

2ej
133



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

**PROYECTO GEOMETRICO DE LA CARRETERA
NARANJOS-CHONTLA EN EL ESTADO DE VERACRUZ**

T E S I S

Que para obtener el título de:

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

P r e s e n t a :

Jesús Miguel Angel Méndez González



México, D. F.

1983



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

Señor MIGUEL ANGEL MENDEZ GONZALEZ,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el profesor Ing. Rosendo Ortiz Piñón, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de Ingeniero CIVIL.

"PROYECTO GEOMETRICO DE LA CARRETERA NARANJOS-CHONTLA EN EL ESTADO DE VERACRUZ"

- I. Historia del camino en México.
- II. Estudios preliminares.
- III. Proyecto geométrico.
- IV. Obras de drenaje y puentes o viaductos en los dos sistemas.
- V. Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 15 de noviembre de 1982.
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

PROYECTO GEOMETRICO DE LA CARRETERA NARANJOS- CHON
TLA EN EL ESTADO DE VERACRUZ.

- I. Historia del camino en México.
- II. Estudios Preliminares.
- III. Proyecto Geométrico.
- IV. Obras de drenaje y puentes o viaductos en los dos sistemas.
- V. Conclusiones.

I N D I C E

	Página
PROLOGO	1
I.- HISTORIA DEL CAMINO EN MEXICO	5
I.1 Los caminos antes de Cortés	7
I.2 Los caminos durante la Colonia	9
I.3 Los caminos desde la Independencia a 1910	10
I.4 Los caminos desde 1925 a la fecha	11
II.- ESTUDIOS PRELIMINARES	20
II.1 ANTECEDENTES	21
II.2 ESTUDIOS REALIZADOS	22
II.2.1 Localización y Explotación de los bancos de préstamo	22
II.2.2 Explotación en el terreno de cimentación	22
II.2.3 Ensayes de laboratorio	23
II.3 CARACTERISTICAS REGIONALES Y LOCALES	25
II.3.1 Fisiografía	25
II.3.2 Clima	26

	Página
11.3.3 Hidrografía	27
11.3.4 Topografía	27
11.3.5 Geología	28
11.3.6 Drenaje	28
11.3.7 Vegetación	29
11.4 BANCOS DE PRESTAMOS PARA LA - CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO	29
11.4.1 Banco Pétreo	30
11.4.2 Resultado de los ensayes de laboratorio	32
11.4.3 Bancos de cementante	33
11.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS	34
11.5.1 Tránsito	34
11.5.2 Características del mate <u>r</u> rial de cimentación	35
11.5.3 Diseño de espesores	38
11.5.4 Estructura del pavimento	39
11.6 NORMAS GENERALES Y TOLERANCIA - DE CONSTRUCCION	40
11.6.1 Terracerías	40
11.6.2 Pavimentos	42

	Página
III.- PROYECTO GEOMETRICO	56
III.1 GENERALIDADES	57
III.2 DATOS DE PROYECTO	58
III.3 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS Y- DE OPERACION	59
III.4 SECUELA DEL PROYECTO	60
III.5 TRAZO PRELIMINAR	62
III.6 CURVAS HORIZONTALES Y GRADO DE CURVATURA.	65
III.7 CARACTERISTICAS DE LAS CURVAS- CIRCULARES SIMPLES	65
III.7.1 Radio de Curvatura	66
III.7.2 Deflexión	66
III.7.3 Sub-tangente	66
III.7.4 Longitud de la curva	67
III.7.5 Deflexiones	67
III.7.6 Deflexión por metro	67
III.7.7 Flecha	68
III.7.8 Externa	69
III.7.9 Cuerda	69
III.8 CURVAS COMPUESTAS	70
III.9 CURVAS INVERSAS	71

	Página
III.10 TRAZO DEFINITIVO	72
III.11 PERFIL	73
III.12 SECCIONES DE CONSTRUCCION	74
III.13 DIBUJO DEL PERFIL DE LA LINEA- DEFINITIVA	74
III.14 DIBUJOS DE LAS SECCIONES DE - CONSTRUCCION	74
III.15 PROYECTO DE RASANTE	75
III.16 CURVAS CIRCULARES SIMPLES	75
III.17 VOLUMENES ENTRE 2 SECCIONES	77
III.18 VOLUMENES POR ESTACION	78
III.19 DIAGRAMA DE MASAS Y AJUSTE AL PROYECTO	79
III.19.1 Abundamiento	79
III.19.2 Acarreo para Terrace- rías	80
III.20 CALCULO DIAGRAMA DE MASAS	82
III.20.1 Préstamo y desperdi- cios	83
IV.- OBRAS DE DRENAJE Y PUENTES O VIADUC-- TOS, EN LOS DOS SISTEMAS	85
IV.1 GENERALIDADES	86

	Página
IV.2 DRENAJE	89
IV.2.1 Bombeo de la Superficie	89
IV.2.2 Sobreelevación	90
IV.3 CUNETAS	93
IV.3.1 Capacidad	95
IV.3.2 Forma	95
IV.3.3 Dimensiones	95
IV.3.4 Pendiente	96
IV.3.5 Conservación	97
IV.4 CONTRACUNETAS	99
IV.5 CANALES	100
IV.6 GUARNICIONES O BORDILLOS	101
IV.7 OBRAS AUXILIARES	102
IV.8 LAVADEROS	102
IV.9 VADOS	103
IV.10 ALCANTARILLAS	104
IV.10.1 Muro Transversal	106
IV.10.2 Cajón de entrada o caída de entrada	106
IV.10.3 Desarenador	106
IV.10.4 Pozo de visita	107
IV.10.5 Muro de cabeza	107

	Página
IV.11 ALCANTARILLAS CELULARES	108
IV.12 SIFONES	108
IV.13 SUB-DRENAJE	109
IV.14 PUENTES	110
IV.15 CALCULO	113
IV.15.1 Por comparación	113
IV.15.2 Para drenar zonas inun- dables menores a 100 - hectáreas	114
IV.15.3 Para drenar zonas inun- dables mayores de 100- hectáreas	116
IV.15.4 Para corrientes esta-- blecidas	117
V.- CONCLUSIONES	120
BIBLIOGRAFIA	122

PROLOGO.

En la actualidad las técnicas de construcción son cada vez más avanzadas y los proyectos más ambiciosos, con el objeto de hacer las obras más funcionales, de acuerdo a la explosión demográfica de nuestro país.

Los ingenieros en la actualidad tienen presente - los factores determinantes de cada obra, tales como el factor de seguridad, vida útil de la obra y control de calidad de la misma para que los costos de ella no sean elevados.

Si todas las obras se ejecutan apegadas a las normas que rigen su proyecto y construcción, el funcionamiento de las mismas en general será de acuerdo a lo esperado; en caso contrario tenemos que - las obras elevan su costo debido a que es probable que en un corto tiempo sea necesario hacer una reparación fuerte y los costos de mantenimiento sean elevados.

En México las inversiones en Obras Públicas dentro de las que están incluidos los caminos, deben producir los máximos beneficios a la colectividad con la mínima inversión posible. Una condición primordial para alcanzar este objetivo, es el conocimiento profundo de los problemas y la aplicación de - las técnicas apropiadas para resolverlos.

Lo anterior hace pensar que sólo debe efectuarse - aquellas obras cuyo proyecto se encuentre completa - mente detallado en todas sus partes.

Para la elaboración correcta de este proyecto se - requiere como base, que todos los estudios se ha - yan elaborado con mayor precisión.

Existen algunos principios de carácter universal - en los que deben basarse al criterio del proyecto.

A).- Son más costosas las fallas de proyecto que - se reflejan en una obra terminada, que el costo - adicional que significarían los estudios necesi -arios para reducir o eliminar la posibilidad de las fallas.

B).- El empleo de una tecnología avanzada, debida - mente probada, permite generalmente una economía - considerable en la construcción y operación de las obras.

C).- Los estudios en el lugar de la obra requieren del esfuerzo continuo, la observación profunda y - el registro de todos los datos que intervengan de - alguna forma, en el comportamiento de la estructu - ra por proyectarse.

D).- Para cada rama del proyecto debe contarse con ingenieros especialistas en esa materia. Para lo - grar esto, es necesario que cada disciplina se man

tenga personal al día, en relación con los avances en las distintas tecnologías que les atañen.

En el presente trabajo se hace una recopilación - del Proyecto Geométrico del tramo Naranjos - Chontla y en los siguientes capítulos se describe brevemente en qué consiste y la manera de ejecutarlo.

I. HISTORIA DEL CAMINO EN MEXICO.

I. HISTORIA DEL CAMINO EN MEXICO.

- I.1 Los caminos antes de Cortés.
- I.2 Los caminos durante la Colonia.
- I.3 Los caminos desde la Independencia a 1910.
- I.4 Los caminos desde 1925 a la fecha.

Breve reseña Histórica de los caminos.

En un principio los pobladores se transportaban de un lugar a otro por brechas, veredas de acceso que construyeron con sus herramientas primitivas.

La rueda se remonta a 5000 años a.c., Herodoto, el padre de la Historia, señala, que en la Babilonia existieron cuatro grandes carreteras que contaban con paradas a cada 25 Km.

En la época de los Romanos se construyeron grandes caminos, los cuales pueden admirarse actualmente, - como la vía Apie de 5 a 6 metros de ancho.

En la edad media se abandonó todo lo relacionado - con la construcción de caminos. Fue hasta principios del siglo XIX con el invento del automóvil - cuando se tiene grandes progresos en el desarrollo carretero y que culmina con el desarrollo industrial; es por ello, que los países más industrializados son los mejor comunicados, teniendo redes de carreteras hasta un kilómetro de camino por cada - kilómetro cuadrado de superficie.

Desarrollo carretero en México.

La construcción de caminos en México, puede dividirse en cuatro etapas:

- I. Los caminos antes de Cortés.
- II. Los caminos durante la Colonia.
- III. Los caminos desde la Independencia a 1910.
- IV. Los caminos desde 1925 a la fecha.

I.1.- Los caminos antes de Cortés.

México se encuentra actualmente construyendo con toda actividad y con el máximo de su capacidad económica, una extensa red de caminos, de todas las categorías, desde los de cuota, de altas especificaciones, hasta los más modestos caminos vecinales, verdaderas brechas en algunos casos.

Este formidable impulso constructor, que constituye uno de los factores básicos en el desarrollo económico del país, se inició hace unos cuarenta años. Es interesante recorrer, aunque sea someramente, la evolución de los caminos en México, desde la época precortesiana, hasta nuestros días; se puede a través de ello tener una idea de cada uno de esos momentos de nuestra historia y nos servirá además para comprender mejor el esfuerzo creador enorme que hace la nación, destinando a los caminos una buena parte de sus recursos.

Cuando los conquistadores españoles llegaron a lo-

que hoy constituye el territorio nacional, encontraron que sus pobladores no hacían uso de la rueda en vehículos de transporte y no disponían tampoco de animales de tiro y carga; pero a pesar de ello, cosa curiosa, contaban con un buen número de buenas calzadas de piedra, así como una considerable cantidad de caminos, veredas y senderos.

Descollaban en este aspecto constructivo los Aztecas y los Mayas, quienes por sus actividades comerciales, religiosas y bélicas, utilizaban ampliamente los caminos; de algunos perduran aún los vestigios, como los famosos caminos blancos de los Mayas, "sacbe" en su lengua, de los cuales son buenos ejemplos los que se observan en las inmediaciones de Izamal, Yuc.

La historia nos ha dejado constancia de que aquellos aborígenes que con tanto interés se dedicaron a la construcción de caminos, también se preocuparon por su conservación, emitiendo leyes sobre la manera y la época en que deberían repararse, lo que se hacía empleando prisioneros y al finalizar la temporada de lluvias; en el curso del año cooperaban también a la conservación todos los habitantes, con excepción de los guerreros, los magistrados y otros altos dignatarios.

Los caminos que los aborígenes construyeron para sus necesidades, fueron después útiles a Cortés y su gente para movilizarse a pie y a caballo y para transportar sus bagajes y cañones.

1.2.- Los caminos durante la Colonia.

La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia lógica un sensible mejoramiento de los caminos ya existentes y la apertura de otros muchos; no tanto, si se quiere por el mero interés que los españoles pudieron haber tenido en el desenvolvimiento social y material del país, sino más bien como resultado de su especial situación geográfica y del uso económico dado a la nación conquistada por sus nuevos gobernantes, la introducción de animales de tiro y carga y el uso de palanquines y literas tirados por caballos y mulas, originaron las primeras modificaciones a los caminos existentes. Por otra parte, la comunicación del centro de la Nueva España con sus puertos marítimos, requería la construcción de caminos adecuados, para evitar a la madre patria los variados y ricos productos del país y para hacer llegar a la Capital los que arribaban del extranjero, como era el caso de la legendaria nao de China, que ya en 1581 atracaba en Acapulco tres veces al año, vaciando en cada uno de sus viajes fabulosas mercancías que eran conducidas a la Capital, partiendo cargada con lo que el país se llevaba para su lugar de origen; por cierto que parece ser que la nao era en realidad una flotilla y que no provenía de China sino de Manila.

1.3.- Los caminos desde la Independencia hasta - 1910.

Como se expuso antes, al finalizar la Colonia, México contaba ya con un buen número de caminos carreteros y de herradura, que sumaban respectivamente, si hemos de atenernos a las cifras que nos con siga la historia, 7,605 y 19,720 kilómetros, va rriendo su estado de conservación de acuerdo con su importancia. Se había realizado una evolución evi dentemente, desde las veredas abiertas por los abo rígenes, hasta los caminos carreteros, evolución - debida al empleo de los diversos vehículos, cir - cunstancia antes desconocida.

En los años inmediatamente posteriores a 1810, poco se hizo en materia de caminos, concretándose - los diferentes regímenes a la expedición de una - que otra ley relativa a estas vías terrestres, ya - que la azarosa situación deriva de la iniciación - de la Independencia, impedía la realización de - - cualquier esfuerzo de orden constructivo que se hu biera intentado.

Las leyes de 10. de junio de 1839, 2 de diciembre - de 1842 y 27 de noviembre de 1846, crearon la Di-- rección General de Colonización e Industria, a cu - yo cargo quedó la construcción y reparación de ca - minos, asignándole fondos especiales para su fun-- cionamiento en la segunda de las leyes citadas.

Esta Dirección estuvo en funciones hasta que fue - sustituida por la Secretaría de Fomento, creada - por decreto de 22 de abril de 1853, cuyo presupesto, en su mayor parte, provenía de los impuestos - de "peaje" recaudados por la Administración de Ca- minos, establecida un mes después de la Secretaría de Fomento. Y en 1842 se observa cierta disposi-- ción del Gobierno para formalizar la construcción- de caminos al crear un cuerpo civil de Ingenieros- de Caminos, Puentes y Calzadas.

1.4.- Los caminos de 1925 a la fecha.

Sólo a partir de 1925 puede hablarse de una verda- dera política de caminos en México. El uso inten- so de los ferrocarriles durante la Revolución y la violencia misma dañaron extraordinariamente el - - equipo y las vías férreas.

Mientras tanto, el progreso tecnológico en los mo- tores de combustión interna y Henry Ford propulsa- ron el uso del automóvil y, por consiguiente, im-- pulsaron el mejoramiento de los caminos con nuevas técnicas de construcción adaptadas al reciente me- dio mecánico de transporte.

En todo el mundo se llegó a pensar y en México tam- bién que los automóviles llegarían a desplazar a - los ferrocarriles.

El presidente Plutarco Elías Calles creó la Comisión Nacional de Caminos, y un impuesto especial sobre ventas de primera mano de gasolina, para dotar de fondos a esa comisión la cual se encargaría de construir, conservar y mejorar los caminos mexicanos. Este organismo fue, primero, independiente y, en 1931, se agregó a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. Se trataba, entonces, de construir carreteras casi "a como diera lugar". La planeación fue elemental. Otra vez se pensó en comunicar la ciudad de México con las ciudades y puertos costeros y fronterizos más importantes del país. Esto es, en las carreteras generales. Se empezó por construir la de México Puebla siguieron las de Veracruz, Acapulco, Toluca, Querétaro, Guadalajara y, hacia el norte, la de Ciudad Juárez.

Se produjo un fenómeno inverso: se descuidaron los ferrocarriles. Y además, se prefirieron las carreteras paralelas a éstos.

La economía ferrocarrilera se debilitó aún más de lo que ya estaba. Como se sabe, el entonces presidente de la República, general Lázaro Cárdenas, nacionalizó los ferrocarriles en 1937.

El régimen cardenista varió de modo importante esa política. En 1934 estableció formalmente el sistema de cooperación del gobierno federal con los gobiernos de los estados para construir caminos estatales.

