



28
1

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**DESCRIPCION DEL PROCESO
CONSTRUCTIVO DE UNA
CARRETERA EN FORMACIONES
ROCOSAS**

BIBLIOTECA CENTRAL

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL

presenta

SERGIO BENJAMIN ACEVES BRAVO

MEXICO, D. F.

1984



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.

INDICE

	PAGINA
CAPITULO I	
Introducción	01
CAPITULO II	
Planteamiento del Problema	04
CAPITULO III	
Planeación	07
Etapas en el desarrollo de un proyecto carretero	10
Selección de Ruta	10
Anteproyecto	15
Proyecto definitivo	17
CAPITULO IV	
Selección de Equipo	22
Identificación funcional del equipo	24
Identificación de trabajo del equipo	27
Productividad y eficiencia del equipo	30
Factores de selección del equipo	32
CAPITULO V	
Volúmenes de obra	39
Curva masa	39
Propiedades de la curva masa	39

	PAGINA
CAPITULO VI	
Mano de Obra	43
Cuadrillas de trabajo	43
CAPITULO VII	
Costos de construcción	45
Costos directos	45
Costo base mano de obra	50
Costo unitario del trabajo	51
Costo base materiales	54
CAPITULO VIII	
Proceso Constructivo	56
Etapas en la construcción de carreteras	56
Desmonte	58
Cortes	61
Barrenación	61
Terraplenes	62
Sub-base	67
Base	67
Carpeta Asfáltica	70
Riego de Impregnación	70
Riego de Liga	72
Carpeta Asfáltica por el sistema de mezcla en el lugar	72

	PAGINA
Riego de sello	80
Secciones estructurales típicas de carreteras	84

C A P I T U L O I X

Operación y mantenimiento	87
Operación en carreteras	87
Mantenimiento de carreteras	93
Mantenimiento de la superficie	94
Mantenimiento de los lados del camino y del drenaje	96
Mantenimiento de los acotamientos y los accesos	98
Mantenimiento de Puentes	98

C A P I T U L O X

Conclusiones	100
Bibliografía	102

C A P I T U L O I
I N T R O D U C C I O N

México en las últimas décadas ha sido uno de los países de más alta tasa de crecimiento demográfico en el mundo, 3.6% anual y, además, logrado, mediante las políticas adecuadas mantener una tasa de desarrollo sostenida de aproximadamente el 6% anual durante las tres últimas décadas.

Las dos variables, población y desarrollo, implican además de un incremento en el volúmen de la producción, un incremento en el tipo y calidad de los bienes y servicios que demanda la comunidad, metas que para ser alcanzadas requieren de obras básicas de infraestructura que proporcionen los insumos y servicios que requiere la producción. Entre estos servicios destaca, por su importancia y dinamismo, el correspondiente a las vías para el transporte de las personas y bienes.

En nuestro país, que prácticamente carece de vías navegables, las vías terrestres constituyen la espina dorsal del servicio de transporte entre las zonas de producción y las de consumo o exportación en el ambito del territorio nacional.

Hasta principios del presente siglo, el ferrocarril constituyó la principal vía de transportación en nuestro territorio, pero a partir del tercer decenio y fundamentalmente debido a la aparición de los vehículos automotores, la construcción de carreteras y el transporte carretero, fueron incrementando su importancia, hasta que en las dos últimas décadas han tomado un lugar preponderante sobre el transporte ferroviario.

En la actualidad puede decirse que el transporte de personas en México es preferentemente por carretera, y en menor escala por ferrocarril y la aeronavegación. El transporte de carga se reparte casi por partes iguales entre el camino y el ferrocarril.

El transporte por carreteras también ha originado grandes cambios a las áreas rurales. Prácticamente todos los productos agrícolas se mueven inicialmente por medio de vehículos motorizados. Muchos de ellos, tales como la leche, los alimentos putrescibles y el ganado, para los cuales es de gran importancia una pronta entrega, viajan en esa forma por todo el camino hasta el mercado. Los servicios médicos y otros servicios similares pueden obtenerse casi con la misma facilidad en el campo - que en la ciudad. Existen grandes oportunidades para recreo, - contactos sociales y educación. En realidad, la vida rural, se ha vuelto mucho más parecida a la de los pueblos y ciudades.

Esta apreciación permite percatarse de la magnitud de im-- portancia que tiene para el desarrollo nacional mantener y mejorar los servicios de transporte carretero. Por todo lo expresado anteriormente se ha procurado introducir en los métodos - de diseño de carreteras todos aquellos cambios y mejoras técnicas que generen un mayor número de kilómetros por año y que la calidad de los proyectos sea cada vez más alta con objeto de - satisfacer los requerimientos de seguridad y capacidad que exige el tránsito y la operación de equipo utilizado en las carreteras.

Todo indica que el crecimiento del transporte por carretera seguirá el mismo ritmo explosivo que hasta ahora ha tenido; en otras palabras, el transporte por carretera se duplicará en el período de los próximos diez años. Muchos de los conceptos de hoy en día referentes a automóviles, también sufrirán cambios como resultado del progreso de la ciencia, y de la técnica. Es fácil darse cuenta que los problemas de ingeniería en el campo de caminos, serán mucho más difíciles en el futuro que los que pueden presentarse actualmente, por lo que habrá de desarrollar técnicas y métodos nuevos que los lleguen a resolver.

C A P I T U L O I I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo primeramente será analizada la conveniencia o no, de la construcción de la carretera, esto debido a diferentes aspectos a considerar; siendo quizá el de mayor importancia el aspecto referente a la conveniencia económica, la cual se mide mediante un análisis de beneficio costo, valiéndose de datos que pueden ser más o menos precisos. Para lo cual deberá participar en el estudio un equipo de especialistas en diversos campos, del que formarán parte, el ingeniero, el geólogo, el economista especializado en transportes, el economista agrícola, etc.

Con lo que quedarán determinados los beneficios que se obtendrían con la realización de la carretera; aunque tendremos también aspectos importantes a considerar como lo son los de tipo político, social, administrativo, geográfico y climático así como las disponibilidades de personal y equipo; por lo que tendremos que analizar circunstancias importantes, tales como:

Para la elección del trazado del camino, deberá hacerse esencialmente teniendo en cuenta, aparte, naturalmente, de la red de caminos que eventualmente exista, las condiciones orográficas o más generalmente, las condiciones físicas de la zona la localización de los pueblos que se puedan considerar como centros de producción y de consumo, la localización de las ciudades, que se considerarán principalmente como centros de consumo.

Obviamente, será oportuno, siempre que sea posible, escoger entre diversas alternativas de trazado, aceptables en primera hipótesis, más desde el punto de vista técnico que desde el punto de vista económico, y después al terminar el estudio, dar la preferencia, a uno u otro, tomando como base los resultados del análisis económico.

Se considerará lo referente a la determinación del área de influencia, debida a la nueva carretera, para lo cual se tomarán aspectos importantes, como son:

- a) La distancia del eje del camino, medida en términos de espacio y de tiempo, a la que dentro de las condiciones existentes y de determinadas costumbres locales pueda llegar el empleo de ciertos medios de producción (fertilizantes, plaguicidas, maquinas, etc.), que contribuyan al desarrollo económico.
- b) La existencia de otro camino que corra más o menos paralelamente, para tratar de atribuir a cada uno un área propia de influencia, o cuando menos, un área de influencia común para los dos caminos.
- c) La existencia de obstáculos naturales insalvables, e como por ejemplo; un río que naturalmente determinarán un límite para el área de influencia del camino.

Habrá también que determinar el período de n años que se asigne como vida útil del camino, es decir, los n años necesarios para que los beneficios inducidos por el camino compensen sus costos.

Diversos estudios han propuesto para tal fin, períodos de vida útil de duración sumamente variable, pero en general, com

prendidos entre los 20 y los 50 años.

No obstante, debe considerarse a este respecto, que la diferencia que pueda haber entre aceptar $n=20$ o $n=50$, resulta - más reducida de lo que a primera vista pudiera suponerse. Esto es cierto, sobre todo cuando se aplican como con frecuencia - exigen las entidades que financian los proyectos; tasas de interés más bien elevadas (del orden del 15 al 20%), para acumular en el momento de la apertura del camino, los beneficios previsibles para cada año de vida útil de éste, cosa que es - conveniente porque en tal momento se pueden comparar con los - costos de construcción del camino y de gestión de la misma.

Desde un punto de vista general, podemos decir en todo caso, que no parece oportuno considerar un período de vida útil demasiado largo, porque tratándose con frecuencia de caminos - no muy perfectos desde el punto de vista técnico, hay muchas - probabilidades de que tengan que ser sustituidos o por lo me--nos profundamente transformados, antes de que pasen muchos - años.

Estos serán algunos de los aspectos importantes a considerarar, cuando se nos plantee la posibilidad de abrir una nueva - vía de comunicación, en este caso específico, una carretera y una vez analizados los aspectos anteriormente descritos, estaremos en condiciones de pasar a la siguiente etapa que será la planeación del camino.

CAPITULO III PLANEACION

Los estudios de planeación de caminos se han estado realizando desde hace dos décadas. Los esfuerzos durante los primeros diez años necesarios para recolectar datos, fueron muchos, y todavía más, estos esfuerzos tuvieron que ser suspendidos durante la segunda guerra mundial. La situación crítica de nuestro sistema carretero después de la guerra, creó una exigencia pública tremenda para su mejoría, y más ^{que} insegura, en una forma sistemática. Los resultados prácticos obtenidos mediante los estudios de planeación han jugado un papel importante en el desarrollo de los programas carreteros de los estados y del gobierno federal, así como en el seguro apoyo económico necesario para mantenerlos. Del mismo modo, los estudios de planeación han proporcionado los datos básicos que determinan los diseños de detalles y la prioridad en la mejoría de caminos.

De este modo se puede decir que, actualmente, la planeación de caminos ha sido integrada en cada fase de la legislación carretera, de la planeación y del diseño.

En los próximos años, estas actividades vendrán a ser de mayor importancia, más diversas y más exactas.

Dentro de la planeación tendremos que definir las actividades a seguir para el proyecto de la carretera que, como este caso se presentó; se realizará en formaciones rocosas, es decir, en terreno generalmente montañoso.

