

DESCARTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

5044

LOS CAMINOS DENTRO DE LA
INGENIERIA CIVIL

T E S I S

QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A

MODESTO AARON MENDOZA GUTIERREZ

MEXICO, 1972



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.



Universidad Nacional
Autónoma de
México

FACULTAD DE INGENIERIA
Exámenes Profesionales
Núm.40-
Exp.Núm.40/214.2/

Al Pasante señor Modesto MENDOZA GUTIERREZ
P r e s e n t e

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el profesor Ingeniero Fernando Favela L., para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

LOS CAMINOS DENTRO DE LA INGENIERIA CIVIL

"Introducción
Planeación
Diseño
Construcción
Operación y Mantenimiento
Investigación y Desarrollo."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de 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 Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 11 de Diciembre de 1970
EL DIRECTOR

Ing. Manuel Paulín Ortiz

mpo:MMO' eag

CON VENERACION A MI MADRE,
SRA. AMPARO GUTIERREZ, QUE HA SABIDO IMPULSARME
EN ESTA VIDA.

CON AGRADECIMIENTO A MI PADRE,
SR. MODESTO MENDOZA, SIMBOLO DE
RECTITUD, DECISION Y NOBLEZA.

A MI ESPOSA SOLEDAD :

CUSPIDE DE MI SENTIMIENTO

Y DE MI AMOR .

A MI HIJO

IMPULSO DE MI META.

A MI HERMANO

FRANCISCO MENDOZA G. POR SU FE

A MIS HERMANAS

A MIS HERMANOS

A TODAS AQUELLAS PERSONAS
TIOS, PARIENTES Y AMIGOS QUE
ME AYUDARON SIEMPRE.

DESEO HACER PATENTE MI AGRADECIMIENTO
A MI MAESTRO ING. FERNANDO FAVELA L.,
IMPULSOR EN EL DESARROLLO DE ESTA TESIS,
COMO DIRECTOR DE LA MISMA.

A LA PREPARATORIA No. 1

A LA FACULTAD DE INGENIERIA

A MIS MAESTROS

A MI PATRIA

I N D I C E

INTRODUCCION

(i)

CAPITULO	I	Planeación
CAPITULO	II	Diseño
CAPITULO	III	Construcción
CAPITULO	IV	Investigación y desarrollo
CAPITULO	V	Operación y Mantenimiento

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

Las comunicaciones son actualmente el factor primordial en el desenvolvimiento de los elementos que regulan las condiciones de todo tipo de vida, es decir, la economía, la cultura, la sociedad y la política.

Las comunicaciones, para su desarrollo, requieren de los estudios que actualizan las técnicas a emplear día con día, ya que los problemas son cada vez más complejos, pues las redes de caminos en el mundo tienden a formar una telaraña así como los volúmenes de tránsito son cada vez mayores, trayendo en consecuencia la demanda del empleo de técnicas idóneas, del resultado de la investigación científica dando mayor y mejor seguridad, eficiencia y comodidad en el sistema de transporte carretero.

Los caminos carreteros, que no son otra cosa que una parte de la infraestructura de un país, constituyen la base necesaria para el desarrollo de las operaciones económicas de producción y distribución de los recursos naturales del país. Ahora bien, desde el punto de vista de la técnica, planeación, diseño, construcción etc... serán desarrollados los temas correspondientes, en las páginas siguientes que constituyen la presente tesis.

CAPITULO I

PLANEACION

La planeación tal como se conoce dentro de la Ingeniería Civil es - el proceso que consiste en el análisis documentado, sistemático y tan cuantitativo - como sea posible, previo al mejoramiento de una determinada situación y cuya finalidad es la fijación de metas concretas a un plazo determinado y la asignación precisa de los medios para lograr los objetivos deseados, en función de los recursos disponibles; así como el ordenamiento en el tiempo y en el espacio del desarrollo - de las acciones planeadas.

Para proporcionar la base de la actividad y del desarrollo económico, es preciso realizar una serie de inversiones fundamentales que, por ello, reciben el nombre de " Inversiones Básicas " o de " Infraestructura ".

Entre estas podemos contar el abastecimiento de agua y energía, las carreteras, líneas férreas, aeropuertos, obras de irrigación, las plantas siderúrgicas, los complejos industriales, etc.

La determinación de la importancia que cada uno de los sectores básicos tiene en el desarrollo y sus propias interrelaciones, nos conduce a la idea de planeación.

La planeación como técnica, es un medio o instrumento para alcanzar como objetivo el desarrollo. La planeación como finalidad, es la satisfacción de - las necesidades humanas, o como lo define la sociedad Interamericana de Planificación: " Es la aplicación del conocimiento humano al proceso de alcanzar decisiones que sirvan como base de la acción humana ".

El pueblo debe participar en la planeación de su desarrollo, buscando la satisfacción de sus necesidades según un orden estrictamente jerárquico. De otra manera la comunidad social corre el peligro de verse envuelta en una planificación autoritaria o dictatorial.

En el proceso de la planeación se distinguen varias etapas que constituyen los mecanismos de la misma.

ETAPAS DE LA PLANEACION

Deseo por parte de la localidad o colectividad de llevar a cabo un - mejoramiento o modificación.

Conocimiento de la situación que se pretende cambiar y su proyección al futuro.

Fijación de metas.

Formulación de un plan lo cual constituye un objetivo.

Planteamiento de modelos y alternativas.

Evaluación de alternativas y presentación de elementos de juicio que valoren las consecuencias de la proposición.

Formulación de un programa lo cual implica una toma de decisión.

Control del desarrollo de las actividades y confrontación de los resultados con las hipótesis previamente establecidas.

Modificación al plan original.

A continuación se hará un breve comentario sobre estas etapas que como ya señalamos constituyen los mecanismos de la planeación.

El deseo por parte de la colectividad para modificar una situación dada, es una condición indispensable para el establecimiento y éxito de un proceso de planeación. No existe un país con estructura social retrasada, por ejemplo del tipo feudal que, sin cambiarla haya alcanzado altos niveles de desarrollo; y no se trata solo de decisión por parte de los gobernantes sino que se requiere un entusiasmo y adhesión suficiente por parte de los gobernados.

Es necesario aclarar que la planeación no se limita a la emisión de simples previsiones o pronósticos, sino que exige objetivos precisos, así como los medios para alcanzarlos, asociándose unos a otros de manera coherente. Esta doble preocupación establece la relación entre plan y programa; en efecto, el plan, que es el conjunto coherente de objetivos y de medios relativos al mejoramiento deseado, se refiere, por lo general al mediano o largo plazo. El programa, que puede definirse como el conjunto de operaciones bien determinadas, inscritas dentro del marco del plan y cuya realización debe preverse para una cierta fecha, se refiere esencialmente al corto plazo. En resumen, podemos decir que un plan constituye un objetivo; un programa constituye una decisión.

LA PLANEACION A DIFERENTES NIVELES

El planeamiento del desarrollo puede ser a nivel Nacional, a nivel regional o a nivel local (o de obra); las regiones pueden ser políticas o económicas. La región política es una área geográfica que se delimita en caso de ser de-

signada así por el gobierno federal o central para abordar su planeamiento. La región económica es una área con problemas socio-económicos comunes, inducidos generalmente por un accidente geográfico, como un río, un desierto o condiciones climáticas semejantes.

La planificación regional también puede referirse a una ciudad, a un estado o a una área pauperizada que requiera una economía especial. Podrá tratar se también de la preparación de una serie de planes regionales que cubran todo el país, como parte del proceso de planificación nacional.

El desarrollo económico está basado, entre otros sectores, en la infraestructura. La infraestructura, como podríamos verla los ingenieros, es la cimentación de un gran edificio; los elementos de concreto armado o de acero de la cimentación, las columnas, traveses, losa, etc., indispensable para cualquier distribución interior que se quiera hacer de los espacios y las áreas de uso; en nuestro caso, son los caminos para extraer de las zonas agrícolas sus productos (alimentos o materias primas) y conducirlos a los centros de consumo, y para introducir a esas zonas, educación y sanidad o los productos industriales; electricidad para impulsar las máquinas; edificaciones escolares para la enseñanza de la niñez y la preparación y capacitación de los adultos para servir mejor a la industria o al campo; vivienda urbana y rural para mejorar los hábitos de vida y crear incentivos humanos en la población entera para superar su actividad productiva.

EL TRANSPORTE

El factor dinámico del desarrollo económico y de la evolución social de una colectividad es el intercambio, éste se manifiesta por el transporte, que tiene una importancia vital como liga indispensable entre la producción y el consumo. De ahí el gran significado económico que reviste la minimización de los costos en los desplazamientos, lo que se traduce en la búsqueda del costo mínimo global del servicio de transporte.

Para la existencia del transporte se requiere la parte de la infraestructura básica del país que constituye la red de caminos que, hoy por hoy, cubren la mayoría de los servicios de transporte y sin que ello quiera decir que los puertos, las vías fluviales, las vías férreas y los aeropuertos no tengan un papel importante en la actividad del país; solo que los métodos de los que hablaremos a seguida se refieren concretamente a carreteras.

La construcción de carreteras en forma institucional se inició en México a partir de 1925, se han logrado avances que para principios del año de 1971 se traducen en 72000 Km. de carreteras transitables en toda época, de las cuales 43000 Km. son pavimentados 21000 Km. revestidos y 8000 Km. en terracerías.

Para tener una idea del ritmo en la construcción y de los montos de inversión que ha requerido la red de carreteras, recordamos que entre 1925 y 1932 se construyeron 17000 Km.; para 1947 la red había alcanzado 19300 Km. Hacia 1958 se contaba con 31500 Km. y entre este año y 1970 se construyeron los 40500 Km. que completan los 72000 Km. que integran la red actual. A continuación, para objetivizar el ritmo en la construcción de caminos a partir de 1925 hasta nuestros días, se da la siguiente gráfica (Fig. 1)

PLAN DE CARRETERAS

El proceso de planeación sectorial en nuestro país elaborado por la Secretaría de Obras Públicas, que ante la necesidad de contar con un marco de referencia en el que queden inscritas sus actividades, ha elaborado un plan a mediano plazo para definir los objetivos que parece deseable alcanzar en la red vial en el término de diez años. Las rápidas transformaciones de las estructuras social y económica que caracterizan a la etapa de desarrollo en la cual se encuentra nuestro país, obligan a actuar con cautela en la definición de dicho plazo, para efectos de una previsión razonable. Es por ello que sólo se consideran diez años, para los efectos de proposiciones por incluir dentro del plan.

LINEAMIENTOS DE LA POLITICA VIAL

Para el planeamiento de las proposiciones que integran el plan se han seguido los lineamientos de la política vial que, en materia de construcción de carreteras, se ha trazado el gobierno federal y cuya parte más importante puede resumirse como sigue:

- o Terminar las obras que se encuentren en proceso de construcción para obtener, en el plazo más breve, los beneficios previstos.
- o Construir, con base en una adecuada programación, nuevas obras que sirvan a núcleos de población aún incomunicados; o que permitan iniciar la explotación de nuevas regiones; o que constituyan obras de mejoramiento y modernización en zonas ya comunicadas, de tal manera que el país cuente con la infraestructura básica necesaria para continuar el esfuerzo de superación en que se encuentra comprometido.

Dentro de los lineamientos anteriores, se han señalado como metas - por alcanzar por el plan, la construcción de las obras faltantes para obtener una completa red troncal o de primer orden correspondiente a la red federal; construir las obras necesarias para lograr un avance, favorable en la relación entre las carreteras alimentadoras o de segundo orden y la red federal y por último incrementar -

RED NACIONAL DE COMUNICACIONES

PARA EJECUTAR

(1955-1970)

Kilómetros

1000

1000

la construcción de caminos de bajas especificaciones para lograr una mejor utilización de las redes de primero y segundo orden.

RED FEDERAL

La determinación de la red federal se efectuó mediante el análisis de los enlaces carreteros deseables entre los diferentes centros del país, en función de las diversas actividades que se desarrollan en una sociedad, las cuales se han clasificado en dos grandes grupos.

Grupo Uno. Corresponde a las actividades de naturaleza política, social y administrativa.

Grupo Dos. Corresponde a las actividades de naturaleza económica como: agricultura, ganadería, pesca, industria, turismo y otras.

Dentro de los aspectos Político, Social y Administrativo, el funcionamiento de la red fué analizado de tres diferentes grados de relación o estructuras.

En el primero de ellos se ha propuesto que la capital federal se encuentre ligada por carretera con las capitales estatales, situación alcanzada gracias a las obras ya realizadas, pero que admite proposiciones que establecen rutas más cortas o más rápidas.

En el segundo, se agregaron los enlaces para las relaciones políticas, sociales y administrativas de la capital federal con los puertos marítimos y fronterizos.

En cuanto al aspecto económico, en el análisis del funcionamiento, se llevó a cabo mediante la determinación de los enlaces carreteros necesarios entre los polos de concentración y distribución de la producción y los centros consumidores.

El estudio fué dividido en cuatro etapas que corresponden a las relaciones producción-consumo de las siguientes actividades.

- a) Agrícolas
- b) Ganaderas
- c) Industriales
- d) Turísticas y Culturales

a) Actividades Agrícolas.

La determinación de los polos en los que se concentra la producción agrícola, se realiza con base en los estudios elaborados previamente por la Secre-

taría de Obras Públicas, sobre el uso actual y potencial del suelo en el territorio nacional. Esto permite determinar las proposiciones de carreteras posibles en relación con las actividades agrícolas.

b) Actividades Ganaderas y Pesqueras.

La determinación de los centros en que se concentra la producción actual y potencial y en los enlaces carreteros en relación con estas actividades, se realiza en forma similar a la empleada en el análisis de las actividades agrícolas.

c) Actividades Industriales.

De acuerdo a la hipótesis de que se continuará la importación de bienes de capital y la exportación de artículos manufacturados o semi-elaborados, los puertos marítimos tienen una función especial al determinar los centros de producción y consumo; por lo cual se hace necesario dar comunicación a estos centros.

d) Actividades Turísticas y Culturales.

Se hizo un estudio de los centros en los que se pueden considerar concentrada una oferta importante de servicios, la ubicación y agrupamiento de las principales zonas turísticas del país, así como de la distribución de las actividades comerciales y centros culturales y de enseñanza en general. Los centros así determinados fueron ligados en la misma forma empleada para las demás actividades.

Así se presentó la red de carreteras como resultado del análisis de cada una de las cuatro etapas relacionadas con las actividades económicas.

Finalmente se realizó la síntesis de los aspectos políticos, social administrativo y del económico, dando como resultado una proposición de red federal, cuyo funcionamiento es el deseado en las necesidades carreteras del país.

RED ALIMENTADORA

Respecto a la determinación de las proposiciones de carreteras alimentadoras, se utilizó el mismo criterio que el empleado para la red troncal solo que aplicado a un nivel estatal, tomando muy en cuenta las obras en proceso de construcción para su terminación, así como aquellos caminos que denotaban principal interés local por parte de los gobiernos estatales.

Viendo las necesidades que México tiene en integrar un sistema de carreteras troncales, para ligar a la mayor brevedad el territorio nacional, es vital que el sistema de carreteras troncales esté debidamente complementado por la red alimentadora. Cabe señalar que la relación de longitud entre las carreteras alimentadoras y las carreteras troncales en nuestro país, apenas si llega a 1.4, mientras que en otros países, tales como Estados Unidos y Francia, esta relación es de 4 y 7 respectivamente, se considera para países en desarrollo como México, una proporción de 2 Kms. de camino alimentador por 1 Km. de camino troncal sería recomendable. Esto señala la necesidad de que se establezcan programas que permitan acelerar el ritmo de construcción de carreteras alimentadoras, en la medida en que el desarrollo económico de la nación se vea en la necesidad de:

- a).- Extender las actividades agrícolas hacia regiones de mayor productividad natural.
- b).- Disminuir los costos de transporte en las zonas de influencia de las carreteras estatales existentes.
- c).- Permitir el fácil acceso de artículos industriales a las zonas rurales.

Sobre estas consideraciones generales, en la elaboración del plan, se ha tomado en cuenta el impulso que debe darse a la construcción de carreteras alimentadoras y a la debida conservación de las mismas.

CAPITULO II

DISEÑO

- II. 1.- Clasificación de Caminos.
- II. 2.- Partes que integran un camino y función que desempeña cada una.
- II. 3.- Generalidades de los Alineamientos.
- II. 4.- Métodos Generales de Proyecto de vías terrestres.
 - 1.- Sistema tradicional.
 - 2.- Procedimiento fotogramétrico electrónico.

CAPITULO II

DISEÑO

Se ha tratado, en el capítulo anterior, de explicar la planeación y los diversos aspectos que se toman en consideración para el estudio preliminar de un camino carretero. A continuación se verá el aspecto diseño de los caminos dentro de la Ingeniería Civil.

El diseño de un camino estriba en dar una forma y una determinada función al terreno para que sirva de tránsito para vehículos y que esté debidamente protegido de la acción destructora del agua, además debe cumplir con los siguientes requisitos:

- 1.- Que tenga un grado de seguridad razonable.
- 2.- Que tenga un comportamiento adecuado.
- 3.- Que tenga la capacidad necesaria para soportar el peso de los vehículos.
- 4.- Que cumpla con ciertas limitaciones económicas.
- 5.- Y que cumpla con ciertas exigencias estéticas.

II. 1.- CLASIFICACION DE CAMINOS

- a).- Atendiendo al Financiamiento.
- b).- Atendiendo a las características geométricas.
- a).- Atendiendo a su financiamiento citaremos a los siguientes:

Caminos de cuota: Son aquellos que por sus altas especificaciones, se le ha dado el nombre de " autopistas ". Son caminos directos que proporcionan mayor seguridad y economía en tiempo y en costo de transporte, es por lo tanto justo que se cobre una cuota, por la prestación de este servicio, con base en el ahorro que representa para el usuario. Normalmente el camino de cuota une los grandes centros de población, de producción y de consumo teniendo en cuenta que debe existir un camino libre de cuota que una dichos centros. El financiamiento corre a cargo de

los propios usuarios en el 100% de su costo, cuya administración está a cargo de - Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos. A la fecha se cuenta con 1100 Km. aproximadamente carreteras de cuota, entre éstas podemos nombrar la: México-Puebla, Orizaba-Córdoba, México-Querétaro, Celaya-Irapuato, México-Cuernavaca y la de Tijuana-Ensenada, entre otras.

Camino Troncales o Federales: Son los caminos que constituyen la red vial principal del país y enlaza todas las capitales de la nación y los centros de población principales; son caminos de primer orden y son costeados 100% por el Gobierno Federal.

Camino Interestatales o por cooperación: Son caminos secundarios, que vienen a - unir puntos claves en el territorio de un Estado, son de menor longitud que los troncales y constituyen la red alimentadora que es complemento de la red federal. Su financiamiento está a cargo de la Federación y el Estado por partes iguales.

Camino vecinales: Son los caminos que vienen a completar nuestra red vial, son - de características modestas y de longitudes cortas. Constituye un problema clásico de ingeniería, en el que numerosas condiciones y requisitos deben resolverse con el mínimo gasto, y son los que unen un poblado con una vía de comunicación u otro poblado. Su financiamiento está a cargo de la Federación, del Estado y de los vecinos en un 33% por cada uno y cuya administración está a cargo del comité nacional de caminos vecinales.

b).- Al clasificar a los caminos, dentro de sus características geométricas, la Secretaría de Obras Públicas, editó las especificaciones para el proyecto - geométrico de caminos atendiendo a las siguientes clasificaciones:

Camino Tipo Especial.

No existen normas que uniformicen tales o cuales especificaciones para este camino, sino que, la Secretaría de Obras Públicas estudia y fija las características geométricas de cada caso. La SOP establece que el tránsito diario promedio - anual (TDPA), para este tipo de camino, debe ser de más de 3000 vehículos y corresponderle un tránsito horario máximo anual (THMA) mayor que 360.

CAMINOS TIPO A, B, C Y D.

