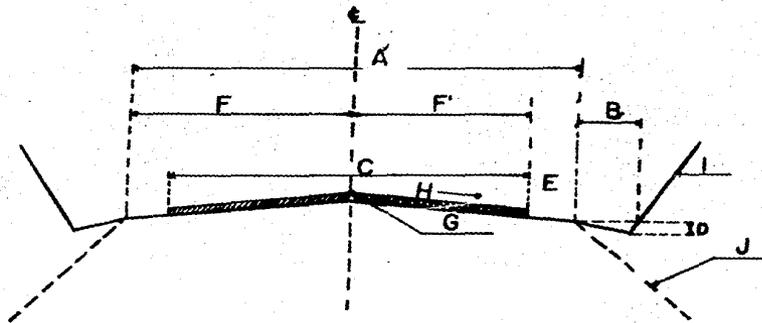
En los dibujos números, nueve, diez y once, se muestran los elementos geométricos de la sección de construcción, las sec ciones tipo de construcción en cuestión como fueron: corte, terraplén y balcón. Y para cuando un camino se proyecta en regiones áridas y semiáridas y cuando el terreno es plano o ligeramente ondulado, se proyectó la sección de construcción llamada llanera.

V.4 PLANOS DEFINITIVOS DEL PROYECTO.

Para los planos definitivos del proyecto, fue necesario realizar estudios preliminares, cálculos, dibujos, etcétera. Una vez efectuados los trabajos de levantamiento del tramo, como trazo y nivelación de la preliminar, también la configuración del terreno (seccionamiento de la franja en estudio), apoyándola en la preliminar y trazo de las curvas horizontales.

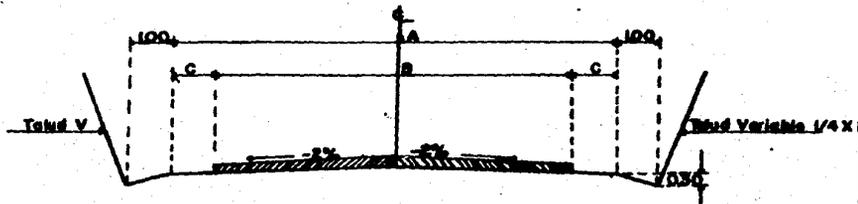
Con todos los datos anotados en las libretas de campo de trabajos anteriores, tales como planillas de cálculo de las coordena das, curvas horizontales y secciones transversales, dió comien-

ELEMENTOS GEOMETRICOS DE LA SECCION TIPO DE
CONSTRUCCION

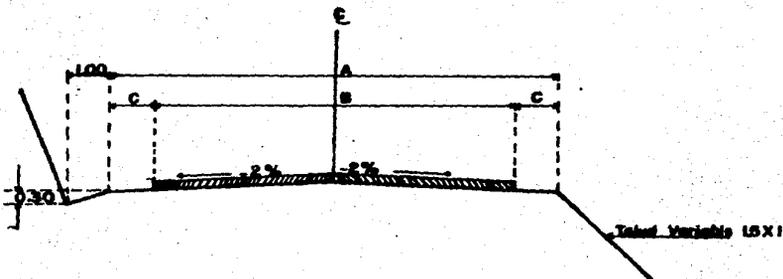


- A; Ancho de Corona
- B; Ancho de cuneta
- C; Ancho de carpeta
- D; Profundidad de cuneta
- E; Acotamiento
- F; Carril en camino revestido
- F'; Carril en camino asfaltado
- G; Proyección de la resante
- H; Bambo
- I; Talud en sorte
- J; Talud en terrapién