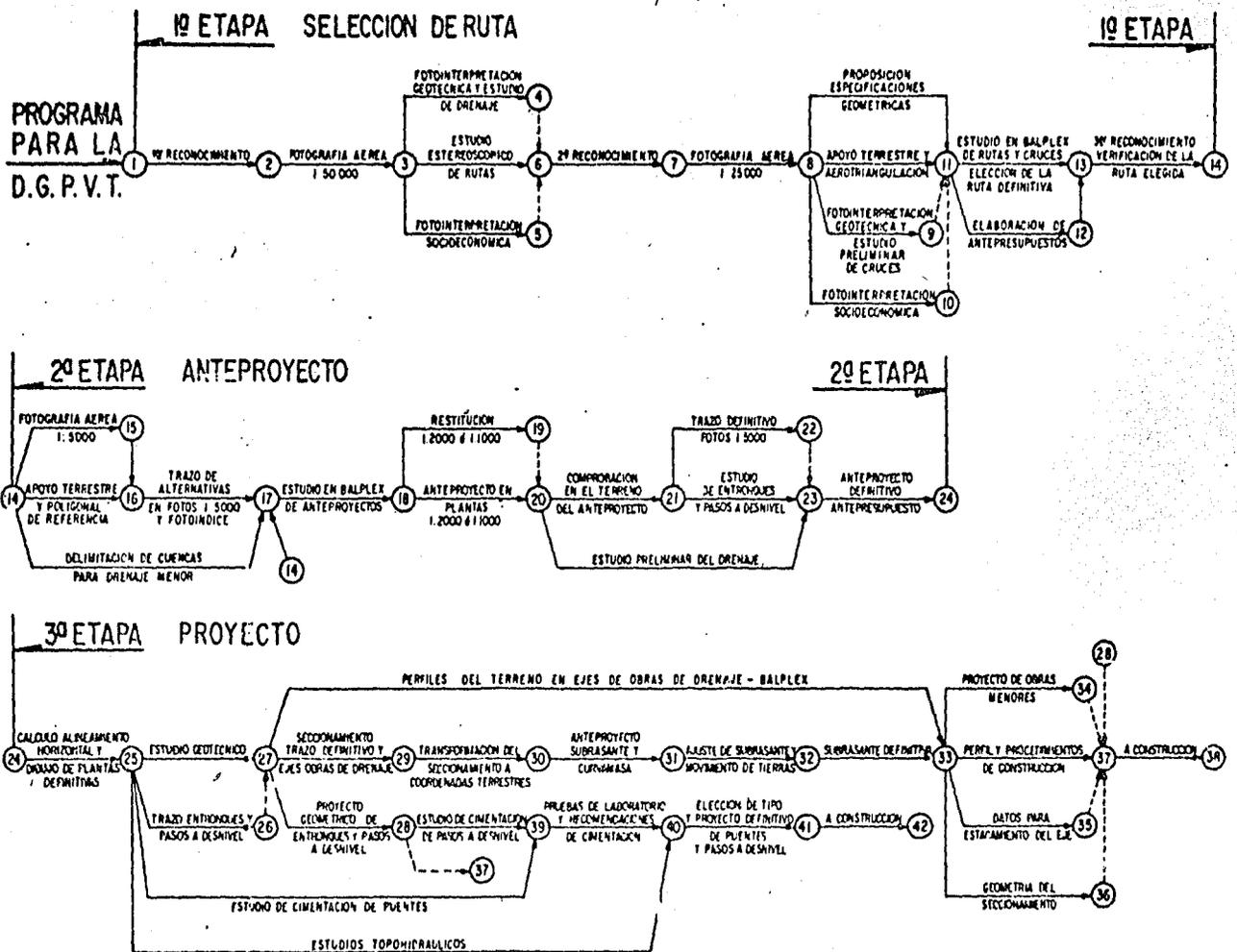
Teniendo en cuenta este tipo de terreno el procedimiento más adecuado a seguir es el rotogramétrico-electrónico por ser

el más económico, pero quedando limitado su empleo a longitudes de camino mayores de 10 Km.

Se tendría que considerar un aspecto importante como es, el plazo de ejecución ya que cuando este plazo del proyecto es corto y la toma de fotografías aéreas no puede realizarse de inmediato, como por ejemplo, cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables, generalmente conviene usar el procedimiento terrestre o convencional. Otro factor que puede hacer variar la elección del procedimiento a seguir, es la dificultad en el acceso a la zona del camino en estudio, ya sea por los costos resultantes de transporte o por el tiempo empleado en movilizar tanto al personal como a sus elementos de trabajo.

Pero para facilidad en la realización de este trabajo, únicamente consideraremos como procedimiento más adecuado el referente al método fotogramétrico-electrónico, el cual se describe a continuación.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA EL PROYECTO DE CARRETERAS METODO FOTOGRAMETRICO - ELECTRONICO



ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO CARRETERO

Las etapas a considerar en el desarrollo de un proyecto carretero varían según el método utilizado, para fines de este trabajo ejemplificaremos estas etapas en base al método fotogramétrico-electrónico.

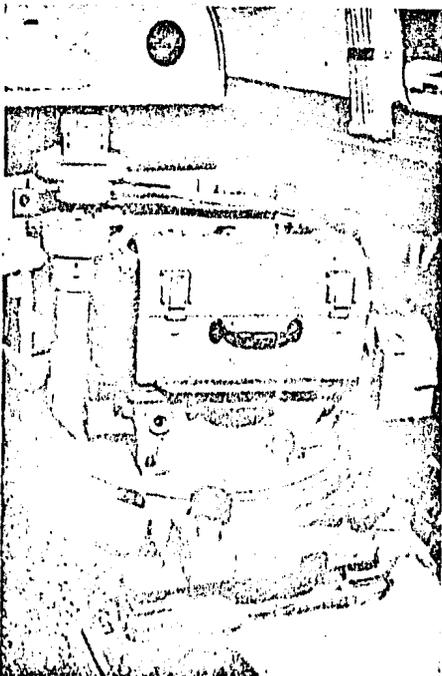
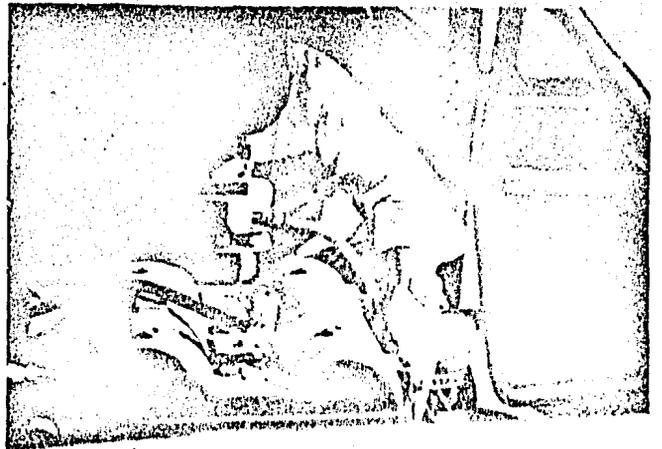
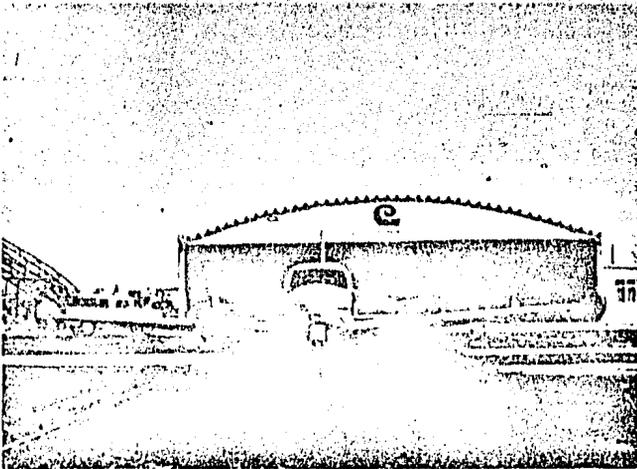
A.- 1a. ETAPA. SELECCION DE RUTA.

En base a los programas de inversiones aprobadas se elaboran los programas de trabajo de localización y proyecto de las carreteras comprendidas en dicho programa, tomando en cuenta - además, de los trabajos en proceso, circunstancias de tipo político, social, geográfico y climático así como las disponibilidades de personal y equipo.

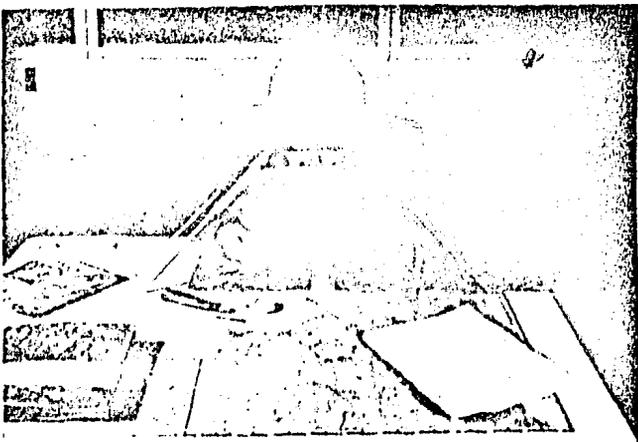
De acuerdo con el programa anterior y la coordinación necesaria en las actividades, se establece el calendario de los trabajos preliminares que es necesario realizar para completar la primera etapa de proyecto y que se relaciona con la selección de ruta, que en síntesis puede concretarse en lo siguiente :

a).- Primer reconocimiento aéreo en el que toman parte técnicos especialistas uno en localización de vías terrestres, otro en geotecnia y otro en estudios económicos, los que realizan observaciones de su especialidad en todas las rutas posibles, sobrevolando toda el área necesaria con objeto de apreciar los accidentes topográficos e hidrográficos, las características geotécnicas y generales y la situación económica de la zona, de este reconocimiento se elabora un informe y se es-

cogen las rutas que deben estudiarse con más detalle, determinando la zona dentro de la cual quedan comprendidas, de la que se deberán obtenerse fotografías aéreas a escala 1:50,000.