Pero la norma siguió siendo construir y a ello se dedica el 80 y el 90 por ciento de los presupuestos respectivos. Después vino la segunda guerra mundial y sus exigencias trastornaron los sistemas de transporte. Don Moisés T. de la Peña, escribió en 1934: "en los últimos 20 años gastamos cerca de mil millones de pesos en la construcción de carreteras absurdamente paralelas a las vías férreas y olvidamos que continúan sin carreteras y sin ferrocarriles las dos terceras partes de la República.. Los dos y medio centavos que cobran los ferrocarriles por el transporte de cada tonelada - kilómetro de carga, son los únicos que pueden favorecer la producción con fines comerciales; los 10 y 15 centavos que cobran los camiones en carreteras asfaltadas y los cincuenta en caminos vecinales, nunca podrán alentar en debida forma la explotación de los recursos naturales, casi todos ellos de bajo valor... "Y agregó: La carretera entre nosotros, es útil como auxiliar, como complementaria del ferrocarril para recorridos cortos de penetración rural que permite ampliar la zona de influencia de las vías férrea y drenar la carga de bajo valor como es el 90 por ciento de lo que se produce en el campo "...

"Y es absurdo... que prefiramos, no sabemos con qué fundamentos, construir carreteras paralelas a los ferrocarriles para disputar a éstos la pobrísima carga que los mantiene en la ruina"...

"Toda otra clase de carreteras que no sean las auxiliares de los ferrocarriles a las que tiendan a comunicar zonas carentes de este último servicio, - tienen finalidades puramente turísticas; son de importancia secundaria y no justifican la primacía - que ahora se les da "...

El gobierno del general Avila Camacho tuvo que enfrentarse a muy graves dificultades en los transportes. El criterio del licenciado De la Peña resumía el núcleo de las críticas de entonces a la política de caminos. Pero fue necesario que los ferrocarriles no soportaron el intenso trabajo a que fueron sometidos por las exigencias del transporte de materiales básicos y primarios hacia la frontera del Norte, para demostrar que no las vías férreas eran suficientes por sí solas, ni las carreteras troncales eran útiles. El gobierno, con auxilio de amplios créditos y de la ayuda técnica-extranjera, emprendió entonces la rehabilitación ferroviaria, al mismo tiempo que intensificó la construcción de las carreteras troncales.

Hasta 1938 sólo había 8463 kilómetros de carreteras, de los que 6428 eran transitables en todo su tiempo. Se había construido una sola troncal del Norte a Sur la de México a Ciudad Juárez y aparte de los caminos a Veracruz y a Acapulco, no había rutas transversales en todo tiempo y entre 1939 y 1950 se terminaron 3 grandes troncales hacia el Norte (quedaron comunicados con la ciudad de México: Tijuana, Nogales, Ciudad Juárez y Nuevo Lare--

do) y una hacia el Sur, a Ciudad Cuauhtémoc. Por vez primera quedó comunicada por carretera la frontera con Guatemala.

El caos de los transportes, durante los años de la guerra y los primeros de la post - guerra, mostró la imperiosa necesidad de una política más acorde con el desarrollo del país.

El ingeniero Antonio E. Vera, en 1943, estimaba necesaria una red de 50 mil kilómetros de carreteras para cubrir las exigencias económicas del país. Había entonces 15456 kilómetros, de los que 13 mil - más o menos, eran transitables en todo el tiempo. - Y el ingeniero Gorge L. Tamayo, comentó: En 23 - años se han construido 15 mil kilómetros y para - construir 50 mil más se necesitarán, cuando menos, 40 años más, con el ritmo de trabajo de los últi--mos tiempos".

Se abrió paso un criterio de coordinación de los - transportes. El mismo ingeniero Tamayo propuso, - en 1948, que se diese preferencia a construir ca--rreteras en zonas carentes de toda comunicación y fomentar caminos vecinales y una red de caminos - que, en su primera etapa, actuasen como líneas se--cundarias alimentadoras de los ferrocarriles. Pe--ro el gobierno del licenciado Miguel Alemán se propuso ir más adelante:

a) Terminar las troncales en construcción, puesto--que no podrían quedarse a medias.

b) Impulsar la construcción de carreteras transversales que, además de alimentar a los ferrocarriles, uniesen el territorio nacional de costa a costa.

c) Construir caminos vecinales. (En 1947, dentro de la SCOP, comenzó a funcionar un Departamento de Planeación y Fomento de Carreteras Vecinales; y en 1949 se estableció un Comité Nacional de Caminos - Vecinales cuyos fondos se integran con el 20 por - ciento del impuesto sobre ventas de automóviles en samblados en el país).

d) Lograr la rehabilitación total de los Ferrocarriles Nacionales de México.

Tales fueron los lineamientos generales que se siguieron hasta 1958. En la Mesa Central apareció una importante red de caminos. En el Norte, Matamoros y Tampico quedaron unidos con Durango por un camino transversal que se proyectó hasta Mazatlán. También se inició, con un organismo de participación estatal, la Constructora del Sur, S.A. de - - C.V., la construcción de caminos directos de cuota. El primero a Cuernavaca. Este organismo se - ha convertido, a partir del 3 de junio de 1959, en Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servi - - cios Conexos, que sólo administra y conserva los - caminos directos y puentes de cuota.

A partir de 1958 y durante los últimos 5 años, se han logrado un relativo equilibrio entre los trans

portes ferrocarrileros y las carreteras.

La rehabilitación total de los primeros pudo contrarrestar en gran medida, la competencia del transporte camionero. El gobierno pudo, así, atender la construcción de nuevas vías y terminar la portentosa obra del Ferrocarril del Pacífico, entre Ojinaga y Topolobampo, por Chihuahua. En cuanto al proceso de las carreteras, Sergio Ortiz Hernández escribió: "La orientación centro - periferia de la red de carreteras se ha modificado gracias a la construcción de los caminos en cooperación con los Estados. La modalidad de los caminos vecinales ha contribuido al desarrollo de zonas específicas. Aparentemente, el caso más notable es el de la red de caminos vecinales de tipo especial que se ha construido en los distritos de riego del Noroeste y que junto con la inversión gubernamental - en otros renglones, ha contribuido a hacer de esa región el segundo punto de concentración económica del país,....

"En un principio, la política de construcción de caminos tendía a comunicar la mayor cantidad posible de poblados, en la actualidad, antes de emprender la construcción de determinada vía, se establece una zona de influencia, después se determinan los valores de la producción actual y potencial de la zona y ambos se relacionan con la inversión necesaria. Se establece, así, un orden de prelación que se tiene en cuenta para hacer las asignaciones

presupuestarias.

En la actualidad, la red de caminos pasa de 60 mil kilómetros (En 1962 había 53 mil 244 kilómetros).-- Y hay unos 50 mil transitables en todo el tiempo.-- Esto es, se ha alcanzado la extensión que el ingeniero Vera considera necesaria en 1943 y en sólo - la mitad del tiempo que el ingeniero Tamayo calculó que se tardaría en construir durante los últimos 5 años se construyó el 38.5 por ciento de los caminos transitables todo el tiempo. Y se han dejado pavimentados 33 mil kilómetros. Se terminaron 35 carreteras y hay 24 en construcción.

El Secretario de Obras Públicas, ingeniero Javier-Barros Sierra, sintetizó así la política actual de caminos:

Integrar la infraestructura económica del país.

Sin embargo, la característica principal de la nueva política se deriva de la experiencia de casi 30 años en la construcción de caminos:

a) Esa política se haya ahora en servicio del desarrollo regional, fundamentalmente y se guía de - - acuerdo con las necesidades del desarrollo general del país.

b) La construcción misma se ha beneficiado con el progreso tecnológico en el ramo.

Puede decirse que, antes, el afán de construir. En tre el 80 y 90 por ciento de los presupuestos se - dedicaba a la construcción y una mínima parte, no- más de 5 por ciento a conservar los caminos cons- truidos, ahora se tiene el criterio de que es tan- to o más importante lo segundo como lo primero; y- desde 1958 se ha destinado entre el 40 y el 46 por ciento de las erogaciones a la conservación de los mismos.

II. ESTUDIOS PRELIMINARES.

II.1 ANTECEDENTES.

La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, a través de la Junta Local de Caminos del Estado de Veracruz, proyecta la construcción y pavimentación del camino Naranjos - Chontla - San Sebastián, con origen en Naranjos, Veracruz.

Cabe mencionar que actualmente se cuenta con un camino vecinal construido por la Junta Local hace más de 10 años, el cual termina en la población de Chontla (Km. 30), de este lugar hasta San Sebastián se localizará la línea por el método tradicional. La comunicación de la zona se complementa por medio de un camino rural que, partiendo de Chontla termina en el camino a Tampico, Tamps., en el lugar conocido como Piedras Clavadas.

Para llevar a cabo las obras de pavimentación se requiere del proyecto respectivo, parte del cual se incluye en el presente estudio que comprende del Km. 0+000 al 30+000.

Cabe indicar que el proyecto geométrico cumplirá con las especificaciones para camino tipo "C", con pendiente máxima de 7 %, ancho de corona de 6.60 m. y carpeta de 6.20 m.

El estudio geotécnico para el pavimento tiene por objeto proporcionar los datos necesarios para la

construcción de las diferentes capas que lo formará, tales como: base hidráulica y carpeta asfáltica, así también proporciona los bancos de materiales y el tratamiento a que se someterán, además se dan las normas generales de construcción para la ejecución de las obras.

11.2 ESTUDIOS REALIZADOS.

11.2.1 Localización y explotación de los bancos de préstamo.

Se efectuó el estudio de campo, en el cual se ubicaron con respecto al eje del camino, las áreas en las que se consideró factible extraer material granular y se realizó la exploración de ellas mediante la ejecución de pozos a cielo abierto, cuantificó volumen utilizable.

11.2.2 Exploración en el terreno de cimentación.

En los sitios adyacentes a los hombros del camino actual se excavaron pozos a cielo abierto con profundidad media de 1.00 m., éstos se realizaron a cada 1000 m. y en ellos se tomaron muestras de los materiales descubiertos.

11.2.3 Ensayos de Laboratorio.

Materiales de terracerías.

Los materiales que forman las terracerías del camino actual, se realizaron las siguientes pruebas:

De clasificación:

1. Granulometría por mallas, y
2. Límites de plasticidad.

De calidad:

1. Contracción lineal.
2. Peso volumétrico suelto.
3. Peso volumétrico seco máximo.
4. Valor relativo de soporte estándar, con determinación de expansión por saturación, y
5. Valor relativo de soporte modificado al 90 y - 95 % de compactación, variante II.

Bancos para pavimentos

Los materiales que constituyen el pavimento y re-vestimiento actual del camino, así como, el de los bancos localizados, se realizaron las siguientes -

pruebas de clasificación y calidad para la formación de la base hidráulica.

De clasificación:

1. Granulometría por mallas.
2. Límites de plasticidad.

De calidad:

1. Contracción lineal.
2. Peso volumétrico seco suelto.
3. Valor relativo de soporte estándar, con determinación de expansión por saturación.
4. Equivalente de arena.
5. Absorción y densidad, y
6. Valor cementante.

A la vez se realizaron los ensayos en el material pétreo que se empleará para la carpeta asfáltica.

De calidad:

1. Granulometría por mallas.

2. Absorción y densidad.
3. Forma de la partícula.
4. Peso volumétrico seco suelto, y
5. Desgaste Los Angeles.

Con el propósito de conocer el tipo y la dosificación del aditivo que, permita garantizar una buena liga entre el material pétreo y el asfáltico, se realizó la determinación de la afinidad con el asfalto, mediante los métodos: Inglés y Desprendimiento por fricción.

11.3 CARACTERISTICAS REGIONALES Y LOCALES.

11.3.1 Fisiografía.

El camino se ubica en la región media de la faja costera del Golfo de México, en la subprovincia de Tampico - Tuxpan - Jalapa, limitada al poniente por la Sierra Madre Oriental, al Oriente del Golfo de México y comprendida entre las altitudes 23° y 19°45' Norte.

La Sierra Madre Oriental está afectada de un alto y complicado relieve, al descender por sus flancos hacia el Este, termina bruscamente en la zona costera, o se denotan hileras de lomas que en la misma dirección van siendo más bajas.

11.3.2 Clima.

El camino cruza una zona que presenta dos tipos de climas éstos se clasificaron en base al sistema de Koppen, el que fue modificado y adaptado a las condiciones particulares de la República.

De la estación 0+000 a la 10+000, el clima que se presenta tiene los símbolos AW₂ (e), los que indican que corresponde al grupo de los cálidos subhúmedos y presentan las siguientes características.

1. Temperatura media anual 23°C.
2. Oscilación extremosas, entre 7° y 14°C.
3. Régimen pluviométrico de verano.
4. Precipitación anual promedio del orden de 1,500 mm, y
5. Porcentaje de lluvia invernal que fluctúa entre 5 y 10 % del anual.

El segundo tipo de clima está comprendido entre la estación 10+000 y la 30+000, le corresponden los símbolos (A) C (fm) a (e), que determinan un clima del grupo de los cálidos húmedos, subgrupo semicálido (el más cálido de los templados) con las siguientes características.

1. Temperatura medial anual de 22°C, con verano cálido.
2. Oscilaciones extremosas, entre los 7° y 14°C.
3. Régimen pluviométrico de lluvias durante todo - el año.
4. Precipitación anual promedio del orden de 1,500 mm, y
5. Porcentaje de lluvia invernal mayor al 18 % de la anual.

11.3.3 Hidrografía.

Prácticamente la región no tiene una corriente - - principal definida, los arroyos que escurren hacia el noreste tienen su origen en la Sierra Madre - - Oriental y terminarán en la Laguna de Tamiahua.

La hidrología predominante está tipificada por - - arroyos de régimen temporal, los que en las zonas de lomerío presentan gastos de cierta magnitud que arrastran suelos con tamaño mayor a 30 cm.

11.3.4 Topografía

El camino se desarrolla al lado de un lomerío que se clasifica como suave, presentando éste, pequeñas zonas planas con pendiente ligera.

11.3.5 Geología.

Las condiciones geológicas de esta llanura son en gran parte responsables de sus características topográficas.

Las sierras frontales de la Sierra Madre Oriental están formadas por calizas de cretácico, muy plegadas y afalladas.

Siguen hacia la costa, anchas fajas de lutitas del Paleoceno, cubiertas por areniscas y lutitas del Eoceno, las que sufrieron fuertes erosiones y acarreos hacia las zonas bajas y a su vez fueron cubiertas por capas más o menos paralelas de rocas sedimentarias del Oligoceno y Mioceno.

Se aprecian en la zona las formaciones Chapopote, Tantoyuca, Guayabal, Tempoal, Aragón, Chicontepec Superior y Tuxpan.

Los materiales que interfieren el camino, corresponden a rocas sedimentarias de origen marino y continental, representadas por lutitas, calizas, conglomerados y areniscas.

11.3.6 Drenaje.

Dadas las características foliadas de las rocas -

que forman la base de las cadenas de lomas aisladas del lugar, existe un flujo interno de agua que se infiltra entre las capas y las fracturas de las lutitas, provocando la alteración e interperismo de la roca.

El flujo del agua en los arroyos es hacia el Noreste, arrastrando finas y partículas grandes.

11.3.7 Vegetación.

La vegetación es de altura reducida y poca densidad, ya que se han desmontado grandes extensiones para dedicarlas a la ganadería y fruticultura. Las especies que predominan son: los árboles frutales como; la naranja, la toronja, mandarina y limón, - en los potreros se han sembrado pasto de tipo pangola.

11.4 BANCOS DE PRESTAMO PARA LA CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO.

De acuerdo a las condiciones geológicas y topográficas de la región, así como las características geométricas que tendrá el camino, se localizaron, - explorando y cuantificando los bancos de préstamo para la construcción del pavimento, mismos que fueron ubicados en los playones de los arroyos tantima, San Nicolás y San Francisco.

La localización de los bancos se refirió al eje - del proyecto; su explotación y muestreo se efectuó mediante la excavación de pozos a cielo abierto, - hasta profundidades de 2.0 a 2.5 m.

En la misma forma se exploraron los bancos de mate rial cementante.

A continuación se describen los bancos seleccionados y sus propiedades.

11.4.1 Bancos de pétreos.

Arroyo Tantima.

Está ubicado en los playones del arroyo Tantima a 3,000 m. a la derecha del Km. 16+200 del camino es tudiado.

En este lugar se tienen depositados de fragmentos y grava poco limosa, mal graduada, color gris, de origen calizo, suelta, con bajo contenido de agua en la superficie; se hace notar que en la temporada de lluvias podrá quedar inundado.