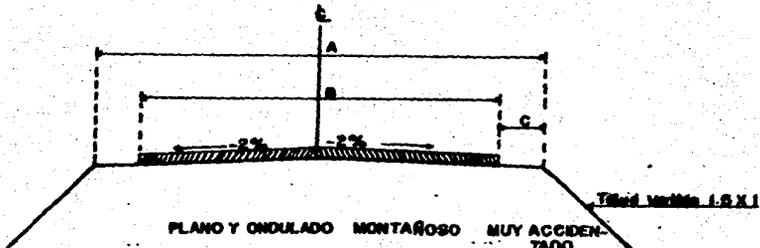
LAS SECCIONES TIPO PARA EL CAMINO DE PRIMERA CLASE SON:
SECCION EN CORTE



SECCION EN BALCON



SECCION EN TERRAPLEN



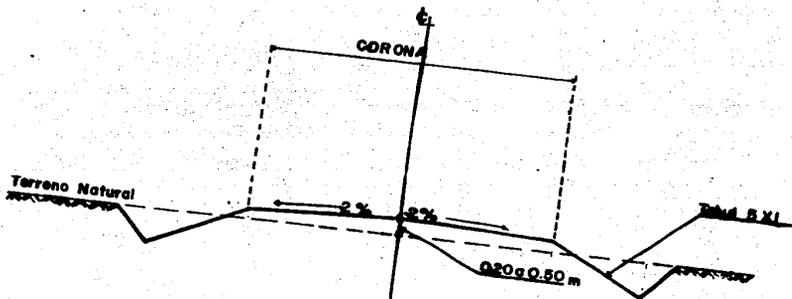
PLANO Y ONDULADO MONTAÑOSO MUY ACCIDENTADO

A	8.00	7.00	6.00
B	6.00	6.00	5.50
C	1.00	0.80	0.25

Todas las dimensiones estan en metros

PLANO N° 10

SECCION LLANERA



Esta clase de seccion es aplicable a cualquier camino

PLANO N°H

zo la elaboración de los planos requeridos para el proyecto.

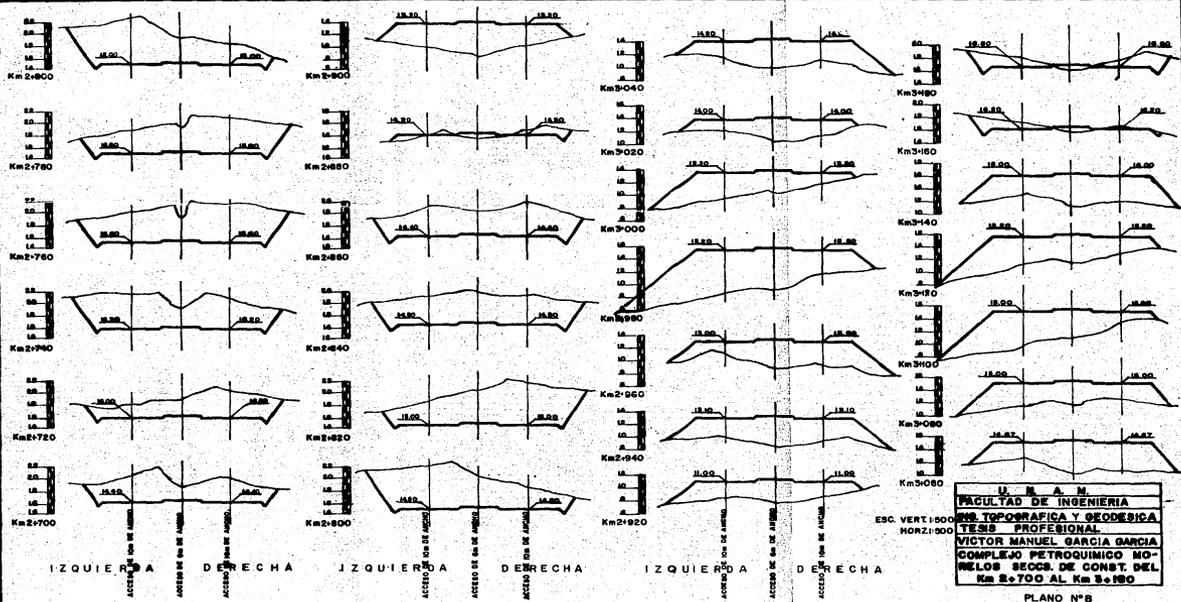
La configuración fue el primer plano en elaborarse. Para este estudio sólo se tomó en consideración un kilómetro de toda la franja requerida para este proyecto (ver plano de configuración número 1).

Este plano, también llamado topográfico fue de gran utilidad, puesto que en él fue donde dió comienzo el proyecto definitivo del camino y se obtuvo por medio del método de secciones transversales, del que ya se hizo mención. También nos dió una representación a escala de la porción de superficie por donde pasaba el camino y así mismo, una muestra de la orografía (relieve), hidrografía, construcciones cercanas y a veces de la vegetación.