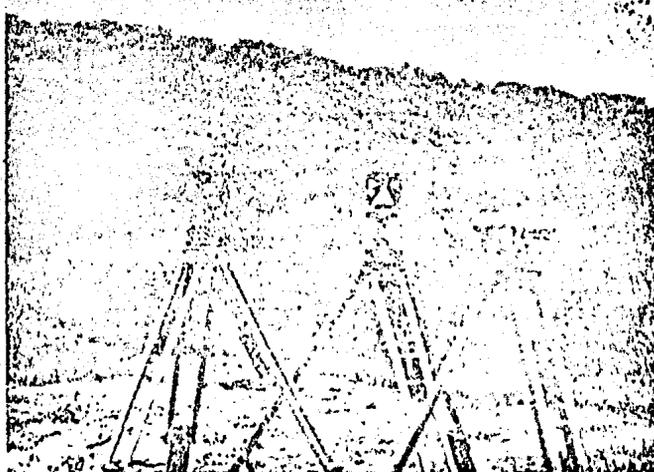
b).- Las fotografías aéreas obtenidas se estudian este-
reoscópicamente en los departamentos correspondientes con obje-
to de señalar en las mismas las posibles líneas que pueden se-
guir el trazo del camino desde los puntos de vista topográfico
geotécnico y socioeconómico.



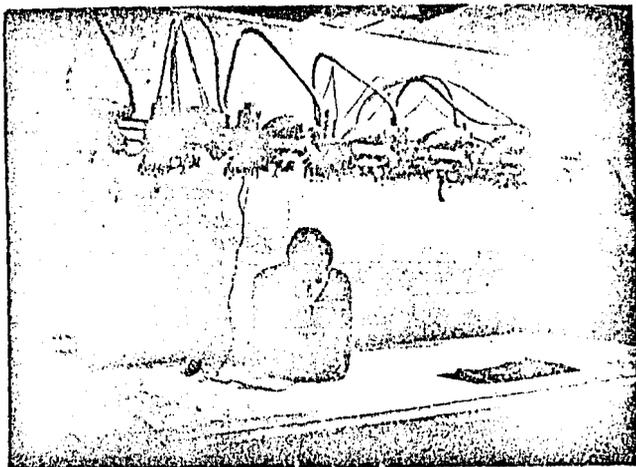
c).- Se hace un estudio comparativo preliminar de las - alternativas, eliminando aquéllas que obviamente no reúnen las mejores ventajas.

d).- Sobre las mejores rutas se practicará un segundo - reconocimiento más detallado que el anterior, con la participación de los mismos elementos, con objeto de verificar en el terreno las características que se fotointerpretaron en el gabinete; este reconocimiento se realiza en avión o helicóptero.

e).- Después del reconocimiento se separan las rutas -- más ventajosas, sobre las que se ordenan hacer un vuelo foto-- gráfico escala 1:25,000. Se levanta el control terrestre necesario para poder estudiar los modelos fotográficos a la escala 1:5,000. Se detallan más los estudios fotogeológicos, las cuencas de drenaje y se hacen los primeros estudios de las cruces.



f).- Estas fotografías con el apoyo terrestre necesario se estudian en los Balplex, aparatos que permiten por un sistema de proyectores a color, obtener el modelo estereoscópico del terreno en la mesa del aparato, que también sirve de mesa de trabajo al Ing. proyectista; este modelo se tiene a la escala precisa de 1:5,000 y por medio de la mesilla trazadora del aparato, se pueden determinar elevaciones de terreno, levantar perfiles, y secciones transversales del mismo.



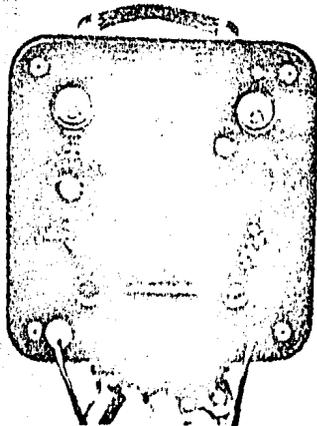
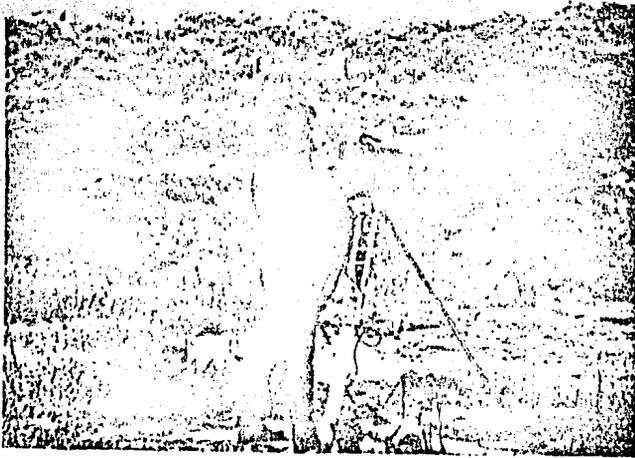
g).- Estas características del equipo y la posibilidad de tener el terreno a escala tanto horizontal como vertical, - le permitan al proyectista estudiar varias alternativas de localización en una franja de terreno de más o menos 4 km de ancho. El estudio de estas alternativas es muy rápido y permite comparar sus costos de construcción y de operación, teniendo presente las recomendaciones de geotecnia y las proyecciones de tránsito calculadas.

h).- Finalmente sobre la ruta seleccionada @ el Balplex, se hace un reconocimiento más detallado a lo largo de la misma sobre el terreno, para comprobar si no existen problemas inconvenientes que se pasaron por alto en el estudio de gabinete y en el caso de que hubiese dos rutas comparables, este reconocimiento del terreno permitiría tomar una decisión a favor de una de ellas.

B.- 2a. ETAPA. ANTEPROYECTO.

La segunda etapa, que se designa como de Anteproyecto, se inicia con el estudio en gabinete y el replanteo en el campo de una poligonal de referencia a lo largo de la ruta elegida. Los vértices de esta poligonal se monumentan y señalan en el terreno, de tal manera que destaquen en las fotografías aéreas 1:5,000 que se tomarán inmediatamente después. El trazo de esta poligonal se lleva a cabo utilizando tránsitos y telurómetros, que es un aparato de medición de distancias basado en el tiempo de recorrido de ida y vuelta de las ondas electromagnéticas entre un aparato emisor y otro receptor. Los vértices de esta poligonal se colocan alternadamente a un lado y otro de la línea central de la ruta escogida y a una distancia conve--

niente para que no se vean afectados posteriormente los monumentos por la construcción del camino. Además de los vértices de poligonal se levantan algunos puntos de control auxiliares mediante relaciones.



Con base en estas fotografías y el control terrestre descrito, se elaboran los planos fotogramétricos a escala 1:2,000 o 1:1,000 de una faja de terreno del ancho necesario para estudiar en ella varias alternativas de anteproyecto de trazo. Al mismo tiempo, con las fotografías en los Balplex se estudian con todo detalle las características del terreno natural y de los accidentes naturales y artificiales que en él se presentan; en esta forma se comparan varios anteproyectos, estimando los movimientos de tierras, el costo de las obras de drenaje, puentes y obras complementarias, así como los costos de operación de las diversas alternativas, con objeto de escoger de ellas aquella que arroje el costo mínimo para el tránsito propuesto para ese camino.

Como la localización de los anteproyectos se hace en la mesa de trabajo del proyectista, éste tiene todas las facilidades para determinar con rapidez y comodidad las características geométricas y los presupuestos y costos de operación de cada una de las alternativas, llegando en esta forma a optimizar la selección del anteproyecto definitivo.

C.- 3a. ETAPA. PROYECTO DEFINITIVO.

En la tercera etapa que corresponde a la de proyecto definitivo se realizan las siguientes operaciones:

a).- Sobre la línea de anteproyecto elegido se realiza un estudio geotécnico detallado en el campo a base de sondeos directos y estudios geofísicos en los cortes de más de siete metros, con objeto de determinar los coeficientes de variación volumétrica de los materiales, la clasificación de los estratos y la inclinación que se debe dar a los taludes en los cor-

b).- Simultaneamente, las brigadas toponidráulicas y de exploración efectúan los levantamientos y estudios toponidráulicos necesarios en los cruces escogidos, obteniendo muestras del terreno para determinar sus características en cuanto a capacidad de carga y resistencia a la acción de otros factores a los que estará sometido el terreno.

c).- Mediante el programa correspondiente, la computadora calcula y entrega los datos de alineamiento horizontal, matematizando análiticamente los elementos que componen dicho alineamiento.

d).- Con las diapositivas de las fotografías 1:5,000 debidamente orientadas en los Autógrafos y utilizando como eje el alineamiento horizontal matematizado se levantan las secciones transversales con el auxilio del perfiloscopio, que es un editamento que se coloca al Autógrafo para que el operador pueda seguir las líneas de las secciones transversales marcadas en una planta del trazo, además de los perfiles de las secciones transversales cada 20 m y se levantan también los perfiles de todos los arroyos que cruzan la línea, para utilizarse posteriormente. Con los datos de las secciones transversales se alimenta la computadora y se obtiene el perfil longitudinal del terreno sobre el eje del camino.