En este banco el porcentaje de fragmentos es del - orden de 40 %, por lo que para usarlo en la base - hidráulica y en la carpeta asfáltica, se requiere trituirarlo y cribarlo a tamaño máximo de 1 1/2" a - finos para la capa primeramente mencionada y por -

la malla de 1/4 a la número 8 para la segunda capa.

Arroyo San Nicolás.

Está ubicado en los playones del Arroyo San Nicolás a 1,000 m. a la derecha de la estación 23+000. En este lugar los playones del arroyo ofrecen potentes depósitos de grava y arena poco arcillosos - mal graduada de origen calizo, suelta, color gris claro, con fragmentos chicos y medianos de roca caliza, el contenido de agua en la superficie es bajo e igualmente corre el riesgo este banco de ser inundado.

El porcentaje retenido en la malla de 11/2" es mayor de 40 %, por lo que requerirá el material de una trituración parcial y cribado a los tamaños antes descritos, para utilizarlo en la construcción de la base hidráulica y carpeta asfáltica.

Arroyo San Francisco.

Se ubica a 3000 m. a la derecha de la estación - - 34+500 en el cauce y la zona de inundación del - - arroyo San Francisco. A lo largo de 1,000 m. sobre el cauce se han depositado suelos aluviales -- constituidos por fragmento chico, grava y arena - poco limosa, color gris, de origen calizo, cubier-

tas por una capa de poco espesor de limo; también podrá ser inundado en la temporada de lluvias.

El material requerirá de una trituración parcial y cribado a tamaño máximo de 1 1/2" a finos, para obtener agregados de base hidráulica y por la malla de 1/4" y número 8 para el material de sello.

Debido a que éstos depósitos son predominantemente granulares, será necesario mezclarlos con material cementante, de esta manera se aumentará el peso volumétrico seco máximo y el valor cementante; además de proporcionar movilidad a la mezcla.

11.4.2 Resultados de los ensayos de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio determinaron que se cuenta con gravas arcillolimosas que presentan las siguientes características:

1. Porcentaje de grava que varía de 58 % a 41 %.
2. Porcentaje de arena que varía de 46 % a 33 %.
3. Porcentaje de finos que varía de 17 % a 6 %.
4. Límite líquido comprendido de 40 % a 28 %.
5. Índice plástico comprendido de 17 % a 0 %.
6. Contracción lineal de 4.7 % a 0 %.

7. Valor relativo de soporte estándar de 118 % a - 85 %.
8. Peso volumétrico seco máximo de 2000 a 2180 - Kg/m³.

Estos materiales cumplen satisfactoriamente con -- los requisitos que marcan las Especificaciones de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, para materiales de base hidráulica, a ex-- cepción del valor del límite líquido que en cier-- tos casos sobrepasa el máximo valor que es de 30 %.

En el plano número uno del proyecto, se presenta - el croquis de localización de los bancos, así como un resumen de sus características; en las hojas - del anexo dos se consignan los resultados de los - ensayos de laboratorio, tanto de clasificación co-- mo de calidad.

11.4.3 Bancos de cementante.

A la altura del Km. 16+000 con desviación izquier-- da de 300 m., se encuentran materiales arcilloare-- nosos que podrán emplearse como mejoramiento o ce-- mentante de los materiales pétreos que se empleen-- en la formación de la base hidráulica.

11.5 DI-SEÑO DE PAVIMENTOS.

11.5.1 Tránsito.

Al ser un camino construido hasta la etapa de re-vestimiento provisional, no se han llevado a cabo aforos de tránsito por lo que, no se tiene datos de la composición, ni del volumen de vehículos que emplean esta vía de comunicación.

Por lo anterior y tomando en cuenta lo observado en el estudio de campo, se considera que el tránsito diario promedio anual no sobrepasa los 50 vehículos por día y en ambos sentidos de circulación.- La vía útil o período de diseño de pavimento se considera de 10 años y la tasa de crecimiento de 8 % anual; al finalizar el período de diseño se tendrán aproximadamente 800 vehículos circulando en ambos sentidos.

Se considera que la suma de ejes equivalentes a 8.2 toneladas se acumularán en cada punto de la superficie de rodamiento no será mayor a un millón.

Para el número de tránsito de diseño (Design Traffic Number D.T.N.), se consideró un peso máximo por eje en los vehículos del tipo C (camiones) de 35 a 45,000 libras, el valor que se obtuvo resultó ser mínimo de 7.

11.5.2 Características del material de cimentación.

Los materiales que constituyen el terreno sobre el que se cimenta el pavimento presentaron características homogéneas, las que se resumen a continuación:

Del Km. 0+000 al Km. 10+000.

Grava	0 %
Arena fina	3 a 19 %
Finos	81 a 95 %
Límite Líquido	45 a 62 %
Índice plástico	30 a 44 %
Contracción lineal	11 a 16.9 %
V.R.S. estándar	3.7 a 7.6 %
% de expansión	3.8 a 7.0 %
V.R.S. al 90 % variable II	5.5 a 9.0 %
V.R.S. al 95 %	7.5 a 15.0 %

Entre el Km. 10+000 y el Km. 30+000

Grava	0 %
Arena fina	10 a 36 %
Finos	64 a 90 %
Límite líquido	44 a 60 %
Índice plástico	30 a 46 %
Contracción lineal	11.8 a 16.6 %
V.R.S. estándar	5.0 a 10.2 %
% de expansión	2.1 a 7.0 %
V.R.S. al 90 % variable II	6.3 a 10.5 %
V.R.S. al 95 % variable II	9.1 a 17.5 %

Como se observa, la capa subrasante actual está formada por arcillas de mediana plasticidad, materiales que por su resistencia se clasifican como de baja calidad.

Para diseñar el espesor de pavimento se procedió a seleccionar el valor relativo de soporte (modificado al 95 % de compactación, variable II), que es igual o menor que el 90 % de los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio.

A la vez se procedió a determinar la desviación estándar y se obtuvo el coeficiente de variación; - también se obtuvo el valor crítico de acuerdo al - Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Mediante el análisis realizado se obtuvo un valor relativo de soporte de diseño que correspondió al 7.9 %, una desviación estándar de 2.05 y un coeficiente de variación de 19.3 %, así mismo el valor relativo de soporte crítico, también fue de 7.9 %.

Sin embargo de acuerdo a las recomendaciones para fijar la línea subrasante, se considera conveniente emplear para el diseño, el menor valor obtenido en la prueba modificada al 90 % de compactación - que fue del 5.5 %. Cabe mencionar que la capa subrasante estará estructurada con material friccio--nante grava, arena limosa, por lo que ésta capa requiere de espesores mínimos de pavimento.

En el anexo número uno del estudio, se presentan 3 hojas en las que están incluidos los valores anteriormente comentados, un diagrama de barra y curva de frecuencia acumulada V.R.S.

11.5.3 Diseño de Espesores.

a) Método S.A.H.O.P.

Considerando que el final del período de diseño, - 10 años, no se tendrán más de 1000 vehículos por-- sentido de circulación, se empleó la curva III de la S.A.H.O.; ésta determinó un espesor total de - sub-base y base hidráulica de 15 cm.

b) Método de ejes equivalentes a 8.2 toneladas del Instituto de Ingeniería.

De acuerdo al total de ejes acumulados equivalentes y con la gráfica para caminos secundarios en - condiciones normales de mantenimiento, resulta un índice de espesor de 16 cm.

c) Método del Instituto del Asfalto de los EE.UU.

El monograma del Instituto determina, un espesor - total de concreto asfáltico de 4" equivalente a - 20 cm. de material de buena calidad.

d) Revisión de la capacidad de la terracería.

El método S.A.H.O.P. indica que, con 5.5 % de V.R.S., se necesitan 37 cm. de revestimiento; con el Instituto de Ingeniería se obtienen 44 cm. con carpeta asfáltica mínima de 8 cm. y del Instituto del Asfalto, determina un espesor de concreto asfáltico de 6.5", equivalente a 32.2 cm.

11.5.4 Estructura del Pavimento.

Atendiendo a los criterios de diseño citados y a las características geológicas y climatológicas de la zona, el pavimento quedará constituido de la siguiente manera:

Carpeta asfáltica del tipo de un riego.

Base hidráulica de 15 cm. de espesor.

La estructura se apoyará en la capa subrasante, que tendrá como mínimo 30 cm. de espesor.

En el plano número dos, proyecto de pavimento se presentan los cortes esquemáticos de la sección del pavimento, tanto en terraplén, como en corte y en balcón.

11.6 NORMAS GENERALES Y TOLERANCIAS DE CONSTRUCCION.

Las normas de calidad de los materiales y la ejecución de las obras comprendidas en la Parte Octava, Segunda y Cuarta de las Especificaciones de Construcción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, así como en las Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras de la misma Secretaría.

11.6.1 Terracerías.

Los cortes y terraplenes se construirán de acuerdo con lo recomendado en el estudio geotécnico correspondiente; la ejecución de los trabajos cumplirá con lo indicado en la Cláusula 11-04 de la Parte Segunda.

La capa subrasante tendrá un espesor mínimo de 30 cm. y se formará de la siguiente manera:

1. Km. 0+000 a Km. 2+260

Se colocará sobre la capa existente, un espesor mínimo compacto de 15 cm. utilizando material granular con tamaño máximo de 7.5 cm (3"). El grado de compactación mínimo también será del 95 % del peso volumétrico seco máximo del material, el cual será definido por el laboratorio de campo.

2. Km. 2+260 a Km. 6+540

La superficie actual se conformará y desde ella se compactará al 90 % del peso volumétrico seco máximo, un espesor medio de 15 cm.

A continuación se colocará material friccionante - con tamaño máximo de 7.5 cm. (3"), en volumen su suficiente para obtener un espesor compacto de 15 - cm. El material se humedecerá y se compactará al 90 % de su peso volumétrico seco máximo, ya sea - con rodillo liso o tractor tipo D-8.

Para completar el espesor total de capa subrasante se llevará material con características fricciontes, grava arena limosa, las que no contendrán par tículas mayores de 7.5 cm. Se humedecerá el mate rial, se conformará y compactará al 95 % de su pe so volumétrico seco máximo, hasta obtener una capa con espesor mínimo de 20 cm.

3. Km. 6+540 a Km. 30+000

Desde la superficie actual se darán cuando menos - tres pasadas con equipo pesado tipo D-9, por cada punto; a continuación se colocará material friccio nte con tamaño máximo de 7.5 cm., el cual se hu medecerá suficientemente para compactar cuando me nos 20 cm. al 95 % del peso volumétrico seco máxi mo del material.

Entre el Km. 14+540 y el 15+300, sólo será necesario complementar la capa subrasante colocando un espesor mínimo compacto de 15 cm.

El material para capa subrasante cumplirá con las normas de calidad especificadas en el inciso 90-03.5 de la parte octava; la ejecución de los trabajos con lo indicado en el inciso 11-04.10 de la parte segunda.

11.6.2 Pavimentos.

a) Base Hidráulica.

La capa de base hidráulica tendrá un espesor compacto mínimo de 15 cm., y en su formación se usarán materiales pétreos de los bancos Arroyo Tanti-
ma, San Nicolás I y San Francisco.

El tratamiento que requieren los materiales de estos bancos es de trituración parcial y cribado a tamaño máximo de 1 1/2" además se mezclarán con un cementante arcilloso para mejorar sus características físicas. La mezcla tentativa en proporción volumétrica, será de 85 % del banco de pétreos y 15 % del banco de cementante.

Una vez procesados los materiales pétreos y efec--

tuada la mezcla de materiales, se le añadirá la humedad necesaria para que se compacte al 100 % de su peso volumétrico seco máximo, definido por la prueba Pórtter.

La mezcla de materiales cumplirá con las normas de calidad establecidas en el inciso 91-03.6, de la Parte Octava y los trabajos con el inciso 51-04 de la Parte Cuarta.

b) Producto Asfáltico.

Para impregnar y proteger de pérdida de humedad, la superficie de la base hidráulica, será necesario colocar sobre la superficie seca barrida, un material asfáltico tipo FM-1 en cantidad aproximada de 1.5 lt/m^2 , este riego comprenderá los taludes de la capa, material asfáltico del tipo FR-3 en cantidad aproximada de 0.6 lt/m^2 .

El material asfáltico cumplirá con las normas de calidad establecidas en el inciso 93-02.4C., correspondiente a la parte octava y para su ejecución con el inciso 54-04 de la parte cuarta.

c) Carpeta Asfáltica.

Para ofrecer una superficie de desgaste antiderrapante y antideslumbrante, en toda la corona se co-

locará una carpeta asfáltica o tratamiento superficial del tipo de un riego, utilizando material asfáltico FR-3 y pétreo 3-A. El material pétreo provendrá de los Bancos San Nicolás I o San Francisco.

Las cantidades aproximadas de material asfálticos y pétreos que se colocan son:

Material FR-3 1.0 It/m².

Material 3-A 12 It/m².

UNIDADES		1	2	3	4	5	6-100	26-100	33-100
Punto									
Módulo									
TAMANO DE LAS PARTICULAS									
% de partículas mayores de 3"		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% que pasa la malla #		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
" " " " " 40		80.0	75.0	40.0	35.0	30.0	31.0	85.0	88.0
" " " " " 200		0.0	65.0	70.0	68.0	0.0	77.0	80.0	75.0
Límite Líquido		58.0	55.0	60.0	58.0	49.0	45.0	42.0	58.0
Límite Plástico		12.0	20.0	24.0	18.0	11.0	15.0	14.0	20.0
Índice Plástico		46.0	35.0	36.0	40.0	38.0	30.0	28.0	38.0
Contracción Línea		16.0	15.0	14.0	14.5	12.0	11.5	11.0	13.5
Equivalente de arena									
Peso Volumétrico seco máximo, Proctor		1600	1440	1440	1400	1600	1600	1600	1650
Humedad Óptima Proctor		18.0	25.5	31.0	30.0	26.0	21.6	20.8	22.0
Valor Relativo soporte estándar		6.4	8.5	9.0	10.2	8.8	6.0	9.5	7.8
% de expansión		2.0	4.6	3.8	4.0	3.8	4.0	5.5	3.0
Peso Volumétrico seco suelto		1230	1100	1080	1100	1120	1180	1220	1100
Peso Volumétrico seco máximo, Proctor									
Humedad Óptima Proctor									
V. R. S.	90%	8.1	8.5	11.0	7.5	8.9	6.7	10.8	8.0
	95%	11.8	12.0	17.5	12.8	13.5	11.0	17.0	14.0
	100%								
% de compactación									
Humedad Natural		20.0							
Espesor Requerido									
Observaciones, Clasificación SAHOP		CH 1	CH 1	CH 1	CH 1	CH 1	CL	CL	CL

CARRETERA Naranjos - Chontla - San Se - TRAMO: Naranjos - Chontla
 SUB-TRAMO Km. 0-100 a Km. 30-100 ORIGEN: Naranjos, Veracruz



PRUEBA.

UBICACIÓN.

		00	00	3-1	14	14	10-040	17-000	18-000	19-080
Muestra.										
Número										
TAMAÑO DE LAS PARTICULAS										
% de partículas mayores de 3"		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% que pasa la malla 4		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
" " " " " 40		91.0	95.0	87.0	94.0	92.0	95.0	93.0	89.0	87.0
" " " " " 200		70.0	85.0	73.0	80.0	76.0	80.0	76.0	64.0	75.0
Límite Líquido		50.0	44.0	50.0	50.0	49.0	47.0	53.0	54.0	52.0
Límite Plástico		15.0	13.0	11.0	13.0	12.0	11.0	15.0	17.0	12.0
Índice Plástico		35.0	31.0	39.0	37.0	37.0	36.0	38.0	37.0	40.0
Contracción Lineal		13.4	14.0	13.3	15.0	14.2	13.5	14.7	13.0	15.5
Envolvente de arena.										
Peso Volumétrico seco máximo, Proctor		1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190
Humedad Óptima Proctor		19.5	19.0	21.0	19.0	18.0	18.0	17.4	16.0	17.8
Factor Relativo soporte estándar		5.0	6.5	7.1	8.5	8.5	7.0	5.6	5.0	6.8
% de expansión.		4.4	3.2	7.1	4.0	3.5	2.0	2.1	3.2	2.5
Peso Volumétrico seco suelto		1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190
Peso volumétrico seco máximo, Proctor										
Humedad Óptima Proctor										
V R S	90%	10.0	9.5	8.3	7.7	10.5	7.5	9.3	7.0	7.5
	95%	13.0	12.6	12.1	13.0	14.0	10.0	8.5	10.0	9.1
	100%									
% de compactación.										
Humedad Natural							21.0	17.0	22.0	23.0
Espesor Requerido.										
Observaciones Clasificación SAHCF		CH 1	CL	CH 1	CH 1	CL	CH 1	CH 1	CH 1	CH 1

CARRETERA: Naranjos-Chontla-Tlan e-TRAMO: Naranjos-Chontla
 bastián.
 SUB-TRAMO: Km. 0-000 a Km. 30-000. ORIGEN: Naranjos, Veracruz.