El segundo plano en elaborarse fue el del eje en planta de la vía. Como ya se hizo hincapié, los métodos por los cuales se obtiene la trayectoria del camino son con clisímetro directamente en el terreno o con la configuración en gabinete. Para este proyecto se contó ya con la planilla de cálculo de la poligonal abierta con sus respectivos cadenamientos (kilometraje) y coordenadas de los puntos importantes, así como también el cálculo de las curvas horizontales (con estos datos se procedió a realizar el proyecto sobre el plano de planta).

La nivelación de perfil, fue el tercer plano en desarrollarse. En el capítulo referente a nivelación ya se mencionó el procedimiento empleado para su levantamiento.

La nivelación del tramo en estudio para la realización de este trabajo, se hizo cada 20 metros a fin de obtener el perfil del camino (ver plano número 2), en el que se utilizaron las escalas 1:1000 para el sentido horizontal y 1:100 para el sentido vertical.



U. N. E. A. M.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA
 TESS PROFESIONAL
 VICTOR MANUEL GARCIA GARCIA
 COMPLEJO PETROQUIMICO MO-
 NELOS SECCS. DE CONST. DEL
 Km 2+700 AL Km 3+180

PLANO N° 8

El perfil del terreno natural lo dieron las elevaciones correspondientes en cada estación. En el sentido horizontal se distribuyeron las estaciones del kilómetro 2+700 al 3+700, tramo contemplado para este estudio.

En este mismo plano se proyectó la subrasante requerida para las condiciones en que se presentó el proyecto en estudio. Para definir la subrasante, se dice que es el perfil de la terracería del camino, compuesto por una serie de líneas rectas, que son las pendientes unidas por arcos de curvas parabólicas verticales de las que ya se hizo mención en el subcapítulo referente a curvas verticales.

El cuarto plano se refirió a las secciones de construcción de las que ya se hizo hincapie en el subcapítulo anterior, éstas secciones fueron la base para obtener el volumen de tierra. Esto es muy importante en un proyecto como el que se trata en este trabajo, ya que el volumen de tierras es lo que da por resultado la configuración y el presupuesto del proyecto.

En la topografía práctica, así como en la teórica, en un proyecto de esta índole, el movimiento de tierras lo supervisa el topógrafo en cuestión (de PEMEX). Para este proyecto se encontró el volumen total de corte y terraplén, y se trabajaron desde el inicio hasta la terminación de la obra.

En el transcurso de la obra se hicieron seccionamientos parciales del tramo en construcción, esto con el fin de pago de estimaciones de los trabajos, mismos que cada mes o dos se hicieron hasta llegar a la subrasante de proyecto, ya fuera en corte o terraplén. En terracerías para trabajos de corte se pagó extracción, carga o acarreo, hasta el primer kilómetro y subsecuentes. En terraplén o relleno por capas, se pagó extendido o bordeo, compactación y nivelado. En el estudio de diagrama de masas se explica este concepto.

CAPITULO VI.

ESTUDIO DEL DIAGRAMA DE MASAS.

Cabe hacer mención que PEMEX para la construcción de sus caminos no realiza estudios de diagrama de masas, sin embargo, dada la importancia que éstos tienen, este capítulo los trata.

La curva de masas es en realidad curva de volúmenes y sirve para el movimiento de terracerías y casi siempre debe dibujarse junto con el perfil del terreno, pues el cadenamamiento debe coincidir, debiendo comenzar el dibujo donde más convenga.

Sus principales objetivos son compensar los volúmenes, fijar el sentido de los movimientos de material, determinar los límites del acarreo libre, calcular los sobrecarros y controlar los préstamos y los desperdicios.

VI.1 DEFINICIONES Y PROPIEDADES.

Definiciones: La curva de masas es la línea que une los extremos superiores de las ordenadas representadas por las resultantes de las sumas algebraicas sucesivas de los volúmenes de terracerías, considerando los de cortes como positivos, los de terraplén como negativos y las abscisas representadas por las distancias en undad de estación de 20 metros, desde el origen del proyecto de vía (como en este proyecto). Es un método gráfico que permite determinar la distribución económica de los volúmenes de terracerías.

Cuando el trazo está obligado, este método no es de utilidad puesto que sube o baja el proyecto de la subrasante para mayor economía del proyecto en cuestión.