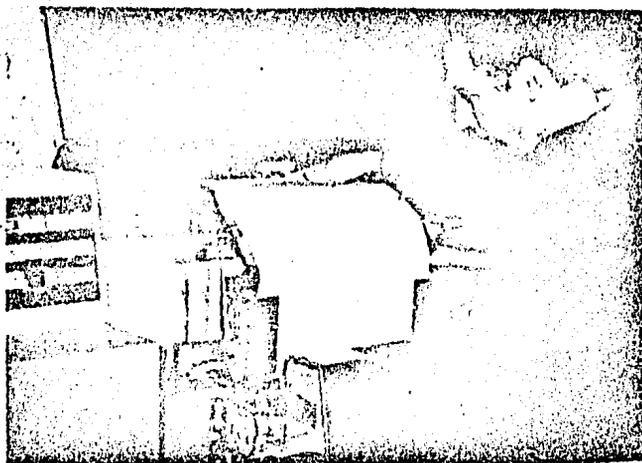
e).- Sobre el perfil obtenido, se diseña un anteproyecto de subrasante con todos los datos del alineamiento vertical

f).- Con base a los datos de los alineamientos horizontal y vertical las secciones transversales del terreno, las secciones tipo para terraplén y corte y los coeficientes de variación volumétrica de los materiales que constituyen los estratos del terreno, la computadora electrónica, mediante el programa correspondiente, calcula áreas, volúmenes y ordenadas de curvamasa de las terracerías resultantes de este proyecto. Si a la vista de los resultados se observa que pueden hacerse economías mediante pequeños ajustes en el alineamiento vertical y el horizontal, se procede a realizar estos ajustes, repitiendo el proceso de cálculo en la computadora.



g).- Una vez que se tiene el alineamiento horizontal definitivo, la computadora, con el programa adecuado proporciona los listados de las coordenadas polares y rectangulares, con respecto a la poligonal de referencia de la línea del centro -

de traza del camino, en las estaciones a cada 20m. y en los puntos singulares del trazo.



h).- De acuerdo con el proyecto de alineamiento horizontal y vertical ya debidamente ajustado, la computadora calcula y proporciona un listado en las coordenadas de los puntos principales de las secciones de construcción, como son las de la línea del centro, los hombros del camino y los ceros.

i).- El proyecto hidráulico y geométrico de alcantarillas, así como los puentes, se ha mejorado con la utilización de este método, debido a que las fotografías aéreas proporcionan todas las características de la cuenca de drenaje y permiten estimar el gasto y el área hidráulica necesaria en base a una información más precisa. Al mismo tiempo se han estado superando las insuficiencias derivadas del uso de fórmulas empíricas para el cálculo de estos elementos utilizando fórmulas más racionales.

Con lo que queda concluida la etapa de planeación, y una vez teniendo estos datos procederemos inmediatamente a la construcción de la carretera.

A continuación se presentan los 3 tipos de carreteras existentes, esto es, en base a su tránsito diario promedio anual.

CARRETERA TIPO A				
TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL.....1500 a 3000 VEHICULOS				
TRANSITO HORARIO MAXIMO ANUAL.....180 a 360 VEHICULOS				
CONCEPTOS	TERRENO PLANO Y LONERIO SUAVE	LONERIO FUERTE	MONTAÑOSO POCO ESCARPADO	MONTAÑOSO MUY ESCARPADO
SECCION TRANSVERSAL				
VELOCIDAD DE OPERACION	100 Km/h	80 Km/h	70 Km/h	60 Km/h
VELOCIDAD DE PROYECTO	70 Km/h	60 Km/h	50 Km/h	40 Km/h
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	8°	11°	16° 30'	26°
PENDIENTE RECOMENDADA	2.0 %	3.5 %	4.0 %	4.5 %
PENDIENTE MAXIMA	4.0 %	5.0 %	5.5 %	6.0 %

CARRETERA TIPO B				
TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL.....500 a 1500 VEHICULOS				
TRANSITO HORARIO MAXIMO ANUAL.....60 a 180 VEHICULOS				
CONCEPTOS	TERRENO PLANO Y LONERIO SUAVE	LONERIO FUERTE	MONTAÑOSO POCO ESCARPADO	MONTAÑOSO MUY ESCARPADO
SECCION TRANSVERSAL				
VELOCIDAD DE OPERACION	80 Km/h	70 Km/h	60 Km/h	50 Km/h
VELOCIDAD DE PROYECTO	60 Km/h	50 Km/h	40 Km/h	35 Km/h
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	11°	16° 30'	26°	35°
PENDIENTE RECOMENDADA	2.5 %	3.5 %	4.5 %	6.0 %
PENDIENTE MAXIMA	4.5 %	5.5 %	6.0 %	6.5 %

CARRETERA TIPO C				
TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL.....50 a 500 VEHICULOS				
TRANSITO HORARIO MAXIMO ANUAL.....6 a 60 VEHICULOS				
CONCEPTOS	TERRENO PLANO Y LONERIO SUAVE	LONERIO FUERTE	MONTAÑOSO POCO ESCARPADO	MONTAÑOSO MUY ESCARPADO
SECCION TRANSVERSAL				
VELOCIDAD DE OPERACION	70 Km/h	60 Km/h	40 Km/h	35 Km/h
VELOCIDAD DE PROYECTO	50 Km/h	40 Km/h	30 Km/h	25 Km/h
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	16° 30'	26°	47°	67°
PENDIENTE RECOMENDADA	3.0 %	4.0 %	4.5 %	5.0 %
PENDIENTE MAXIMA	5.0 %	6.0 %	6.5 %	7.0 %

CAPITULO IV

SELECCION DEL EQUIPO

Para desarrollar cualquier trabajo de construcción es indispensable utilizar el equipo adecuado, pero se inicia una controversia al considerar todos los factores que intervienen en la selección del mismo tales como tipo de obra, procedimientos de construcción, programas de obra, proyecciones de la empresa, situación financiera de la misma, estado del mercado marcas y existencias de equipo, características del distribuidor, calidad de servicio, experiencias, equipo existente del usuario, etc.

Por lo tanto, la selección del equipo no debe tratarse como un problema de rutina sino debe resolverse a través de un análisis.

Este análisis debe ser cualitativo y cuantitativo y debemos estudiar varias alternativas, ya que una sola nos puede satisfacer sólo la mitad del camino.

Para determinar el tipo de equipo a usar desde el punto de vista constructivo habrá que considerarse aspectos importantes; ya que para ejecutar trabajos de construcción el equipo, es la fuerza vital para las operaciones competitivas modernas, particularmente, para la llamada construcción pesada.

La planeación de la producción para un proyecto dado, se enfoca a menudo hacia la productividad del equipo, misma que rige la cantidad de trabajo a entregar. Además, la planeación financiera de una empresa constructora, siempre comienza a --

partir de la inversión en equipo, ya que este elemento constituye la mayor inversión de capital a largo plazo.

La tarea principal de un gerente de construcción, es lograr que las operaciones que planea, lleguen a dar un producto final satisfactorio, de acuerdo a los planes y especificaciones, y al costo más bajo posible. Al planear la adquisición de equipo para construcción, un factor determinante, es el costo total que representa para la gerencia y que comprende no solamente la inversión original, o el cargo de la renta sino también el costo de operación, reparación y conservación del equipo.

Los equipos de construcción se diseñan para trabajar con algún material, en una forma u otra. El material terrestre puede triturarse, excavar o aspirarse en su lugar natural de formación. Al hacer esa operación las propiedades del material cambiarán de un estado natural a uno nuevo originado por el equipo.

Otros equipos de construcción se diseñan para manejar material suelto o fluido; para pesarlo, dosificarlo o mezclarlo y aprovecharlo en un producto de construcción más elaborado.

Esta es una parte importante del procesamiento de algunos materiales para construcción, los cuales se convierten en productos terminados mediante moldeo, vibración y compactación, utilizando equipo diseñado especialmente para este fin. Algunos materiales para construcción ya están preparados o fabricados en piezas diseñadas previamente. Estos materiales se manejan con otro tipo de equipo para construcción.

IDENTIFICACION FUNCIONAL DEL EQUIPO.

En cuanto a su función, la identificación del equipo para construcción, se inicia seleccionando las unidades motrices y unidades de tracción, luego las excavadoras, los equipos de acarreo, y otros equipos para manejo de materiales, junto con equipos para su procesamiento. En tal conjunto, cada equipo es identificado por separado; empero, pueden agruparse las unidades motrices son un grupo inicial importante, prácticamente para todos los equipos de construcción. Estas unidades pueden ser motores de combustión interna, que operan con gasolina o diesel, pueden estar integradas por un generador eléctrico que alimente de energía a motores eléctricos de accionamiento; o bien, los motores eléctricos pueden estar conectados a una fuente existente de electricidad, sin contar con un generador separado.

La antigua caldera de vapor y la máquina de vapor, forman una combinación productora de potencia. Un compresor de aire y una bomba hidráulica, así mismo son unidades de potencia que necesitan de un motor eléctrico o de combustión, para generar su energía.

Las unidades de tracción o movedores primarios, forman otro grupo funcional de equipo para construcción, que permite que la maquinaria haga su trabajo de construcción, transforman la energía entregada por las unidades de potencia, en fuerzas de trabajo. Una forma de unidad de tracción es el montaje en bandas de oruga o en neumáticos, que mueve un equipo

móvil de auto-propulsión. Para el equipo estacionario o fijo, las partes en movimientos primario pueden ser cables, cadenas o bandas de transmisión, procedentes de una unidad motriz. El factor de movimiento primario también puede ser la energía al macenada en el aire comprimido o en fluidos hidráulicos, alojados en tuberías o en mangueras. Para los equipos móviles - que no son de auto-propulsión, se requiere una unidad de movimiento primario más completa.

Otro grupo de equipo para construcción es el que se utiliza para hacer trabajos de excavación, y abarca las diversas formas de tractores, como el tractor empujador de hoja frontal, el tractor de hoja de empuje angular, etc.

Un equipo similar es la moto-conformadora, que también se utiliza para mover material excavado, teniendo por objetivo la conformación de una superficie. Cualquiera de estos equipos puede adaptarse para hacer trabajos de desgarramiento o de arado del material a excavar. Para excavar y cargar material para moverlo después, hay equipos muy versátiles que se denominan cargadores frontales, palas mecánicas o motorizadas retroexcavadoras, dragas de arrastre o de cucharón de almeja, etc. Otros equipos más especializados que, también ejecutan dicha función, son los cargadores frontales, los excavadores de banda, las cortadoras de trincheras o zanjas, las dragas y las máquinas perforadoras de túneles.

Otra variedad de equipo sirve para instalar en el terreno elementos de construcción o para quebrar el material, y extraerlo del mismo. En este grupo están los hincadores y ex-

tractores de pilotes , las perforadoras de hoquedades para -
columnas de cimentación, las perforadoras de pozos y las vago-
netas, de perforación que se utilizan en túneles y minas para
quebrar y extraer roca.

Para levantar piezas sólidas de material, y moverlas, se
emplea gran variedad de equipos en las obras de construcción.
Podrían considerarse varios grupos , dependiendo de lo que ha-
ce el equipo con el material que maneja.

Otro grupo de equipos de construcción sirve para mover -
material suelto o procesado, como tierra, arena o concreto -
preparado. Por lo general, estos equipos no pueden cargar por
sí mismos sin dispositivos especiales, pero sí pueden vaciar
el material suelto. Dentro de este grupo se identifican los -
transportadores de banda, de canchales y de tornillo, así co-
mo los equipos de acarreo, por ejemplo: camiones de volteo, -
vagones de vaciado posterior y de vaciado por el fondo, etc.