UBICACION		0-400	1-700	10-000	20-000	3-000	5-000	8-950	7-000	8-000	9-040
Muestra											
Número											
TIPO DE LAS PARTICULAS											
% de partículas mayores de 1"		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% que pasa la malla 4		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
" " " " 10		98.0	96.0	94.0	95.0	90.0	97.0	96.0	94.0	91.0	90.0
" " " " 200		75.0	90.0	83.0	85.0	81.0	87.0	87.0	89.0	81.0	83.0
Límite Líquido		48.0	57.0	58.0	58.0	48.0	54.0	46.0	57.0	45.0	50.0
Límite Plástico		17.0	12.0	12.0	15.0	16.0	12.0	15.0	21.0	12.0	11.0
Índice Plástico		31.0	45.0	46.0	43.0	32.0	42.0	31.0	36.0	33.0	39.0
Contracción Lineal		1.2	1.0	1.7	1.7	1.4	1.5	1.1	1.9	1.4	1.5
Equivalente de arena		75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Peso Volumétrico seco máx. (a. Proctor)		1550	1550	1200	1000	1700	1700	1700	1640	1700	1680
Humedad Óptima		11.2	11.2	8.5	15.0	11.0	11.1	10.0	12.8	12.4	21.0
Color relativo suporta		4.0	3.0	1.0	0.0	2.0	4.0	3.5	5.0	2.8	7.0
% de expansión		1.1	0.0	2.0	1.1	0	0.0	1.0	3.0	1.1	5.7
Peso Volumétrico seco suelto		1300	1100	1240	1400	1600	1500	1300	1380	1250	1200
Peso Volumétrico seco máx. (a. Proctor)											
Humedad Óptima Proctor											
Módulo	90%	6.0	5.0	7.3	9.2	10.4	8.8	6.5	5.0	8.0	9.0
	95%	8.8	7.0	10.1	11.0	12.0	10.0	8.0	11.7	13.0	15.0
	100%										
% de compactación											
Humedad Natural		17.0		21.0	13.0	18.0	18.0	20.0	15.4	11.0	
Espesor Requerido											
Observaciones Clasificación SAHCP		CL	CU	CH1	CL	CL	CH 1	CL	CH 1	CL	CL-CH

CARRETERA: Naranjos-Contla-Sn. Seba. TRAMO: Naranjos - Chuntla
SUB-TRAMO: Km. 0-000 a Km. 30-000 ORIGEN: Naranjos - Veracruz.



ANEXOS AL ESTUDIO

ANEXO NUMERO UNO:

Resultados de los ensayos de laboratorio en materiales de capa subrasante.

Diagrama de barras y curva de frecuencia acumulada y VRS.

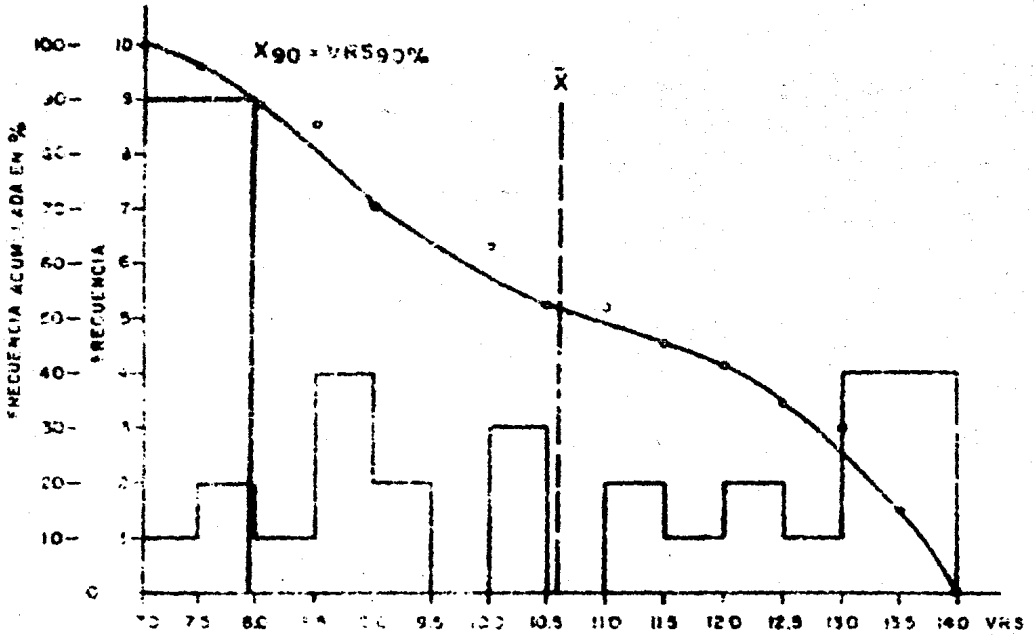
ANEXO NUMERO DOS:

Resultados de Ensayes de Laboratorio en material de la base hidráulica actual y de bancos.

ANEXO NUMERO UNO:

Resultados de los ensayos de laboratorio en materiales de capa subrasante.

Diagrama de barras y curva de frecuencia acumulada y VRS.



$\bar{X} = 10.35$
 $S = 2.05$
 $C_v = 19.37\%$
 $VRS_{90\%} = 7.92$
 $VRS_{C_v} = 7.93$

NOTA:

El estado corresponde a V.R.S. modificado al 95%, variante II.

SAHOP	D G C C
JUNTA LOCAL DE CAMBIOS DEL ESTADO DE VERACRUZ	
DISEÑO DE PAVIMENTO	
CAMINO: NUBOLA-CENTLA-SAN SEBASTIAN	
Km. 0+000 A FM 33+000	
DIAGRAMA DE BARRAS Y CURVA DE FRECUENCIA ACUMULADA	
FIGURA Nº 1	NOV 1980

ANEXO NUMERO DOS:

Resultados de Ensayes de laboratorio en material de la base hidráulica actual y en bancos.

PROYECTO DE PAVIMENTACION

PLANO NUMERO UNO:

Localización de bancos de materiales.

PLANO NUMERO DOS:

Sección estructural de pavimento.

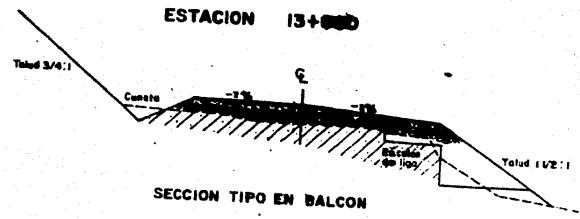
PLANO NUMERO UNO:

**Localización de bancos de materia-
les.**

PLANO NUMERO DOS:

Sección estructural de pavimento.

ESTACION 13+800



SECCION TIPO EN BALCON

ESTACION 14+800









SECCION TIPO EN TERRAPLEN

ESTACION 13+880



SECCION TIPO EN CORTE

SIMBOLOGIA

-  Carpete tipo de un riapo
-  Base hidráulico con espesor de 15 cm
-  Capa subyacente con espesor mínimo de 30 cm
-  Cuerpo del terraplen
-  Perfil de la sección actual
-  Perfil de la sección de proyecto

SAI	
DIRECCION GENERAL DE CI JUNTA LOCAL DE CAMINOS	
PROYECTO DE PAVIMENTO	
SECCIONES ESTRUCTURALES	
CAMINO: NARANJOS-CHINTLA-SAN SEBASTIAN	
Km 0+000 A Km 38+000	
PLANO Nº 2	NOVIEMBRE 1960

III.- PROYECTO GEOMETRICO

III.1 GENERALIDADES

Como resultado de los estudios preliminares y teniendo en cuenta la orografía de la zona, el tipo y número de vehículos, la carga que se transportará así como la conveniencia de abatir, dentro de lo razonable los costos de conservación y operación, se llegó a la conclusión de establecer las siguientes especificación de proyecto.

CARRETERA TIPO	"C"
VELOCIDAD DE PROYECTO	70 a 80 Km/h
VELOCIDAD DE OPERACION	60 a 80 Km/h
TRANSITO DIARIO (PROMEDIO ANUAL)	50 a 500 vehículos
TRANSITO HORARIO (MAXIMO ANUAL)	De 6 a 60 vehículos
% DE VEHICULOS PESADOS	30 a 40 %
OBRAS DE DRENAJE	Generalmente definitivas
OBRAS COMPLEMENTARIAS	Generalmente naturales
PUENTES	Definitivos
SEÑALAMIENTO	Señales metálicas con pintura no reflejante
ENTRONQUES O CRUZAMIENTOS	A nivel
PENDIENTE MAXIMA	5% a 7%
GRADO DE CURVATURA MAXIMA	16 a 60
ANCHO DE CORONA	6.60 a 7.0 m
ANCHO DE CARPETA	5.50 a 6.10 m

11.2 DATOS DE PROYECTO

CONCEPTO	MATERIAL EMPLEADO	ESPEJOR	GRADO DE COMP. EN %	ANCHO	TEMP. APLICACION
CUERPO TERRAPLEN	DE BCO. PMO. LATERAL	VARIABLE	BANDEO 90,95	VARIABLE	
SUB- CASANTE	DE BANCO (3") MAXIMO	30 CM COMPACTOS	95	8.0 M EN TANGENTE	
BASE	DE BANCO CRIBADO PAR CIAL (1 1/2") MAXIMO	15 CM COMPACTOS	100	6.60 M EN TANGENTE	
PIEZO DE MP.	ASFALTO FM-1				30-60
PIEZO DE LIGA	ASFALTO FR-3				68-70
CARPETA	(3/4") MAXI MO CEMENTO ASFALTICO	5 CM COMPACTOS	95	6.10 M	110-120

III.3 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS Y DE OPERACION.

En el proyecto de los elementos de una carretera, deben tenerse en cuenta las características geométricas y de operación de los vehículos. Las características geométricas están definidas por las dimensiones y el radio de giro. Las características de operación están definidas principalmente por la relación peso/potencia, la cual en combinación con otras características del vehículo y del conductor, determina la capacidad de aceleración y desaceleración, la estabilidad en las curvas y los costos de operación.

Dado que esta carretera debe proyectarse para un funcionamiento eficiente durante algunos años, ya que nunca deberán proyectarse los caminos solamente en función de las características del vehículo actual, sino que se deben analizar las tendencias generales de esas características a través de los años para prever hasta donde sea posible las modificaciones futuras. En México se carece actualmente de la información necesaria para definir las características de los vehículos y sus tendencias; sin embargo, dado que una parte son de procedencia norteamericana, pueden utilizarse los datos obtenidos en este país, pero tomando en cuenta el tipo de vehículos predominante en las carreteras mexicanas.

III.4 SECUELA DEL PROYECTO

Cuando se efectuó el reconocimiento de la ruta, durante el cual se fijaron los puntos obligados, se procedió al proyecto del camino.

El primer paso en el trazo. Cuando el terreno no ofrece dificultades, el trazo que se lleve al cabo desde un principio, será definitivo, posiblemente con algunas modificaciones.

Se procurará desde luego trazar grandes tangentes y ligarlas con las deflexiones más pequeñas que se puedan, para obtener el mejor alineamiento posible.

Si el terreno es muy movido y las laderas muy inclinadas, será necesario trazar primero una preliminar, en la cual se apoyará el levantamiento de una faja de topografía suficientemente ancha como para permitir proyectar en el gabinete de la línea definitiva. Habrá muchos casos que la topografía exija que se fijen primero con clis y metro los puntos que sirvan para la preliminar; en otros casos, se podrá ir controlando la pendiente de la preliminar con el círculo vertical del tránsito, visando la baliza a una altura igual a la del aparato.

En términos generales la secuela para el proyecto es como se indica:

Se hace el trazo preliminar.

Se nivela la preliminar.

Se obtiene la configuración necesaria del terreno apoyándola en la preliminar.

Se dibujan la poligonal y la topografía en un plano de trabajo y se proyecta al eje del camino, con curvas deduciendo gráficamente el perfil que se obtendría, para comprobar desde el gabinete con suficiente aproximación, la bondad del proyecto.

Se traza en el proyecto una línea proyectada y se nivela.

Cada veinte metros se levanta una sección del terreno, llamada construcción.

Se dibuja el perfil de la línea y se proyecta la rasante, calculando en cada estación el espesor del corte o en terraplén.

Sobre las secciones de construcción dibujadas en papel milimétrico, se pone la sección del camino correspondiente a ella, en corte o en terraplén, según sea el caso.

Se sacan las arcas de corte o terraplén, con las que se obtienen los volúmenes por estación.

Se calcula la curva masa o diagrama de masas y se modifica la rasante subiéndola o bajándola, hasta obtener la línea más económica y mejor compensada.

Por muy bien estudiado que esté el proyecto,-

es normal que durante la construcción sufra aún modificaciones moviendo la línea para buscar economía o mejor apoyo del camino, sobre todo en las laderas muy inclinadas. Las modificaciones a la rasante también son comunes durante la construcción, debido a que los abudamientos reales no corresponden a los supuestos, o es necesario subir la rasante porque el terreno es inundable, etc.

III.5 TRAZO PRELIMINAR

El trazo preliminar es la guía consistente en una poligonal con un mínimo de vértices, y con una mayor aproximación a lo que será el trazo definitivo.

El trazo deberá tener una pendiente que no sea mayor a la pendiente máxima de proyecto.

A esta poligonal se le denomina línea a pelo de tierra.

Para este proyecto que se tiene una pendiente de 0.5% y un grado de curvatura de 20, que quedará explicado más adelante.

Si la pendiente máxima de proyecto es P=0.5% significa que por cada 100 metros de longitud sólo se podrá subir o bajar 0.50 metros, si las curvas de nivel se encuentran a cada metro de diferencia, la especificación es que por cada cien metros, só-

lo se puede avanzar media curva como máximo.

El método que seguimos para el trazo de la línea a pelo de tierra es como se indica a continuación.

Se abre el compás de puntas a una separación de 5 cm. que equivalen a 100 m en una escala - - 1:2000.

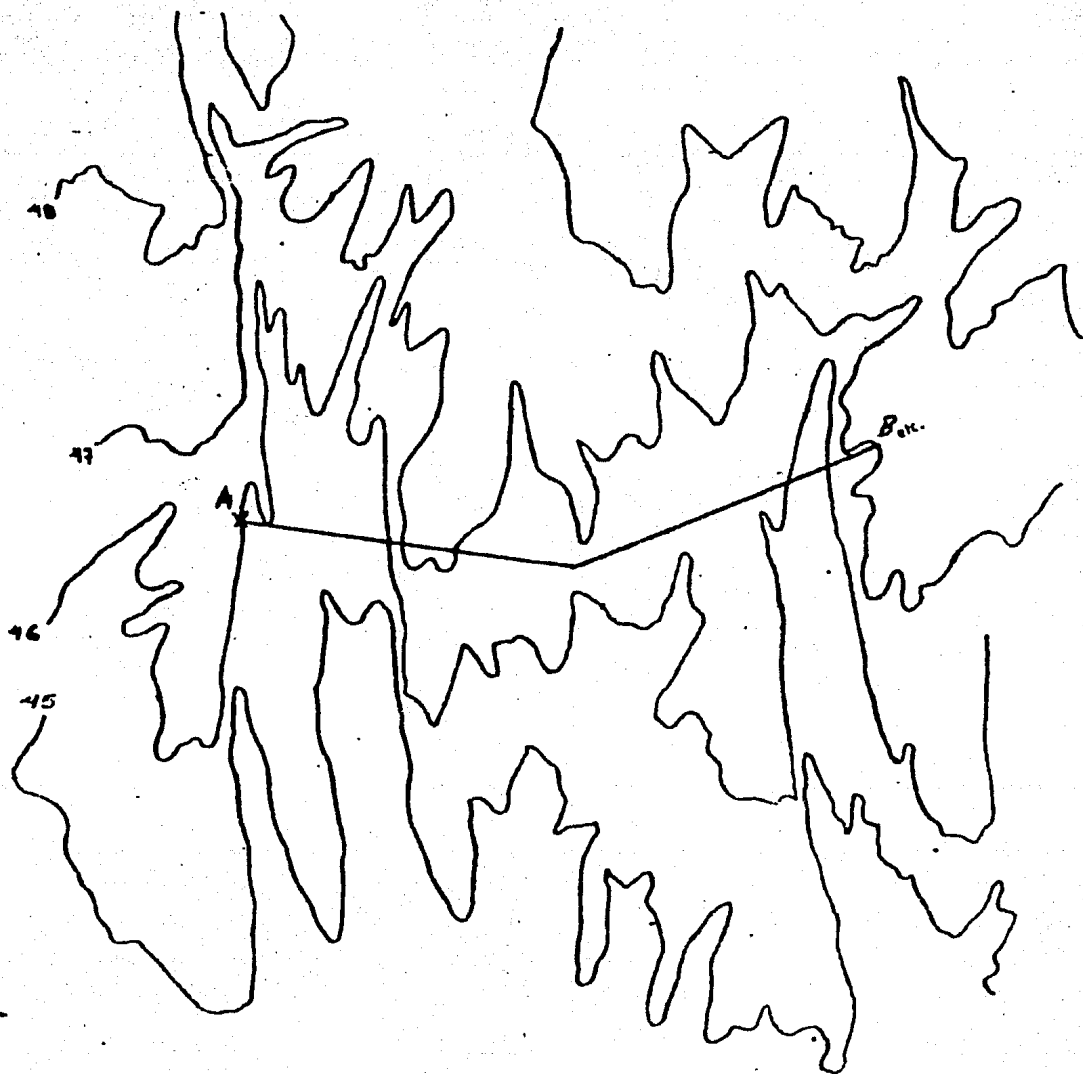
Se inicia a avanzar del primer punto hacia el segundo marcando a cada media curva, es decir, que si el punto A coincide con una curva de nivel, se avanzan 100 metros hasta el punto medio entre esa curva y la siguiente. La segunda marca coincidirá con la curva de nivel próxima, y así sucesivamente hasta llegar al punto B.