Propiedades:

1. Entre los límites de un corte, la curva crece de izquierda a derecha y decrece cuando hay terraplén, es decir, sube y baja respectivamente.
2. En las estaciones donde hay camino de corte a terraplén (línea de paso), habrá un máximo y viceversa, habrá un mínimo.
3. Cualquier línea horizontal que corte a la curva, marcará puntos consecutivos entre los cuales habrá compensación, es decir, iguales volúmenes de corte y terraplén.
4. Cuando la curva queda encima de la línea horizontal compensadora que se escoge para ejecutar la construcción, los acarrees de material se harán hacia adelante y cuando la curva quede abajo, los acarrees serán hacia atrás.
5. La diferencia de ordenadas entre dos puntos representará el volumen de terracerías dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos.
6. Cuando una nueva línea compensadora queda más abajo de la anterior, el espacio correspondiente entre los extremos de ambas líneas señala los límites de un préstamo y viceversa, cuando más arriba tenemos entre los extremos de ambas un desperdicio. Estos volúmenes se miden en el dibujo.
7. El área comprendida entre la curva masa y una horizontal, cualquiera que sea, compensadora, representa el acarreo total del material entre los puntos de cruce, y da por resultado la siguiente fórmula: $A = LV$; siendo A el área, L la distancia entre los centros de gravedad y V la diferencia de ordenadas.

8. El acarreo más económico es el que corresponde a la posición de la línea compensadora que hace mínima la suma de las áreas comprendidas entre la curva masa y la compensadora, es decir, si el acarreo tiene como resultado las áreas, evidentemente la posición de la distribuidora en que sea mínima la suma de áreas, es la posición que da un mínimo de acarreos.

9. La posición de la línea compensadora es más económica, en general, es la que corta el mayor número de veces a la curva de masa.

En efecto, si se coloca la curva compensadora o distribuidora arriba, el área comprendida sería muy grande. La posición mínima sería aquella en que la línea compensadora corte la curva el mayor número de veces, esto da un criterio general aunque aproximado, ya que en definitiva no sólo se toman en cuenta los acarreos, sino que también se deberá calcular la diferencia entre acarreo libre y sobre acarreos.

VI.2 CALCULO DE LA RASANTE Y CURVA DE MASA.

Cuando la configuración topográfica está hecha con cuidado y se tiene la seguridad de que las curvas de nivel que cruzan la línea proyectada en el plano, corresponden a la topografía del terreno, se puede deducir un perfil que diferirá muy poco del que se obtenga nivelando la línea del trazo definitivo. El perfil deducido es muy ventajoso, ya que permite ir modificando el proyecto en el plano antes de trazarlo en el terreno, con lo que se ahorra mucho tiempo.

Sobre el perfil deducido, puede proyectarse y calcularse una rasante, estudiarla detenidamente y aún calcular un diagrama de masas en forma rápida para volver a afinar el proyecto, hasta que pueda considerarse como definitivo y proceder a su trazo en el terreno.

Como ya se sabe, el cálculo de la rasante se realiza en el plano de perfil, aunque en realidad no es un cálculo, sino un proyecto. La palabra rasante en camino es la superficie de rodamiento o el piso terminado en cualquier tipo de pavimentación (concreto hidráulico y cinta asfáltica).

Para poder proyectar la rasante es preciso dibujar primero el

perfil de la línea definitiva y las secciones de construcción.

La rasante, que más bien se le debe designar subrasante, es la superficie de terracería o perfil del terreno preparado para recibir el pavimento y en algunos casos la base y sub-base. Al ser utilizadas sobre terrenos pantanosos, deberán dejarse al nivel de terracerías hasta la subrasante para llegar a la rasante, quedando ésta 65 o 70 centímetros abajo. Se dividen de la siguiente manera: 15 centímetros de sub-base en grosores de 20 centímetros cada una, compactadas al 95% como mínimo, las líneas rectas o tangentes se dan en porcentajes llamados pendientes, que son las que corresponden al tipo de camino y se proyectarán al décimo, excepto en los casos en que igualdades, ligas o cualquier otro motivo, obliguen a calcular pendientes fraccionarias que se requieran para dar la diferencia entre los puntos obligados del proyecto. La línea planeada para la subrasante, compensará lo más posible a los cortes con los terraplenes en el sentido longitudinal y aún en el transversal, cuando se aloja en una ladera que permita su compensación. Esto a fin de restituir los movimientos de tierra.