El equipo para procesamiento de materiales forma otro -
grupo, los materiales para la construcción que se van a proce-
sar son, roca natural y grava, que se utilizan para hacer a--
gregados para rellenos conformados, concretos y asfaltos.

Luego se mezclan los agregados con los cementantes y o--
tros ingredientes, para la preparación de pseudo-cemento, con-
creto o pavimentos bituminosos. Tomando en cuenta dichos pro-
cedimientos, pueden identificarse los equipos que intervienen
en ellos. Para el procesado de agregados se tienen alimentado-
res de reja o parrilla, cribas y una variedad de trituradoras
de quijadas, giratorias, de rodillos, de impacto y de mazos.

Para el procesamiento del material suelen utilizarse tolvas para agregados, silos para cemento, dosificadores, mezcladoras de concreto, plantas mezcladoras de asfalto y tolvas de contención o almacenamiento.

La colocación final de los materiales procesados necesita de otro grupo de equipos para construcción, los cuales aseguran que el material sea colocado uniformemente en forma compacta, para ser resistentes. Los equipos que realizan dicha función son las máquinas pavimentadoras de concreto o de asfalto y las máquinas terminadoras, así como toda la variedad de equipos para compactación.

IDENTIFICACION DE TRABAJO DEL EQUIPO

Con lo que queda identificado el equipo en base a su aplicación funcional dentro de la construcción. Esta clasificación es apropiada, porque la selección de equipo se basa primordialmente en los trabajos de construcción en los que ha de utilizarse. Los aspectos específicos de un trabajo u operación se deben conocer antes de seleccionar un buen equipo para su uso. El técnico de planeación debe poseer una idea de la operación, y los datos clave que la caracterizan, para planear los métodos y el equipo.

La identificación del equipo según las operaciones en las que interviene, aparte de su objetivo funcional, tiene una desventaja: la tendencia a pensar en el equipo dado, sólo en relación con un tipo de operación. Por ejemplo, si se estu

día una cargadora frontal con referencia a operaciones de terracerías solamente, cabe la posibilidad de pasar por alto - que ese equipo puede usarse también en una planta de producción de agregados. Sin embargo, un técnico conocedor e innovador, al hacer su planeación, estará consciente de las funciones que puede realizar cada equipo, y considerará su posible aplicación a varias operaciones.

Si las operaciones de construcción se conciben en función del material que interviene, y de lo que ha de hacerse con él, no se necesita considerar la identificación del equipo, de acuerdo al trabajo.

El equipo que realiza un conjunto de operaciones de construcción trabaja con material en su estado natural, lo lleva a una condición de soltura o fluidez, y lo desplaza. Esto permite hacer la siguiente clasificación del equipo:

1. Compresores y bombas para trabajar con aire y fluidos.
2. Excavadora y equipo para movimiento de tierra, para desplazar material.
3. Cortadoras de trincheras, dragas y equipo para perforación de túneles, trabajando de diversos modos - en materiales naturales terrestres.
4. Equipo de transporte y de arrastre para mover el material suelto en su estado natural o procesado.

El otro grupo de operaciones requiere equipo para proce-

sar e instalar material para productos de construcción terminados. Por lo tanto, el equipo que se usa para este grupo, se clasificará como sigue:

1. Equipo para la producción de agregados, para procesar y clasificar materiales naturales.
2. Equipo para producción de concreto, para procesarlo moverlo y vaciarlo.
3. Equipo para producción de materiales asfálticos y -pavimentación, para procesarlos y colocarlos.
4. Equipo para manejo de materiales, para recibir y mover materiales terminados para la construcción.
5. Equipo para cimentación y montaje, para tomar material procesado e instalarlo en el terreno y espacio preparado para obtener un producto de construcción terminado.

Es conveniente identificar el equipo para construcción - en la forma en que se sugiere en los dos grupos anteriores. Este es el sistema de identificación que se sigue en la obra.

PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL EQUIPO.

La productividad de un equipo de construcción, es la expresión empleada para designar el rendimiento del equipo en una hora.

A la mejor productividad que puede esperarse, regida generalmente por las limitaciones de diseño del equipo, se le denominará productividad óptima o de pico, q_p . Dicha productividad está basada en que el equipo trabaje los 60 minutos completos de cada hora. Considerando una tolerancia por factor humano, en la operación del equipo no automatizado, habrá un régimen de producción un poco más bajo, al que llamaremos productividad normal, q_n .

Esto supone que, la mayoría de los operadores, no trabajan un equipo a su máximo rendimiento en forma continua, sino que toman un descanso aproximadamente cada hora. La productividad normal puede suponerse igual a la productividad óptima, durante 45 o 50 minutos cada hora. Esto significa que:

$q_n \approx (45/60) q_p = 0.8 q_p$. El factor 0.8 puede considerarse como un promedio normal, y se le denomina factor de eficiencia de trabajo; f_w . Adicionalmente al factor f_w , que es bastante predecible, es necesario usar un factor de dirección del trabajo, f_j , para tomar en cuenta las interrupciones de operación del equipo debidas a factores dependientes del trabajo y de la dirección del mismo. La combinación de estos dos factores da un factor de eficiencia general de operación. Este factor de la productividad real, f_a es el producto $f_w \times f_j$, y

$q_a = f_a \cdot q_p = f_w \cdot f_j \cdot q_p = f_j \cdot q_n$, en donde: q_a = productividad real.

En las determinaciones de productividad, debe reconocerse también que si las condiciones del medio y de operación de construcción no son adecuadas para que el equipo realice su trabajo, se reducirá aún más la q promedio para el proyecto total. Algunos estudios han demostrado que el tiempo productivo medio real, en construcción, es menor del 50% del tiempo total disponible. Esta reducción a un promedio menor de 30 minutos por cada hora disponible, considera los retrasos mayores, de 15 minutos o más, debidos a: reparación del equipo, variaciones atmosféricas, planeación deficiente, etc.

TABLA FACTORES DE EFICIENCIA DEL EQUIPO

Estado general.	Eficiencia de trabajo, f_w .	Eficiencia de direc. del trabajo, f_j .	Estado de trabajo.	Eficiencia combinada, f_a .		
				Condición de dirección del trabajo.		
				BUENO	PROMEDIO	DEFICIENTE
BUENO.	0.90	1.00	Bueno	0.90	0.77	0.69
PROMEDIO.	0.80	0.85	promedio	0.80	0.68	0.52
DEFICIENTE.	0.70	0.65	Deficiente	0.70	0.60	0.45

Se sugieren algunos valores representativos para las eficiencias de trabajo y para los factores de dirección del mismo, que podrán utilizarse en la estimación de productividad para condiciones dadas. Estas eficiencias considerarán el elemento humano, la disposición del trabajo, las condiciones atmosféricas, las fallas de la maquinaria y la disponibilidad de partes de repuesto y de servicio.

Al comparar un equipo con otro, o al considerar varios equipos en operación simultánea, las productividades usadas de cada uno deben ser comparables. En general, lo anterior significa que debe usarse, ya sea la productividad óptima, o la normal, para cada equipo, en tales determinaciones. De esta manera, la condición de dirección del trabajo que no depende del equipo, no afectará la comparación. Por otra parte, si el equipo usado afecta al factor de dirección del trabajo, debe incluirse ese valor f_j en la comparación.

La productividad del equipo de construcción es una base importante para su elección al planear una operación. Al seleccionarse el equipo correcto para realizar una operación total que requiera muchas horas de trabajo, deben tomarse en consideración las eficiencias.

FACTORES DE SELECCION DEL EQUIPO

Los factores más importantes al hacer la selección de equipo para realizar una operación de construcción, son costo y facilidad de conservación. Es decir, se escoge el equipo para que pueda hacer el trabajo al mínimo costo total, siendo iguales los demás factores.

Hay otros factores significativos a considerar en la selección del equipo, que deben analizarse en cada selección y son los siguientes:

1. Trabajo u operación específica a ejecutar.
2. Especificación de construcción.
3. Movilidad requerida por el equipo.
4. Influencia de las variaciones atmosféricas en el funcionamiento del equipo.
5. Tiempo programado para hacer el trabajo.
6. Balanceo del equipo interdependiente.
7. Versatilidad y adaptabilidad del equipo a otros conjuntos de maquinaria.
8. Efectividad del operador con el equipo.

Una solución factible al problema de selección de equipo para condiciones de campo reales, comprenderá indudablemente, varios de estos factores: En efecto, una selección de equipo que dependiera de un solo factor sería una operación de construcción muy extraña. Sin embargo, para lograr mayor comprensión y capacidad para aplicar los diversos factores en la selección de equipo, se estudiarán uno por uno. Al hacer esto, se supondrá que, mientras se estudia un factor dado, los demás factores permanecen subordinados en cuanto a su efecto.

Es obvio, que la operación específica de construcción, -- es el factor primario en la selección del equipo necesario -- para lograr el trabajo. El concepto de trabajo u operación es específica por realizar tienen varios aspectos generales en la selección del equipo. El problema comprende el conocimiento de:

1. El trabajo físico a efectuar, al realizar la operación.
2. La disponibilidad de espacio de trabajo.
3. Los requisitos y la disponibilidad de potencia.

El aspecto de la movilidad del equipo para utilizar en los trabajos de construcción, se enfoca desde dos puntos generales:

1. El movimiento necesario del equipo de trabajo y de los materiales para una operación dada.
2. El movimiento planeado de una operación a otra en un proyecto dado, o de un proyecto de construcción a otro.

La influencia o el efecto de las variaciones, atmosféricas de la selección del equipo, es importante, las condiciones atmosféricas que deben de considerarse es la temperatura, la humedad, el viento y la presión del aire, ya que todos afectan el funcionamiento del equipo, de diversas maneras.

Respecto al tiempo programado para realizar el trabajo, la selección de equipo depende directamente de las siguientes consideraciones de tiempo permitido y puede decidirse por alguna de ellas:

1. El tiempo permitido por el contrato de construcción.
2. La sincronización necesaria y económica de las operaciones secuenciales.