Para estos tipos de camino, la SOP tabuló las características geométricas para cada uno de los tipos de caminos arriba mencionados. En las siguientes tablas se ilustran estas magnitudes:

CAMINO TIPO A

Características Geométricas	Unidades	Terreno Plano y lomerío suave	Lomerío Fuerte	Montañoso poco Escarpado	Montañoso muy Escarpado
Velocidad de operación	Km/hr	100	80	70	60
Velocidad de proyecto	Km/hr	70	60	50	40
Ancho de corona	M.	9.00	9	8.5	8
Ancho de carpeta	M.	6.10	6.10	6.10	6.10
Grado máximo de C.	o	8	11	16°30'	26
Pendiente gobernadora	%	2.0	3.5	4.0	4.5
Pendiente máxima	%	4.0	5.0	5.5	6.0

CAMINO TIPO B

Características Geométricas	Unidades	Terreno Plano y lomerío suave	Lomerío Fuerte	Montañoso poco Escarpado	Montañoso muy Escarpado
Velocidad de operación	KM/hr	80	70	60	50
Velocidad de proyecto	KM/hr	60	50	40	35
Ancho de corona	M.	8.0	8.0	7.5	7.0
Ancho de carpeta	M.	6.10	6.10	6.10	5.5
Grado máximo de curvatura	o	11	18°30'	26°	35°
Pendiente gobernadora	%	2.5	3.5	4.5	5.0
Pendiente máxima	%	4.5	5.5	6.0	6.5

CAMINO TIPO C

Características Geométricas	Unidades	Terreno Plano y lomerío suave	Lomerío Fuerte	Montañoso poco Escarpado	Montañoso muy Escarpado
Velocidad de operación	Km/hr	70	60	40	35
Velocidad de proyecto	Km/hr	50	40	30	25
Ancho de corona	M	7.0	7.0	6.5	6.5
Ancho de carpeta	M	5.50	5.50	5.50	5.50
Grado máximo de curvatura	o	16°30'	26°	47°	67°
Pendiente gobernadora	%	3.0	4.0	4.5	5.0
Pendiente máxima	%	5	6.0	6.5	7.0

CAMINO TIPO D

ESPESOR DE REVESTIMIENTO 0.30 M.

Características	Unidades	Llano y Lomerío suave	Lomerío Medio	Lomerío Fuerte	Montañoso	Escarpado
Pendiente transversal del Terreno	Grado	0-5	5-10	10-20	20-40	40° (mayor)
Velocidad proyecto	Km/hr	70	60	40	30	25
Ancho corona	Mts.	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Ancho riego	Mts.	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Grado Máx. curvatura	Grado	7°30'	11°	29°	62°	74°
Pendiente gobernadora	%	4	5	7	8	9
Pendiente máxima	%	5	6	8	9	11

NOTA: Se hace notar que estas especificaciones son tentativas y aún están en estudio por lo cual no se considerarán definitivas.

Caminos rurales de acceso: Son caminos que ligan poblaciones de 500 a 2500 habitantes, la distancia que cubren son menores o iguales a 10 Km. Las características geométricas para este caso no están tabuladas todavía. Generalmente, el ancho de corona es de 4.00 m. y a cada 1 Km. se dejan ensanchamientos para las maniobras de rebase. El financiamiento es por parte de la Federación en un 90% y por los vecinos en un 10%

II. 2.- PARTES QUE INTEGRAN UN CAMINO Y FUNCION QUE DESEMPEÑA CADA UNA.

Un camino es una estructura de forma y dimensiones especialmente diseñada que permita el tránsito de vehículos. Las partes que integran el camino son básicamente cuatro, a saber:

- 1.- Terreno de cimentación.
- 2.- Terracería.
- 3.- Capa subrasante.
- 4.- Pavimento.

1.- El terreno de cimentación es la parte de la corteza terrestre sobre la cual se desplanta el camino y su principal función es la de soportar las cargas que le son transmitidas por las capas superiores.

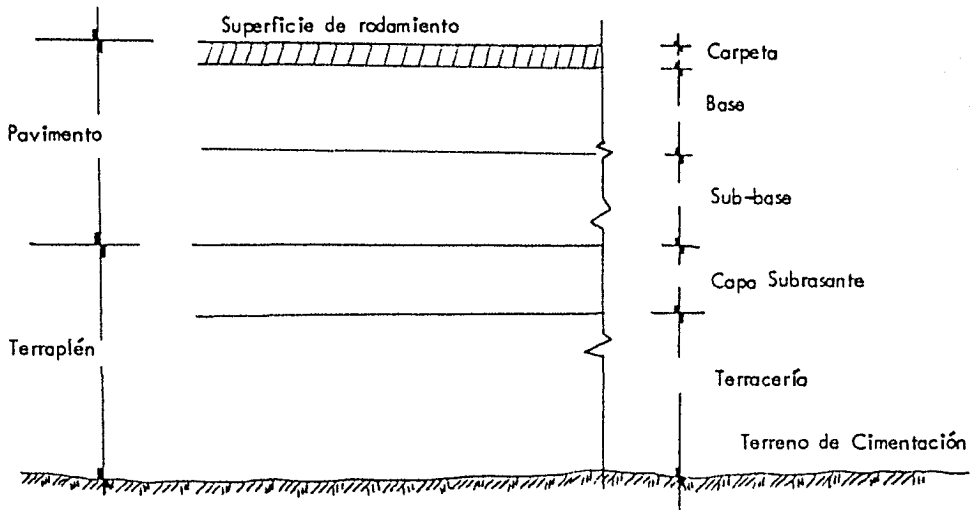
2.- La terracería es el conjunto de cortes y terraplenes ejecutados - hasta el nivel de subrasante proyectado, además deberá tener: alineamiento, pendiente y elevación tales que absorba las irregularidades del terreno. Tiene como fin proporcionar una superficie de apoyo uniforme para las capas subrasantes y pavimento.

La capa de terracería se hace con los materiales de los cortes (curva-masa) y deben ser compactados al 90% como mínimo para obtener una mayor resistencia.

3.- La capa subrasante puede ser de un espesor que va de 30 a 50 cm., y se construye con los materiales de las terracerías y préstamos laterales, seleccionados y con una cierta resistencia, además se les debe dar una compactación del 95% mínimo, y sirve de apoyo al pavimento por lo que sus características son determinantes en el funcionamiento de éste.

4.- El pavimento está formado por una serie de capas especialmente tratadas (sub-base, base y carpeta), que forman la superestructura del camino. -

Su fin es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente, de color y textura apropiados así como transmitir, al cuerpo del terraplén, los esfuerzos a que estará sometido el pavimento al peso de los vehículos.



II. 3.- EL DISEÑO DE UN CAMINO COMPRENDE DOS PARTES, UNA LA PARTE GEOMETRICA Y OTRA LA ESTRUCTURAL. DENTRO DEL DISEÑO GEOMETRICO CAEN LAS DIMENSIONES DE SUS CARACTERISTICAS, QUE A CONTINUACION SE NOMBRAN:

GENERALIDADES DE LOS ALINEAMIENTOS.

Velocidad de diseño.- Es el factor determinante en el Proyecto y de ella dependen las especificaciones del diseño geométrico. Entendemos por velocidad de diseño a la máxima rapidez que un conductor puede mantener más o menos uniformemente en el camino o tramos de camino, dentro de la seguridad y durante períodos de poco tránsito.

La velocidad es el factor determinante en el costo de un camino y pa

ra obtener costos mínimos debe limitarse la velocidad, que afecta directamente a la pendiente, curvatura, visibilidad, sobre-elevación, etc.

1.- Alineamiento horizontal.- Es la proyección horizontal del eje de un camino y se compone por tangentes unidas por curvas, a saber:

a) Tipo de curvas empleadas.

Los tipos de curvas comunmente empleados en caminos son dos:

o Curvas circulares con tangentes de transición.

o Curvas circulares con espirales de transición.

Los tramos rectos de un camino se denominan tangentes; las tangentes sucesivas se ligan mediante curvas circulares y circulares con transición.

FORMULAS.- Para el cálculo de una curva circular con tangentes de transición.

Radio de Curvatura:

$R = 1145.92/G^\circ$, siendo (G°) el grado de la curva y a su vez éste es el ángulo central que subtiende una cuerda de 20 Mts.

Subtangente:

$S.T. = R \tan. \frac{\Delta}{2}$; siendo (Δ) la deflexión entre las dos tangentes que se pretende ligar.

Longitud de curva:

$$L.C. = 20 \frac{\Delta}{G}$$

Cadenamiento de los puntos de la curva circular:

$$P.C. = P.I. - S.T.$$

$$P.T. = P.C. + L.C.$$

Cuerda:

$$C = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

Ordenada media:

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

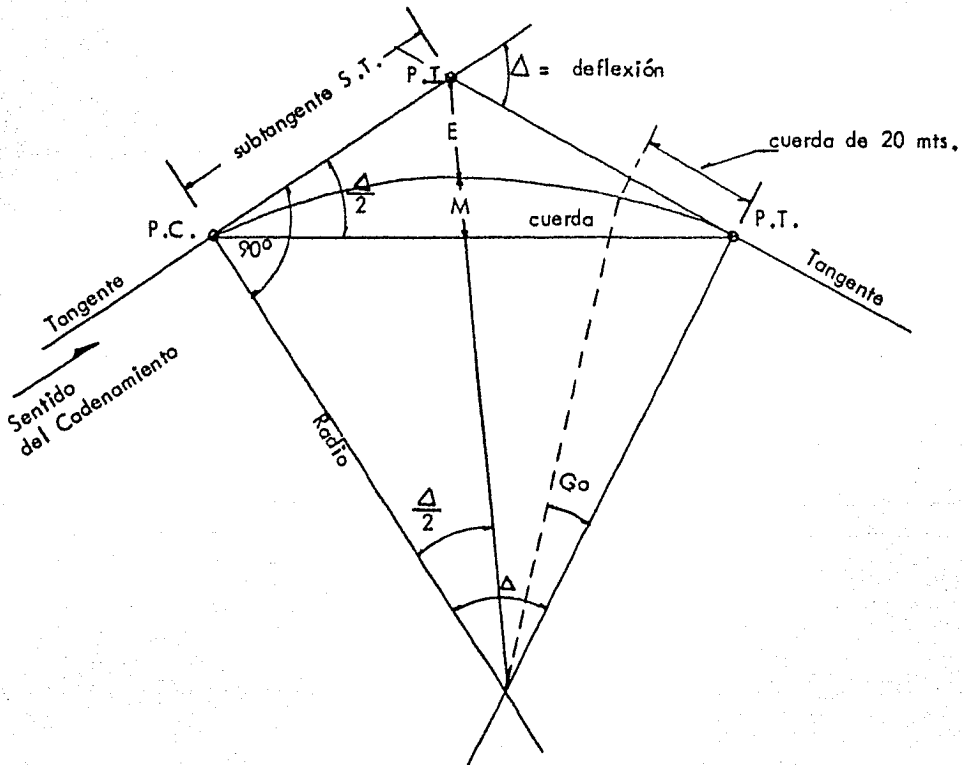
Externa:

$$E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

$$d = \frac{3}{2} G^{\circ}$$

Deflexión para un metro:
; expresado en minutos:

CURVA CIRCULAR



CURVA CIRCULAR CON ESPIRAL DE TRANSICION

Es la curva en el alineamiento horizontal del eje de un camino, comprendida entre una tangente y una curva circular y cuyo radio varía progresivamente de mayor a menor conforme pasa de la tangente a la curva circular.

FORMULAS DE CALCULO

Longitud de transición:

$$L_e = \frac{V^3}{JR}; \quad L_e = 0.0351 \frac{V^3}{R} \quad \text{para } J = 0.61 \frac{M}{\text{Seg.}^3}$$

R = radio de la curva circular, J = coeficiente de comodidad.

V = velocidad

Angulo total de cada espiral:

$$\theta_e = \frac{L_e}{40} G_c$$

Angulo central de la espiral desde el T. E. a cualquier punto de ella:

$$\theta = \frac{L^2 \theta_e}{L_e^2}; \quad L = \text{distancia del T. E. o E. T. al punto considerado.}$$

Deflexión de la circular: (Δ_c)

$$\Delta_c = \Delta_t - 2\theta_e$$

Deflexión de un punto cualquiera de la espiral desde el T. E. o E. T.

$$\varphi = \frac{\theta^\circ}{3} = \frac{L^2}{3L_e^2} \theta_e - C. \quad (\text{en grados}).$$

C = corrección que se desprecia para valores de $\theta < 20^\circ$

Subtangente:

$$T_e = (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K; P, K = \text{coords. del punto B.}$$

B = punto donde la curva circular prolongada tiene su radio perpendicular a la - tangente primitiva.

Valor de la distancia p:

$$P = L_e \left(\frac{\theta_e}{12} - \frac{\theta_e^3}{336} + \frac{\theta_e^5}{11840} - \dots \right);$$

θ_e en radianes.
 L_e en Mts.

Valor de la distancia K:

$$K = L_e \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta_e^2}{60} + \frac{\theta_e^4}{2160} - \dots \right) \text{ en donde } \begin{matrix} \theta_e \text{ en radianes} \\ L_e \text{ en Mts.} \end{matrix}$$

Coordenadas del E. C. o C. E.

$$X_c = \sqrt{M \theta_e} ; Y_c = \frac{M}{3} \theta_e^{3/2} ; M = \text{constante.}$$

Valor de la externa:

$$E_c = \left[\frac{T_e - K}{\text{Sen } \frac{\Delta}{2}} \right] - R_c$$

Distancia CL:

$$CL = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

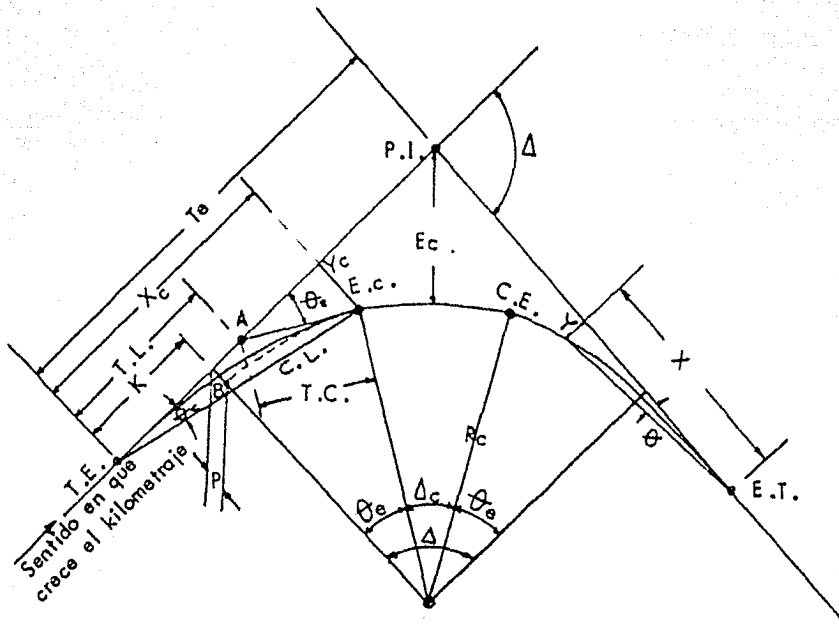
Distancia TL:

$$TL = X_c - Y_c \cot \theta_e$$

Distancia Tc:

$$TC = \frac{Y_c}{\text{Sen } \theta_e}$$

CURVA CIRCULAR CON ESPIRAL DE TRANSICION



GRADO DE CURVATURA Y RADIO

Existe una fórmula que relaciona el radio y el grado de curvatura - para cuerdas de 20 M:

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

no se pueden diseñar arbitrariamente las curvas ignorando la velocidad de diseño. Los grados máximos de curvatura, para cuerdas de 20 M., y sus correspondientes - radios, para las velocidades de diseño que se han venido analizando son los siguientes:

Velocidad Diseño, en Km/hr.	Grado Máximo de Curvatura	Radio en M
80	6°	190.99
60	11°	104.17
50	16°30'	69.45
40	26°00'	44.07
30	47°00'	- -

SOBRE ELEVACION.-

Es la pendiente transversal que se le da a la corona o subcorona para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales.

Cuando el vehículo pasa de una tangente a una curva, al correr sobre ésta se desarrolla una fuerza centrífuga que tiene a arrojarlo fuera de ella, para contrarrestar éste efecto, se inclina la corona del camino, dándole una sobre elevación, expresada en un tanto por ciento.

La siguiente fórmula nos da la sobreelevación máxima (S) que está en función del radio mínimo de curvatura correspondiente a esa velocidad de diseño y al coeficiente de fricción transversal (f):

$$S = \left(\frac{V^2}{127 R} - f \right) 100$$

Donde: S es la sobreelevación en por ciento
 V la velocidad de diseño en Km/hr.
 R el radio, en metros y
 f el coeficiente de fricción transversal.
 f varía con la velocidad y con el tipo de superficie de rodamiento, por lo tanto hay una gran cantidad de sobre elevaciones para las combinaciones de velocidades y de coeficientes según sea el camino.

Se recomienda que se usen los siguientes valores:

- f = 14 para camino asfaltado.
- f = 16 para camino revestido.

La Secretaría de Obras Públicas en sus especificaciones genrales de proyecto geométrico, ha tabulado la sobreelevación en función a la velocidad de proyecto y grado de la curva horizontal. La sobreelevación máxima permitida la considera del 12%.

TANGENTE DE TRANSICION

La sobreelevación se construye desde el P. C. hasta el P.T., haciendo que la corona se convierta en un plano inclinado entre estos puntos. Es lógico - que no puede empezar bruscamente en el P. C. ni teminar igualmente en el P. T. Por lo tanto es necesario construir unas transiciones antes del P. C. y después del - P. T. de tal manera que los tramos de tangentes en esos puntos pasen de la posición horizontal a una inclinación gradual hasta llegar a la sobreelevación en el P. C., y comenzar en el P. T. con la inclinación de la sobreelevación y terminar en la posición horizontal de la tangente. A estos tramos se les denomina tangentes de transición.

La longitud de transición, generalmente es la longitud de la curva espiral.

La tangente de transición se encuentra tabulada por la SOP, en sus - especificaciones de proyecto geométrico, en función de la velocidad de proyecto, - radio de la curva y grado de la curva horizontal.

TANGENTE MINIMA ENTRE CURVAS

En el manual de caminos vecinales del Ing. René Etcharren señala que se pueden presentar dos casos.

- o Curvas del mismo sentido y
- o Curvas de sentido contrario.

En el primer caso la distancia mínima entre el P. T. de una y el P. C. de la siguiente es la suma de las tangentes de transición, más un tramo a nivel entre éstas, que variará según el tipo de camino, la velocidad de diseño y hasta la clasificación del tránsito, y que podrá ser como mínimo según el caso de 20 a 40 M.

Para el caso de curvas de sentido contrario, la tangente mínima debe ser la suma de las tangentes de transición, lo cual proporciona una sección intermedia a nivel.

AMPLIACION DE CURVAS

Cuando un vehículo en movimiento sigue una trayectoria paralela al eje del camino, en una tangente y debe seguir en estas condiciones al circular en una curva; la trayectoria de las ruedas delanteras difiere de la de las ruedas traseras, con lo cual se requiere mayor anchura de camino. Esta necesidad se hace mayor cuanto más grande sea la distancia entre ejes del vehículo. Debido a estas dos circunstancias se hace necesario ampliar la curva en una cantidad constante desde el P. C. hasta el P. T. y después disminuye hasta los extremos de las transiciones. La ampliación siempre se hace por la parte interna de la curva.

La ampliación es función del radio de la curva, y por lo tanto de la velocidad de proyecto, también de la distancia entre ejes o longitud total del vehículo. Existe una tabla de las ampliaciones, construida por la Secretaría de Obras Públicas en función de la velocidad de proyecto, sobre elevación y ancho del pavimento.