Para este proyecto las subrasantes propuestas tuvieron pendientes suaves, a pesar de que el terreno era muy accidentado pero con esta línea se compensaron los cortes y terraplenes, es decir, no hubieron desperdicios de material (cuyo acarreo es muy costoso), ni se necesitó material de bancos de préstamo (aún más caro). Las pendientes que se utilizaron fueron: 1.5% y 1.77% en sus respectivas distancias de 260 y 480 metros. La línea se dibujó en el plano de perfil del terreno natural con caracteres más suaves.

Para el cálculo de la curva masa, se requirió una secuela que correspondiera al proceso indicado y que se resumió así:

1. Se proyectó la subrasante sobre el perfil del terreno correspondiente al trazo definitivo.
2. Se determinaron los espesores en corte o en terraplén, para cada estación.
3. Se dibujaron las secciones de construcción.
4. En las secciones de construcción, se dibujó la plantilla del corte o del terraplén, con los taludes correspondientes. En los terraplenes se consideró el espesor abundado, a juicio del ingeniero si así procedía.
5. Se calcularon las áreas.
6. Se calcularon los volúmenes, abundando los cortes según la clasificación del material.
7. Se sumaron los volúmenes, considerando signo positivo (+) a los cortes y negativo (-) a los terraplenes.
8. Se dibujó la curva obtenida con los valores anteriores en papel milimétrico como se acostumbra y debido a que el cadenamiento debía coincidir, se desarrolló sobre el plano del perfil del proyecto.

Entre estaciones consecutivas se subió si resultó corte (+) y se bajó cuando resultó terraplén (-). Como era una gráfica acumulativa, se marcó el volumen a partir del antepenúltimo punto. Una vez que se realizaron las cubicaciones, se contruyó la curva masa, como se puede contemplar en el modelo de registro para la construcción de la misma, en donde en la primera columna se definen las estaciones de donde se tomaron las

secciones. En general fueron estaciones de 20 metros pero esto no fue regla absoluta, ya que hubo necesidad de tomar secciones con mayor frecuencia, cuando el terreno se presentó muy quebrado, ubicándolas cada 40 ó 60 metros.

En la segunda columna "Elevaciones del terreno", se anotó la obtención del perfil. La tercera columna fue para la elevación o cota de la subrasante, es decir, la elevación que le correspondió al perfil levantado. Como ya se habían proyectado las pendientes y las curvas verticales, se conocía ya la cota de cada punto de la subrasante (cada 20 metros).

En la cuarta y quinta columnas se anotaron las diferencias entre las elevaciones del terreno y las subrasantes, pudiendo resultar un corte o un terraplén, ya fuera que la línea de la subrasante quedará arriba o abajo respectivamente. En las columnas sexta y séptima, se anotaron las áreas (corte y terraplén), correspondientes a cada estación.

Las siguientes dos columnas se utilizaron para sumas de áreas (A , $+A^2$), para corte y terraplén.

Después viene la columna correspondiente a la semidistancia, luego la de los volúmenes que se obtuvieron multiplicando el área media con la semidistancia. Sigue la del coeficiente de abundamiento (%), que se obtuvo a partir del peso volumétrico seco (PVS), el peso volumétrico seco máximo (PVSM) y el grado de humedad (GC), que dió por resultado la siguiente fórmula:

$$F = \frac{\text{PVS} - (\text{Kg/M}^3)}{\text{PVS}(\text{Kg/M}^3) \text{ GC}(\%)} = (\%)$$

Para este proyecto el factor de abundamiento fue:

Datos:

PVS = 1060 Kg/M³
PVSM = 1490
GC = 95%

$$F = \frac{1060}{1490 (0.95)} = 0.75$$

$$\frac{1}{0.75} = 1.33 \text{ (factor que afecta al corte).}$$

Coefficiente de abundamiento = 30%.

Con el volumen de corte multiplicado por el factor de abundamiento se obtuvieron los volúmenes correspondientes. Claro que únicamente afectó al corte. En los volúmenes de terraplén pasó lo mismo.