3. El efecto relativo del costo administrativo en la economía de la operación.
4. La variación de tarifas de renta del equipo, con el tiempo que toma a los equipos realizar la operación.

Muchas operaciones de construcción tienen dos o más tipos de equipo, trabajando simultáneamente, realizando cada uno de ellos su parte del trabajo. Estos equipos se denominan interdependientes.

Para que estos equipos trabajen juntos, en forma efectiva y económica, sus regímenes de producción deben ser tan compactibles como sea posible. Las medidas que se toman en la planeación y selección de los equipos interdependientes, para asegurar su compactibilidad, se basan en el balanceo de los mismos. Expresado en otras palabras, los equipos que trabajan juntos deben de estar balanceados, en cuanto a tamaño y producción, para lograr una operación económica.

Otro factor de selección del equipo que no depende del costo, es la versatilidad y adaptabilidad del mismo. El ingeniero de planeación debe de considerar este factor cuando tiene varias operaciones que requieren de equipo similar, si todas las operaciones pertenecen a un mismo proyecto, algunos equipos podrán usarse para trabajar en varias operaciones.

Lo anterior sería también válido al haber varios proyectos cercanos que se desarrollarán durante las mismas semanas o meses. Para hacer uso de los equipos en una variedad de operaciones, puede resultar útil un gráfico de uso del equipo

Cuando se hace una lista de todo el equipo ordenado, atendiendo a su necesidad en el trabajo, y luego se programa por operaciones, movimientos, etc. Se logra un gráfico muy objetivo para la utilización del equipo durante toda la vida del trabajo.

Una vez definido el procedimiento de construcción y determinado el tipo de equipo a usar, desde el punto de vista constructivo, puede iniciarse la siguiente etapa que consiste en la selección del mismo, desde el punto de vista de un incremento del activo fijo.

Los factores principales que deben tomarse en cuenta para esta etapa de selección de equipo son:

1. Tipo de Empresa.
2. Tipo de obra.
3. Factor de Mercado.
4. Factor de Equipo.

1. TIPO DE EMPRESA
 - 1.1 Especialidad de la Empresa.
 - 1.2 Capacidad Financiera.
 - 1.3 Proyección de la Empresa.
2. TIPO DE OBRA
 - 2.1 Características del Trabajo.
 - 2.2 Programa.
 - 2.3 Ubicación.
 - 2.4 Clima.
3. FACTOR DE MERCADO.

- 3.1 Investigación de Mercado.
- 3.2 Marcas.
- 3.3 Tiempo de Entrega.
- 4. FACTOR DE EQUIPO.
- 4.1 Marca.
- 4.2 Distribuidor y Fabricante.
- 4.3 Soporte de Servicio y Refacciones.
- 4.4 Precio Económico.
- Costo de Adquisición.
- Costo de Operación.
- Costo de Mantenimiento .
- Precio de Reventa.
- Rendimiento.
- Continuidad.
- 4.5 Unificación.

Después de hecha la selección del equipo y definido el proveedor que lo va a surtir debe iniciarse una serie de trámites para cumplir con los requisitos legales y fiscales que requiere la adquisición de cualquier bien y documentar.

La operación de tal forma que esta ofrezca todas las garantías del caso.

Los pasos a seguir para llevar a cabo finalmente la adquisición podemos agruparlos de la siguiente manera:

- 1. TRAMITES PREVIOS
 - 1.1 Cotización.
 - 1.2 Pedido.
 - 1.3 Permiso de Importación.

2. METODOS DE ADQUISICION

2.1 Compra de Contado.

2.2 Compra a plazos.

2.3 Compra con Anticipo y Orden de Fabricación.

2.4 Arrendamiento Financiero.

2.5 Renta con opción a compra.

2.6 Compra con opción a renta.

3. RENTA PURA

También habría de considerar un aspecto importante como lo es lo referente a los seguros ya que en algunos casos cuando se compra a plazos o arrendamientos Financiero o se renta con opción a compra el propietario exige que la máquina se asegure no solamente durante el transporte sino durante todo el lapso en que dicha máquina le pertenezca.

C A P I T U L O V

VOLUMENES DE OBRA

Los volúmenes por ejecutar, combinados con el plazo para la terminación de la obra, nos definirán la producción requerida.

Dicha producción dependerá de la capacidad de las máquinas empleadas y del programa para su utilización.

En la cuantificación de los volúmenes de material por mover, así como el de las distancias económicas de acarreo, interviene el concepto de curva masa, misma que explicaremos en forma breve a continuación:

CURVA MASA .- Es una gráfica dibujada en ejes cartesianos; donde las ordenadas representan volúmenes acumulados de excavación o relleno, según la línea sea ascendente o descendente, y las abscisas el cadenamiento sobre el eje del trazo.

La curva masa nos permite determinar la distribución económica de los volúmenes excavados y calcular el costo para llevar a cabo dicha distribución. Cuando el trazo no está obligado, (ya que si lo está, este método no es de utilidad) y el único impedimento para compensar rellenos y excavaciones, será la calidad de los materiales.

La curva se dibuja junto con el perfil del trazo, ya que el cadenamiento debe ir coincidiendo.

PROPIEDADES DE LA CURVA MASA

- 1).- Entre los límites de una excavación, la curva crece de izquierda a derecha; y decrece cuando hay terraplén.

- 2).- En las estaciones donde hay cambio de excavación a relleno (línea de paso), habrá un máximo, y viceversa; habrá un mínimo en los cambios de relleno de corte.
- 3).- Cualquier línea horizontal que corte a la curva masa, marcará puntos consecutivos entre los cuáles habrá compensación, es decir, entre el volumen de corte igual al de terraplén.
- 4).- La diferencia de ordenadas entre dos puntos, representará el volumen de terracería dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos.
- 5).- Cuando la curva queda encima de la línea horizontal compensadora que se escoge para ejecutar la construcción los acarreos de material se harán hacia adelante, y cuando la curva queda abajo, los acarreos serán hacia atrás.
- 6).- El área comprendida entre la curva masa y una horizontal cualquiera compensadora, es el producto de un volumen por una distancia, y nos representa el volumen por la longitud media de acarreo, lo que se expresa en metros cúbicos-estación (en este caso el término estación no se refiere a un punto, sino al tramo de 20 metros entre las estaciones consecutivas cerradas) pues en el lenguaje de vías de comunicación se dice por ejemplo, que un punto dista de otro ocho estaciones, o sea 160 metros, con el fin de facilitar la nomenclatura y los cálculos.

Al estudiar un tramo, pueden trazarse varias compensado--
ras según resulte la curva masa obtenida, y entre una y otra -
quedarán tramos sin compensación (es evidente que las mejores
compensadoras serán las que corten mayor número de veces a la
curva). En los tramos sin compensar; si la curva asciende, ha-
brá un volumen de excavación excedente sin posibilidad de em--
plearlo para rellenar, esto es, un desperdicio; si la curva -
desciende, indicará que hace falta terraplén que no podemos -
obtener de la excavación; en este caso debe traerse material -
de otro lado o sea, efectuar un préstamo.

Tanto los volúmenes de desperdicio como los de préstamo,
se miden en el dibujo.

Teniendo como datos los volúmenes de cortes y terraplenas
las diversas distancias entre ellos y los costos de acarreo, -
se pueden resolver cual es la forma óptima de los movimientos
para que tengan el mínimo costo.

Por lo que se vió anteriormente, se puede concluir que te-
niendo nosotros una obra en terreno rocoso, por lo general -
siempre será bastante irregular la topografía del terreno por-
lo que se tendrá que hacer uso de la curva masa, para poder -
calcular los volúmenes de obra de la carretera.

CAPITULO VI
MANDO DE OBRA

CUADRILLAS DE TRABAJO

Se formarán grupos o cuadrillas de trabajo necesarios para efectuar una actividad determinada. Estas cuadrillas estan formadas por el o los elementos que ejecutan el trabajo directamente, los elementos de vigilancia o mando intermedio (cabo y maestro), así como por la herramienta de que se auxilian para el trabajo.

A continuación se indican algunos ejemplos de lo anteriormente expuesto:

<u>CONCEPTO</u>	<u>PERSONAL</u>
Acarreo en Carretillas.	1 Peón.
Acarreo en Camión de Volteo.	1 Chofer de Camión + 1 Peón.
Cortadora de Asfalto.	1 Operador + 1 peón.
Rompedora Neumática.	1 Peón.
Camión Pipa.	1 Chofer de Camión + 1 Peón.
Camión Petrolizadora.	1 Chofer + 1 Ayudante B.
Tractor sobre Orugas.	1 Operador de Tractor + 1 ayudante B.
Motoconformadora.	1 Operador + 1 Ayudante B .
Compactador llantas Neumáticas	1 Operador + 1 Ayudante B .
Duo-Pactor.	
Aplanadora de Rodillos.	1 Operador + 1 Ayudante B .

CONCEPTOPERSONAL

Pavimentadora

1 Operador + 2 Tornilleros + 2
Rastrilleros + 2 Paleros + 2
Carretilleros.

Cargador Frontal (Traxcavo)

1 Operador + 1 Ayudante B .

Retroexcavadora (Poclain)

1 Operador + 1 Ayudante B .

Excavación con uso de Explosivos.

1 Poblador + 1 Ayudante A .

CAPITULO VII

COSTOS DE CONSTRUCCION

COSTOS DIRECTOS.

INTEGRACION DEL COSTO.

FORMULA GENERAL.- En base a la definición de costo directo aceptada por Contabilidad; es la suma de aquellos costos que tienen aplicación a un producto determinado.

Podemos definir que para Construcción Costo Directo es:

La suma de los gastos de materiales, obra de mano y equipo - necesario para la realización de un proceso constructivo.

Finalmente a base de lo anterior podemos plantear la Fórmula General del Costo Directo. (C.D.):

$$C.D. = (Ax + By + Cz + \dots + Fn)$$

$$A, B, C, \dots, F.$$

Representan las cantidades o insumos integrantes del C.D., - de materiales, obra de mano y equipo.

Dichos insumos son variables para el Proceso Constructivo, - que acondicionemos a una obra determinada se pueden considerar - como constantes.

Los insumos podrán considerarse como constantes en función - de: Tipo de Obra, Método Constructivo y la Estadística de Con- - trol de dichos insumos.

$$x, y, z, \dots, n.$$

Representan el costo unitario de los insumos de materiales, - obra de mano y equipo.