Se debe lograr que resulte una poligonal lo menos forzada posible y que los cambios de pendiente positiva a negativa o viceversa se presenten lo menos posible y, si son necesarios, que su transición sea muy leve.

Para que sea posible se debe dar un rodeo necesario para unir los puntos sin ningún cambio brusco de dirección y recordando que el trazo definitivo quedará lo más apegado posible a esta línea a pelo de tierra.

Posteriormente de haber llegado al punto B, se comprueba la ruta recorriéndola en sentido inverso y verificando que no es forzada así como observando la posibilidad del trazo una mejor ruta.

Una vez teniendo definida la poligonal deseada, se marca la ruta con un color llamativo.



III.6 CURVAS HORIZONTALES, GRADO DE CURVATURA.

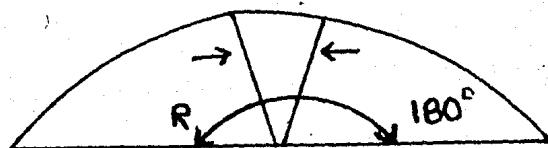
Se define como grado de curvatura al ángulo - según el cual se observa desde el centro de la curva, una cuerda de 20 metros.

III.7 CARACTERISTICAS DE LAS CURVAS CIRCULARES - SIMPLES SON LAS QUE A CONTINUACION SE MENCIONARAN

$$\frac{G}{A} = \frac{180}{R} ; G = \frac{180 A}{R} \quad \text{Si } A = 20 \text{ mts.}$$

$$G = \frac{180 \times 20}{R}$$

$$G = \frac{1145.92}{R}$$



El grado de curvatura máxima estará en función de la velocidad de proyecto adoptada.

De la fórmula de la sobreelevación

$$S = \frac{V^2}{127.14 R} - F \quad (1)$$

En donde:

S = Sobreelevación

V = Velocidad de proyecto

R = Radio de curvatura

F = Coeficiente que varía de 0.16 a 0.14

de (1) tenemos:

$$R = \frac{v^2}{127.15 (s + f)}$$

que es la fórmula que nos da el radio de curvatura máxima permitida.

III.7.1 Radio de curvatura

De la fórmula

$$G = \frac{1145.92}{R} \quad \therefore \quad R = \frac{1145.92}{G}$$

III.7.2 La deflexión

Es el ángulo comprendido entre dos tangentes llamadas anterior y siguiente, está medida en grados y se representa por (Δ).

III.7.3 Sub-tangente

Es la distancia medida entre el P.I y P.T. cuyo valor está dado por la siguiente fórmula

$$\text{Tang } \frac{\Delta}{2} = \frac{ST}{R} \quad \therefore \quad ST = R \text{ Tang } \frac{\Delta}{2}$$

III.7.4 Longitud de la curva

Se mantiene directamente de la definición de grados de curvatura

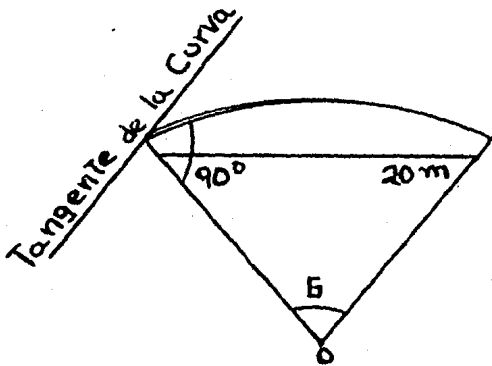
$$\frac{20}{G} = \frac{L}{1} \quad \therefore \quad L = \frac{20}{G}$$

G - en grados

L - en metros

III.7.5 Deflexiones

Por estaciones de 20 metros



$$S = 90 - \frac{180 - G}{2}$$

$$S = 90 - 90$$

$$S = \frac{G}{2}$$

III.7.6 Deflexión por metro

$$SM = \frac{G/2}{20} = \frac{60}{40} = 1.5 \text{ g}$$

Lo que indica es lo siguiente

"La deflexión por metro es igual a una y media veces el grado de curvatura en minutos".

CADENAMIENTO DEL P.C. (Principio de curva)

Cad P.C. - Cad P.I. - St.

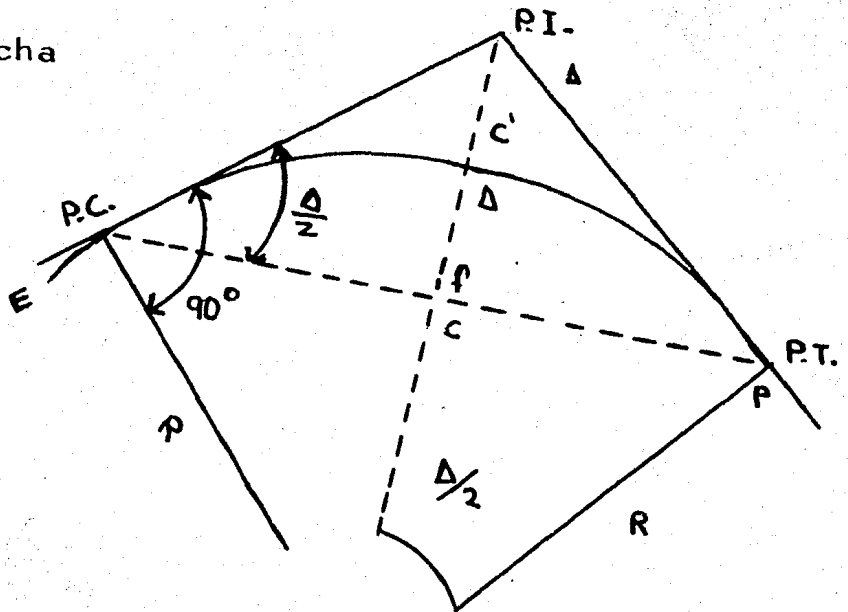
CADENAMIENTO DEL P.t. (Principio de tangente)

Cad P.t. - Cad P.C. - L.C.

III.7.7 Flecha

e - externa

f - flecha



$$f = \frac{AC}{2} = \frac{AB}{2} - \frac{CB}{2} = R - \frac{CB}{2} \dots\dots\dots 1$$

$$\text{Sen} \left(90 - \frac{\Delta}{2} \right) = \text{Cos} \frac{\Delta}{2} = \frac{CB}{R}$$

$$CB = R \text{ Cos} \frac{\Delta}{2}$$

Sustituyendo en 1

$$f = R - R \cos \frac{\Delta}{2}$$

$$f = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

III.7.8 Externa

$$e = \frac{R}{DB} - R \quad \dots \dots \dots 1$$

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{R}{DB} \quad \dots \quad DB = \frac{R}{\cos \frac{\Delta}{2}}$$

Sustituyendo en 1 tenemos:

$$e = \frac{R}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R = \frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1$$

$$e = R \sec \frac{\Delta}{2} - 1$$

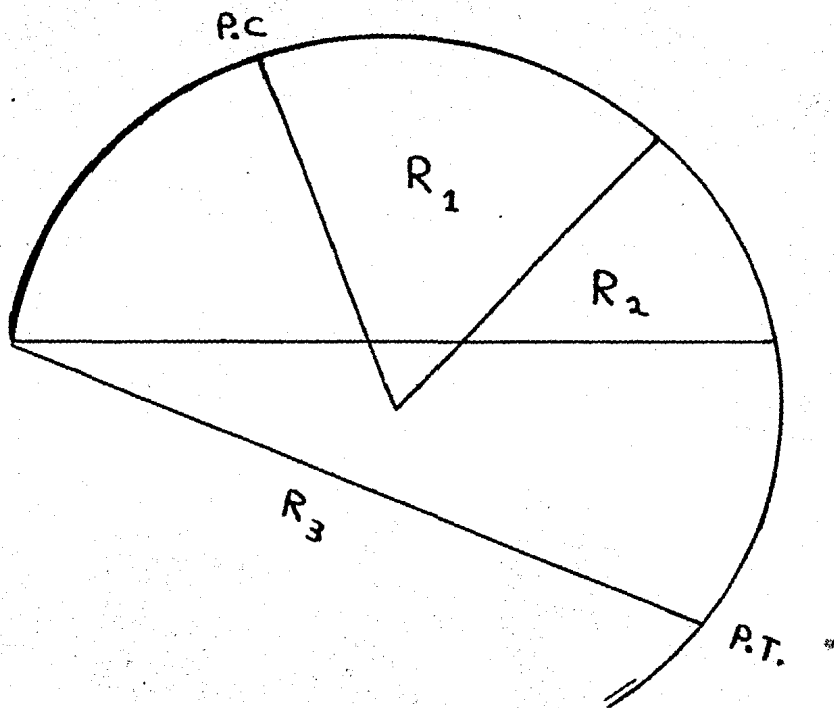
III.7.9 Cuerda

$$C = \overline{EF} = 2 \overline{EC} = 2 R \operatorname{Sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$\dots \quad C = 2 R \operatorname{Sen} \frac{\Delta}{2}$$

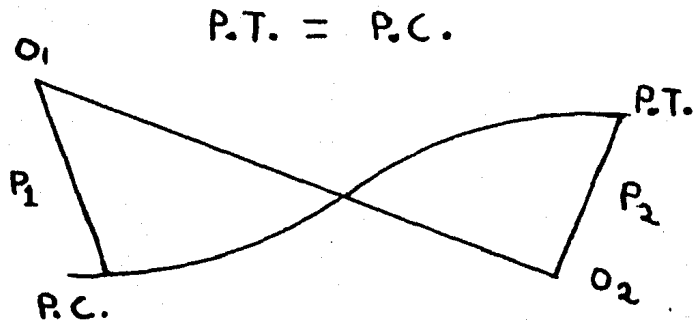
III.8 CURVAS COMPUESTAS

Son las que tienen el mismo punto de tangencia y P.C., pero de radios diferentes, generalmente se traza en caminos sinuosos.



III.9 CURVAS INVERSAS

Son las que tienen deflexión contraria y son comunes en el P.t. y P.C.



III.10 TRAZO DEFINITIVO

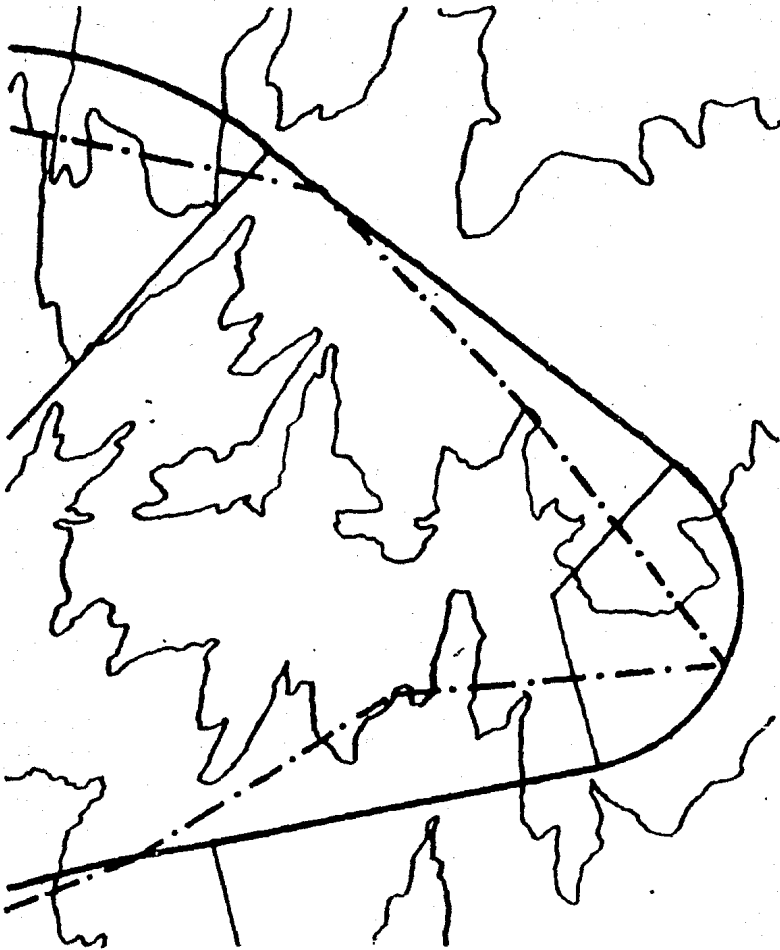
Es una línea continua formada por curvas y tangentes lo más apegada posible al trazo preliminar.

Tiene características de una envolvente de una serie de puntos que, en nuestro caso, son las vértices de la línea a pelo de tierra.

Para trazar la envolvente, comenzamos por dibujar las curvas más cerradas con ayuda de plantillas.

Una vez que se trazaron todas las curvas así- como sus respectivos radios de giro, se unen me- - diante tangentes y se colorea.

Las tangentes que unan curvas inversas en - - nuestro proyecto deberán como mínimo tener 60 m de longitud, posteriormente se marcarán cada cadena- mientos a cada 20 m.



III.11 PERFIL

Es el dibujo de un corte normal a la superficie del terreno natural, que recorre el trazo definitivo al eje de la vía.

Este dibujo resulta ser una línea quebrada - que define los accidentes que hay que librar para la ejecución de la obra.

Para efectuar el trazo del perfil, se debe recorrer el circuito previamente dibujado en el plano de curvas de nivel, en dirección del cadenamiento acordado y tabularlo con la respectiva cota del terreno en cada estación aproximándolas a las curvas de nivel, en base a esta tabulación, se grafica en papel milimétrico cada estación con su cota correspondiente logrando la línea mencionada y repitiendo los primeros 100 ó 200 m al final. Es necesario emplear una escala vertical mayor que la horizontal para resaltar las irregularidades.

Para el trayecto se acordó una escala horizontal 1:2000 y una vertical de 1:50.

Sobre el perfil del terreno se traza la rasante que constituye el alineamiento vertical, y queda definida por una serie de rectas que tienden a igualar las áreas de corte con las de terraplén -- sin sobrepasar la pendiente máxima.

III.12 SECCIONES DE CONSTRUCCION

Cuando se ha trazado en el terreno la línea definitiva y se ha nivelado, se procede a trazar una sección transversal del terreno en cada estación de 20 m y en todos aquellos puntos intermedios en el que el terreno sea accidentado o presente cambios con respecto a las estaciones completas de 20 m que le anteceden o siguen.

III.13 DIBUJO DEL PERFIL DE LA LINEA DEFINITIVA

Se dibuja en papel milimétrico grueso, que permita su manejo para hacer proyectos o ensayos de rasante.

El perfil del terreno se dibujará con tinta negra y todos los ensayos de proyecto de rasante se harán con lápiz hasta lograr el mejor, tanto por lo que, hace a pendientes, como a visibilidad, volúmenes, etc.

III.14 DIBUJO DE LAS SECCIONES DE CONSTRUCCION

Las secciones se dibujan en papel milimétrico, a escala 1:100 y sirven para colocar en ellas la sección del camino, obtener el área en corte o terraplén correspondiente a cada sección, y calcular el volumen de la estación.

III.15 PROYECTO DE RASANTE

Para poder proyectar la rasante es preciso dibujar primero el perfil y la línea definitiva y - las secciones de construcción.