VISIBILIDAD

La visibilidad es uno de los elementos de seguridad para el tránsito y es la longitud de caminos que en condiciones normales alcanza a ver el conductor de un vehículo. Analizaremos, para efecto de diseño, las distancias de visibilidad para parar, para rebasar y para evitar colisión.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA PARAR

La distancia de visibilidad necesaria para parar un vehículo ante la presencia de un objeto que intempestivamente aparece en el camino está relacionada con la velocidad. Según especificaciones de la AASHO se considera que los ojos del conductor se encuentran a 4.5 pies (1.37 M.) sobre el camino y que la altura del objeto que motiva el paro es de 10 cm.; dicha distancia se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{V \cdot t_{pr}}{3.6} + \frac{V^2}{254 (f \pm p)}$$

D = distancia necesaria para que un vehículo se detenga completamente en metros.

V = Velocidad diseño en Km/hr.

T_{pr} = Tiempo que transcurre desde la observación del obstáculo hasta la aplicación de los frenos y se le conoce con el nombre de tiempo de percepción-reacción y depende de la velocidad del vehículo entre otros factores. Se considera razonable tomar entre 1.5 y 2.5 seg. para el T_{pr}.

F = Coeficiente de fricción, entre las llantas de hule y el piso - del camino comprendido entre 0.2 y 0.9

P = Pendiente longitudinal, expresada en céntesimos y con signo (+) si es ascendente y (-) si es descendente.

A continuación se da una gráfica para determinar la distancia de visibilidad de parada.

La pendiente longitudinal del camino, afecta a la distancia necesaria para parar, alargándola de bajada y acortándola de subida.

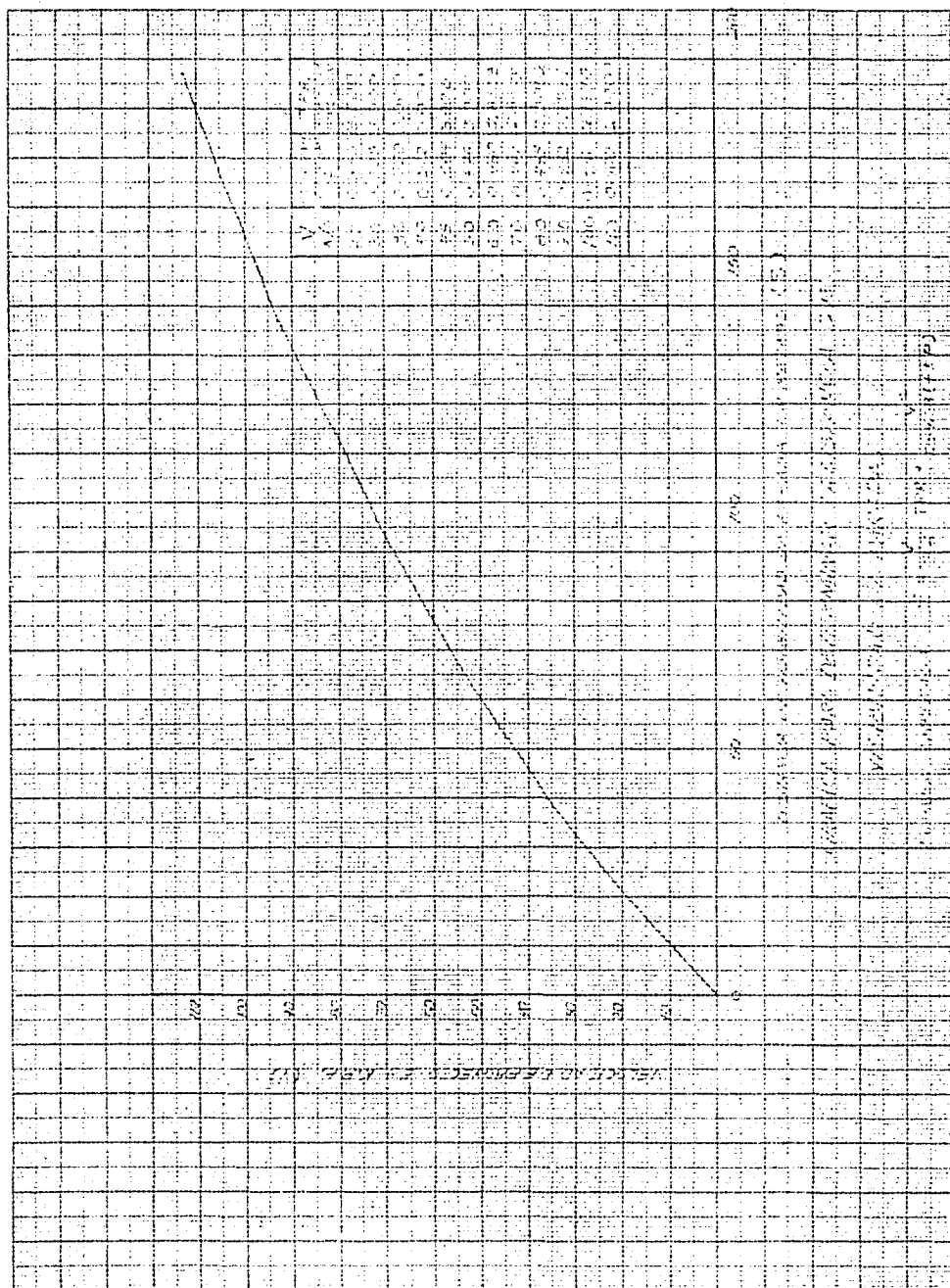
Para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada, lo más conveniente es determinar las condiciones medias del camino y con ellas calcular las distancias que deberán aplicarse a todo lo largo del mismo.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA REBASAR

De acuerdo con las especificaciones de la AASHO esta distancia es la mínima necesaria, tal que permita al conductor rebasar el vehículo con seguridad y comodidad, sin encontrarse con un tercero que viene a la velocidad de proyecto en sentido contrario, después de que haya iniciado ya la maniobra de rebase.

Para el cálculo de esta distancia intervienen varios factores entre los cuales uno de los más inciertos es la diferencia de velocidades entre el vehículo - que rebasa y el rebasado; la determinación de la distancia de visibilidad de rebase es bastante compleja por este motivo.

Para diferentes velocidades de diseño y diferencias de 10, 15 y 20 Km/hr., entre el vehículo que rebasa y el rebasado, se tienen los siguientes resultados.



DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE REBASE (D)

V	80			60			50			40			30		
M	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
d1	58.6	54.4	50.2	41.8	37.7	33.5	33.5	29.3	25.1	25.1	20.9	16.7	16.7	12.6	8.4
d2	233.7	203.2	178.6	154.3	128.7	108.4	108.4	90.1	73.9	74.6	60.2	48.8	48.8	37.2	27.8
d3	50.0	50	50.0	30.0	30.0	30.0	30	30	30	30	30	30	20	20	20.0
d4	223.2	205.3	192.5	147.9	133.9	120.5	100.4	92	83.7	67	61.4	58.0	43.5	38.5	35.1
D	565.5	512.9	471.2	374	330.3	292.4	272.3	241.4	212.7	196.7	172.5	153.5	129.0	108.3	91.3

V = Vel de diseño en Km/hr.

M = diferencia de velocidades para rebasar en Km.

d1 = distancia para tomar decisión, en M.

d2 = distancia necesaria para la maniobra de rebase en M.

d3 = distancia de seguridad para evitar colisión en M.

d4 = distancia recorrida por el vehículo en sentido contrario en M.

$$D = d1 + d2 + d3 + d4 \quad \text{en M.}$$

DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA EVITAR COLISION

ENTRE DOS VEHICULOS

Básicamente, son en los caminos de un solo carril donde se presenta - el problema de detener un vehículo ante otro que se acerca en sentido contrario.

Teóricamente la distancia para evitar la colisión debe ser el doble - de la distancia necesaria para parar.

Para la determinación de esta distancia la condición que impera es la visibilidad horizontal y para mayor seguridad para efecto de revisión de proyecto - se tomará como distancias de visibilidad para evitar colisión, el doble de la distancia de visibilidad de parada.

Por lo tanto se tendrán los siguientes valores:

CAMINO DE UN SOLO CARRIL

Velocidad de diseño en - Km/hr.	Dist. de visibilidad para evitar colisión entre dos vehículos.
40	60.0 M.
30	40.0 M.

2.- ALINEAMIENTO VERTICAL

La proyección vertical del desarrollo del eje de un camino es lo que conocemos como alineamiento vertical.

Pendiente longitudinal máxima y curvatura vertical.

Independientemente del tipo de la superficie de rodamiento, los factores que influyen en la operación de un camino son la pendiente y la curvatura.

El diseño de la pendiente debe limitarse con objeto de tener la mejor operación de los vehículos, pero, por otro lado se debe usar las pendientes máximas para lograr el menor costo de construcción.

Para el cálculo de la longitud de la curva vertical en columpio, el factor principal para su proyecto es: Distancia de visibilidad nocturna que deberá satisfacer como mínimo una distancia igual a la de parada y depende de la posición - de los faros, que se ha aceptado como valor promedio de 0.75 m. de altura. -

En ángulo del haz luminoso admitido es de 1° , medido a partir del eje del vehículo hacia arriba.

Para el cálculo de su longitud se utiliza la fórmula:

$$L = \frac{\Delta S^2}{152 + 3.5 S} \quad \text{para } S < L$$

S = distancia de visibilidad de parada

L = longitud de la curva vertical

Δ = diferencia algebraica de pendiente en %

para $S \geq L$

Se utiliza la fórmula:
$$L = 2S - \frac{152 + 3.5S}{\Delta}$$

Nota: se calculan únicamente las curvas verticales para los casos en que $S < L$, ya que esta condición nos da un cambio menos brusco de la curva vertical y además se satisface la condición de seguridad y confort para el que maneja. La longitud mínima aceptada es de 40 Mts.

A continuación se agrega una gráfica para obtener longitudes mínimas de curvas verticales en columpio con diferentes velocidades de proyecto.

CURVAS VERTICALES EN CRESTA

Una curva vertical en cresta debe cumplir con las normas de seguridad y confort de tal manera que el punto más alto no obstruya la visual del conductor, de manera que pueda ver un objeto sobre la superficie de rodamiento de 0.10 M. a una distancia como mínimo la de parada. Por especificaciones, la altura promedio del ojo del conductor a la superficie de rodamiento es de 1.15 M.

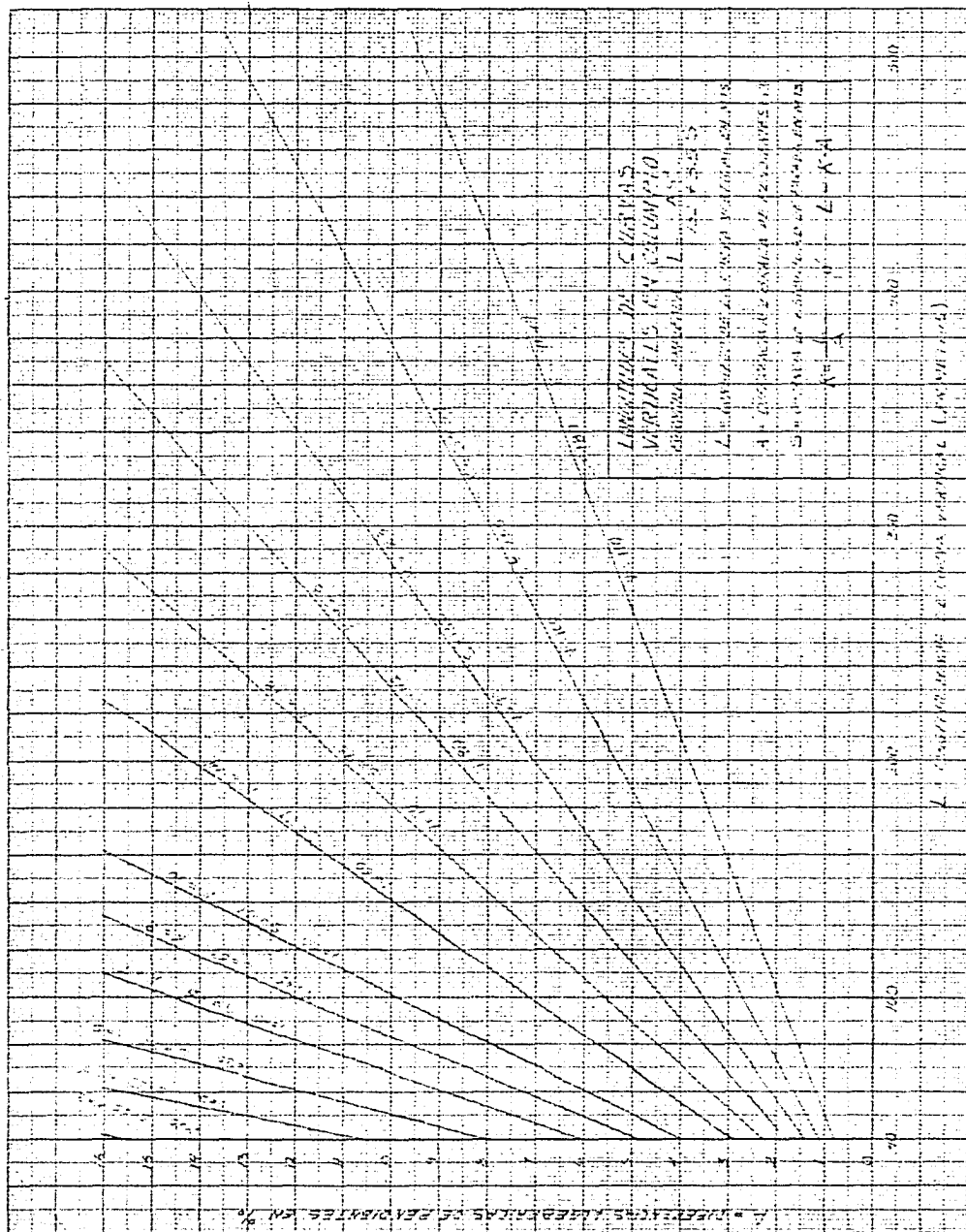
Fórmula para el cálculo de la longitud de una curva vertical en cresta:

$$L = \frac{\Delta S^2}{200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad \text{para } S < L$$

- L = Longitud de la curva vertical en cresta
 Δ = Diferencia algebraica de pendiente en %
 h_1 = Altura del ojo arriba del pavimento = 1.15 M
 h_2 = Altura del objeto sobre el pavimento = 0.10 M
 S = Distancia en metros de visibilidad de parada

Substituyendo los valores anteriores:

$$L = \frac{\Delta S^2}{384} \quad \text{para } S < L$$



LENGTH OF PENSTOCK
 VARIABLES IN EQUATION
 $L = \frac{h}{K \cdot Q^5}$

L	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000
Q	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	15.0	20.0	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	120.0	150.0	200.0	250.0	300.0	400.0	500.0	600.0
K	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	15.0	20.0	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	120.0	150.0	200.0	250.0	300.0	400.0	500.0	600.0
h	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	15.0	20.0	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	120.0	150.0	200.0	250.0	300.0	400.0	500.0	600.0

L = LENGTH OF PENSTOCK IN FEET
 Q = FLOW RATE IN CFS
 h = HEAD LOSS IN FEET PER 100 FEET OF PENSTOCK

Utilizando la distancia de visibilidad de rebase en el cálculo de la longitud de curva vertical en cresta, la fórmula es la siguiente:

$$L = \frac{\Delta s^2}{9.16}$$

En la gráfica siguiente y en función de la velocidad de proyecto se pueden obtener longitudes mínimas de curvas verticales en cresta.

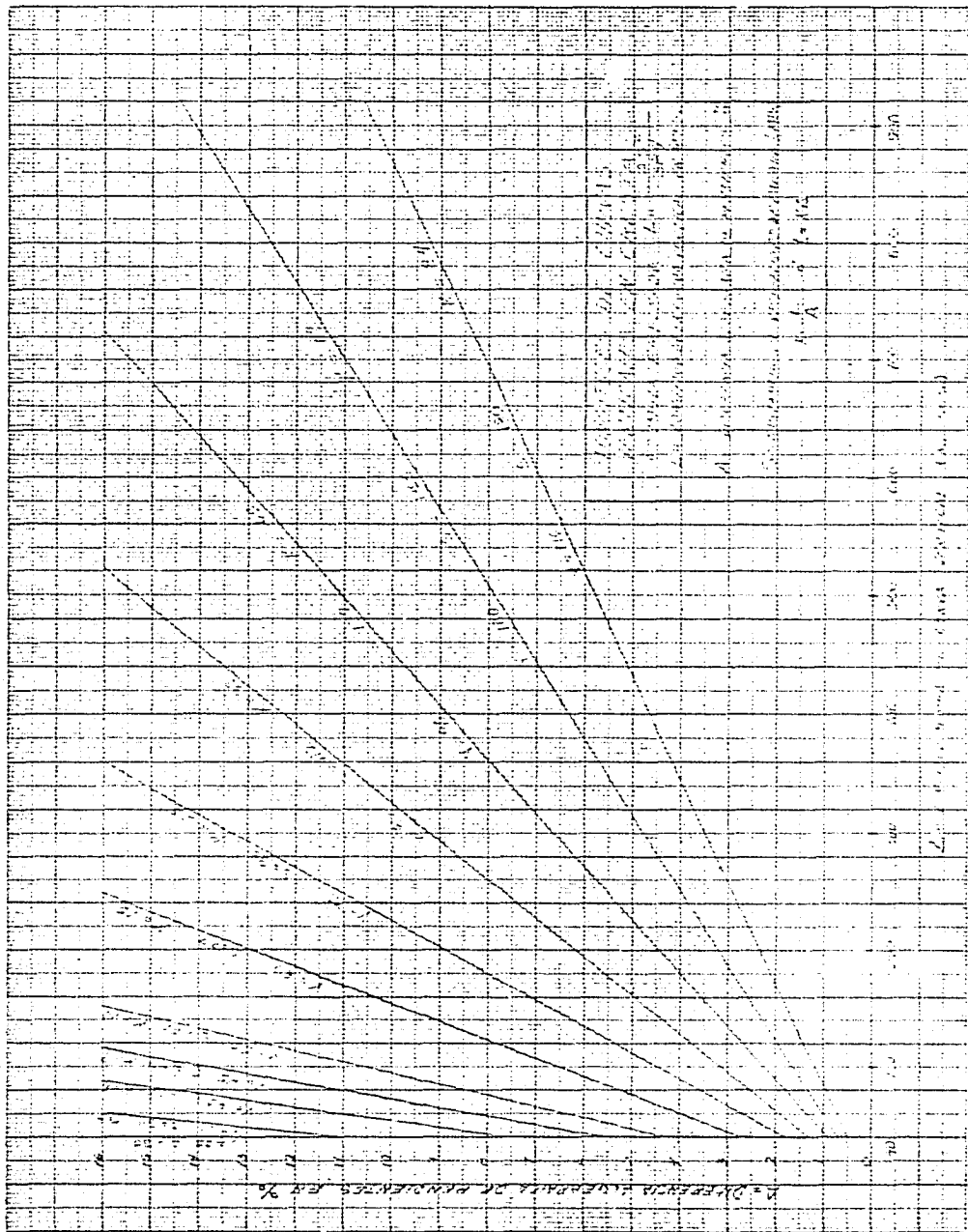
ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO ESTRUCTURAL

Tipo de superficie de rodamiento y anchos.- Se consideran tres los tipos de superficie de rodamiento:

- 1.- Asfaltada
- 2.- Revestida
- 3.- En terracería

- 1.- La superficie de rodamiento asfaltada está constituida por una - capa impermeable con resistencia al desgaste y proporciona protección a la base, de los efectos del tránsito y del intemperismo y además contribuye en ocasiones a la capacidad estructural del pavimento.

En la siguiente tabla se presentan las carpetas asfálticas que hoy en día se conocen:



CARPETAS ASFALTICAS

Elaboradas en planta o en -
el lugar mediante mezcla -
del asfalto con el agregado.

concreto asfáltico

mezcla asfáltica

cemento asfáltico
(temperaturas mayores de -
100°C en plantas especiales)

Rebajado asfáltico
emulsiones asfálticas.