Los costos unitarios de los insumos son variables básicamen- - te en función del equipo del tiempo de su integración.

ESPECIFICACIONES (Definición)

Es la descripción detallada de características y condiciones mínimas de calidad que debe reunir un proceso constructivo.

Especificaciones Detalladas:

Escritas son aquellas relacionadas en documentos que la describen en forma particular y detallada, que implícitamente señalan el Proceso Constructivo más conveniente para obtener la calidad requerida y que consignan las tolerancias de su ejecución.

Bidimensiones, son la representación geométricas de los elementos constructivos de una obra, a través de planos y dibujos.

Tridimensionales, son la representación de la obra a escala menor a través de maquetas, necesarias en proyectos complejos y complementarios de las especificaciones Bidimensionales.

CUANTIFICACIONES (Definición).

Es la valorización de las partes que integran un Proceso -- Constructivo definido a través de las especificaciones.

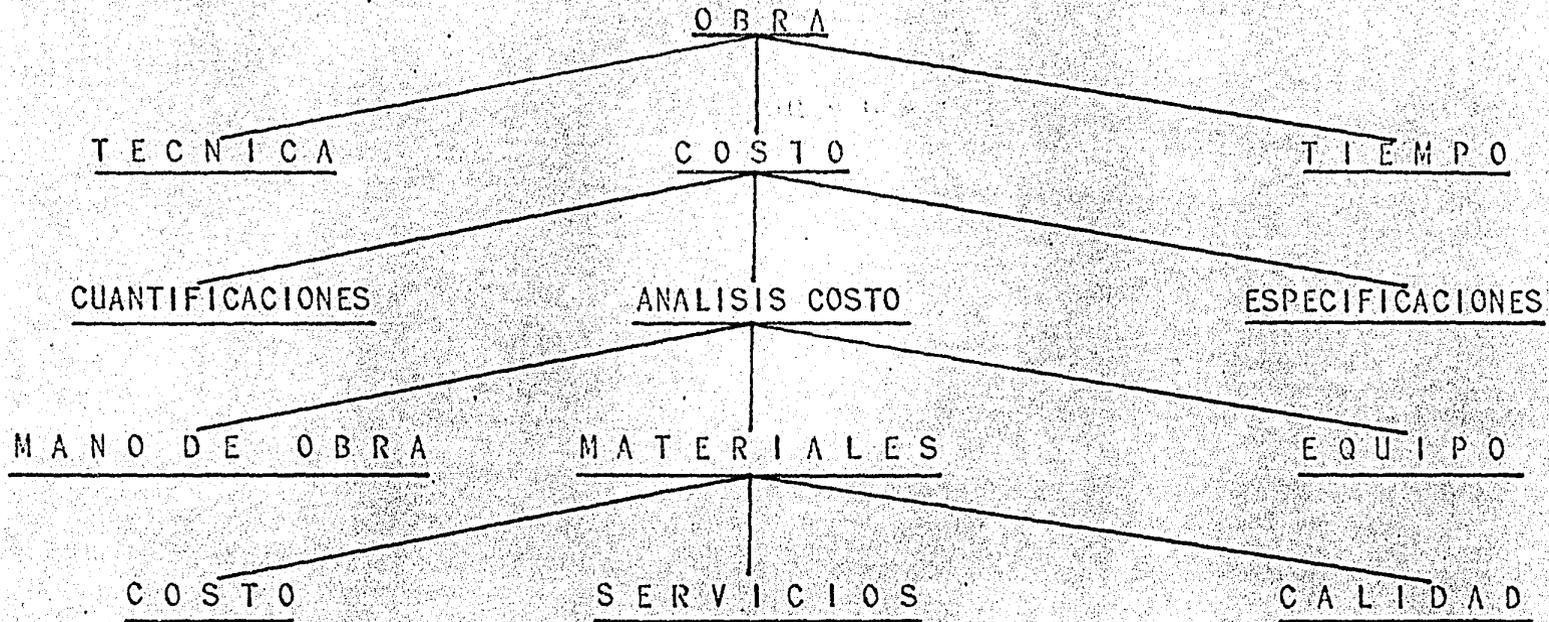
Es recomendable realizar las cuantificaciones o cubicaciones en forma sistematizada que permitan su fácil integración, que -- sean claras y permitan su revisión en cualquier etapa del proyecto y de la ejecución de la obra.

Sólo con un correcto balance de especificaciones-cuantificaciones-análisis de costos, se justifican la integración técnica, detallada y rigorista de cada uno de dichos componentes, a través de los cuales se podrá obtener la máxima aproximación de un presupuesto de obra especificada a tiempo inmediato y los medios para su evaluación a tiempo mediatp.

FUNDAMENTOS DEL COSTO

47

DIAGRAMA DE BALANCE DE UNA OBRA



Los costos son codificados al Dólar más próximo mediante codificación numérica directa.

Los costos de construcción se registran como el total para cada elemento de costo, más el total combinado de ingeniería preliminar y de construcción, menos los daños liquidados, si los hay, --- prorrateados sobre la base de dólares.

Código de los elementos del costo y análisis del costo general, el gasto total para la construcción del aplanado, cuestas, zanjas y pequeñas estructuras de drenaje, los sardinales y cunetas que no -- están construidos como parte del pavimento se incluyen dentro del -- costo de la nivelación y pequeñas estructuras.

El afirmado incluye el gasto total para la construcción del -- pavimento en sí. El pavimento de concreto construido como afirmado se mostrará en los proyectos y cálculos como elemento de pago 320 -- y deberá ser clasificado como costo del afirmado. Si por alguna -- razón el costo del afirmado no es el representativo de las dimensiones del corte transversal codificado, se colocará una marca X sobre las unidades dígitas del costo codificado.

La base incluye el costo total de todo el material, mano de -- obra e imprevistos que fueran necesarios para la construcción de la base. El concreto que se emplea para cálculos como elementos de pago Núm. 220. Se colocará una marca X sobre las unidades dígitas de la base codificada si la cantidad que se codifica como costo de la base que está incluida dentro de las dimensiones codificadas como -- corte transversal de la base.

Los servicios de tráfico incluyen por lo general, el costo total de los elementos que entran en la construcción de dispositivos de seguridad que son elementos de pago separados en los cálculos -- finales. Inclúyase en esta partida el costo de la barrera de guardia, de los marcadores del derecho de vía, de las bardas para el -- derecho de vía y el señalamiento de la línea central.

Las mejoras a lo largo de la carretera, incluyen generalmente el costo total de los parques laterales y plantas que embellecen el camino.

ESPALDONES Y ACCESOS MEJORADOS

Esta partida incluye el costo de los espaldones mejorados que se construyen junto a las bases rígidas o afirmadas. El costo de los espaldones de tierra no está incluido en esta partida.

El costo de construcción y de mejoramiento de retornos y accesos laterales del camino también se incluirá dentro de esta partida, pero únicamente en aquellos casos en que dichos retornos y accesos laterales no sean mantenidos por el Estado.

Si los costos incluyen tanto elementos de la base como el afirmado, se coloca una marca X sobre el último dígito del costo.

El costo de mantenimiento se muestra bajo la partida que tiene este número. La labor de mantenimiento es generalmente de importancia menor.

Su objetivo y finalidad es la reparación de la depreciación que es causada por el uso normal de la carretera, o por la acción normal de la intemperie que puede esperarse que sufra una carretera. El costo de mantenimiento o de la labor de mantenimiento no agrega nada al monto originalmente invertido, sino que ha de considerarse únicamente en su valor original.

El derecho adicional de vía incluye el costo del derecho de vía adicional que pudiera ser adquirido por el Estado.

(El costo del terreno y los elementos imprevistos o accidentes para su compra únicamente).

La ingeniería preliminar incluye el costo total de la supervisión y de la inspección tal como aparece en el memorándum que acompaña el presupuesto final.

COSTO BASE MANO DE OBRA

La valuación del costo de mano de obra para cada proceso constructivo es un problema complejo y dinámico y dado que la industria de la construcción ocupa un gran número de trabajadores no calificados (de salarios mínimos general) y con una alta rotación de los mismos, es recomendable que exista un control permanente en obra de los costos reales de la mano de obra, contemplando las condiciones específicas de cada proceso constructivo, para una retribución justa a los trabajadores y una mayor aproximación en la integración de los costos.

Es importante señalar que existen dos valores básicos de la obra de mano, a saber :

a). Retribución al trabajador; importe de salario devengado por el trabajador; que en base a la ley federal de trabajo es: Salario mínimo (general o profesional) es la cantidad menor que debe recibir en efectivo el trabajador, por los servicios prestados en una jornada de trabajo.

b). Costo de la mano de obra, es la integración de su costo total, incluyendo: Retribución al trabajador.

Prestaciones por ley, tales como:

Prima vacacional.

Aguinaldo.

Prima dominical.

Prima por antigüedad.

Lista de raya, la retribución al trabajador se establece a través de salarios diarios base por jornada de trabajo, en base a la ley federal del trabajo:

Salario diario base. (mínimo). El correspondiente a las categorías calificadas ó el acordado previamente para el caso de diferente

categoría pero nunca menores al salario mínimo general.

La jornada de trabajo no mayor a 48 horas semanales, pero establecido el día de descanso.

VENTAJAS.-

- a) Asegura la percepción del trabajador.
- b) Puede garantizar la calidad de la obra.
- c) Permite un fácil control de pago.
- d) Puede disminuir los desperdicios de materiales.

DESVENTAJAS.-

- a) Necesidad de sobre vigilancia.
- b) Propicia tiempos perdidos.
- c) Dificulta la valuación y control del trabajo personal.
- d) No confina el costo unitario de los procesos constructivos.

Este método de retribución al trabajador debe ser fríamente analizado antes de su aplicación, es recomendable para algunas obras tales como:

Obras nuevas.

Obras con proyectos completos (al 90 %)

Obras con producción en serie.

Obras controladas a precio alzado o precios unitarios. (con su respectiva cláusula de reajuste de precios)

COSTO UNITARIO DEL TRABAJO

Fórmula General - metodología para valuar el costo unitario del trabajo a partir de rendimientos promedios estadísticos:

$$CUT = \frac{SDT}{RPD} \times FZ \times FHM \times FM$$

En donde:

SDT = Salario Diario total.