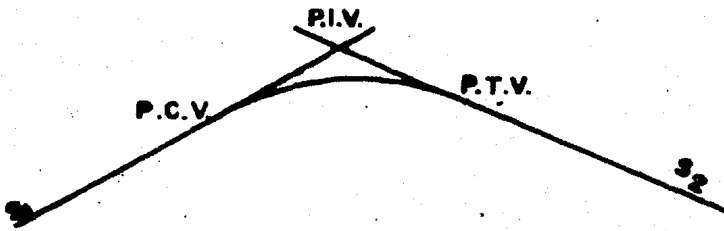
La rasante, que más bien se le debe designar-sub-rasante, es el perfil de las terracerías del - camino, compuesto por varias líneas rectas, que - son las pendientes, unidas por arcos o curvas para bólicas verticales. Las pendientes máximas serán - las que corresponden para el tipo del camino pro-- yectado y la clase de terreno atravesado.

La línea proyectada para la sub-rasante com-- pensará en todo lo más que sea posible, los cortes con los terraplenes en el sentido longitudinal y - aún en el transversal.

III.16 CURVAS CIRCULARES SIMPLES

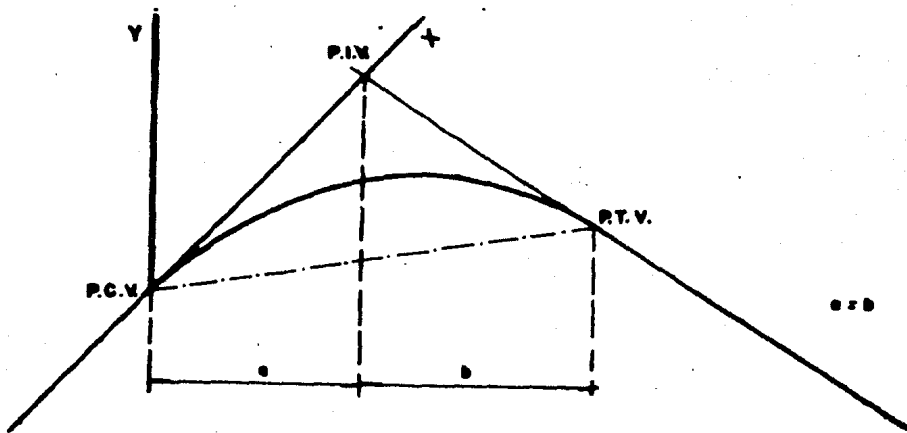
Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas de alineamiento vertical, - para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de-- tangente de salida.

Debe dar por resultado un camino de operación segura y confortable apariencia agradable y con -- características de drenaje adecuadas.



31

Con fin de lograr suavidad en la transición y brindar de esta manera sensación de comodidad y seguridad al conductor, se ha optado para construir las curvas verticales en base a una parábola: - -
 $X - 4PY$



- EJE X - Tangente a la curva en el P.C.V. (rasante)
- EJE Y - Vertical en el P.C.V. (diámetro)
- P.I.V. - Punto de intersección vertical
- P.C.V. - Punto de comienzo
- P.T.V. - Punto de terminación

La diferencia entre las elevaciones de la línea de proyecto de la sub-rasante y el perfil del terreno nos da el espesor, ya sea en corte o terraplén que corresponde a cada estación completa de 20 m o a cualquier punto intermedio que haya sido nivelado. Por medio de una plantilla, preferentemente de material transparente, que represente la sección del camino con sus cunetas, se dibuja ésta en la sección de construcción correspondiente, con la diferencia de elevación que haya resultado según sea el corte o terraplén.

Para los cortes se escogerán plantillas que tengan el talud correspondiente al terreno que se cortará, variando desde el talud a plomo para los estratos horizontales de roca, hasta $1\ 1/2 \times 1$ para los materiales sueltos. Los terraplenes se dibujarán con talud de $1\ 1/2 \times 1$, excepto para la sección "llanera" cuyo talud es mucho mayor. Los redraplenes tendrán talud $1\ 1/4 \times 1$.

Se tendrá así en cada estación de 20 m o puntos intermedios para los que se hayan levantado secciones de construcción, un corte del camino tal como quedará para su construcción.

III.17 VOLUMENES ENTRE DOS SECCIONES

Las secciones están dibujadas en las mismas escalas horizontal y vertical, con un planímetro se puede obtener rápidamente el área de corte o terraplén. Si por lo contrario no se contara con

planímetro puede obtenerse el área de una sección y uno de los sistemas prácticos que a continuación se mencionan:

- a) Contar los cuadros del papel milimétrico que están comprendidos del perímetro de la sección. Se inicia con los centímetros cuadrados completos, que representan metros cuadrados, posteriormente se cuentan los cuartos de centímetro cuadrado, se continúa con los milímetros cuadrados completos y se termina con las fracciones de milímetro cuadrado, agrupándolas para sumar milímetros cuadrados completos, este procedimiento produce resultados con aproximación.

III.18 VOLUMENES POR ESTACION

El volumen de material, ya sea en corte y terraplén comprendido entre 2 secciones, se calcula tomando el promedio de las áreas de dichas secciones y multiplicándolo por las distancias entre ellas como la separación entre dos secciones y ordinariamente 20 m, o sea una estación, el volumen en este caso será:

$$V = \frac{\Delta + \Delta'}{2} \cdot 20 = 10 (\Delta + \Delta')$$

en que Δ y Δ' son las áreas de las secciones extremas.

III.19 DIAGRAMAS DE MASA Y AJUSTE AL PROYECTO

El diagrama de masas es una curva cuyas ordenadas equivalen a los volúmenes acumulados de las terracerías correspondientes al cadenamamiento que - representa las abscisas, y se dibuja en el mismo - rollo de papel milimétrico en que está dibujado el perfil del terreno y en el cual se ha proyectado - la sub-rasante.

Es indispensable para el estudio económico de los movimientos de material, su sentido de acarreo hacia atrás o hacia adelante, y la compensación - longitudinal y transversal del proyecto.

Para la acumulación de los volúmenes se considerarán los de los cortes con signo positivo y los de los terraplenes con signo negativo. La suma se hará algebraicamente, es decir sumando los volúmenes de signo positivo y restando los de signo negativo.

La curva se dibujará en escala horizontal - - 1:2000, recomendándose para la vertical 1 cm- 200m; pero podrá escogerse otra más conveniente si los - movimientos son muy fuertes.

III.19.1 Abundamiento

Al excavarse un material de corte y extraerse, aumenta su volumen; este fenómeno se conoce como - abundamiento, dicho material es el que se acarrea-

para formar los terraplenes y si no se toman ciertas precauciones pueden quedar los terraplenes flojos.

Los terraplenes flojos son los que se construyen a volteo, simplemente vaciando camiones de volteo, o bien con bulldozer por el procedimiento de préstamo lateral. Los terraplenes se harán siempre por capas y si se construyen con préstamo lateral con bulldozer, el propio tractor deberá ir extendiendo el material por capas, consolidándolas - mediante con su propio peso y la vibración de la máquina, al pasar sobre ellas hacia atrás y hacia adelante, en terraplén profundo, que se inicia por las puntas, se hará que un tractor extienda el material por capas tan pronto como sea posible que se trabaje en el terraplén.

III.19.2 Acarreos para terracerías

El acarreo para terracerías en el transporte de material producto de cortes, excavaciones adicionales abajo de la sub-rasante, ampliación y/o abatimiento de los taludes rebase en la corona de cortes y/o terraplén existentes escalones deslomes, préstamos, derrumbes y canales para construir un terraplén o efectuar en desperdicio, así como el agua empleada en la compactación de terracerías.

Todos los materiales mencionados tendrán un acarreo libre, a partir del cual su transporte se-

considerará como sobreacarreo.

El acarreo libre es el efectuado hasta una distancia de veinte metros, al término de los veinte metros es el inicio del sobreacarreo para los materiales de préstamos laterales todo el acarreo es libre.

El sobreacarreo se considerará como sigue:

- a) Hasta cinco estaciones de 20 m es decir hasta 100 m contados a partir del origen.
- b) Hasta cinco hectómetros, es decir 500 m contados a partir del origen.
- c) A más de cinco hectómetros, es decir de 500 m en adelante, contados a partir del origen.

El acarreo libre se determinará como sigue:

- a) En las terracerías compensadas, limitando por el diagrama de masas de proyecto.
- b) En los préstamos laterales la totalidad del acarreo.
- c) En los préstamos de banco a partir del centro del lugar de excavación del préstamo.
- d) En los desperdicios, derrumbes, despalmes, escalones y ampliación y/o abatimiento de taludes, rebajes en la corona de cortes y/o terraplenes existentes y canales a partir del centro del lugar de la excavación.

- e) Para el agua utilizada en la compactación de terraplenes a partir del lugar de extracción de la misma.

La distancia de los sobreacarreos se considerarán a partir del origen del sobreacarreo y se medirá en estaciones de veinte (20) metros, en hectómetros o kilómetros según corresponda, para un material.

La distancia del sobreacarreo de agua se hará tomando como unidad el kilómetro.

III.20 CALCULO DEL DIAGRAMA DE MASAS

Para el cálculo del diagrama de masas se requiere una secuela que corresponde al proceso indicado que se resume así:

Se proyecta la sub-rasante sobre el perfil del terreno correspondiente al trazo definitivo.

Se determinan los espesores en corte o en terraplén, para cada estación.

Se dibujan las secciones de construcción.

En las secciones de construcción se dibuja la plantilla del corte o terraplén, con los taludes correspondientes. En los terraplenes se considerará el espesor abundado a juicio y criterio del ingeniero si procede.

Se calculan las áreas.

Se calculan los volúmenes, abundando los cortes según sea la clasificación del material.

Se suman los volúmenes, considerando signo positivo (+) a los cortes y negativo (-) a los terraplenes.

Se dibuja la curva obtenida con los valores anteriores.

Este proceso se podrá repetir el número de veces que sea necesario y de su observación se puede deducir si hay desperdicios o si por el contrario se requieren préstamos por no ser suficiente el material de los cortes para formar los terraplenes; en este caso habrá que modificar el proyecto de la subrasante, bajándola si se requieren mayores volúmenes de corte y menores de terraplén.

En el caso contrario, es decir que sobra material de cortes, se subirá la sub-rasante.

III.20.1 Préstamo y desperdicios

Quando se ha adquirido suficiente práctica y estima correctamente de antemano los abundamientos de los materiales y supone acertadamente la compactación que se obtenga en los terraplenes, se observará que el diagrama de masas se cumple durante la construcción, es decir que los volúmenes de los cortes son suficientes para construir los terraplenes y no hay desperdicio. Sin embargo, no es el ca

so común pues aún con toda la experiencia del ingeniero, es materialmente imposible obtener durante la construcción supuestal de antemano, sucede por lo tanto que algunas ocasiones, que los volúmenes de los cortes son insuficientes; en este caso, el ingeniero autorizará préstamos cuando se haya agotado el material del 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. En este caso será necesario modificar el proyecto de la sub-rasante si es que los desperdicios se presentan como sistema. 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. Si a pesar de ello figuran desperdicios en el diagrama de masas, se modificará la sub-rasante. Igualmente cuando se observe que sistemáticamente se requiere préstamos, se modificará la sub-rasante, bajándola para aumentar el volumen de los cortes y disminuir el de los terraplenes.

**IV. OBRAS DE DRENAJE Y PUENTES O VIADUCTOS
EN LOS DOS SISTEMAS.**

IV.1 GENERALIDADES

El drenaje y subdrenaje de las obras viales, son de gran importancia por lo que se debe poner un cuidado muy especial en el diseño que permiten una salida al agua que afecta la estructura.

El reconocimiento de la zona en donde se van a diseñar las obras en un aspecto que debe efectuarse, ya que de esta manera podremos tener una visión mucho más amplia del problema.

Como en todo diseño y construcción de obras surge siempre la pregunta ¿qué magnitud debe darse al factor de seguridad? Para contestarla se consideran una serie de factores que intervienen en la situación, tales como la importancia de la obra, el mayor o menor conocimiento que se tenga de las obras similares, las condiciones de flujo de agua, de las formaciones geológicas en donde está ubicada, de las características de la cuenca, de la vida útil de la obra, y la decisión política.

Es importante conocer en cierta medida la variación de los factores antes mencionados con el paso del tiempo pues las obras viales modifican el lugar por donde atraviesan, haciendo aparecer áreas urbanas en lugares donde no existían y en fin una serie de aspectos varía en mayor o menor grado haciendo que obras bien diseñadas fracasen debido a la variación de los factores mencionados.

En el aspecto de costos de la estructura de drenaje es relativamente bajo con respecto al total de la vía terrestre siendo el orden de un quin ce por ciento (15%). Este costo puede incrementar se a un veinte por ciento (20%) con un factor de seguridad mayor, pero esto, da margen a tener obras que garantizan el buen funcionamiento general de la obra.

El criterio de adoptar un factor de seguridad más alto, ha resultado adecuado, pues al observar el resultado real a lo diseñado nos indica que se construyen obras funcionales y económicas.

Los materiales que se emplean para construir las diferentes obras de drenaje y subdrenaje son los clásicos: concreto, acero y mampostería. Se puede decir que existe una marcada preferencia por utilizar la mampostería, ya que no requiere de personal altamente especializado, por lo que se puede encontrar mano de obra cercano al lugar de ejecución de la misma.

El uso de la tubería corrugada es conjuntamente con la mampostería el material más empleado en la construcción de obras de drenaje, aunque no podemos descartar de ninguna manera los otros materiales, los cuales se construyen también en una gran cantidad, pero su costo es mayor por la gran cantidad de cemento en demanda, por lo que ocasiona que se escasee motivando que ésta incremente su costo.

Las vías de comunicación terrestre pueden ver se afectada por diversos agentes metereológicos como son el agua, temperatura, nieve, hielo, etc.

Nos referimos al agua como agente nocivo, - - puesto que puede llegar a disminuir la estabilidad del suelo, ocasionar deformaciones al penetrar en el pavimento, causar erosiones en los taludes y en la misma superficie de rodamiento, así como inundaciones, disminuyendo la seguridad de los vehículos que la transitan, amén de la pérdida económica que representa efectuar una reinversión para reparar - los daños que ocasiona.

Por ser el agua además, un elemento inevita--ble, es imprescindible tomar las medidas necesas--rias para reducir al máximo sus efectos en la vía, a la cual puede llegar de tres maneras:

Precipitación directa

Escurrimientos superficiales y subterráneos

Infiltraciones (con posibles efectos de capilaridad)

Las obras de drenaje tienen como objetivos:

Encauzar el agua que se infiltra o escurre hacia la vía y desalojar con la mayor rapidez el - - agua que le llega en forma directa.

Así las obras de drenaje se dividen en:

- I.- Superficiales y subterráneas
- II.- Longitudinales y transversales
- III.- Especiales para cortes y terraplenes.

IV.2 DRENAJE

IV.2.1 Bombeo de la superficie

El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua sobre el camino.

Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad.

La pendiente del bombeo puede proyectarse en función del tipo de superficie de rodamiento.

El bombeo depende no solamente de la precipitación pluvial sino de la clase de superficie del camino, ya que una superficie dura y tersa requiere menor bombeo que una rugosa y falta de compactación.

Al proyectar el bombeo de un camino debe tomarse en cuenta también la comodidad para los usuarios del mismo, puesto que un camino con bombeo exagerado provoca que los conductores de vehículos prefieran el centro, en lugar de conservar su vía de circulación. Un buen proyecto de bombeo debe equilibrar por lo tanto las necesidades de drenaje con la comodidad del tránsito.

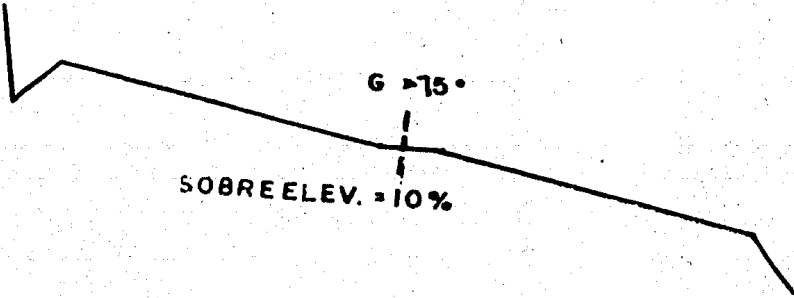
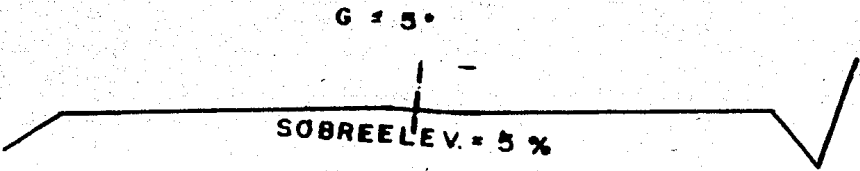
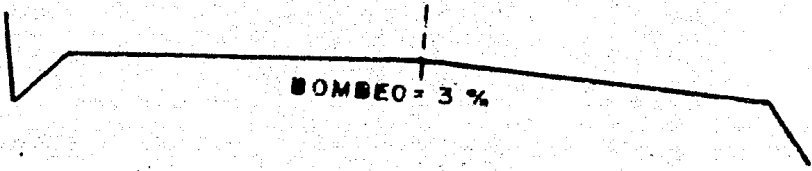
En la tabla se especifican los bombeos recomendables para cada tipo de camino vecinal.