Elaboradas por sistemas de
riego ó impregnación.

De un riego, incluyendo riego de sello.

Varios riegos.

Macadam.

2.- La superficie de rodamiento revestida está constituida por una capa de material seleccionado, colocada sobre la terracería. Las superficies revestidas son transitables en todo tiempo.

El material de revestimiento por lo general son aquellos que no requieren ningún tratamiento de trituración o cribado, poco o nada cohesivos y con tamaños máximos de 3" (76 mm), para que su costo no sea excesivo. Sin embargo es poco común encontrar materiales adecuados para revestimiento, en bancos que no requieren tratamiento de trituración, por lo que en algunos casos es necesario disgregarlos y en otros hasta cribarlos y triturarlos parcialmente.

El material de revestimiento se debe extender sobre la terracería, en una capa de no menos de 10 cm de espesor y es preferible compactarlo, aunque sea medianamente, a fin de lograr un cierto grado de impermeabilidad.

3.- Por último, se puede utilizar la simple terracería como superficie de rodamiento, aunque en algunos tramos debido a la mala calidad del material, en tiempo de lluvias, sea intransitable por lo que es necesario mejorar esa parte del camino con material de revestimiento, en espesores menores de 10 cm.

En los caminos asfaltados la superficie de rodamiento la constituye la carpeta asfáltica, en los revestidos y terracerías la superficie de rodamiento es toda la corona del camino.

CARGA PARA DISEÑO Y DIMENSIONES DE CAMIONES

Para el cálculo de la estructura de un camino se considera la carga viva, paso de los vehículos despreciando la carga de peatones.

A continuación se dan las cargas para diseño de caminos, recomendadas por la AASHO.

La carga H corresponde a un camión de dos ejes o su equivalente de una carga uniformemente repartida y una concentrada. A continuación de la letra H se coloca un número (10, 15 ó 20) que indica el peso bruto en toneladas de - 2000 libras, la distancia entre los ejes del camión es de 14' (4.27 m) y en el - eje tracero cae el 80% del peso y el 20% restante, en el eje delantero.

La carga HS corresponden a un camión de dos ejes, con un remolque de un solo eje ó su equivalente de una carga uniformemente repartida y una concentrada. A continuación se coloca un número (15 ó 20) que representa en toneladas de 2000 libras, el peso bruto del camión-tractor.

El 80% del peso bruto del camión-tractor cae en sus respectivos ejes posteriores y el 20% en el eje delantero.

La distancia entre los ejes del camión-tractor es de 14' (4.27 m) - y la distancia entre el eje posterior del camión tractor y el eje del remolque varía de 14' (4.27 m) a 30' (9.15 m), escogiéndose para el cálculo la que produzca los mayores esfuerzos.

El ancho máximo de un vehículo cargado o vacío, será de 8' - - (2.44 m). La altura máxima de un vehículo, vacío o cargado será de 12'6" - (3.81 m) y la longitud máxima incluyendo defensas, etc. será de 35' (10.67 m). La longitud máxima, de una combinación HS, incluyendo defensas, será de 50' - (15.25 m). Cualquiera otra combinación de vehículos, que nunca comprenderá más de dos unidades, tendrá una longitud máxima de 60' (18.30 m) incluyendo defensas.

DRENAJE

Fundamentalmente el objeto del drenaje es la eliminación del agua ó humedad que en cualquier forma pueda perjudicar al camino; ésto se logra evitando que el agua llegue a él, o bien dando salida a la que le llega.

Hay dos clases de drenaje: superficial y subterráneo de acuerdo con el funcionamiento del escurrimiento del agua.

El drenaje superficial tiende a eliminar el agua que escurre hacia el camino o sobre el camino.

El drenaje superficial comprende dos aspectos: uno es el que trata - de evitar que el agua llegue al camino por medio de obras que lo protejan, tales - como las contracunetas, de sección trapezoidal, canales para proteger los tramos a - pelo de tierra o en terraplen, bordos igualmente para protección; alcantarillas y - puentes, estas dos últimas tienen como objeto permitir el tránsito en el camino. El otro aspecto es el que trata de eliminar el agua que inevitablemente llega al cami - no, por medio de estructuras especiales tales como: el bombeo de la superficie de - rodamiento y las cunetas.

El drenaje subterráneo tiene por objeto eliminar el agua que se en - cuentra bajo la superficie cuando constituya un peligro para la estabilidad del cami - no. Los efectos perjudiciales a esta agua se pueden impedir mediante: capas de ma - teriales que aíslan; compactación de capas de materiales; y obras auxiliares como: - líneas de tubos con juntas abiertas y paredes perforadas y drenes ciegos con ó sin - tubos.

DERECHO DE VIA.

Según la SOP el derecho de vía es: " El terreno que se requiere pa - ra el establecimiento, protección y operación de una vía de comunicación y/o sus -

servicios auxiliares ". Y recomienda los siguientes anchos mínimos:

CAMINO	ANCHO MINIMO DE DERECHO DE VIA EN M.	
Primer orden	20.0	a cada lado del eje.
Segundo orden	20.0	
Tercer orden	15.0	

El Ingeniero Rene Etcharren G. en su Manual de Caminos Vecinales - sugiere las siguientes recomendaciones generales para el diseño de caminos:

1.- De acuerdo con las necesidades propias del camino de que se trate, pueden intercambiarse especificaciones geométricas y estructurales de los diversos órdenes de camino, ya sea por conveniencia económica o para satisfacer requisitos propios del camino. Esta flexibilidad permite resolver las condiciones especiales que puedan presentarse en un camino, sin aumentar las especificaciones ni ampliar la gama de caminos.

2.- El alineamiento debe ser lo más directo posible, pero apegado a la topografía. Se evitarán tangentes largas que materialmente corten un terreno accidentado, produciendo un alto costo de construcción. Sin embargo, no se debe abusar de la curvatura. El diseño más adecuado tendrá el debido balance entre estas dos condiciones extremas, de acuerdo con la importancia del camino.

3.- La curvatura máxima para una velocidad de diseño determinada, debe utilizarse con mesura a fin de no producir un diseño con alineamiento sumamente incómodo.

4.- En los extremos de tangentes largas no se colocarán curvas de radio pequeño.

5.- No debe pasarse de un tramo de curvas suaves a uno de curvas forzadas, sin que exista una zona de transición.

6.- Cuando entre curvas contiguas de mismo sentido escasamente se lo gra la tangente mínima especificada, deben sustituirse por una sola curva.

7.- Deben evitarse las curvas compuestas, sobre todo en tramos con ve locidad de diseño de más de 60 Km/hr.

8.- No debe haber gran diferencia de radio entre dos curvas contiguas, de sentido contrario.

9.- En deflexiones pequeñas se colocarán curvas de radio grande.

10.- El alineamiento horizontal debe estudiarse simultáneamente con el vertical.

11.- En el diseño se procurará que el perfil tenga curvas verticales suaves y largas, y se evitarán tangentes verticales suaves y largas, y se evitarán tangentes verticales cortas y numerosos cambios de pendiente, salvo en los caminos de tercer orden.

12.- Cuando coincidan una curva horizontal y una vertical si ésta es convexa se estudiará el diseño de manera que el conductor de un vehículo no pierda visibilidad de la curva horizontal.

Si la curva vertical es cóncava, se verificarán las condiciones de visibilidad nocturna.

13.- En los terraplenes se evitarán las curvas convexas de escasa visibilidad y en los cortes en cajón las curvas cóncavas, por los problemas de drenaje que ocasionan.

14.- Se procurará evitar curvas de radio corto en cortes profundos en cajón porque no se ajustarán seguramente los requisitos de visibilidad.

15.- Los cruces de ríos y arroyos se harán, siempre que económicamente sea posible, en ángulo recto.

16.- Las alcantarillas se diseñarán preferentemente con el alineamiento y pendiente del cauce natural. En terrenos planos con escurrimientos que divagan, es aconsejable rectificar los cauces, pero ubicando la entrada y salida de la alcantarilla o de los canales de rectificación en puntos del antiguo cauce y al nivel original.

17.- Debe evitarse el diseño de caminos paralelos a la línea de máxima pendiente del terreno, en longitudes de consideración y en terraplen continuado, por los deslaves que el agua produce en los terraplenes.

II. 4.- MÉTODOS GENERALES DE PROYECTO DE VIAS TERRESTRES

1.- SISTEMA TRADICIONAL

Los pasos a seguir en un trabajo común terrestre, para obtener la topografía

El fin del terreno y diseñar un camino son los siguientes: reconocimiento y localización; trazo preliminar; nivelación y datos para topografía preliminar; nivelación y datos para topografía preliminar; proyecto del trazo definitivo y su trazo en campo; nivelación definitiva; secciones de construcción; estudio geotécnico de suelos en campo; pruebas de laboratorio de suelos; localización y trazo de obras de drenaje; estudio definitivo de curva-masa; dibujo de plantas y perfiles definitivos; cálculo de obras de drenaje; y procedimientos de construcción.

Una vez tomada la decisión de estudiar un camino, se procede a efectuar un reconocimiento de la zona en la cual se ubicará éste. El ingeniero deberá hacer el reconocimiento con un mapa en la mano ó un mosaico aerofotográfico si es posible, una brújula y un alfiler o nivel abney. Dicho reconocimiento puede ser: aereo, terrestre o mixto. Este primer reconocimiento tiene como fin, visualizar ampliamente los puertos, cañadas, cruces de corrientes, parte aguas, etc. por donde se llevará el trazo del camino, de tal manera poder determinar en una forma aproximada las pendientes con que se estudiará el camino en cada zona.

En un segundo reconocimiento, el ingeniero deberá hacer el recorrido a pie, a caballo o en un vehículo tipo campero o rural; en él se requiere la observación directa del terreno y sus características y se recabarán todos los datos generales de la ruta, proporcionando información suficiente sobre: ubicación, longitud; finalidad; puntos importantes que toca o cruza; alineamiento; pendientes; clase de terrenos atravesados; drenaje; ubicación de bancos de material; volúmenes probables y otros datos como: vías de comunicación próximas; escasez ó abundancia de mano de obra; si existe algún camino ó brecha y su estado actual; condiciones climáticas de la región; etc.

La localización tiene por objeto fijar los puntos obligados, dentro de la ruta del camino.

Antes de proceder a la localización es preciso definir la ruta, tomando en cuenta las poblaciones y rancherías que tocará el camino; las zonas ganaderas, agrícolas o industriales; los sitios atractivos para el turismo, etc. Una vez fijados todos los puntos principales de la ruta, procede la localización de los puntos obligados intermedios, dependientes de la topografía del terreno, de sus características físicas o geológicas.

La mejor localización de un camino es la que, con el menor costo de construcción, produce el mínimo costo de operación del tránsito actual del camino y del que tendrá en un futuro de diez años, sin necesidad de modificaciones de importancia.

El trazo preliminar consiste en unir todos los puntos de control, hecho en la localización, con distancias y ángulos, mediante una poligonal abierta. Se emplea tránsito de un minuto de lectura y cinta métrica para la ejecución del mismo. El cadenamiento se hace corrido desde el origen dejando trompos y estacas en cada estación de 20 metros, así como, en los puntos de inflexión de la poligonal. Poster

mente este trazo se dibuja en un plano a escala 1:200, por coordenadas.

La nivelación preliminar se hace al trazo definitivo para tener un perfil representativo de los quiebres del terreno. Para esta nivelación se usa un nivel fijo de anteojo y estadales de 4 metros, al perfil obtenido se dibuja en papel milimétrico con escala horizontal 1:2000 y vertical 1:200

Una vez realizado lo anterior se determina la configuración del terreno, tomando secciones normales al trazo definitivo en cada estación de 20 metros. Los puntos de misma cota en el terreno se unen formando la curva de nivel correspondiente, y se dibujan estas curvas en la planta del trazo preliminar con tinta china.

El proyecto del trazo definitivo y su trazo en el campo se ejecuta sobre la planta topográfica y consiste en una serie de tangentes ligadas con curvas, cuyo trazo en la planta se dibuja con escuadras y con escantillones de las curvas para los diferentes grados de curvatura y la escala de trabajo. A cada trazo propuesto se le hace un perfil deducido y se le proyecta una rasante tentativa, una vez que se han hecho varios tanteos del trazo, se comparan sus perfiles con el fin de determinar el más económico y que será el definitivo. Su trazo en el campo se ejecuta con tránsito de un minuto de lectura y con cinta y plomados para su cadenciamento. Posteriormente se dibuja el trazo en papel albanene o cronaflex y a escala, 1:2000 anotando todos los elementos geométricos que determinan el trazo en la planta.

En seguida se corre una nivelación, que será la definitiva por todos los trompos de las estaciones del trazo definitivo, determinando sus elevaciones así como, de los puntos intermedios que determinan los quiebres del terreno, esta nivelación se hace con nivel fijo y posteriormente se dibuja en papel milimétrico a escalas: horizontal, 1:2000 y vertical 1:200

Las secciones de construcción se toman en cada estación de 20 metros del trazo definitivo con el fin de conocer el perfil transversal en dichas estaciones y calcular los volúmenes de terracería del camino. Las secciones de construcción se dibujan en papel milimétrico a escalas horizontales y verticales de 1:100

Mediante la ejecución de sondeos a cielo abierto o con tomas de muestras alteradas con posteadora, se procede hacer el estudio geotécnico de suelos en campo, con el fin de determinar las siguientes características de los suelos: coeficiente de abundamiento o reducción para los grados de compactación de 90, 95 y 100 % en función del peso volumétrico seco máximo según pruebas proctor o porter modificadas por la SOP. Se determina también la clasificación geológica y profundidad de cada estrato para el empleo en la construcción del camino. Los sondeos se ejecutan a cada 100 mts. sobre el trazo en planta o cada vez que cambia el material.

Una vez que se han tomado las muestras de los suelos en el campo se llevan al laboratorio para hacerles las pruebas siguientes: granulometría; contracción lineal; coeficientes de abundamiento o reducción; humedad óptima y natural, y límites de plasticidad.

La localización y trazo de obras de drenaje se lleva a cabo mediante un tránsito de un minuto de lectura y un nivel fijo dejando como mínimo, dos bancos de nivel a cada lado del trazo del camino y sobre el eje de la obra; trazando el eje de cada obra de drenaje para los diversos escurrimientos que cruzan el trazo definitivo. Posteriormente se dibuja el perfil de cada obra, y en función de la profundidad de desplante, recomendada por el estudio geotécnico, se tantea la plantilla de cada una de las obras.

Para el estudio definitivo de curva-masa básicamente consiste en proyectar una rasante tal que sea la más económica para el movimiento en terracerías. Entonces se grafica la ordenada de curva-masa en el perfil definitivo y se estudian las diferentes compensadoras para el movimiento de terracerías, estas compensadoras se calculan en función de los precios unitarios y los coeficientes de abundamiento de los materiales. Finalmente, se calculan las cantidades de obra para construcción.

El dibujo de planos y perfiles definitivos se hace en papel albanene, en el cual deberán ir anotados el tipo de obra y los datos del trazo para su ejecución en el campo, normalmente se les dibuja una faja de 20 ó 30 mts. de topografía a cada lado del eje del trazo y se indica el límite del derecho de vía.

Para el cálculo de las obras de drenaje, como se dijo anteriormente, se dibuja el perfil de cada obra y partiendo de la sección definitiva de curva-masa se calculan las dimensiones de la sección en función del ángulo de esviamiento para determinar la longitud de la obra, posteriormente se adapta el proyecto tipo de obra; siguiendo las normas de los "Proyectos tipo para obras de drenaje de la SOP" y se dibuja el plano constructivo correspondiente.

Anteriormente se dijo que, el proyecto de rasante y la determinación de la ordenada de curva-masa se hace sobre el perfil definitivo. Ahora bien, sobre este plano se dibujan todos los movimientos de terracerías, tanto sobre acarrees como préstamos laterales y de banco para la formación del cuerpo del terraplen así como para la capa subrasante.

Los procedimientos de construcción son básicamente las normas, las recomendaciones y los sistemas que se siguen, para realizar en forma técnica y adecuada todas y cada una de las partes que integran un camino las cuales se anexan al perfil definitivo.

BREVE INTRODUCCION A LA FOTOGRAMETRIA Y SU APLICACION AL PROYECTO DE VIAS TERRESTRES

2.- PROCEDIMIENTO FOTOGRAMETRICO ELECTRONICO.

Recientemente se ha desarrollado un procedimiento para el diseño geométrico, basado en la fotografía aérea y en el empleo de equipo electrónico.

El método " fotogramétrico electrónico " se ha estado utilizando en nuestro país con muy buenos resultados, ya que con él se obtienen economías considerables en el costo de los proyectos, debido a la rapidez y eficiencia que se alcanzan con la aplicación del mismo.

FOTOGRAMETRIA.- Es la ciencia que nos permite obtener medidas por medio de la fotografía. Y por lo que hace a su aplicación al diseño del camino, se obtiene a base de fotografía aérea, generalmente con el eje de la cámara en posición vertical y a una altura de vuelo constante.

Otro tipo de fotografía especializada nos permite conocer la geología, factor importante en la ubicación del camino en el terreno. Si de una misma superficie se toman dos fotografías desde diferentes puntos y si son acomodadas debidamente y observadas simultáneamente, darán al verlas la impresión de relieve, a esta visión se le llama estereoscópica y para facilitar esta observación se emplea al estereoscopio que nos permite ver al par de fotografías también llamadas estereoscópicas, produciendo un efecto de tercera dimensión.

Las fotografías se obtienen con cámara aéreas de funcionamiento automático utilizando película o placa de vidrio. Cuanto mejor sea la calidad de la fotografía obtenida, mayor será la economía en la restitución fotogramétrica y la seguridad para interpretar las fotografías aéreas.

La Restitución.- Es la representación en planos a determinada escala, de las características topográficas del terreno y se obtiene a partir de un par estereoscópico observado en el aparato respectivo. Los aparatos de restitución elaboran planos que representan fielmente la imagen del terreno a la escala que se requiere. Todos los aparatos de restitución se basan en el principio estereoscópico, aprovechando un par de diapositivas tomadas de las fotografías aéreas con sobrecapación longitudinal del 60%, las cuales son colocadas en los porta placas y orientadas interior y exteriormente mediante el conocimiento de las coordenadas de puntos de control terrestre. Al quedar orientadas las diapositivas, los rayos proyectados desde las mismas se intersectan materializando una imagen plástica del terreno llamado " Modelo ". Este aparecerá de acuerdo a la escala a la que se puso la base (distancia entre proyectores), y podrá ser medido tridimensionalmente.

El desplazamiento aparente de un objeto con respecto a un origen, cuando cambiamos de punto de vista, se llama " Paralaje " .

Los pasos sucesivos que deben darse para llegar a un plano topográfico son los siguientes:

- o vuelos fotográficos
- o fijación de controles en el terreno
- o interpretación estereoscópica
- o dibujo

Actualmente para trabajos de medición de la distancia entre dos puntos, se cuenta con aparatos tipo radar, como el telurómetro y el geodímetro, que miden el tiempo que tarda en llegar de un punto a otro, una microonda de radio - o un rayo luminoso y a base de ese tiempo determinan la distancia. Estos aparatos son portátiles y muy simples en su manejo y de una precisión que equipara a la de las mediciones directas. Midiendo la inclinación entre los dos puntos pueden obtenerse las distancias horizontales y los desniveles.

La aplicación de las computadoras electrónicas al método fotogramétrico es básico, pues los datos obtenidos deberán ser procesados rápidamente para la determinación del proyecto y no perder tiempo ganado en la fotogrametría.

Por otra parte, la forma de obtención de la mayoría de los datos facilita más el empleo de estas computadoras; ya que los datos del terreno, perfiles longitudinales y transversales obtenidos fotogramétricamente, se reciben en cintas o tarjetas perforadas.

Debida a la sistematización de los datos que se obtienen en la aplicación del método en todas las etapas del estudio de un camino, resulta muy conveniente por su costo, aplicar el cómputo electrónico no solo en la etapa de diseño - sino aplicarlo en todas las etapas del método, como por ejemplo: para el cálculo de las aerotriangulaciones, transformación de coordenadas, orientaciones de la base, etc.