Luego se realizó la suma algebraica de volúmenes abundados tanto para corte o terraplén y por último la ordenada de la curva que nos sirvió para ir localizando los puntos por estación de la curva masa (ver dibujo número). Una vez terminada la tabla para determinar el diagrama de una curva masa, se hizo notar que se partió de un volumen arbitrario que se determinó era el adecuado para no tener un volumen negativo. Por ejemplo para el proyecto del camino se empezó con 5000m³ y se terminó con el volumen de 3552m³. Aclarando que nada más es el tramo que se utilizó para el propósito de este estudio.

Para dibujar dicha curva, es común llevarlo a cabo junto con el perfil del terreno natural, pero en este caso se dibujó independientemente.

En sentido horizontal, en la parte inferior se realizó un registro con las estaciones, cotas del terreno natural, cotas de la subrasante y la ordenada de la curva masa en metros cúbicos para cada estación, sacados del registro de la curva de masas, en la misma escala horizontal del perfil.

En la escala vertical, en metros cúbicos (un centímetro = 2000 metros cuadrados). Luego se van localizando los puntos de cada estación con su volumen correspondiente, los cuales se unen para dar por resultado la curva masa.

VI.3 LIMITACIONES DEL ACARREO Y SOBRECARRERO.

Este término es un factor económico en cada cresta o columpio del diagrama de masas, se traza una línea horizontal que tenga la longitud del acarreo libre. Suponiendo que esa longitud de acarreo libre sea de 60 metros, puede ser hasta de 100 metros.

En general, la distancia de acarreo libre oscila entre tres y cinco estaciones de 20 metros. Se expresa en estaciones y a éstas se les llama distancias de acarreo libre, en las que el contratista acepta que no se le pague nada.

Para este proyecto, el acarreo tuvo sus limitaciones hasta de un kilómetro, pues como ya se dijo PEMEX no realiza el cálculo del diagrama de masas. Así que después del primer kilómetro, se entró en estimación, dependiendo del tipo de material.

En PEMEX la clasificación de los materiales es como sigue:

Material A (blando).- Se le clasifica como poco o nada cementado y es el que puede ser manejado eficientemente sin ayuda de maquinaria alguna (aunque en algunos casos se llega a utilizar para obtener mayores rendimientos). Se considera como material A, a los suelos agrícolas, a los limos, a las arenas y a cualquier material blando.

Material B (medio).- Es el que por sus características sólo puede ser excavado y cargado eficientemente con maquinaria, entrando en esta clasificación las rocas muy alteradas y los conglomerados medianamente cementados.

Material C (duro).- Es el que sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos. Los materiales considerados dentro de esta clasificación son: las rocas basálticas, las areniscas y los conglomerados fuertemente cementados.

Estos tipos de material, son los que determinan el acarreo libre y el empleo de maquinaria en PEMEX, por ejemplo, tenemos material suelto (tipo A), que se mueve con pico, pala y carretilla; es claro que haciéndolo todo a mano, la distancia de acarreo libre será corta por lo tanto no se paga.

Una vez dibujada la línea de 60 metros de longitud en cresta o columpio se bajan o se suben las referencias, según sea el caso para cada uno de estos puntos del perfil del terreno. También se tendrán los límites de los cortes y de los terraplenes dentro del acarreo libre.

Los volúmenes son las diferencias de ordenadas. Cualquier cresta o columpio que sea tan pequeño que no pueda corresponder a la longitud de acarreo libre, queda por lo tanto dentro de éste y en consecuencia no se paga su acarreo.

Sobre-acarreo.

Para poder determinar la distancia media de sobre-acarreo, se divide por la mitad la ordenada comprendida entre la línea de compensación y la línea de acarreo libre; por el punto medio se traza una horizontal que estará limitada en sus extremos por la curva del diagrama. Se mide la longitud de esta horizontal y se le resta la longitud del acarreo libre; la resultante es la distancia del sobre-acarreo.

Por razones de importancia se profundizará un poco más en el tema de préstamo y desperdicios:

Préstamo.- Es el material que se necesita para complementar un terraplén.

Desperdicios.- Es el material que sobra de una excavación, éste puede servir para préstamo.