CLASE DE SUPERFICIE	PENDIENTE TRANSVERSAL RECOMENDABLE		TIPO DE CAMINO VECINAL	BOMBEO O PENDIENTE TRANSVERSAL
	MINIMA	MAXIMA		
TIERRA	2%	8%	ESPECIAL	2%
GRAVA O MACADAM	1%	6%	PRIMERO Y SEGUNDO ORDEN	2 - 3%
PAVIMENTOS ASFALTICOS CONCRETO	1/2%	3%	TERCER ORDEN	3%

IV.2.2 Sobre-elevación

Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas de alineamiento horizontal.

Un vehículo establece cuando no tiene tendencia a salirse de la trayectoria que le fija el conductor. La inestabilidad del vehículo procede generalmente de las fuerzas transversales a que está sujeto, ya sea por asimetrías internas, tales como carga mal distribuida neumáticos desinflados y mecanismos de suspensión deficiente, o bien por la citada fuerza centrífuga que aparece cuando el vehículo describe una curva.



Para calcular la sobreelevación que sería necesaria para vencer la fuerza centrífuga, se emplea la siguiente fórmula, la cual sólo es aplicable en pistas de carreteras de automóviles, ya que si en una carretera la sobreelevación es grande puede ocasionar el volteo del camión o trailer cargado que viaje a muy baja velocidad.

La fórmula es:

$$S = 0.00785 (V/R) - f$$

Donde:

S = Sobreelevación

V = Velocidad del proyecto

R = Radio de la curva en m

f = Coeficiente de fricción

0.00785 = Factor de conversión de unidades

El radio de la curva crecerá en proporción al cuadrado de la velocidad. La sobreelevación debe limitarse por razones prácticas como se dijo anteriormente.

Se usa una sobreelevación máxima de 12% en aquellos lugares donde no existen heladas ni nevadas y el porcentaje de vehículos pesados en la corriente de tránsito es mínimo; un 10% en los lugares en donde sin haber nieve o hielo se tiene un gran número de vehículos pesados, 8% en zonas don-

de las heladas y nevadas son frecuentes y finalmente 6% en zonas urbanas.

La sobreelevación depende también del tipo de camino, pero ésta se hará siempre mayor del 2% por lo cual el agua escurrirá mejor que en el bombeo.

IV.3 CUNETAS (PARA CORTE)

Son pequeñas zanjas paralelas al eje longitudinal del camino, se acostumbra construirla al pie del talud del corte con el objeto de recoger y encauzar, por gravedad, las aguas pluviales que le llegan desde el talud del corte y desde la zona pavimentada del camino, para lograr la recolección de las aguas a la superficie pavimentada del camino, para lograr la recolección de las aguas, a la superficie pavimentada se les da una pendiente que por lo general es del orden del 2% transversal y que se le denomina BOMBEO, recolectando el agua en las cunetas.

Normalmente la cuneta cubre toda la longitud del corte, con objeto de descargar el agua en algún bajo o cañada, de manera que pueden fluir sin causar problemas a la obra.

En caso de que el tramo final de bajada hacia la cañada tenga una pendiente excesiva, se acostumbra proteger dicha zona con una estructura de descarga denominada LAVADERO.

En reunión podemos decir que la forma de la cuneta es triangular con un talud de 3:1 hacia el camino y el del corte es generalmente respetando el talud de éste, con el objeto de evitar las filtraciones hacia los materiales que forman el pavimento o hacia el terreno de cimentación, las mencionadas cunetas generalmente se revisten con mampostería, concreto o suelo cemento con el objeto de impermeabilizarlas.

Cuando la velocidad del agua es fuerte, puede causar erosiones en la cuneta, para evitarlas habrá que disminuir esta velocidad o proteger las cunetas con materiales resistentes a la erosión por medio de revestimiento.

La forma triangular de las cunetas para caminos se debe a que, en caso de una emergencia, éstas se pueden utilizar como una extensión de acotamiento, pudiéndose apoyar sobre ellas los neumáticos, la sección trapezoidal utilizada en ferrocarriles, ofrece una mayor capacidad hidráulica.

Es común que en México transcurra un lapso de tiempo considerable entre la construcción de las terracerías y la pavimentación definitiva, optando en dichos casos por revestirlas provisionalmente con suelo cemento.

Resumiendo, las cunetas se proyectarán con las siguientes normas:

IV.3.1 Capacidad

La calculada tomando en cuenta la precipitación y la naturaleza del terreno que recorre el agua que lleva a la cuneta.

IV.3.2 Forma

No se usarán nunca formas rectangulares por peligrosas y por tener conservación difícil, además de que pasan humedad a la base del camino.

Tampoco deben usarse las de forma trapezoidal, se emplearán las de forma de V, con el talud adyacente al camino lo más tendido posible de preferencia como prolongación del bombeo. En lugares montañosos, donde una cuneta tendida aumentaría considerablemente los cortes, se estudiaría una combinación de cuneta con acotamiento, revistiéndola en caso necesario para que funcione en casos de emergencia como auxiliar al estacionamiento o como parte del camino.

IV.3.3 Dimensiones

Se determinarán de acuerdo con su forma y su capacidad.

IV.3.4 Pendiente

La pendiente de la cuneta se dará de acuerdo con la del camino o de acuerdo con el gasto por drenar y la sección de la misma, pero teniendo como límite la velocidad que puede resistir el terreno sin erosionarse.

La tabla que a continuación se menciona da la velocidad máxima - recomendada para diversos materiales en m por segundos.

VELOCIDADES ADMISIBLES EN CANALES, DESPUES DE VARIOS AÑOS DE SERVICIO				VELOCIDADES - MAXIMAS RECOMENDABLES PARA CUNETAS - (m/seg.)
MATERIAL	AGUA CLARA	AGUA CON SEDIMENTOS COLOIDALES.	AGUA CON ARENA, GRAVA, - FRAGMENTOS - DE ROCA O SEDIMENTOS.	
Arena fina	0.45	0.75	0.45	0.50
Barro arenoso	0.55	0.75	0.60	0.60
Barro de sedimento	0.60	0.90	0.60	0.60
Sedimento aluvial	0.60	1.10	0.60	0.60
Barro firme ordinario	0.75	1.10	0.70	0.70
Arcilla firme	1.15	1.50	0.90	0.90
Grava firme	0.75	1.50	1.15	1.15
Grava gruesa				1.20
Barro y grava	1.15	1.50	1.50	1.50
Pizarras suaves				1.50
Tepetates				1.50
Cunetas zampeadas				----
Roca firme				----

Debe conservarse siempre la misma velocidad - del agua en las cunetas, por lo que es necesario - proyectar transiciones y cambiar sección en los - cambios de alineamiento vertical como horizontal, - pues en las curvas al agua tiende a salirse y en - los cambios de pendiente a perder o aumentar velo- - cidad, ocasionando en esa forma depósitos o erosio- nes.

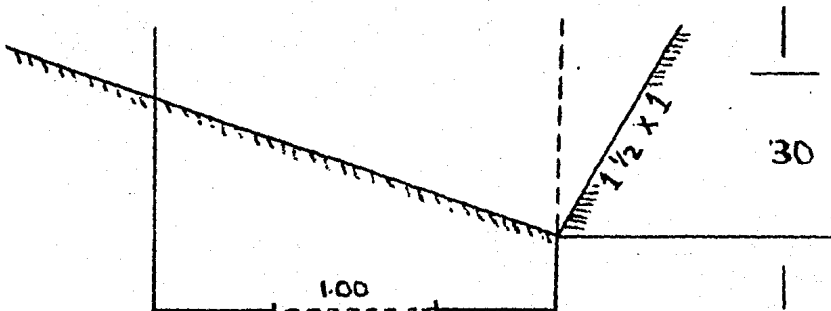
IV.3.5 Conservación

La conservación de las cunetas consiste en -- mantenerlas limpias para aprovechar toda su capaci- dad, mediante el desyerbe y desazolve. Además de- esta limpieza se cuidará que conserven su forma y- dimensiones para la cual hay necesidad de volver a formarlas, cuando han perdido sección. Con fre- - cuencia se suelen zampear para su fácil conserva- - ción y mayor economía.

Cuando la pendiente es menor de 7% y el tiran- te de agua de diez centímetros, no vale la pena - zampear, pero debe conservarse en la mente que tra- tándose de caminos vecinales, que generalmente son de corona angosta, el zampeado de la cuneta tiene- también utilización en el tránsito. Cuando la pen- diente es fuerte conviene que el zampeado, que con- siste en una capa de piedra junteada con mortero - de cemento, lleve dentellones al comenzar y termi- nar la cuneta.

La tabla de los gastos para una cuneta triangular con inclinación de 3 x 1 y talud del terreno 1/2 x 1, en función de su pendiente longitudinal - (diferentes pendientes)

PENDIENTE S	VELOCIDAD M/S	GASTO M/S
0.010	0.630	0.109
0.020	0.891	0.154
0.030	1.091	0.188
0.040	1.260	0.217
0.050	1.409	0.243
0.060	1.543	0.266



IV.4 CONTRACUNETAS

Son canales destinados a evitar que llegue al agua a las cunetas, cuando éstas tienen una capacidad menor que la necesaria para el gasto, así como para evitar deslaves en los cortes.

La localización de las contracunetas va íntimamente ligada con su funcionamiento, por lo cual se colocan siempre en las laderas, del lado de aguas arriba y a cierta distancia de la orilla del corte. Como son normales a la línea de máxima pendiente del terreno, prácticamente quedan paralelas al eje del camino.

Por la razón anterior, cuando el eje del camino siga la línea de máxima pendiente, no deben construirse contracunetas, pues en ese caso su funcionamiento no solamente es nulo sino perjudicial.

Un factor que interviene en la localización de las contracunetas es el de la estratificación de las capas geológicas, pues en la excavación de las mismas se llega a un manto poroso, por el que se filtrará el agua, perjudicarían los cortes ocasionando deslaves y derrumbes. Generalmente tienen forma trapezoidal con base de 30 a 50 cm y taludes de acuerdo con el terreno; su pendiente debe ser uniforme, pues los cambios ocasionan disturbios hidráulicos y como consecuencia depósitos o deslaves y a la larga el anulación de su funcionamiento.

El origen de la contracuneta debe localizarse en la parte más alta de la cresta y una distancia-conveniente a la orilla del corte tomando en cuenta las consideraciones que se hicieron antes.

El desfogue de las mismas debe ser siempre libre y lo suficiente alejado del terraplén para no ocasionar perjuicios en él. La longitud de la contracuneta deberá ser siempre la mínima, a menos - que la salida esté obligada, en cuyo caso deberá - hacerse una correcta localización de ella sobre - los planos de configuración.

Las contracunetas deberán quedar construidas - por lo menos 500 m delante de la excavación del camino.

IV.5 CANALES

Es una obra de protección del camino localizada a la orilla de éste, su función es impedir que - el agua llegue al camino y lo dañe.

El funcionamiento de estas obras es análogo - al de las contracunetas con la diferencia de que - éstas casi siempre se localizan muy cerca del camino, mientras que los canales deben colocarse lo suficientemente lejos del camino para que no vaya a - haber saturación de agua en las terracerías o pavimentos. Se utilizan en el caso de terrapienes y - también en líneas a pelo de tierra.

Las dimensiones, pendiente y longitud de los canales se calculan en función del área hidráulica.

IV.6 GUARNICIONES O BORDILLOS (PARA TERRAPLEN)

Son guarniciones que se construyen en los bordes de las coronas de los terraplenes, con el fin de impedir que el agua que escurre por la corona - se desborde por los taludes, erosionándolos y provocando socavaciones, puede llegar a ocasionar falla en los mismos. Obviamente serán más útiles en el caso de que los terraplenes estén construidos - con materiales susceptibles a la erosión, tales como son los arenosos o limosos o una combinación de ambos.

Los bordillos, se acostumbra construirlos de suelo cemento, asfalto o concreto hidráulico. De tramo en tramo, el bordillo se interrumpe, uniéndose con un lavadero, con el objeto de que el agua - se encauce hacia él, que a su vez la conduce a zonas en donde ya no causen peligro de erosionar o - afectar el terraplén. Se ha observado que precisamente esas uniones entre bordillos y lavaderos - - constituyen zonas críticas pues existe peligro de que el agua se introduzca bajo los últimos, erosionando y provocando la falla. Dado lo anterior se preocupan que en esa zona se tengan uniones amplias y sin quiebres. Se recomienda que el lavadero tenga en dentellón de entrada para protegerlos-

del efecto de filtración.

Antes de proyectar un bordillo habrá que estudiar la erosionabilidad del talud para la precipitación pluvial de la zona. La altura del bordillo se limita por el bombeo y espesor de la carpeta, puesto que no es admisible que el agua recogida por él invada parte de la calzada.

IV.7 OBRAS AUXILIARES

Además de las obras que se han detallado, cuya misión es defender el camino del agua, hay muchas obras auxiliares, como muros de defensa, zampeados y drenes, especiales para cada caso particular.

IV.8 LAVADEROS (PARA TERRAPLENES)

Los lavaderos son estructuras de drenaje que captan las aguas que traen las cunetas, las contra cunetas, o los bordillos. Usualmente se construyen de mampostería, no sólo por el hecho de que se puede hacer con gente del lugar sino porque la rugosidad de la mampostería provoca escurrimiento turbulento y arrastre de aire al interior del flujo, ambas condiciones muy deseables pues produce pérdidas de energía en el flujo de agua y baja el poder de erosión del mismo. Con esto se evita la construcción de estructuras amortiguadoras a la sa

lida del flujo provisionalmente del lavadero.

En ocasiones cuando el terraplén es alto ha - resultado conveniente colocarlos longitudinalmente y transversalmente para captar y eliminar aguas - que caen directamente en los taludes, constituyendo así una verdadera retícula.

IV.9 VADOS

Son obras provisionales que construyen exclusivamente en terraplenes de caminos por donde pasa una corriente intermitente, o a veces permanente, - pero cuyo tirante es siempre pequeño.

Estas obras están diseñadas para soportar el paso de la corriente por encima del camino. Pueden tener tuberías colocadas transversalmente a él, en dirección del flujo.

En caso que haya un gasto superior a la capacidad de los tubos, el agua cruzará el camino como si éste fuera la obra de excedencia de una presa. - Cuando no tiene tubería, trabaja simplemente como un vertidor de cresta ancha.

En los vados existen siempre señales que indican el nivel que alcanza el agua para que el usuario tome la decisión de cruzar o no por él. Debe evitar la socavación y erosión aguas arriba y - - aguas abajo.

IV.10 ALCANTARILLAS

Se construyen en lugares que cruza el río o arroyo y/o una pequeña captación de agua que pueda afectar la estructura. Normalmente se construyen de lámina corrugada, mampostería o concreto reforzado, no debe tener un claro máximo de 10 m; si la estructura fuera mayor, entraría en la clasificación de fuente.

Algunas dificultades se han encontrado en el funcionamiento de las mismas, es desde el punto de vista geotécnico, radicando en la falta de concordancia, entre los esfuerzos que se supone se ejercerán y los que se presentan debido a los procedimientos constructivos, así como la diversidad de materiales que se emplean para cubrirlos.

Pese a eso podemos afirmar, que las fallas es tructurales de las alcantarillas que han ocurrido, son pocas, por lo que no se ha podido determinar con gran exactitud, en estos casos especiales se recurre a tener un estricto control en la construcción y a emplear procedimientos tales como el de la trinchera imperfecta, consiste en dejar encima de la alcantarilla, el material prácticamente suelto, o con un bajo grado de compactación a fin de propiciar que haya una adencia en la columna de suelo que quede arriba de la alcantarilla y generar el arqueo del material disminuyendo así, los esfuerzos que por el peso del suelo, se produzcan en las estructuras.

En general se siguen los sistemas clásicos de datar a la estructura de muros de cabeza, tanto a su entrada como a su salida.