I.- Para facilitar el estudio de un camino, mediante la aplicación - del método fotogramétrico electrónico, se le ha dividido en tres etapas principales:

- I.- Selección de ruta.
- II.- Anteproyecto.

III.- Proyecto definitivo.

Las principales actividades que forman el procedimiento general utilizan el 80% de una u otra forma fotogrametría, computación electrónica o ambas.

En la " primera Etapa " del trabajo está destinada a recabar información de planos cartográficos existentes, a fotografías aéreas de estudios anteriores realizados por otras dependencias federales o particulares, con el fin de hacer la localización a base de reconocimientos. Debido a la precisión que se persigue en esta etapa, no es necesario elaborar un plano de escala grande; ya que con un levantamiento fotográfico a escala 1:50,000 y valiéndose de un aparato de restitución de primer orden nos es posible elaborar un plano a escala 1:10,000 con curvas a nivel a cada 10 mts. de la zona que nos interesa, con el fin de proceder a la selección de las rutas.

" Segunda Etapa " .- Anteproyecto.- Mediante vuelos fotográficos, previo apoyo terrestre, se toman fotografías aéreas a escala 1:5000 y mediante un autógrafo se obtienen planos fotogramétricos en los que se estudia el proyecto definitivo sobre la ruta seleccionada.

" Tercera Etapa " .- Proyecto Definitivo.- Previo otro apoyo terrestre, se efectúa un tercer vuelo fotográfico sobre el eje del camino a una escala mayor que en el anterior vuelo fotográfico. Con las diapositivas de este vuelo y un aparato de restitución de primer orden previsto de una registradora eléctrica de coordenadas, se registran en una tarjeta las coordenadas de los puntos que componen el perfil del eje del camino, así como también de las secciones transversales. Con los datos anteriores y los de la rasante como: puntos de inflexión, radios de curvatura, coeficientes de abundamiento o reducción del terreno, etc. y valiéndose de una computadora electrónica en la que previamente se han programado las instrucciones para esta clase de trabajo, se obtendrán los datos del proyecto definitivo del camino.

Se describe, a continuación, los pasos a seguir en el proyecto de un camino mediante el procedimiento fotogramétrico electrónico dentro de las etapas principales del mismo.

I.- Selección de ruta.

1.- Reconocimiento aéreo y determinación de puntos obligados.

Esta fase del proyecto se efectúa, utilizando un avión de baja velocidad de traslación y un helicóptero. Con estos aparatos se obtiene magnífica visibilidad pues se observan mejor los detalles del terreno para una determinación más precisa de las rutas probables así como sus zonas de influencia económica, política, geológica e hidrográfica, de cada una de ellas.

1.- 2.- Vuelo a escala 1:50000

Una vez determinado la faja de terreno que contendrá las diferentes rutas probables, se efectúa el vuelo fotográfico a escala 1:50000, con el objeto - de contar con el menor número de fotografías que permitan la observación de la - mayor área posible.

Las placas fotográficas, para que tengan una visión estereoscópica, tendrán una sobreposición longitudinal de 60% a 80% para cada línea de vuelo y una sobreposición transversal de 20% al 30% cuando se tenga fajas de vuelo adyacentes.

1.- 3.- Apoyo terrestre para vuelos a escala 1:50000.

El apoyo a control terrestre es un trabajo topográfico llevado a cabo en el campo y cuyos datos sirven para el proceso de restitución.

La ejecución consiste en situar en campo marcas especiales a distancias previamente fijadas, las cuales se construyen con piedras, carton, madera, etc. y posteriormente se pintan con cal o pintura, de tal manera que aparezcan en las fotografías al hacer el vuelo. Posteriormente se miden los ángulos, las distancias y los desniveles con los aparatos siguientes:

- a).- Aparatos electrónicos de medición de distancias, como el telurómetro y el electrotape.
- b).- Tránsitos de 1" de aproximación.
- c).- Niveles fijos de precisión.

1.- 4.- Restitución a escala 1:10000 y estudio de alternativas.

- a).- Restitución a escala 1:10000 en los proyectores Kelsh.

El Kelsh es un aparato fotogramétrico que utiliza el sistema de anaglifos (forma de obtener estereoscopia mediante la proyección simultánea de dos fotografías superpuestas entre sí asignándole a cada una colores complementarios rojo y azul verde, mediante filtros. El resultado es que cada ojo ve su perspectiva correspondiente y por lo tanto, percibimos el relieve) para permitir la visión estereoscópica; es similar en sus principios generales al Balplex.

El Balplex es un aparato de restitución que utiliza el sistema de anaglifos y permite levantar el plano de comparación (mesa de trabajo) hasta llevarlo a la altura promedio de los modelos y poder apreciar así toda la fotografía en relieve.

El estereocompilador Kelsh reproduce la forma natural del terreno por medio de doble proyección óptica, cuyas imágenes proyectadas corresponden a dos -

fotografías aéreas traslapadas 60% y debidamente orientadas entre sí. El Kelsh es utilizado para el trazo de planos a escala 1:10000 con curvas a nivel a cada 10 metros. Estos planos nos proporcionan la configuración del terreno necesaria para la elección de rutas.

b).- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

El ancho de la faja del plano topográfico puede ser hasta de 11 Kms. lo que permite efectuar el anteproyecto de varias rutas que deban satisfacer las especificaciones generales de alineamientos horizontal y vertical, dependiendo del tipo de camino en estudio, tomando en cuenta la información geológica, hidrológica y las recomendaciones de sitios de cruce que se han estudiado previamente y en base a esto se determina el trazo en planta y perfil del eje del camino.

El objeto del estudio de alternativas es la determinación de los costos de construcción, operación y mantenimiento y asimismo, analizar la relación beneficio-costos para las diferentes alternativas posibles y elegir la más conveniente.

c).- RECONOCIMIENTO TERRESTRE Y SITIOS DE CRUCE.

Con la información obtenida de los incisos anteriores, contamos con los elementos necesarios para llevar a cabo un estudio mejor orientado a una solución definitiva, pues esto nos permite concentrarnos en una o dos fajas de terreno de unos dos kilómetros de ancho cuyas características topográficas, geotécnicas, hidrológicas y agronómicas, será necesario detallar para alojar el camino.

El localizador dirige su atención a los aspectos topográficos del terreno y desecha las zonas que resulten inadecuadas. El geotécnico enfoca su atención en la estabilidad y disponibilidad de los materiales y finalmente el economista hace un estudio del aspecto socioeconómico de la zona.

II.- ANTEPROYECTO.

Una vez que ya se tiene bien definida la ruta a seguir, se elabora el anteproyecto bajo la siguiente secuencia:

II.- 1.- Vuelo a escala 1:10.000.

Sobre la ruta definida en mosaicos fotográficos a escala 1:50000 se ejecuta el vuelo a escala 1:10000, siguiendo las especificaciones de la Asociación Americana de Fotogrametría.

II.- 2.- Apoyo terrestre para vuelo 1:10000.

Contando con las fotografías del vuelo anterior, se ejecuta en campo una poligonal nivelada o bien se emplean cadenas de triangulación, con el fin de -

tener puntos sobre las fotografías identificados en el terreno referidos a distancia y desnivel con respecto a un origen pre-establecido.

II.- 3.- Análisis en Balplex.

Para delimitar la faja de restitución fotogramétrica, básicamente, se emplean las fotos de vuelo 1:10000 así como las coordenadas que resulten del cálculo del apoyo descrito en el inciso anterior y se procesan en el Balplex, en el cual se tantea toscamente el trazo definitivo en planta y perfil sobre los modelos-fotogramétricos y se limita en las fotografías la zona en la cual deberá quedar comprendido este trazo.

II.- 4.- Restitución.

Una vez seleccionada la ruta se procede a elaborar un plano topográfico a escala 1:2000 con curvas de nivel a cada uno o dos metros según la topografía del terreno, mediante el aparato de restitución autógrafo wild A-7 ó A-8 y cuya faja topográfica tendrá un ancho medio de unos 200 metros.

II.- 5.- Vuelo a escala 1:5000.

Después de lo anterior, se procede a efectuar un tercer vuelo fotográfico a escala 1:5000 sobre la poligonal de referencia que, con base a ésta, se trazará la línea del proyecto definitivo.

Previo el levantamiento fotográfico de escala 1:5000 se lleva a cabo en el campo una nueva poligonal de apoyo cuya longitud de cada lado de la misma deberá ser de 300 metros aproximadamente y se alajará paralelamente al eje que se proyectó. A cada vértice de la poligonal se le pondrá una mojonera del concreto con una señal conveniente de tal manera que aparezcan en las fotografías. Posteriormente este apoyo terrestre se procesa en la computadora.

II.- 6.- Matemización del trazo definitivo.

Utilizando los planos restituidos a escala 1:2000 se dibuja el trazo del camino y se deduce su perfil respectivo sobre el cual se traza una sub-rasante tentativa, en seguida se procede a obtener los datos necesarios para que la computadora nos revise el trazo respectivo, conforme a las especificaciones geométricas para el tipo de camino en cuestión.

Una vez satisfecho el requisito anterior, se procede a localizar matemáticamente el proyecto mediante el mismo programa.

El alineamiento horizontal es definido gráficamente para el proyectista, pero el cálculo del mismo lo realiza la computadora dando solamente las coordenadas por cada tangente y el grado de curvatura de las curvas de enlace, además se

encarga de calcular las curvas de transición, de asignar kilometrajes, calcular las ampliaciones y sobre elevaciones correspondientes a las curvas, y además calcula las ecuaciones matemáticas del eje del camino.

III.- Proyecto definitivo.

Una vez efectuados los estudios de la segunda etapa, Anteproyecto, - se hacen los correspondientes al proyecto definitivo los cuales se describen a continuación:

III.- 1.- Funcionamiento preliminar del drenaje.

Al referirnos al trazo de una línea en el terreno, se ha visto que - existen puntos obligados motivados por el drenaje, buscando primordialmente trazar la línea de referencia sobre suelos naturalmente drenados y permeables, fijan los cruces de ríos, arroyos, canales, barrancas, etc. procurando el mayor funcionamiento y economía de la obra.

Para el cálculo de las obras de drenaje es necesario contar con bastante información y en este caso la intervención de la fotogrametría es fundamental por los datos geológicos, hidrológicos y topográficos que nos proporcionan los distintos levantamientos aerofotográficos.

Las etapas para el estudio y proyecto del drenaje son las siguientes:

- 1.- Localización de la corriente y el área de la cuenca.
- 2.- Elección del cruce adecuado.
- 3.- Determinación del gasto máximo.
- 4.- Tipo de obra y proyecto de la misma.

1.- Localización de la corriente y el área de la cuenca. Los planos cartográficos y las fotografías aéreas a escala 1:50000 ó 1:10000 nos brindan valiosa ayuda para definir corrientes de importancia y determinar el área de las cuencas de cada corriente por cruzar con la línea del camino, obtener la densidad y tipo de vegetación, tipo de la capa superficial y declive del terreno.

2.- Elección del cruce adecuado.- Una vez determinado en el terreno una zona de posibles cruces, esto es con el objeto de no forzar la línea a un solo lugar y tener varias probabilidades de cruce, se elegirá el que llene los requisitos siguientes:

Dar acceso posible al proyecto sin que signifique un desarrollo anti-económico al camino; cauce estable, definido y del menor ancho posible; buen te-

rreno de cimentación, etc.

3.- Determinación del gasto máximo.- Para la determinación del -
gasto máximo es necesario contar con los datos siguientes: área de captación de -
la cuenca; datos pluviométricos y estaciones de aforo. El área de captación de la
cuenca la podemos obtener mediante los planos topográficos y fotografías aéreas -
verticales.

En estaciones pluviométricas obtendremos los datos de las precipitaciones,
tales, como, altura, duración y frecuencia de las precipitaciones.

Las estaciones de aforo tienen como finalidad determinar el gasto en
corrientes importantes.

4.- Tipo de obra y proyecto de la misma.- Con los datos de los -
incisos anteriores, es posible hacer un estudio y definir el tipo de obras en infraes-
tructura y superestructura.

Para el estudio de las alcantarillas y obras menores el proyectista uti-
liza las plantas fotogramétricas de escala 1:2000 en las cuales define los escurride-
ros pequeños que ameritan obras menores de 6 metros de claro. Una vez determina-
do el gasto y con la sobrasante definida en el perfil, se elige el tipo de obra apro-
piada, alcantarilla de tubo, losa, bóveda, etc.

III.- 2.- Estudio geotécnico.- El objeto de este estudio es la deter-
minación de los coeficientes de abundamiento o reducción para los materiales de los
diversos estratos y su clasificación geológica para fines de presupuesto.

El estudio geotécnico se lleva a cabo mediante sondeos en el campo,
y las muestras de los materiales de los diferentes estratos se llevan al laboratorio -
donde se estudian sus propiedades mecánicas, y conocer el uso que se le dará a ca-
da material así como los taludes para corte y terraplen y obtener los datos para la -
cimentación de las alcantarillas.

III.- 3.- Seccionamiento.

Las dimensiones y forma geométricas de cada sección transversal de -
construcción, se determinan por el procedimiento fotogramétrico electrónico, necesi-
tando para ello los datos estratigráficos del subsuelo que se obtienen de los sondeos
efectuados en el campo; los datos de sobre-elevaciones y los del alineamiento verti-
cal (definidos por el kilometraje y la elevación de los puntos de inflexión y la lon-
gitud de curva correspondiente) todo esto a partir del trazo definitivo en planta.

Actualmente se tienen 15 secciones tipo que comprenden todos los ca-
sos de corte y terraplen vigentes para la generalidad de los proyectos.

III.- 4.- Estudio de curva masa.

La curva masa es un diagrama en el cual cada punto tiene como abscisa la distancia fijada por el cadenamamiento del eje del camino y como ordenada el volumen de las terracerías correspondiente al cadenamamiento de un punto determinado. Los volúmenes acumulados se obtienen por suma algebraica; considerando a los volúmenes de corte como positivos y los de terraplen como negativos.

Mediante el uso de la curva masa se pueden hacer compensaciones entre cortes y terraplenes y determinar las distribuciones de los volúmenes excavados y calcular su costo. Además nos permite precisar los volúmenes de corte que conviene acarrear y el lugar más apropiado de su destino. Por lo tanto nos servirá también para sugerirnos las modificaciones que convenga hacerle a la subrasante o al trazo.

Con los resultados del seccionamiento se dibuja el perfil longitudinal del terreno y tomando en cuenta todos los factores que afectan el alineamiento vertical se ensaya una subrasante con la que debe correrse el primer proceso de curva masa.

En esta etapa, la intervención de las computadoras electrónicas es definitiva, ya que su empleo nos evita el trabajo que representa el cálculo de los elementos del alineamiento vertical, el dibujo y proyecto de cada sección de construcción y el área de cada una de ellas, el cálculo de los volúmenes geométricos en los distintos estratos de corte y terraplen, así como los abundados o reducidos y el cálculo de las ordenadas de curva masa.

III.- 5.- Estacamiento para el trazo definitivo.- Los datos para el estacamiento del eje del camino son proporcionados por la computadora electrónica una vez que se decidió el trazo definitivo. El programa de cálculo respectivo requiere de los datos de las coordenadas de la poligonal de referencia y de los datos de la matematización del alineamiento horizontal, y una vez procesados por la computadora contamos con los datos necesarios para localizar el trazo en el campo, con apoyo en los vértices de la poligonal de referencia y las estaciones del eje proyectado. Esta construcción del trazo puede hacerse indistintamente por distancias axiales y normales, por coordenadas polares y por deflexiones desde el eje en las curvas.

CONCLUSIONES

Mediante la aplicación del procedimiento fotogramétrico electrónico al proyecto de carreteras se han logrado progresos notables, destacando entre otros los siguientes:

1.- Se ha aumentado la producción efectiva del proyecto debido a

a que se puede atacar simultáneamente varios proyectos en sus diversas etapas.

2.- Mediante las técnicas empleadas permiten al proyectista analizar racionalmente los múltiples problemas que se presentan, por lo cual se logran mejores proyectos y además se reducen las contingencias durante la construcción y la operación de las obras.

3.- Se ha obtenido una gran economía, casi de un 50% en el costo del proyecto y se calcula que en la construcción se reduce el costo en un 30%.

CAPITULO III

CONSTRUCCION

III. 1.- DESCRIPCION DEL EQUIPO.

III. 2.- ESTIMACION DE LA PRODUCCION HORARIA.

III. 3.- SELECCION DEL EQUIPO.

III. 4.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION APPLICABLES
A CAMINOS.

CAPITULO III

CONSTRUCCION.

III.- 1.- Descripción del equipo.

Los equipos de construcción utilizados en caminos representan un factor importante en el aspecto económico de éstos, pues necesariamente la labor del constructor es recomendar el tipo de capacidad más adecuada de la máquina para realizar un trabajo, entre una línea de equipos que aumenta constantemente. Las indicaciones del ingeniero constructor deben estar dirigidas a obtener el costo unitario neto más bajo, por trabajo que se ejecute con la máquina que él recomienda.

Esta responsabilidad entraña un amplio conocimiento personal de las variantes aplicaciones de los equipos, el conocimiento de sus costos de posesión y operación, así como de la capacidad de producción en tales aplicaciones.

A continuación se indican los usos o aplicaciones del equipo más común utilizado en la construcción de caminos:

TRACTORES:

Son máquinas que convierten la energía del motor a energía de tracción.

Pueden clasificarse: 1.- Por su potencia.

2.- Por su forma de rodamiento
(Sobre neumáticos, sobre orugas).

Dentro de la potencia es preciso distinguir:

Potencia del motor.

Potencia en la polea.

Potencia en la barra.

La más característica es la potencia en la barra puesto que ella indica la Potencia Real de que puede disponerse.

INFLUENCIA DE LAS ZAPATAS.

Los tractores de rodamiento sobre orugas, vienen equipados con zapatas standar, en las cuales la garra varía de $2 \frac{1}{4}"$ a $2 \frac{3}{4}"$ dependiendo del tamaño del tractor.

Cuando por las condiciones del trabajo se necesita que el tractor pivotee muy frecuentemente, o bien se requiere que la superficie en que trabaja la máquina no se perjudique, se usan zapatas con garras pequeñas de $\frac{1}{2}"$ a $\frac{3}{4}"$ aproximadamente. En otras ocasiones, se usa la zapata lisa para no deteriorar las superficies de trabajo. La garra grande da mayor fuerza de tracción pero presenta más dificultad en el pivoteo o giro. La garra más chica presenta características contrarias. Las zapatas anchas, aumentan la estabilidad del tractor y reparte mejor el peso. La presión que las zapatas ejercen, varía de 0.45 a 0.60 kg/cm² según los diferentes tipos.

EQUIPO DEL TRACTOR.

Al tractor, sea sobre neumáticos o sobre orugas, se le adaptan equipos y herramientas como malacates, grúas, palas laterales, cuchillas, escrapas, etc. que hacen del mismo el equipo básico del trabajo de construcción de terracerías.

El tractor sobre orugas da un mayor esfuerzo de tracción para las diferentes condiciones del terreno y suelos, en que debe trabajar, comparado con el tractor sobre neumáticos, de igual potencia. Por su diseño en longitud y anchura, puede salvar las irregularidades del terreno. Su característica es su baja velocidad y su limitación a distancias cortas de acarreo o empuje.

El tractor sobre neumáticos, es fácilmente desplazable por su movilidad, utilizándose principalmente por esta característica, en compensación de su baja eficiencia en cuanto a arrastres o empuje comparado con el tractor de oruga.

LOS DOZERS, SUS CARACTERISTICAS DE EMPLEO Y SU UTILIZACION.

Son dos tipos: BULLDOZER

ANGLEDOSER

El Bulldozer queda siempre perpendicular al eje del tractor sin que pueda inclinarse.