Si el ingeniero ha adquirido ya suficiente práctica y estima correctamente de antemano los abundamientos de los materiales y así también supone con acierto la compactación que se obtenga en los terraplenes, se observará que el diagrama de masa si cumple durante la construcción condiciones supuestas de antemano. Sucede por lo tanto que en algunas ocasiones en que los volúmenes de los cortes son insuficientes, el ingeniero autoriza préstamos, cuando se haya agotado el material de corte. Pudiera suceder por el contrario, que se obtuvieran desperdicios, lo cual no se tolera, a menos que circunstancias especiales de la topografía obliguen a ello, es decir, es recomendable que falte material que se solucionará con un banco de préstamo y no que haya desperdicios demasiado fuertes. En ese caso será necesario modificar el proyecto (para este proyecto no fue necesario), de la subrasante, si es que los desperdicios se presentan como sig

tema.

Si en términos generales el diagrama de masas falla, debe recalcularse modificando los coeficientes de abundamiento, de acuerdo con la experiencia tenida y proyectar nuevas líneas de compensación.

En resumen, los sobrecarreos se miden en:

<u>UNIDAD</u>	<u>DISTANCIAS</u>	<u>EQUIPO</u>
Metros ³	0 a 120 Mts.	Tractor
Hectómetro ³	120 a 520 Mts.	Motoescropa
Kilómetro ³	520 en adelante	Camiones

De lo anteriormente visto se deduce que el conocimiento de la gráfica curva-masa, sirve para:

1. Compensar movimientos de terracerías.
2. Conocer las distancias de acarreo, los volúmenes de acarreo libre, los volúmenes de corte y terraplén, si se necesitan préstamos y el método adecuado para acatar los movimientos de tierra.
3. Saber si hay desperdicios.
4. Poder cuantificar un trabajo (presupuesto).
5. Elegir el equipo adecuado en función a la distancia.

En la planilla número siete se contempla el registro de la curva masa, así como el diagrama de la misma, en el plano número nueve.

C A P I T U L O V I I

CONCLUSIONES

CAPITULO VII.

CONCLUSIONES.

El desarrollo de una obra o proyecto como la que aquí se trató, sólo requiere seguir el orden ya establecido como producto de la experiencia.

Existen procedimientos, normas, formas, fórmulas, etcétera, ya probados en sus resultados por PEMEX a través del Instituto Mexicano del Petróleo para cada tipo de camino, tomando como base al usuario y buscando el mayor rendimiento de la obra en cuestión; esto es, acortar las distancias y reducir la inversión.

El Proyecto del Camino de Acceso Principal al Complejo Petroquímico "Morelos", se justificó plenamente y se estableció como vía de comunicación para todas las industrias cercanas al Complejo, así como para las colonias de empleados de PEMEX.

Por otra parte, quedó demostrado que un proyecto puede desarrollarse de manera directa, es decir de manera física en todo lo posible; como ya se dijo anteriormente, esto reduce el tiempo y la inversión, más no la eficiencia que fue lo que se buscaba. PEMEX, además realiza las obras de vialidad para la seguridad del sistema ecológico, así como de seguridad industrial y esto también se logró con este proyecto.

PEMEX, como se advierte, no sólo está empeñado en incrementar su productividad y clarificar sus finanzas, sino que va más allá de su compromiso específico de carácter industrial y reconoce otro grande y superior compromiso con la sociedad, que es el de evitar, dentro de lo humanamente posible, todo deterioro ecológico, en el medio en el que el hombre vive, crea y trabaja, a fin de que éste sea cada día más propicio a una existen-

cia fructífera.

En el presente trabajo, queda demostrado lo que en realidad se pretende con el convenio "Escuela-Industria".

La institución que brindó todas las facilidades para el presente estudio, deja constancia de la capacidad de desarrollo técnico-intelectual, para el buen aprovechamiento de este convenio, suscrito por PEMEX-IMP-UNAM.

BIBLIOGRAFIA.

"Topografía General"- Ing. Daniel Montes de Oca, Segunda edición. Representaciones y Servicios de Ingeniería.

"Topografía General"- Ing. Sabro Higasida. Primera Edición.

"Normas de Construcción"- Instituto Mexicano del Petróleo-Petróleos Mexicanos.

"Manual de Caminos"- Ing. René Etcharren G., Segunda Edición. Representaciones y Servicios de Ingeniería.

"Apuntes de la Materia de Carreteras".- Universidad Nacional Autónoma de México.

"Manual de Caminos para PENEX".- Instituto Mexicano del Petróleo - Petróleos Mexicanos.