Siempre que es posible se le da el alineamiento y la pendiente del cauce natural y en ocasiones se "caderea" es decir, se coloca en una de las laderas naturales de la cañada o bajo, como es natural en ese caso se extreman precauciones en su construcción y en la selección de material que constituye el terraplén, pues por quedar la entrada de la estructura en un nivel superior, el del fondo de la cañada, se favorece el embalse aguas arriba del terraplén produciendo filtraciones al cuerpo del mismo y por lo tanto se diseñan sin fallar este efecto. Este caso en general es raro, pero la experiencia que se tiene al respecto es que resulta antieconómico.

En el caso de los terraplenes sobre suelos compresibles y pocos resistentes, los hundimientos provocados por el peso del terraplén resultan muy perjudiciales para las obras de drenaje que se construyen sobre ellos. En algunas carreteras que han presentado esta situación se ha recurrido a construir cajones líquidos de concreto, estructuras que transmiten los menores niveles de esfuerzos al terreno natural.

La observación de los cajones, ha demostrado que este tipo de estructura es la que resiste mejor, pues aunque existen grietas que hayan de ser calafeteadas, su función no se ve grandemente com-

prometida por el asentamiento y al comunicar esfuerzos relativamente pequeños al terreno de cimentación del orden de los propios del terraplén, elimina prácticamente el problema de los asentamientos diferenciales.

Las alcantarillas de alivio deben tener algún dispositivo adecuado para dirigir el agua hacia ellos, tales obras se describen a continuación.

IV.10.1 Muro transversal

Se atraviesa en la cuneta, aguas abajo de la entrada de la alcantarilla para contener el agua y encauzarla hacia la alcantarilla.

IV.10.2 Cajón de entrada o caída de entrada

Se construye de la mampostería o de concreto; donde cae el agua que corre por la cuneta y después, disipada su energía cinética, entra en la alcantarilla. También se colocan cuando la velocidad del agua en la cuneta, es considerable, y debe ser disminuida para evitar la erosión.

IV.10.3 Desarenador

Consiste en un cajón de entrada que tiene un primer depósito destinado a retener los arrastres que lleva a la cuneta.

IV.10.4 Pozo de visita

Es un desarenador grande y profundo, tapado - con una reja móvil por donde se entra a inspeccionar y limpiar tanto la alcantarilla como el mismo.

IV.10.5 Muro de cabeza

Se usa en alcantarillas grandes. Es una obra de mampostería generalmente, colocada a la entrada de la alcantarilla y que tiene como objeto evitar que el terraplén invada la alcantarilla, además de servir de protección a ésta contra el daño que podrían causar las ramas y otros objetos arrastrados por la corriente.

El desfogue de cualquier alcantarilla o tubo de drenaje de dimensiones pequeñas, debe ser protegido con rejas o desarenadores para que no se atasquen.

El desfogue de las alcantarillas de alivio - puede hacerse con lavaderos o vertederos, por los cuales se encauza el agua en los taludes de los terraplenes, hasta llevarla en los lugares donde la erosión continuada no puede llegar a afectar en forma alguna al camino. Si estas obras se construyen en terrenos muy inclinados deben construirse con dentellones para que no resbalen.

En cuencas grandes o de gran precipitación, - el área de la alcantarilla se proporciona por el - escurrimiento, pero para pequeñas áreas el tamaño - se determina por la conveniencia y facilidad de - limpieza más bien que por la capacidad.

IV.11 ALCANTARILLAS CELULARES

Se llaman alcantarillas celulares o de cajón, las estructuras de concreto armado que tiene va---rias celdas.

Este tipo se usa en caso de que el terreno - tenga poca resistencia, como en el caso de panta--nos y cuando la altura del colchón es moderada y - la extensión del cauce muy grande son costosas y - lentas de construir.

IV.12 SIFONES

Son estructuras que tienen que cruzar un camino bajo condiciones hidráulicas especiales, como - en el caso de canales de riego. En este caso tanto el nivel de entrada como el de salida son obligados y la parte que cruza bajo el camino trabaja como tubo forzado, que tendrá que ser completamente a prueba de fugas.

Estas estructuras generalmente son de acero o bien de concreto reforzado, que tendrá que ser completamente a prueba de fugas.

IV.13 SUBDRENAJE

La presencia de flujos de agua en la estructura de la carretera u obra vial, específicamente po demos hablar de terraplenes, dado que por su forma ción éstos pueden ser materiales susceptibles a la acción del agua. Las formas de fallas pueden ser muy variadas por ejemplo un terraplén cuando se co loca en una ladera, lo que ocurre frecuentemente, - que el paso ejercido por él, provoca esfuerzos nor males, pero por ver la pendiente de talud del terraplén mayor que la del terreno natural, el amento de los esfuerzos cortantes no se ve debidamente compensado por el aumento de la resistencia del suelo de sustentación, como consecuencia del incremento de los esfuerzos normales.

Así la estabilidad del lugar en que se coloca el terraplén se ve disminuida y la presencia del agua agrava más dicha situación. Es obvio que el subdrenaje no se requiere en todos los casos. En una carretera, sólo en partes localizadas, en que se concentren aguas subterráneas requieren del subdrenaje como en este caso.

Los proyectistas deberán estar en contacto dinámico durante las etapas de construcción de las obras de drenaje pues ninguna obra será definitiva hasta no ver el resultado de las pruebas del laboratorio a que se someten las muestras obtenidas de los sondeos realizados, frecuentemente solo son las que permitan clasificarlas, tales como granulometría y plasticidad raramente de permeabilidad.

En general si ésta consiste que un sistema -- adecuado de drenaje en carretera no puede seguir - normas fijas predeterminadas y se apoya más en la - práctica, experiencia y aún en el instinto, que en el estudio amplio y detallado.

Naturalmente que con lo anterior no excluye - la necesidad de efectuar tales estudios en casos - en que se considere realmente necesario.

IV.14 PUENTES

Son estructuras hechas de acero o concreto ar mado para salvar claros de más de 10 metros.

Las principales sollicitaciones a las que es-- tán sujetas estas estructuras durante su vida útil son: soportar el peso de los comboyes o vehículos- cargados que sobre ella transitan, así como el em- puje del viento y de la corriente, el frenaje de - las cargas rodantes, los empujes de tierra, los - sismos y naturalmente el peso propio, permitiend- además, el libre flujo del agua con gasto máximo, - y el de cuerpos flotantes que en ocasiones lleva - la corriente.

La forma del cauce y el gasto máximo de la co rriente definen el tipo de puente que debe cons- - truirse; así también deberán tomarse en cuenta los materiales que se encuentran en la zona y la faci- lidad para transportar otros materiales.

Sus dimensiones están regidas por la altura - de la subrasante la topografía del terreno adyacente, la sección hidráulica en el cauce, el perfil - del mismo y el perfil de suelos. Todos estos factores se usan como parámetros para determinar su - longitud total, altura de pilas y estribos, tipo - de cimentación y longitud de sus claros.

Normalmente podemos considerar dos clases de - corrientes hidráulicas la de montaña, con velocidad - altas, cauce definitivo y lecho rocoso; y la - de llanura, con corriente de velocidad baja, cauce - extendido, a veces divagante y lecho socavable y - por supuesto, entre estas dos clases las de caracte - rísticas combinadas.

Los puentes en carretera se calculan como vi - gas simplemente apoyadas con una carga equivalente - al 75% del peso de todos los camiones cargados que - quedan en el claro, más uno al centro también car - gado.

Es necesario tomar en consideración los regla - mentos que intervienen para definir la elevación - mínima, con el objeto de que el proyecto de aline - amento vertical se aproxime lo más posible a la co - ta que se requiere. Para lograrlo se debe contar - con los siguientes datos:

- A) Elevación del nivel de aguas máximas extra - ordinarias (NAME)
- B) Sobreelevación de las aguas ocasionadas --

por el estrechamiento que origina el puente en el cauce.

- C) Espacio libre vertical para dar paso a - - cuerpos flotantes.
- D) Peralte de la superestructura.

Los puentes pueden ser de mampostería, de concreto preesforzado, de concreto armado, metálicos-o mixtos.

Los de mampostería son puentes de arco. En estos casos el claro no es limitativo, pero sí lo es en la economía, pues el costo de la obra falsa crece muy rápidamente con el claro.

Los puentes de concreto simple, como en el caso de los de mampostería, solamente se construyen en arco, circular o parabólico.

En los concretos armados encontramos:

Arcos

Marcos rígidos

Continuos

Celulares

Trabes y losas

Los puentes de superestructura metálica son:

De viguetas

De trabes remachados

De armaduras de diversos tipos

De ménsula de diversos tipos

De arco de varias articulaciones

Pueden ser más de paso interior, de paso superior, de paso a través, etc.

IV.15 CALCULO

Hidráulicamente, las obras de drenaje se calculan de cuatro maneras diferentes según el caso:

- a) Por comparación
- b) Para drenar zonas inundables menores a 100 hectáreas
- c) Para drenar zonas inundables mayores a 100 hectáreas
- d) Para corrientes establecidas

IV.15.1 Por comparación

Este criterio se puede aplicar cuando cerca del lugar en el que vamos a construir nuestra obra, existe una similar que haya funcionado correctamente en épocas de lluvias intensas. En este caso sirven de huellas visibles y los datos proporcionados por la gente del lugar que refieran a un periodo de no menos de 10 años. De esta manera es posi

ble proporcionar correctamente la capacidad de la nueva alcantarilla por comparación con el área hidráulica existente.

IV.15.2 Para drenar zonas inundables menores de 100 hectáreas

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos para un mismo cauce con las fórmulas de los autores: Talbot, Meyer y Pick; se ha encontrado que difieren muchos entre sí, pero que los resultados de la fórmula de Talbot son los que más se acercan al promedio de los obtenidos con las tres fórmulas, por esta razón, adoptaremos la fórmula de Talbot.

La fórmula de Talbot es aplicable cuando no contamos con datos de gasto máximo ni de precipitación pluvial.

La fórmula es:

$$a = 0.183 C A^{3/4}$$

Donde:

a = Área hidráulica de la alcantarilla (m)

Δ = Superficie por drenar (Ha)

c = Coeficiente de escurrimiento, en función de la naturaleza del área drenada.

El coeficiente "C" adopta los siguientes valores:

0.20 para terreno plano

0.30 para terreno suavemente ondulado

0.50 para terreno ondulado

0.60 para correrío

0.80 para correrío fuerte

0.90-1.00 para terreno montañoso

La elección del coeficiente para cada caso, - depende no sólo de las características físicas del terreno sino de la experiencia y buen juicio del - ingeniero.

La fórmula está basada en el estudio de un - gran número de instalaciones hidráulicas en el Valle del Río Mississippi en EEUU, al deducirla no se tomó en cuenta la intensidad de precipitación. La precipitación máxima probablemente fue de 10 mm - por hora. La velocidad usada por Talbot en sus ex - perimentos fue de aproximadamente 3 m/seg.

Según lo dicho anterior, la fórmula está basa - da en una región determinada, sin embargo ha fun - cionado satisfactoriamente y su uso se acepta para el diseño.

IV.15.3 Para drenar inundables mayores de 100 hectáreas

En este caso se emplea la fórmula de Burkli--ziegler y se obtiene el gasto máximo debido a un aguacero medio durante los 10 minutos más intensos.

La fórmula es:

$$Q = 0.022 C A h (S/A)^{1/4}$$

En donde:

Q = Gasto en m/seg

C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional

A = Area por drenar, en hectáreas

h = Precipitación en el aguacero durante los 10 minutos más intensos, en mm/hr

S = Pendiente de escurrimiento en m/km

Los valores del coeficiente de escurrimiento son:

0.018 Para zonas salváticas o boscosas

0.25 Para terrenos de cultivos

0.30 Para jardines

0.62 Para zonas residenciales

0.75 Para calle pavimentadas

Una vez obtenido el gasto máximo, es posible determinar el área hidráulica de la alcantarilla con la ecuación de continuidad:

$Q = AV$ donde la velocidad puede tomarse:

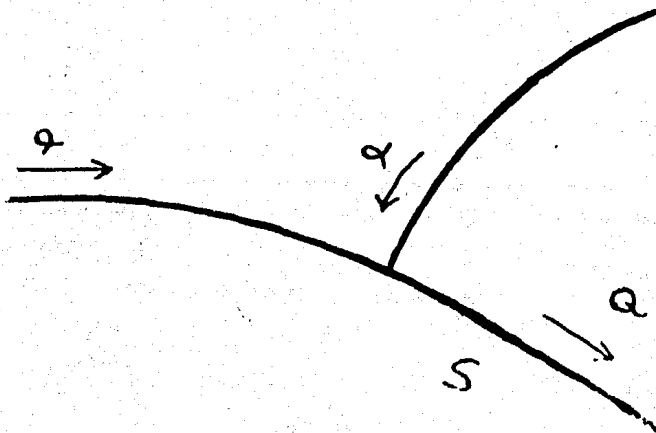
Mayor que 0.3 m/seg para que no haya sedimentación

Menor que 3 m/seg para que no haya erosión.

IV.15.4 Para corrientes establecidas

En estos casos el método consiste en aplicar la fórmula de Manning y para ello es necesario tener dos secciones cuando menos y la pendiente de escurrimiento.

Esto es posible mediante la observación de los ta (wags)



La fórmula es:

$$V = \frac{1}{N} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V = Velocidad en m/seg

N = Coeficiente de escurrimiento, adimensional

R = Radio hidráulico, en m

S = Pendiente entre las dos secciones, - en altura/long.

Conocidas el área y la velocidad, es posible tener el gasto de diseño con la ecuación de continuidad.

El coeficiente de escurrimiento toma los valores que aparecen a la vuelta.

T R A M O	I D E A L	B U E N A	R E G U L A R	M A L A
Limpio con margenes rectas sin grietas ni pozos	0.025	0.0275	0.030	0.033
Idem al anterior - pero con hierbas y piedras	0.030	0.0330	0.035	0.040
Sinuoso pero limpio	0.033	0.0350	0.040	0.045
Sinuoso con hierbas y piedras	0.035	0.0400	0.045	0.050
Con mucha hierba	0.075	0.1000	0.125	0.150

Se puede tomar en cuenta que las predicciones que se refieren a escurrimientos futuros están sujetos a leyes del azar.

Los cambios en el empleo de la tierra pueden cambiar drásticamente las características históricas de las corrientes de la cuenca drenada.

Se deben comprender las limitaciones de cada método de predicción y seleccionar el método o los métodos adecuados para su propósito particular.

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

Este trabajo realizado es una recopilación que se hace de la S.A.H.O.P., la cual es toda una autoridad en el ramo, dado su experiencia en la construcción y supervisión de carreteras.

Por lo que una obra de Ingeniería implica siempre una serie de actividades que comparan, problemas - que resolver y una serie de circunstancias y situaciones específicas que manejar, y que se presentan en el proceso de llevar a cabo su cristalización a partir de un conjunto de ideas, datos y cálculos.

La obra que he descrito en capítulos anteriores es interesante, puesto que al ubicarse en una región-media de la faja costera del Golfo de México, en la subprovincia Tampico-Tuxpan-Jalapa, limitando al poniente con la Sierra Madre Oriental, y al oriente con el Golfo de México, donde debido a sus características generales, se considera su tránsito diario promedio anual que sobrepasa los 50 vehículos por día en ambos sentidos de circulación, que posteriormente la vida útil o período de diseño el pavimento se considera de 10 años y una tasa de crecimiento del 8% anual.

Ya que cualquier variación en el V.R.S. de la capa subyacente a la subrasante, por abajo del valor considerado para diseño, implicará una revisión al diseño de espesores, para lo cual se recomienda usar la gráfica del Instituto de Ingeniería para -

caminos secundarios en condiciones normales de mantenimiento.

Por lo que si el camino tuviera en sus dos prime--ros años de operación, un incremento de tránsito - cuando menos de 50% mayor a lo esperado, será necesario reforzar el pavimento colocando una carpeta-asfáltica tipo mezcla en el lugar, con un espesor-de 5 cm., compactados al 95% y con un material triturado de 3/4 de pulgada, recomendándose sellar -posteriormente con material triturado 3-A y asfal-to FR-3.

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

- APUNTES DE VIAS TERRESTRES
MEDINA VELA
- ESPECIFICACIONES DE CAMINOS
S. C. O. P.
DIRECCION NACIONAL DE CAMINOS 1944
- INGENIERIA DE CARRETERAS
CLARKSON H. OGLESBY
COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A.
1969
- MANUAL DE CAMINOS VECINALES
RENE ETCHARREN
ASOCIACION MEXICANA DE REPRESENTACIONES Y
SERVICIOS DE INGENIERIA
1972
- MANUAL DE PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS
S. O. P.
1974
- PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS MODERNAS
JOHN HUGH JONER
COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL
1969