El Angledozer pivotea lateralmente alrededor de un eje vertical. Tanto los Bulldozers como los Angledozer, tienen manera de pivotar como el TILT DOZER.

El Tiltadozer pivotea alrededor de un eje horizontal.

El Bulldozer tiene una longitud mayor que el ancho del tractor.

El Angledozer tiene una proyección que depende del ángulo de inclinación que se da a la cuchilla, de tal manera que cuando se pone en posición recta, su tamaño es mayor que la del Bulldozer, por lo que el tractor para trabajar con la cuchilla en esta posición, requiere desarrollar más potencia.

POSICIONES DE LA CUCHILLA

Tanto el Bulldozer como el Angledozer levantan o bajan la cuchilla para empuje alto o bajo.

La hoja inclinada (tiltadozer), da más penetración al cortar, sobre todo en zanjas.

El accionamiento de la cuchilla puede ser mecánico o bien hidráulico.

UTILIZACION DE LOS DOZER

DESCRIPCION DEL TRABAJO	SU EMPLEO	VENTAJAS	LIMITACIONES
Caminos de acceso	Desviaciones y pasos provisionales		Rocas expuestas no dinamitadas
Desmonte	Remoción de pasto, - yerbas, arbustos y árboles		Arboles grandes
Limpia Superficial	Despalme de la capa superficial para almacenamiento o desperdicio	Rendimiento elevado en cortes ligeros	Acarreo deficiente a distancias largas
Trabajos preliminares	Sistema de drenaje - abierta de cortes, - principio de rellenos	Puede trabajar - en áreas restringidas	Rocas expuestas. - Acarreo deficiente a distancia larga.

Excavaciones con acarreo corto	Rellenos, zapatas cortas y tapado de obras de arte	Movilidad y gran volumen de producción	Rocas
Excavaciones con acarreo largo		Sólo como emergencia	
Taludes		Equipo adecuado	
Extendido	Material en montones provenientes de acarreos en camiones	Empuja el material al lugar en cualquier dirección	Inapropiado para el acabado final.
Rellenos	Reposición de material en zanjas o alrededor de estructuras.	Fácil de maniobrar.	
Compactación	Compactación ligera - del material de relleno, su uso es especificado - en materiales no cohesivos	Gran ayuda obtenida al extender capas delgadas - mientras se aplana	
Acabado	Afinamiento de la rasante	Maniobra rápida - hacia los costados como hacia adelante.	No se puede hacer el acabado final.

ESCREPAS

La escrepa se ha diseñado para excavar, cargar, acarrear, descargar y extender. La capacidad de la escrepa, se determina en dos formas:

En yardas cúbicas al ras, y

En yardas cúbicas colmada

Estas capacidades son teóricas; el volumen compactado por viaje se ve afectado, por la calidad del material, por el volumen de vacíos y por las irregularidades en la superficie de la carga.

Las escrepas más comunes son las montadas en cuatro ruedas, para ser remolcadas por tractores de orugas, ya que son más estables.

Para poder utilizar eficientemente las escrepas, deben considerarse: - las condiciones de carga, el transporte del material al lugar de descarga y el tendedo del material.

Puntos principales que deben observarse.

- 1.- Cargar a la capacidad máxima tolerable.
- 2.- Procurar efectuar esta operación a la distancia más corta (30 - mts. o menos).
- 3.- Procurar llenar la escrepa en el menor tiempo posible (1 a 2 minutos de acuerdo con la capacidad).
- 4.- La profundidad del corte debe ser de 15 a 20 cms. en tierra común.
- 5.- En el caso de material duro, escarificarlo previamente para facilitar la carga.
- 6.- Para aumentar la profundidad de corte, sobre todo en escrepas grandes, debe usarse un tractor de empuje.
- 7.- El estado del camino debe permitir las velocidades máximas, debiéndose arreglar la superficie de rodamiento.
- 8.- Las pendientes desfavorables deben evitarse en principio, combinando distancias y movimientos.
- 9.- Efectuar la descarga a la mayor velocidad posible y en la mínima distancia.
- 10.- Se recomienda descargar en capas que varían de 15 a 20 cm. de espesor de acuerdo con el tipo de material.

MOTOCREPAS O ESCREPAS MOTORIZADAS

Son una combinación de tractor y escrepa montados sobre neumáticos que permiten una gran rapidez en el desplazamiento incrementando por lo tanto la producción.

Existen tres tipos:

- 1.- El tractor sobre 4 ruedas, como los tractores ordinarios.
- 2.- El tractor sobre dos ruedas, con el peso del motor colocado delante del eje del tractor y equilibrando la carga con la parte delantera de la escrepa, aplicada ligeramente detrás del eje.
- 3.- Con dos tractores, uno a cada extremo de la escrepa.

Con la moto escrepa se logra una velocidad que en marcha normal llega a ser del orden de los 40 Km/hr. y es eficiente solamente para distancias de 300 a 1200 mts. que pueden ser recorridos rápidamente.

ARADO O DESENRAIZADOR

Es una herramienta auxiliar. Se usa principalmente para escarificar materiales duros y así facilitar la carga con escrepas o atacar con el dozer directamente, se usa también para extracción de raíces, roturas de macadam, concreto y levantamiento de piedras.

Por su peso pueden quedar clasificados:

1a. clase de 1100 a 1500 Kg.

2a. clase de 1850 a 2500 Kg.

3a. clase de 2700 a 3600 Kg.

4a. clase de 3800 a 6000 Kg.

A mayor peso mayor productividad, ya que es mayor la penetración de los dientes, por el peso mismo. En las clases 1 y 2 el ancho de ataque es en general inferior a 2 m. para las clases 3 y 4 es superior a 2 m. y llega a 3.30 m.

Las profundidades máximas de ataque son del orden de 0.30 m. para las clases 1 y 2, de 0.60 m. para la clase 3 y de 0.70 para la clase 4.

Los factores que tienen que tomarse en cuenta para la eficacia y rendimiento de un arado deben ser: la penetración de los dientes y la potencia disponible en la barra de tracción del tractor y su peso.

Se puede recomendar:

Para arados de la. clase	Tractores con potencia de
I	30 a 40 H.P.
II	50 a 60 H.P.
III	70 a 80 H.P.
IV	100 a 130 H.P.

USOS DEL ARADO

Debe procurarse la máxima penetración de acuerdo con el grado de dureza del material.

Para material promedio úsense los 3 dientes.

Para material medio duro quítase el diente medio, dejando los dos exteriores.

Para material duro déjese solo el diente medio.

PALAS MECANICAS

Las palas mecánicas se utilizan principalmente para excavar tierra y cargarla en camiones o en vagones tirados por tractor, o sobre bandas transportadoras. Son capaces de excavar todo tipo de tierra, excepto roca fija, sin necesidad de aflojarla primero.

Las palas pueden estar montadas sobre orugas o sobre neumáticos.

En los casos de palas sobre orugas, donde más ventajas pueden obtenerse de ellas son:

- En terrenos flojos donde el área de apoyo de las orugas aseguran un movimiento adecuado y una estabilidad correcta.

- b) En excavaciones pesadas donde las orugas dan más estabilidad - y mayor resistencia a las cargas de impacto de la excavación. Las orugas son más importantes, cuando el terreno es disparejo o cuando los fragmentos de roca pueden dañar los neumáticos.
- c) Cuando el tamaño y el paso de las máquinas hacen impráctico el uso de neumáticos.
- d) Cuando no hay necesidad de hacer movimientos frecuentes y rápidos.

En los casos de palas sobre neumáticos, donde más ventajas pueden obtenerse son:

- a) Cuando sea importante el transporte rápido de un lugar a otro.
- b) Donde el terreno presente superficies firmes y a nivel, para - permitir movimientos y trabajos sobre neumáticos.
- c) Donde el uso de orugas sea perjudicial al terreno, o por no poder ajustarse a las regulaciones legales.
- d) Cuando los materiales abrasivos provoquen desgaste excesivo en las orugas, siempre que los neumáticos resistan las condiciones del trabajo.

Las palas mecánicas se diseñan para recibir gran diversidad de aditamentos frontales que constituyen su herramienta de trabajo.

Los aditamentos se clasifican en 3 grupos básicos.

Aguilón de pala.

Aguilón tipo grúa.

Aguilón Retroexcavación.

Utilización del aguilón de pala.

El aditamento de pala consiste en un aguilón, brazos de cucharón, el cucharón y el mecanismo para descargar o abrir las compuertas del cucharón.

Los usos más comunes son:

- 1.- Excavación de bancos o préstamos.
- 2.- Excavación de cortes (resulta conveniente para el afinado)

3.- Descargando sobre pilas de desech. (desperdicios)

4.- Carga de unidades de acarreo.

5.- Descarga a tolvas cribas; bandas.

Utilización del aguilón grúa.

El aditamento del aguilón grúa se usa con gran variedad de dispositivos de carga (cable sencillo y gancho de carga), y excavación (cucharones de almeja, granada, de draga). Con el aguilón tipo grúa se pueden usar bolas rompedoras, hincadora de pilotes de gravedad, martillo de aire para pilotes.

El aguilón de grúa se usa también con el cucharón de almeja para las excavaciones verticales bajo el nivel del terreno, y para trasladar materiales sueltos de las pilas de almacenaje a las tolvas y los transportadores.

La selección del cucharón de almeja debe hacerse tomando en cuenta la penetración y capacidad de carga, la penetración depende del peso del cucharón y la capacidad de carga de la máquina en sí.

Cucharón de draga en el aguilón de grúa.

El dispositivo consiste en el cucharón de arrastre, cable de izaje y cable de arrastre con su guía, junto con el aguilón.

Los usos más comunes en excavaciones bajo la máquina de materiales blandos o desintegrados son:

1.- Dragado de grava o arena de río, para formar pilas.

2.- Excavación de canales y zanjas así como para limpiarlos.

3.- Para despejar la capa vegetal.

4.- Alimentación de bandas transportadoras, de tolvas y cribas.

5.- Carga de depósitos de arcilla.

6.- Para cargar camiones con capacidad de 5 a 6 veces la capacidad del cucharón.

UTILIZACION DEL RETROEXCAVADOR

El aditamento retroexcavador consiste en un pórtico auxiliar, un aguilón, brazos y refuerzos para el cucharón y el cucharón mismo.

El uso del retroexcavador, por su ataque análogo al de la pala, es está destinado para atacar materiales más duros. Se utiliza en:

- 1.- Excavación de zanjas y relleno de las mismas.
- 2.- Limpieza de cunetas.
- 3.- Descarga de material sobre pilas y carga de unidades de acarreo.

TRACTORES CON CARGADOR FRONTAL

Uno de los aditamentos usados ahora con más frecuencia en los tractores, es el aditamento de pala llamado también TRAXCATOR.

El cucharón de la pala puede ser removido para ser reemplazado por una cuchilla frontal (Bulldozer)

Su uso principal consiste en la carga de materiales sueltos a camiones y unidades de acarreo, excavaciones, limpieza del terreno.

La capacidad del cucharón varía con el tamaño del tractor y el uso a que se destina.

PERFORADORAS

Las perforadoras se distinguen por su peso como sigue:

Las pesadas, que trabajan con una presión de aire de 80 a 90 libras por pulgada cuadrada y que sirven especialmente para barrenar toda clase de rocas u otros terrenos duros. Las medianas que trabajan con presión de 80 libras, para usarse en barrenación de rocas no muy duras y en terrenos duros. Las ligeras que trabajan con una presión de 70 libras para usarse en barrenación de bancos de conglomerados o brechas suaves y en tepetates.

La capacidad de las compresoras se mide por la cantidad de pies cúbicos por minuto de aire libre que pueden proporcionar, al nivel del mar, comprimiéndolo a 100 libras por pulgada cuadrada. Todos los compresores se clasifican atendiendo a su capacidad.

Las perforadoras pesadas requieren más pies cúbicos de aire por minuto que las medianas, y estas a su vez, más que las ligeras.

EQUIPO DE ACARREOS

Independientemente de las escrapas y motoescrapas tratadas anteriormente, se define como equipo de acarreo, la máquina o combinación de máquinas que se utilicen para transportar un material de un lugar a otro, valiéndose de un sistema de carga adecuado y de un dispositivo de carga.

En principio se distinguen dos clases de material de acarreo, como son los materiales sólidos tales como tierras, arenas, rocas, etc. y los líquidos especialmente en este estudio, agua y asfalto.

Por su sistema de rodamiento el transporte puede hacerse sobre orugas, sobre neumáticos o sobre rieles.

Por lo que respecta a la forma de descarga se pueden clasificar las unidades de acarreo como sigue:

Con descarga por el fondo.

Con descarga trasera.

Con descarga lateral.

Con descarga frontal.

Por lo que respecta a su desplazamiento. Las unidades de acarreo pueden ser:

De propulsión propia como:

Camiones de volteo.
Volquetes Euclids, etc.

De remolque como:

Toumarocker.
Touma Hopper.
Touma trailer, etc.

MOTOCONFORMADORAS

Gran importancia han tomado estas máquinas, en la construcción de caminos, tanto por su potencia como por el dispositivo que se les ha dado para el -

movimiento de la cuchilla.

Por su sistema de transmisión hay dos tipos que se usan:

El más común es que solamente las ruedas traseras son motrices y las delanteras direccionales. Las ruedas traseras en número de cuatro, vienen en sistema tandem, y todas son motrices. Se adaptan fácilmente a los desniveles del terreno sin perder su estabilidad.

En el otro tipo, menos usual, las ruedas tanto delanteras como traseras son motrices; presenta este tipo, la ventaja sobre el primero de trabajar en rampas de mayor pendiente como consecuencia de la tracción en el eje delantero.

La cuchilla tiene los siguientes movimientos; por rotación alrededor de un eje vertical, por rotación alrededor del eje longitudinal de la cuchilla y por traslación siguiendo este eje.

Con estos movimientos se puede modificar a voluntad:

- a) La altura de la cuchilla respecto al suelo.
- b) El ángulo horizontal que hace la cuchilla con el eje longitudinal de la máquina.
- c) El ángulo vertical que hace la cuchilla con el plano del piso.
- d) El desalojamiento lateral de la cuchilla en relación al eje longitudinal de la máquina.
- e) El ángulo de ataque de la cuchilla sobre el suelo.

Además de la cuchilla, otros aditamentos se adaptan a las motoconformadoras como son los escarificadores, los que permiten el escarificado preliminar de los terrenos anteriormente a la acción de la cuchilla. En algunas máquinas se adaptan a ellas una hoja de empuje que ejerce las funciones del Bulldozer.

Su Utilidad.

Desyerbe y remoción de vegetación ligera.
 Limpia de bancos.
 Construcción de canales y formación de terraplenes.
 Extendido de materiales.
 Mezcla de materiales y revoltura para uniformarlos.
 Construcción de carpetas asfálticas.
 Terminación de taludes.
 Mantenimiento de caminos.

En relación a la posición de la cuchilla con respecto al eje longitudinal de la máquina, el ángulo debe limitarse al apropiado, para que el material pueda correr libremente hacia el extremo de la cuchilla.

Para el rastreo el ángulo de la cuchilla con respecto al eje longitudinal de la máquina debe ser de 70° a 60° .

La inclinación de las ruedas delanteras es básica, ya que en casi todas sus aplicaciones las motoconformadoras soportan una fuerza lateral que tiende a desviar la parte delantera de la máquina hacia un lado. Para remediar esta fuerza las ruedas delanteras deben inclinarse hacia la dirección que lleve la tierra a correr sobre la hoja.

EQUIPO DE COMPACTACION

En la construcción de terraplenes, sub-bases y bases, los materiales que los forman deben tener especificado el grado de compactación.

El aumento del peso volumétrico seco por la compactación, hace que los suelos retengan el mínimo de humedad, tengan menos permeabilidad y sufran asentamientos menores. El objeto de la compactación se traduce en un mayor valor de soporte, mayor resistencia al corte, menores variaciones de volumen debidos a cambios en el contenido de humedad y por consiguiente a un apoyo mejor.

El éxito de la compactación depende de los métodos usados, del tipo y peso del equipo de compactación así como del equipo y de los métodos empleados en la colocación del suelo y de su preparación para la compactación.

La compactación depende del tamaño del área cargada, de la presión ejercida en esta área y del espesor de la capa.

El espesor de la capa, es importantísimo ya que muchos fracasos dependen de que la capa tenga un espesor mayor al que el equipo pueda compactar. El espesor depende y varía de acuerdo con el tipo de suelo y con la máquina de compactación que se use.

A continuación se verá el equipo de compactación más usual.

RODILLOS PATA DE CABRA

Se compone esencialmente de un rodillo que gira alrededor de un eje que descansa sobre un chasis. A este tambor liso se le unen unas piezas " las patas " destinadas a penetrar en el suelo en el curso del trabajo. Los rodillos " pata de cabra " se jalan con tractores.

El tambor puede llenarse de agua, arena o ambas, para aumentar su peso.

Las patas son de longitud que varía entre 18 y 23 cm. y su forma - varía, con los diferentes modelos de rodillos, buscando sobre todo, evitar que las patas al salir del terreno lo aflojen. Las formas más habituales son el tronco de cono, el tronco de pirámide y la forma de pata de cabra.

La presión de contacto debe ser tan grande como sea posible, pero sin exceder considerablemente la capacidad de carga del terreno. El espesor de las capas por compactar debe ser sensiblemente igual a la longitud de las patas y no deberá en ningún caso exceder en más de 20% de esta dimensión. Las capas máximas deben variar entre 25 y 30 cm.

APLANADORAS DE NEUMATICOS

Las aplanadoras de neumáticos, pueden ser máquinas remolcadas o automotrices. Están constituidas por una caja sobre cierto número de ruedas. La caja es el lugar para colocar el peso que se necesita. Condición necesaria es que el peso repartido se distribuya igualmente en las ruedas de tal manera que las desigualdades del terreno, no afecten esta distribución. Si lo anterior no se logra, el peso volumétrico seco finalmente obtenido será no homogéneo. Para lograr una correcta distribución de la carga se usan ejes basculantes, subdivisión de la caja principal en varios elementos y equilibrio por cables y poleas.

La aplanadora de neumáticos, depende para su eficacia, del área - de la presión de contacto. (Esta presión de contacto es igual a la presión de inflado más la presión debida a la rigidez de las paredes laterales del neumático), - del número de pasadas y del espesor de la capa.

La duración del tiempo de aplicación de las cargas es importante - y entre mayor sea el peso de las aplanadoras neumáticas, la velocidad de desplazamiento debe ser menor.

Los rodillos neumáticos se pueden clasificar en rodillos de peso medio de 5 a 20 toneladas.

Otra clasificación agrupa rodillos que vacíos pesan de 11 a 14 toneladas y que en plena carga llegan al orden de 45 ó 50 toneladas. Otra clasificación es la de los extra grandes con pesos variables de 100 a 200 toneladas; éstos se usan principalmente en aeropistas o para probar bases construídas.

Para las aplanadoras neumáticas de la clase de 10 toneladas, se recomiendan espesores del orden de 10 cm. y de allí que su utilización debe limitarse a bases y sub-bases.

APLANADORAS DE NEUMATICOS CON UNIDAD VIBRATORIA

Esta unidad consiste en un bastidor que soporta la carga, colocada sobre muelles espirales, soportado por el eje y mantenido en posición correcta por medio de articulaciones flexibles; un par de ejes que giran accionados por engranajes, con volantes excéntricos, que producen una vibración vertical con frecuencia - de 600 a 1400 R.P.M.

La vibración provoca un acomodamiento de las partículas sólidas y por lo tanto un incremento del peso volumétrico seco.

El inconveniente esencial es que solo los suelos granulares pueden - compactarse por vibración, con la ventaja de que en éstos se requiere, con este - procedimiento, menor energía que para otros tipos de compactación.

APLANADORAS DE RUEDAS DE ACERO DEL TIPO DE REJILLA.

Este tipo funciona como un rodillo pata de cabra remolcado, excepto que las patas se sustituyen con una rejilla cuadrada. Estas unidades remolcadas - se equipan con cajas de lastre y cargadas pueden producir presiones de más de 300 lbs. por pulgada lineal de la generatriz del rodillo.

Por su peso y diseño, aparte de la compactación, pueden emplearse estos rodillos para trituración de roca en las capas de base, así como en ruptura de carpetas asfálticas.

Los más usuales son del tipo de 70" de ancho, con diámetro de 67", peso vacío de 12000 lbs. y peso con lastre de 30000 lbs. Pueden ser remolcados - por tractores o por motoconformadoras.

APLANADORAS DEL TIPO DE RUEDAS LISAS

Las del tipo de 3 ruedas lisas se usan para la compactación de sub-bases y bases. Las tipo tandem para la compactación final de las subrasantes, bases y carpetas.

Las aplanadoras de 3 ruedas vienen en gran variedad de tamaños y pesos. En unas pueden lastrarse las ruedas para aumentar la presión, lo que las hace más eficientes. Estas aplanadoras dan buenos resultados en cualquier tipo de suelo excepto en arenas limpias y no plásticas. Son efectivas en gravas y suelos arcillo--sos. En estos últimos la capa debe ser de un espesor tal, que permita la compactación de todo el material, pues a veces se endurece solo la costra superficial.

En bases y por el bombeo, las pasadas deben iniciarse en el extremo con nivel más bajo para evitar desplazamientos del material hasta llegar al punto más alto.

Los aplanadoras de rodillos lisos tipo tandem, se usan para el terminado de las bases y para carpetas.

Hay aplanadoras de rodillos lisos del tipo tandem con un rodillo vibratorio intermedio. Estas aplanadoras son del tipo pesado, en la que el rodillo central está actuado por un motor, montado directamente sobre él. Se ha usado principalmente en la compactación de bases de macadam.

III.- 2.- ESTIMACION DE LA PRODUCCION HORARIA DE MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION

Teniendo en cuenta los cuatro factores que afectan el rendimiento de las máquinas destinadas al movimiento de tierra ha sido posible encontrar una fórmula básica que pueda ser usada para determinar la producción horaria de las máquinas.

Los cuatro factores básicos que intervienen dondequiera que haya movimiento de tierra y material de acarreo son:

- 1.- Eficiencia horaria.
- 2.- Factor de corrección en banco.
- 3.- Capacidad colmada.
- 4.- Tiempo de ciclo.

La fórmula básica derivada de estos cuatro factores es:

$$P = E \frac{IH}{C}$$

- P = Producción en volumen por hora
- E = Eficiencia horaria en minutos
- I = Factor de corrección en banco para la carga del material.
- H = Capacidad colmada de la máquina en unidades de volumen.
- C = Tiempo del ciclo de la máquina en minutos.

1.- EFICIENCIA HORARIA

Pocos trabajos de construcción se ejecutan con una eficiencia de 100% en la cual una hora completa de 60 minutos de trabajo es utilizada por cada máquina en el trabajo, ésto se debe a las inevitables demoras de tiempo en trabajos de construcción por ajustes de máquinas, lubricación, cambio de cables y para las efectuadas por el operador. Otras demoras se deben a movimientos de la máquina, espera a causa del uso de explosivos, desviaciones en el tránsito, reparaciones o conservación de caminos, etc.

Para tener en cuenta estas pérdidas normales de tiempo, es usualmente aplicada una eficiencia horaria reduciendo la producción estimada de la máquina.

A continuación se indican las eficiencias horarias en la tabla siguiente que son aplicables para la mayor parte de los trabajos pesados de construcción, usando equipo con orugas o con ruedas neumáticas.

MAQUINA	OPTIMAS	MEDIANAS	DESFAVORABLES U OPERANDO DE NOCHE
Tractor equipado con orugas	92% (55 min/hr.)	83% (50 min/hr.)	75% (45 min/hr)
Equipado con ruedas neumáticas	83% (50 min/hr.)	75% (45 min/hr.)	67% (40 min/hr)

2.- CORRECCION EN BANCO

Los materiales varían al modificarse la cantidad de vacíos cuando pasan de su estado en banco al ser excavados y cargados.

El abudamiento es el incremento de la relación de vacíos en un suelo sin aumento del contenido de humedad.

El material que sufre estas condiciones se le llama material abudado.

3.- CAPACIDAD COLMADA DE LA MAQUINA

Las máquinas utilizadas en la construcción de caminos tales como, motoescrapas, camiones de volteo, palas, dragas, tractores, etc. tienen capacidades especificadas considerándolas rasadas y colmadas de acuerdo a las diferentes marcas como: " International ", " Euclid ", etc.

Las capacidades de las cuchillas de los bulldozers varían según el comportamiento del material cuando es empujado. La siguiente tabla da la capacidad aproximada de cuchilla, de máquina " International ", cuando se trabaja en materiales promedio.

CAPACIDADES APROXIMADAS DE CUCHILLAS DE TRACTORES
CON ORUGAS " INTERNATIONAL " EN YD³
EN MATERIAL SUELTO.

MODELO DEL TRACTOR	BULDOZER	ANGLEDZER
TD - 25	7.3	8.4
TD - 20	5.0	5.7
TD - 15	3.6	4.4
TD - 9	2.1	2.6
TD - 6	1.5	1.6
T - 340	---	1.4

FORMULA PARA DETERMINAR EL VOLUMEN EN BANCO
MOVIDO POR UNA MAQUINA

$$\text{Factor de corrección en banco para material cargado.} \times \text{Capacidad colmada de la máquina} = \text{Volumen del material cargado en banco.}$$

4.- TIEMPO DEL CICLO.

El tiempo requerido por una máquina para ser cargado y moverse hasta el lugar de descarga y regresar al lugar de carga se le llama tiempo del ciclo y se expresa usualmente en minutos. Por lo tanto, el tiempo del ciclo es la suma de los factores del tiempo de recorrido y de los factores de tiempo fijo.

FACTORES DE TIEMPO FIJO

Colocación
Carga
Virajes
Descarga

FACTORES DE TIEMPO DE RECORRIDO

Altitud
Peso de la máquina
Resistencia al rodamiento (RR)
Resistencia por la pendiente (GR)
Coeficiente de tracción
Velocidad promedio

Los factores del ciclo pueden ser observados o calculados. Rara vez se aplicarán todos a una máquina cualquiera en un trabajo dado. Cuando sean aplicables deben determinarse sus valores y sustituirlos en la fórmula básica.

FACTORES DE TIEMPO EN CICLO DE RECORRIDO

El tiempo de recorrido para una máquina puede ser determinado usando la fórmula siguiente:

$$\text{Tiempo de recorrido (en minutos)} = \frac{\text{Distancia (D)}}{\text{M.P.H. (88)}}$$

D = distancia en pies del tramo de camino para máquinas con llantas neumáticas o distancia de acarreo para Dozers o palas cargadoras.

M.P.H. = Millas por hora = distancia en pies recorrida en un minuto cuando la velocidad es de 1 M.P.H. = (88).

Para determinar el coeficiente para una máquina dada en la fórmula del tiempo recorrido, es necesario considerar ciertos factores de tiempo del mismo. Cada uno de estos factores tienen a retardar la velocidad a la cual la máquina hará el recorrido.

Los factores de tiempo de recorrido mencionados anteriormente se tratarán brevemente en los siguientes párrafos.

ALTURA.- Si se aumenta la altura a la cual debe operar una máquina se reduce la potencia aprovechable debido a la disminución de la densidad del aire contenido en el motor. Esta pérdida de potencia se refleja en la reducción de la tracción en las ruedas o en la barra de tracción.

En las máquinas con motores de aspiración natural (sin turbocargadores) se reduce la capacidad de tracción en 3% por cada 1000 pies de altura, a más de 3000 pies.

Para máquinas con motores dotados con turbocargadores se reduce la tracción un 3% para cada 1000 pies de altura, a más de 5000 pies.

La tracción en la barra corregida por la altura puede determinarse por el uso de la fórmula siguiente:

TRACCION		TRACCION		REDUCCION
CORREGIDA	=	AL NIVEL	x	(100% - EN POR CIENTO)
POR ALTURA		DEL MAR		

PESO DE LA MAQUINA.- A medida que sea mayor la carga por mover será menor la velocidad para el traslado. En ambos casos, vacía o cargada debe determinarse el peso de una máquina para llegar a la velocidad a la cual puede moverse.

El peso de las máquinas operando de vacío está consignado en las especificaciones propias de cada máquina. El peso de las máquinas cargadas puede determinarse con la siguiente fórmula:

$$\text{Peso de la máquina cargada} = \text{Capacidad de máquina colmada} \times \text{Factor de co-tracción en banco para material cargado} \times \text{Peso del material en banco} + \text{Peso de la máquina vacía}$$

RESISTENCIA AL RODAMIENTO (RR). Puede ser descrita como la suma de las fuerzas que resisten o se oponen al movimiento de avance de la máquina. Esta resistencia incluye las condiciones del terreno, como la flexión normal por la presión de las llantas y la fricción por el poder de tracción. La suma de estas resistencias, puede estar expresada en libras como un porcentaje del peso de la máquina. Por consiguiente la máquina debe desarrollar una potencia mayor que esas fuerzas en libras de tracción en la rueda o en la barra para que la máquina se mueva.

La tracción en la rueda (RP) o tracción en la barra (DBP) requerida para vencer la resistencia al rodamiento (RR) puede determinarse por la siguiente fórmula:

$$\text{RP ó DBP requerida para vencer la RR} = \frac{\text{Peso total de la máquina}}{\text{Factor RR}}$$

TABLA - III A

RESISTENCIA AL RODAMIENTO Y COEFICIENTE DE TRACCION

TIPO DE LA SUPERFICIE DEL CAMINO DE ACARREO	RR (% del peso total de la máquina)		Coeficiente de tracción; (% del peso de la máquina según el equipo de traslado.	
	Máquina con llantas neumáticas	Tractor con oruga	Dotadas con llantas neumáticas	Dotadas con orugas
Concreto rugoso y seco	2	--	0.80 - 1.0	0.40 - 0.50

tierra y grava, bien - conservada no penetran en llantas	2	--	0.50 - 0.70	0.80 - 0.90
tierra seca debidamente compactada, ligera penetración de las llantas	3	--	0.45 - 0.75	0.80 - 0.90
terreno firme de tierra - penetración de las llantas aprox. de 2"	5	2	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80
Rellenos de tierra suave penetración de las llantas aprox. 4"	8	4	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80
Arena y grava sueltas	10	5	0.20 - 0.30	0.30 - 0.40
Rodadas profundas en tierra - base esponjosa penetración de las llantas aprox. 8"	16	7	0.10 - 0.20	0.30 - 0.40

RESISTENCIA POR LA PENDIENTE.- La resistencia por la pendiente (GR) lo mismo que la resistencia al rodamiento (RR) se expresa como un porcentaje del peso total de la máquina (en libras). Por cada 1% de pendiente (subiendo) la máquina debe desarrollar una tracción adicional equivalente al 1% del peso total de la máquina (en libras) para impulsar a ésta en la pendiente. A los requerimientos para determinar la resistencia por la pendiente (GR) se agregan los correspondientes para vencer la resistencia al rodamiento en la pendiente (RR).

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Tracción en la llanta (RP)} & & \text{Resistencia por} \\
 \text{o tracción en la barra (DBP)} & \text{Peso total de} & \\
 \text{requerida para vencer la -} & & \text{la pendiente (GR)} \\
 \text{resistencia por la pendiente} & \text{la máquina} & \times \\
 \text{(GR)} & & \text{en \%}
 \end{array}$$

En pendientes hacia abajo se contrarresta la resistencia al rodamiento (RR) y tiene un valor de 1% del peso total de la máquina por cada 1% pendiente favorable.

COEFICIENTE DE TRACCION

Una vez que se ha escogido el engranaje con el que una unidad - debe transitar, es conveniente hacer una comprobación de la tracción para ver a la que el engranaje pueda funcionar sin que las llantas o las orugas derrapen.

El coeficiente de tracción RR de una máquina varía con la forma - de la garra de la zapata en las orugas o con el dibujo del piso de las llantas, pero influyen más las condiciones del terreno. La Tabla III A muestra el porcentaje del peso de tractores con orugas o con ruedas neumáticas que debe aplicarse según las condiciones de la superficie de rodamiento del terreno antes de que empiece a derrapar.

PUEDE COMPROBARSE LA TRACCION USANDO LA FORMULA SIGUIENTE:

$$\begin{array}{l} \text{TRACCION EN LA RUEDA (RP)} \\ \text{O EN LA BARRA} \\ \text{ANTES DE DERRAPAR} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{PESO DE LA MA} \\ \text{QUINA CON ORU} \\ \text{GAS O LLANTAS} \\ \text{NEUMATICAS} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{COEFICIENTE DE} \\ \text{TRACCION} \end{array}$$

VELOCIDADES MEDIAS PARA UNIDADES DE ACARREO DOTADAS CON LLANTAS NEUMATICAS.

Para ajustar velocidades máximas obtenibles y convertirlas a velocidades medias, pueden usarse ventajosamente los factores de velocidad consignados en la siguiente tabla.

FACTORES PARA CONVERTIR VELOCIDADES MAXIMAS DE UNIDADES DE ACARREO A VELOCIDADES MEDIAS

Longitud de los tramos de acarreo en pies	Factores de velocidad
500 - 1000	0.46 - 0.78
1000 - 1500	0.59 - 0.82
1500 - 2000	0.65 - 0.82
2000 - 2500	0.69 - 0.83
2500 - 3000	0.73 - 0.83
3000 - 3500	0.75 - 0.84
3500 - 4000	0.77 - 0.85

Las velocidades máximas se pueden convertir en velocidades medias con el uso de esta fórmula:

$$\text{VELOCIDAD MEDIA} = \text{VELOCIDAD MAXIMA} \times \text{FACTOR DE VELOCIDAD}$$

NOTA: Puesto que los tractores de orugas no alcanzan las velocidades de las unidades dotadas con llantas neumáticas, los factores de velocidades medias de la tabla anterior no son aplicables.

ESTIMACION DEL TIEMPO RECORRIDO

Los factores de tiempo de recorrido, señalados en los párrafos anteriores, intervienen para reducir la velocidad (MPH) en la fórmula siguiente:

$$\text{Tiempo del recorrido en minutos} = \frac{D}{\text{MPH} \times 88}$$

Para estimar el tiempo total del viaje, es necesario fraccionar la distancia total de acarreo en tramos donde cambien la pendiente o la resistencia al rodamiento o ambas. Entonces se aplica la fórmula del tiempo del recorrido para cada uno de los tramos del camino. La suma de los tiempos empleados en cada tramo es el tiempo total empleado en el recorrido.

FACTORES DE TIEMPO FIJO

A los factores del tiempo del recorrido deben agregarse los factores del tiempo fijo del ciclo que son: Colocación, carga, viraje descarga y cambio de sentido del recorrido para regresar.

$$\text{TIEMPO RECORRIDO} \times \text{TIEMPO FIJO} = \text{TIEMPO TOTAL DEL CICLO}$$

El tiempo para cargar una máquina es igual a la relación de la capacidad de la máquina en yardas cúbicas en banco entre la producción unitaria de carga en banco en yardas cúbicas por minuto.

Los factores del tiempo fijo algunos ya vienen tabulados en los manuales de cada tipo de máquina y otros pueden calcularse mediante la observación física de los movimientos de las máquinas.

El tiempo para cargar camiones de volteo, moto-vagones, camiones de volteo para piedra, con palas o dragas puede estimarse usando la fórmula siguiente:

$$\text{Tiempo para cargar una máquina} = \frac{\text{Capacidad de la máquina en Yd}^3 \text{ en banco.}}{\text{Producción unitaria de carga en banco en Yd}^3/\text{min.}}$$

Hasta aquí se ha hecho una breve exposición de la descripción del equipo de construcción para caminos y la forma de estimar la producción horaria - de la maquinaria, ahora bien en base a ésto se procede al estudio minucioso de la selección del equipo adecuado para la construcción del camino.

III. 3 SELECCION DEL EQUIPO

Frecuentemente un contratista se enfrenta al problema, cuando planea la construcción de obra como un camino carretero, de la selección de la maquinaria más adecuada. Deberá considerar los cargos fijos y de operación como una inversión que pueda recuperar con una utilidad, durante la vida útil de la maquinaria. - Un contratista no paga la maquinaria de construcción: La maquinaria deberá pagarse a sí misma produciéndole al contratista más dinero del que cuesta. Deberá seleccionar la maquinaria de acuerdo a la capacidad de su producción horaria, tipo - de material, movilidad, colocación en la obra, de la maquinaria, etc.

Factores que afectan la selección de la maquinaria.

Refacciones.- Se debe prever que la compra de refacciones sea rápida y fácilmente, determinando el lugar en donde puedan obtenerse.

El costo de ser propietario y de operar equipos de construcción.- - Los factores que afectan el costo de ser propietario y de operar equipos incluyen el costo del equipo entregado al dueño, las condiciones bajo las cuales se emplea, el número de horas que se utiliza por año, el número de años que se utiliza, etc. - Los costos que deban tomarse en cuenta incluyen la depreciación, el mantenimiento, las reparaciones, el interés del capital, la lubricación y el combustible.

Habiendo analizado cuidadosamente las diversas aplicaciones o usos - del equipo (Inciso III. 1.), el siguiente paso, es conocer las condiciones de la obra en la que van a funcionar las máquinas. En la selección del tipo de equipo - que deba usarse deberá tenerse en cuenta principalmente estos factores. Los más - importantes dentro de las condiciones del trabajo, para ser observados y valorizados son los siguientes:

- Tipo de materiales
- Características de la carga, compactación y peso
- Cantidades de cada material
- Distancia de acarreo o traslado
- Inclinación y dirección de las pendientes
- Condiciones del terreno y meteorológicas
- Tiempo fijado o plazo para terminar la obra
- Espacio disponible para maniobras del equipo
- Máquinas auxiliares requeridas para el mantenimiento de los caminos de acarreo para ayuda en caso de derrumbes, car-

ga, descarga y compactación de materiales y movimiento dentro y fuera de la obra.

Precios locales de combustible, aceite, mano de obra y reparaciones del equipo según precios locales. Altura y temperatura local para la corrección del rendimiento de la potencia de la máquina.

Posibilidad de empleo apropiado del equipo en otros usos después de haber terminado la obra a fin de fijar correctamente la cuota de depreciación horaria.

III.4 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION APLICABLES

A CAMINOS

Del estudio de planeación se desprende la importancia que debe tener un camino y, su proyecto, se basará en las especificaciones geométricas del trazo - que puedan satisfacer el tránsito previsto para el mismo y en las especificaciones de construcción que tomen en cuenta las características de los suelos de la zona de ubicación, considerando las condiciones orográficas, hidrográficas y climáticas.

En un camino se consideran las siguientes partes:

- a) Terracerías
- b) Obras de drenaje y puentes
- c) Pavimentación

La secuencia lógica en terracerías comprende los siguientes puntos:

Desmote.- Que deberá ejecutarse en toda el área correspondiente a los cortes, a la del desplante de los terraplenes, y a la de las zonas en que se tome material de préstamo.

Este concepto comprende el corte de árboles y arbusto, arríme, limpieza y quema de los productos que no se aprovechan, y el destronque, deshierbe y desenraice necesarios.

Despalme.- Que consiste en la remoción del material inadecuado, - tanto en la zona de los cortes, como en el área de desplante de los terraplenes y - que corresponde a suelos que no pueden utilizarse y que por lo mismo se desperdician.

Excavación en cortes.- Que corresponde a la extracción y remoción - del material necesario para formar la sección de la obra proyectada.

Formación de terraplenes.- Que se refiere a las estructuras ejecutadas con material adecuado, producto de los cortes o de material obtenido de préstamos, - sean éstos laterales o de banco.

Para la formación de terraplenes con materiales provenientes de cortes, se distinguen dos divisiones atendiendo a las características y el tratamiento del material que debe dárseles.

- a).- Materiales no compactables, como fragmentos de roca, conglomerados, areniscas blandas, tepetates, etc.
- b).- Materiales compactables.

En la formación de terraplenes, el material no compactable se coloca en la parte inferior del mismo y el compactable en la parte superior.

Las capas de materiales que forman el terraplen deben colocarse sensiblemente horizontales y el espesor de éstas capas variará de acuerdo con los tamaños máximos de los fragmentos del material no compactable o del grado de compactación especificado para el material compactable, en relación al equipo que se disponga.

En la formación de los cortes, la inclinación de los taludes, se proyectan de acuerdo con el ángulo de reposo de los materiales, y por lo que a cada uno corresponde.

Las recomendaciones anteriores se refieren al sistema de ejecución y a la forma de lograr la estabilidad de los trabajos comprendidos dentro de terracerías. Los métodos y sistemas que se siguen para la construcción relacionan el proyecto en cuanto a las especificaciones solicitadas, con el tipo de equipo utilizado para su ejecución, junto con la obra de mano.

En cuanto a la Programación de las obras por realizar, la misma está basada en los volúmenes y cantidades de los diferentes conceptos que en el camino intervienen, en las condiciones del trabajo y que son:

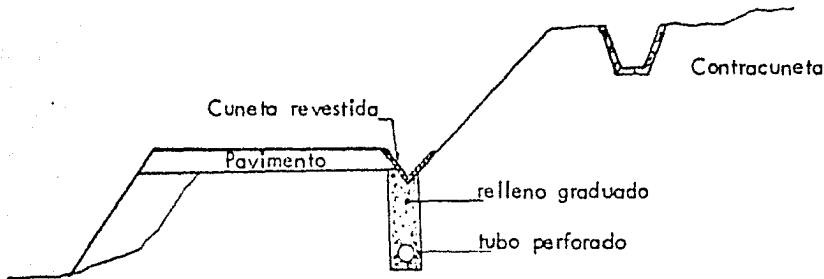
- 1.- Naturaleza del terreno.
- 2.- Condiciones del suelo y condiciones meteorológicas.
- 3.- Topografía y tamaño de la obra, por lo que respecta a accesibilidad, acarreos, dificultad de maniobras, etc.
- 4.- Equipo disponible, adecuado y necesario, así como la conexión de dependencia de las máquinas entre sí.
- 5.- La experiencia del personal y del manejo del trabajo.
- 6.- La selección, cuidado y mantenimiento del equipo.
- 7.- La concepción, la ejecución, la dirección y la coordinación de todas las operaciones que afectan al rendimiento.

La programación deberá tomar en cuenta, la disponibilidad de recursos económicos, el tiempo para ejecutar la obra y establecer así el número de unidades de equipo, que se requieren para lograr su máximo rendimiento.

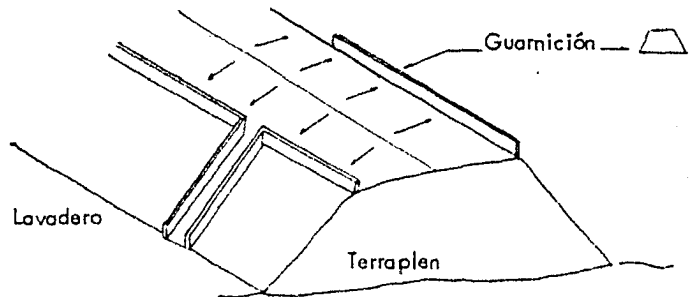
En el equipo, debe considerarse en su costo, la renta horaria del mis-

mo tanto por períodos activos como por inactivos, así como los transportes a la obra, en relación al rendimiento que se obtenga.

Los procedimientos a seguir para alejar el agua de los cortes se ilustran en la siguiente figura:



En la formación de terraplenes los taludes se proyectan según el tipo de material que lo formen, de tal manera que no se destruyan y sean estables. Para protegerlos se sigue el siguiente procedimiento:



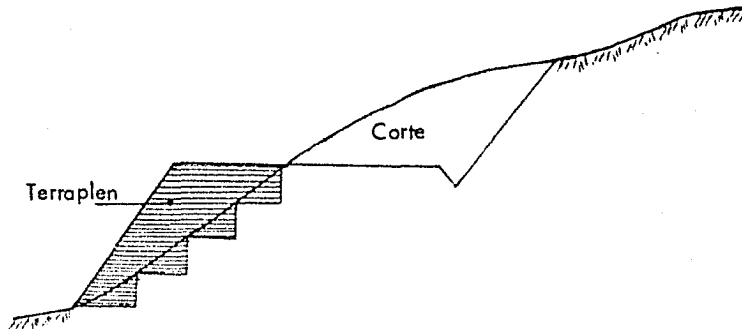
Por las pendientes longitudinales y por las transversales, el agua de lluvias al correr tiene a deslavar los terraplenes y para protegerlos se encauza el agua por guarniciones laterales y lavaderos.

En terraplenes formados por suelos muy absorbentes la humedad los satura y para impedirlo se intercala una capa de material arenoso, que elimina el paso de la humedad a la subrasante.

Cuando en los cortes la característica de los suelos corresponde a las mismas condiciones anteriores indicadas en los terraplenes, esta capa intermedia constituida por materiales gravo-arenosos, se coloca sobre la subrasante con la pendiente

necesaria, para alejar el agua hacia las cunetas o hacia los drenes.

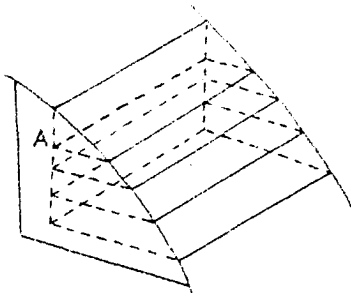
Para desplantar terraplenes en terrenos con pendientes transversales y - para evitar deslizamientos se construyen escalones y el ancho y forma de éstos, varía con los tipos de material empleados.



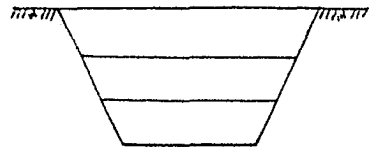
Formación de escalones

Cuando para la formación de los terraplenes el material se toma de - préstamos laterales, la excavación del préstamo se hace a partir de la línea que limita el derecho de vía y no debe llegar al pie del terraplen para formar una berma que le sirva de protección, además deben drenarse estas excavaciones con objeto de impedir la saturación de los terraplenes.

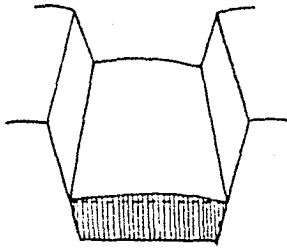
Como recomendaciones generales para el empleo correcto del equipo y su utilización, veremos las siguientes consideraciones:



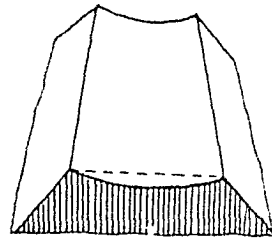
A - Cortes en laderas



B - Cortes en cajones



C - Carga en cortes



D - Formación de terraplenes

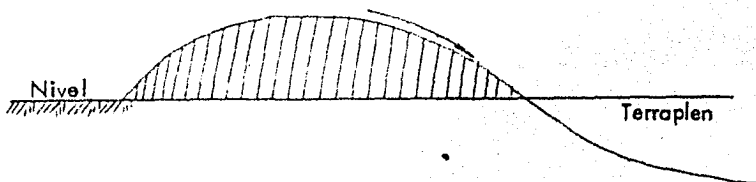
En la figura (A), se aprecia que en cortes en laderas, para empezar a trabajarlos, requieren de una plantilla. Para formar la sección se hacen escalones utilizando la cuchilla para voltear el material o bien acumulándolo para cargar.

En la figura (B), se aprecia un corte en cajón, en el cual la extracción y remoción debe hacerse por capas de espesor variable de acuerdo con el equipo utilizado y permite ejecutar al mismo tiempo el amacise y el afinamiento de los taludes.

En la figura (C), cuando se utilizan moto escrepas o escrepas la sección del corte se procesa como se indica. Dando esta forma a la sección transversal se logra que los equipos no resbalen, alejándose de los taludes, lo cual representa un trabajo extra en la terminación del corte.

En la figura (D), para la formación de terraplen utilizando moto escrepas o escrepas se aprecia la forma en que deben colocarse las capas, para que el equipo no resbale sobre el talud, dañándolo.

Cualquier equipo de acarreo incrementa su rendimiento cuando trabaja a favor de la pendiente y por lo mismo los cortes deben excavarlos siguiendo las indicaciones de la siguiente figura:



con lo cual también se elimina el agua que pueda quedar depositada cuando se hace a nivel horizontal.

En la descripción del equipo (inciso III.1) se trata con cierta amplitud las recomendaciones necesarias para la utilización del equipo y sus aplicaciones en los diferentes trabajos que se presentan y de una manera general se resume la relación entre los trabajos y el empleo del equipo anotando ventajas y desventajas, en relación a procedimientos.

CAPITULO IV

INVESTIGACION Y DESARROLLO

El creciente desarrollo del país básicamente tiene sus cimientos en el sector transporte, como parte de este sector, los caminos facilitan el acceso a los lugares de aprovechamiento o transformación. Día con día se hace necesario que los sistemas carreteros, debido al uso creciente del autotransporte, sean más eficientes y por lo tanto incrementen el rendimiento de las operaciones económicas de producción y distribución. Estas consideraciones junto con otras de no menor importancia han despertado el interés en el gobierno y se han estado haciendo estudios en aquellos caminos vecinales existentes y rehabilitarlos para su pronta incorporación al desarrollo del sistema carretero del país.

Se ha observado que la sorprendente evolución tecnológica que se acusa en nuestra época nos llevará, quizá más pronto de lo que imaginamos, a profundos cambios en la concepción de los medios de transporte y en la construcción de su infraestructura e instalaciones. La investigación y el desarrollo en estos dos aspectos, hará que se descubran nuevas técnicas que llevarán a la fabricación de mejores materiales y nuevos procedimientos de construcción, así como cambios en los medios de transporte.

Para que el fenómeno transporte se realice en su mejor forma se requiere que las obras de infraestructura (en este tema nos referimos a los caminos carreteros) reciban adecuadamente el equipo en uso y faciliten su utilización más eficiente.

Es pues importante mantener la atención puesta en la investigación o desarrollo que tengan que ver con estos aspectos: Las carreteras y la industria automotriz. El cambio tecnológico en los materiales por ejemplo pueden modificar los procedimientos de construcción, ya que la selección de dicho procedimiento se basa en consideraciones económicas que van variando con los cambios en la calidad o tipo de materiales. Por supuesto estos cambios tienen que ver en el diseño del equipo de transporte, ya que la economía del transporte se relaciona con la velocidad y otras características del equipo, lo que a su vez se relaciona con el diseño geométrico de las carreteras.

Parece aventurado presentar proyecciones a diez años y tratar de imaginar lo que puede ser la situación de dos aspectos tan dinámicos como lo son las carreteras y la industria automotriz. Sin embargo son estos dos aspectos en los que se presenta una mayor necesidad de disponer de alguna visión acerca de su posible investigación y desarrollo, ya que las decisiones que pueden tomarse en un momento dado llevan largo tiempo en gastarse y concretarse, al mismo tiempo que involucran un gas

to grande en recursos.

La investigación y el desarrollo de estos dos aspectos debe encontrarse normado, lógicamente, por las necesidades propias de una mayor rapidez en el transporte y fáciles accesos a los centros de producción y de consumo, que traerá como resultado la creación de mejores materiales, equipo y procedimientos de construcción, los cuales estarán normados por el aspecto económico que deberá resultar mayor.

Desde luego, éstos y otros elementos afectarán en el futuro los enfoques con que se tratarán distintos problemas, aún así los medios actuales de transporte son perfectamente aplicables sin que se deje de señalar que debemos prepararnos para participar de los progresos técnicos y científicos que el mundo está experimentando.

CAPITULO V

OPERACION Y MANTENIMIENTO

OPERACION.- IMPORTANCIA DE LAS SEÑALIZACIONES

Se puede considerar que el factor de mayor importancia en la operación de los caminos es el de los señalamientos, sin menosprecio de la operación de los puentes elevadizos, casetas de cobro, etc.

Para un mejor desarrollo operacional en los caminos, es de principal interés que éstos cuenten con un adecuado control del tránsito mediante la formulación de programas de señalamiento que proporcionen máxima seguridad y mayor comodidad e información al usuario.

Al proyectarse los señalamientos cabe destacar lo siguiente:

- El señalamiento debe ser homogéneo, rápidamente visible y no sobreabundante.
- Debe evitarse la multiplicación de las señales pues la superabundancia de las mismas invalidan su eficacia.
- Prohibir toda clase de publicidad dentro del derecho de vía que distraigan a los automovilistas, o les creen confusión causando problemas graves al tránsito.

MANTENIMIENTO

La conservación de los caminos viene siendo una inversión muy importante ya que un trabajo adecuado y oportuno garantiza la inversión inicial de construcción, disminuye el costo de explotación y alarga la vida tanto del camino como de los vehículos que lo usan.

La conservación de las carreteras es indispensable para proporcionar los servicios y las facilidades de un transporte satisfactorio y seguro, manteniendo, los lados del camino y sus estructuras tan igual como sea posible a su condición original e inclusive mejorándolas.

La SOP ha puesto en práctica una nueva política respecto a la conservación de los caminos, dando atención preferente a las inversiones destinadas a conservar, reconstruir y mejorar la red de carreteras, dentro de la cual están comprendidos los caminos vecinales, ya que no tendría sentido construir nuevas obras descui-

dando las existentes.

Cabe señalar aquí que, como en toda obra de Ingeniería, se requiere, aún antes de su terminación, un cuidado constante y esmerado. En lo que toca a los caminos, desde que se hace la elección de ruta, debe pensarse en los futuros problemas para la conservación, sus posibles reconstrucciones, las fuentes de materiales que se requieren para los trabajos de rutina, etc.

A continuación se expondrá en forma breve en qué consiste la conservación de los caminos según especificaciones de la SOP.

La Secretaría de Obras Públicas a través de sus Ingenieros y Superintendentes de Conservación tiene como responsabilidad evitar las invasiones del Derecho de Vía y vigilar que las construcciones autorizadas cumplan con todos los requisitos a fin de evitar interrupciones o peligros en el tránsito.

En ningún caso se permitirá la instalación dentro del Derecho de Vía, de ductos de gas, gasolina o petróleo crudo en conducciones a lo largo del Derecho de Vía, sino únicamente en caso de cruzamientos.

Los drenajes sanitarios deberán hacerse de acuerdo con las disposiciones de la Secretaría de Salubridad y por ningún motivo debe permitirse la colocación de líneas de drenaje conectadas con alcantarillas, estructuras o canales del camino.

Una vez otorgado el permiso para el cruzamiento de una línea de transmisión aérea, de fuerza o de telecomunicación deberá cuidarse la altura mínima conveniente sobre el camino, la colocación de postes adecuados y la calidad de los materiales con objeto de dar amplia garantía al tránsito en caso de accidentes o reparaciones.

Para evitar peligros al tránsito y destrucción o deterioro de las obras del camino por la irrupción de bestias y ganado deberá contarse con acotamientos físicos del terreno por medio de cercados, bardas, etc. Los linderos del Derecho de Vía son motivo de conservación para que en todo tiempo presten servicios adecuados.

Los encargados de la conservación deben considerar el arbolado como un complemento de los caminos, puesto que los árboles bien empleados y seleccionados tienen como resultado directo la absorción del agua excesiva del sub-suelo y por lo tanto disminuyen los efectos de acortamiento, contracción y expansión en los pavimentos y en las obras de drenaje.

La distancia de las plantaciones de árboles con relación al eje del camino deberá ser estudiado, cuidando que no se interfiera con líneas de transmisión aérea, drenajes y especialmente previendo futuras ampliaciones o rectificaciones del camino.

Los efectos destructivos a que está expuesta una carretera como consecuencia de los elementos naturales que constantemente atacan a los materiales de las

partes que forman un camino, se intensifican durante las épocas de lluvias y la labor para sostener el tránsito en ese tiempo es más intensa de lo normal.

Uno de los factores que más contribuyen al deterioro de los caminos, principalmente de los pavimentos, es el tránsito de vehículos y especialmente el de vehículos pesados y se agudiza el efecto destructivo cuando se combinan altas intensidades de tránsito y factores desfavorables como condiciones climatológicas, sobre todo la humedad, tipo de terreno y mala calidad del camino construido. Por ello debe existir limitaciones respecto a las cargas máximas que los vehículos pesados puedan transmitir al pavimento.

Es aconsejable realizar un máximo de esfuerzo a fin de controlar el peso de los vehículos sobre todo en los caminos vecinales, ya que sobre ellos transitan vehículos pesados transportando madera, equipo de construcción, etc. causando graves daños a los caminos.

Una vez conocidas las causas que provocan la destrucción paulatina de los caminos se procede a planear los trabajos que rutinaria y sistemáticamente se deben ejecutar, llamándose Conservación Normal, a los trabajos que cada año, en cada kilómetro de carretera se llevan a cabo.

La Conservación Normal abarca muy variados aspectos, que se atienden más o menos de manera rutinaria y cuya finalidad principal es la de lograr que la carretera preste servicio permanente; estos trabajos son los siguientes:

- 1.- Vigilancia y protección del Derecho de Vía.
- 2.- Desmonte y Desyerbes.
- 3.- Terracerías: cuyo mantenimiento comprenda los trabajos necesarios para que los cortes y los terraplenes conserven su sección de proyecto, mediante rellenos, muros de contención y césped para estabilizar los taludes.
- 4.- Obras de drenaje: que requieren una atención continua, en especial antes de la temporada de lluvias, mediante trabajos de limpieza, desazolves de cunetas, de contracunetas, de canales y alcantarillas; reparación de zampeados; construcción de guarniciones y lavaderos para encauzar escurrimientos.
- 5.- Puentes: requieren una inspección continua, ya que pueden estar sujetos a socavaciones excesivas del fondo del cauce poniendo en peligro la cimentación de las pilas del puente, efectuar trabajos de pintura en las partes metálicas, etc.
- 6.- Superficie de rodamiento: constituyen los trabajos de bacheo, -

nivelaciones con recargue de grava o con mezclas asfálticas según el caso.

- 7.- Señalamiento: Los trabajos destinados al señalamiento deben ser los adecuados a las características geométricas de cada tramo de carretera que proporciona fluidez y seguridad al tránsito.
- 8.- Riegos: Según las experiencias obtenidas, se considera que, a todos los tramos de carreteras pavimentadas debe aplicarse el riego - cada tres o cuatro años para evitar la desintegración rápida del pavimento

Por último, la reconstrucción de la superficie de rodamiento se indica - cuando los métodos de conservación normal no son suficientes para mantener el camino en buenas condiciones de tránsito y cuando los gastos de dicha conservación normal son excesivos. Antes de proceder a una reconstrucción se debe estudiar el estado de la - sub-base mediante pruebas de laboratorio a fin de resolver si es conveniente mejorar - la estabilidad de la sub-base, todo mejoramiento que se le haga a la sub-base es económicamente justificado.

En las reconstrucciones debe tomarse en cuenta no solo las condiciones de resistencia de la superficie, sino también las necesidades de ampliación y mejora-
miento del camino.

BIBLIOGRAFIA

1.- Manual de Caminos Vecinales.- Rene Etcharren

2.- 1er Seminario de Caminos Vecinales.- S.O.P.

3.- Ponencia:

Las técnicas modernas de fotogrametría y computación electrónica -
aplicadas al diseño de carreteras en México.- Ing. Gerardo Cruicks
Hank García.

4.- Proyecto de vías terrestres.- Cía Mexicana de Aerofoto, S.A.

5.- La fotogrametría y el cálculo electrónico aplicado al proyecto de vías te -
rrestres.- Tesis C.H.C. I.P.N.

6.- Especificaciones Generales de Diseño Geométrico.- S.O.P.

7.- Metodos, Planeamiento y Equipos de Construcción. R.L. Peurifoy.