RPD = Rendimiento promedio estadístico y representante de la condiciones normales del proceso constructivo por evaluar.

FZ = Factor de Zona, correctivo de las condiciones normales presupuestos para el salario base.

FHM = Factor de herramienta menor, retribuable al trabajador o a la empresa, según el caso.

FM = Factor de maestro, que premia al maestro de obra que toma el riesgo de la productividad de los trabajadores.

$$SDT = (SDB + PRE) FSR.$$

En donde:

SDB = Salario Diario base, nunca menores a los fijados, para la zona donde se ejecutará la obra.

PRE = Prestaciones, mínimo las indicadas por la ley federal de trabajo.

FSR = Factor de salario real.

$$F S R = \frac{P C T}{P T R}$$

En donde;

P C T = Periodo considerado total, de la obra específica por e
jecutar.

P T R = Periodo trabajado real.

$$P T R = P C T - D N T$$

En donde:

D N T = Días no trabajados durante el P C T .

Finalmente:

$$C U T = \frac{(S D B + P R E) \times \frac{P C T}{P C T - D N T} \times F Z \times F H M \times F M}{R P D}$$

El factor de zona es correctivo de las condiciones normales pre_
supuestas, para el salario base de los trabajadores o grupos de tra-
bajo, que permite integrar un salario total real que relacionado con
los rendimientos preestablecidos nos definirá precios de destajo de
obra ejecutada mas justos.

Los rendimientos promedio de cada proceso constructivo, por tra-
bajador o grupo de trabajadores, serán resultado del control estadís-
tico de cada empresa constructora que consideremos deberá tomar en -

cuenta diferentes conceptos, tales como:

Control permanente de rendimientos en obra: Considerando las con condiciones de ejecución, retroalimentando al control estadístico.

Simplificación de procesos constructivos.

Políticas de Empresa.

Facultades de Dirección.

Relaciones Humanas.

Formas de Motivación.

Es indispensable que los rendimientos promedios del control esta dístico sean analizados para las condiciones reales de cada obra, in dependientemente del factor de zona para lograr un mayor equilibrio entre el costo analizado y el costo real en la obra.

COSTO BASE MATERIALES

BALANCE : COSTO - SERVICIO - CALIDAD.

Es indispensable que el Ingeniero en costos valore adecuadamente el balance de costo-servicio-calidad, dado que un mayor costo de adquisición de los materiales pueda redundar por su servicio oportuno y calidad requerida en una reducción del tiempo de ejecución de obra y el cumplimiento de las especificaciones de contrato; por el contra rio un menor costo a través de un proveedor con dudoso servicio o ca lidad indujera probablemente a un costo real más alto.

Es recomendable la retroalimentación de la residencia de obra a la oficina central de los resultados de servicio y calidad, para un control adecuado de proveedores y sus costos económicos.

Logrando el balance de servicios- calidad de proveedores locales

y foráneos, deberán analizarse detenidamente que los costos incluyan los fletes y alijos hasta la obra, así como los riesgos en los tiempos de suministro considerando la eficiencia real de su requisición por la residencia de obra y el departamento de compras.

En base a los volúmenes de venta para un periodo determinado, la empresa deberá fijar la política de compras al mayoreo y menudeo, considerando para las primeras el balance de ahorro en costo, garantía de precio y básicamente de suministro, inversión anticipada, forma de almacenamiento y distribución a las diversas obras, en las compras a menudeo se deberán considerar en forma primordial los volúmenes, la diferencia de costos, la distancia y forma de aprovisionamiento a las obras.

Definida la política en la adquisición de los materiales y considerando que hubiere logrado el balance perfecto de costo-servicio-calidad-compras locales-foráneas-compras mayoreo-menudeo, es indispensable que la residencia de obra lleve en forma permanente un control de materiales ingresados a la obra verificando básicamente:

Calidad.- Si los materiales recibidos en la obra no son de calidad especificada a los proveedores, el costo final del proceso constructivo será mayor al calculado en los análisis del costo.

Cuantificación.- Todos los materiales que se recibán en la obra deben ser cuantificados, rechazando aquellos que están defectuosos y no sea posible su utilización prevista; dado que al recibir menor cantidad de material del facturado, el costo de adquisición perderá toda su validéz incrementándose los costos reales de obra. Es recomendable establecer la política de cuantificación de recepción de materiales.

CAPITULO VIII
PROCESO CONSTRUCTIVO

ETAPAS EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS

1).- TRAZO

- a) Fotogrametría.
- b) Análisis por Computadora.
- c) Localizar ruta (brigadas de localización).
- d) Brigadas Topohidráulicas (corrientes de agua).

2).- SUB-BASE

- a) Derecho de vía (desmante).
- b) Curva-masa (emparejamiento horizontal).
Motoescrapas.
- c) Compactación.
Rodillos lisos, Pata de cabra, reja; pueden ser de gravedad o vibratorio.

3).- BASE

- a) Acarreo de materiales.
Volteos
- b) Tendido de material.
Motoconformadora.
- c) Compactación
Pipas de agua, Rodillos de gravedad, Compactador - mixto, Compactador de neumáticos.

d) Riego de Impregnación (asfalto)

Petrolizadora (da 2 its/mt²)

4).- CARPETA

a) Acarreo de materiales al centro de trabajo

Volteos

b) Enrrazado

Motoconformadora.

c) Primera aplicación de asfalto.

Petrolizadora.

d) Primera mezcla.

Motoconformadora.

e) Segunda aplicación de asfalto.

Petrolizadora.

f) Segunda mezcla.

Motoconformadora.

g) El ciclo completo (aplicación, asfalto y mezcla) se repite hasta 3 veces.

h) El número total de pasadas que se le da al material varía entre 6 y 8.

i) Reposo para el desfluxe (48 horas aproximadamente).

j) Tendido

Motoconformadoras y Planchas (mismo número).

A continuación se describe en forma general el proceso constructivo a seguir en una carretera en formaciones rocosas.

1.- DESMONTE

Definiremos como desmonte al despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de materia vegetal en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad, de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Comprende la ejecución de cualquiera de las operaciones siguientes:

- A) Tala, que consiste en cortar los árboles y arbustos.
- B) Roza, que consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.
- C) Desenraice, que consiste en sacar los troncos o tocones con raíces o cortando éstas.
- D) Limpia y quema, que consiste en retirar el producto del desmonte, estibarlos y quemar lo no utilizable.

Las operaciones de talar, rozar, limpiar y quemar, se ejecutarán en todo o en parte del derecho de vía, según lo fije el proyecto, igualmente se ejecutarán estos trabajos en la superficie limitada por las líneas trazadas cuando menos a un (1) metro fuera de los cerros de los canales y contracunetas y de las zonas que limitan los préstamos, bancos y otras superficies fuera del derecho de vía. Estos trabajos deberán ejecutarse de manera que se asegure que toda la materia vegetal proveniente del desmonte quede fuera de las zonas destinadas a la construcción.

La operación de desenraizar se ejecutará, por lo menos, en las superficies limitadas por líneas trazadas a un (1) metro fuera de los caros para: cortes, terraplenes espesor menor de un (1) metro, canales y contracunetas; y zonas de préstamos, bancos y otras superficies en que se ordene que se efectúe el desenraice. Este trabajo deberá ejecutarse de tál manera que se asegure la eliminación completa de la materia vegetal, para que no se revuelva con el material destinado para la construcción.

Las operaciones de desmonte podrán hacerse a mano o con máquina. Cuando se hagan a mano, el corte de los árboles deberá quedar a una altura máxima sobre el suelo de setenta y cinco (75) centímetros y el de los arbustos a cuarenta (40) centímetros, excepto en las superficies en que deba efectuarse el desenraice. Las ramas de los árboles situados fuera de las áreas desmontadas, que queden sobre la corona de las terracerías, deberán ser cortadas bajo una indicación. Todo el material aprovechable proveniente del desmonte, deberá ser estibado en sitios adecuados; la materia vegetal no utilizable, salvo indicación en contrario, deberá ser quemada tomando las providencias necesarias para no provocar incendios en los bosques. En caso de que la quema, por seguridad para bosques o propiedades vecinas o por cualquier otro motivo, no pueda hacerse antes de que se inicie el ataque de las terracerías, el material destinado a ser eliminado en esta forma, se depositará en los lugares destinados para ello, los cuales en su oportunidad serán quemados.

El desmonte deberá estar terminado cuando menos un (1) kilómetro adelante del frente de ataque de las terracerías, se

se fijará de acuerdo con los programas de obra, la longitud máxima del tramo por desmontar.

El desmonte se medirá tomando como unidad la hectárea, el resultado se considerará con una (1) decimal. Previamente al desmonte, la superficie por desmontar se dividirá en tramos de características de vegetación semejante. No se medirá el desmonte en las áreas que el contratista haya desenraizado contraviniendo lo fijado en el proyecto; en el caso de que la quema del material vegetal no aprovechable, depositado en el lugar indicado, no haya podido ejecutarse de inmediato, se medirá únicamente un avance del noventa por ciento (90%) del desmonte ejecutado. Cuando se haga la quema y se terminen totalmente los trabajos del desmonte; se medirá el diez por ciento (10%) faltante.

El desmonte por unidad de obra terminada, se medirá tomando como unidad la hectárea. No se dividirá el desmonte en tramos característicos de vegetación semejante según su tipo, ni en sub-tramos con densidad de vegetación sensiblemente uniforme, ni se determinará la densidad de vegetación en los sub-tramos. El resultado se considerará con una (1) decimal.

El desmonte se pagará a los precios fijados en el contrato para la hectárea con densidad de cien por ciento (100%), de cada uno de los tipos de vegetación, estos precios unitarios incluyen todos los trabajos necesarios para ejecutar las operaciones de tala, roza, desenraice, limpia y quema.

Despalme. Es la remoción de la capa superficial del terreno natural que, por sus características no es adecuada para la construcción; ya sea que se trate de zonas de cortes, de áreas

destinadas para el desplante de terraplenes o de zonas de préstamo.

Una vez realizado el desmonte y el despaldo se podrá pasar a la siguiente etapa la cual estará dada por los cortes que se tendrán que realizar a lo largo del trazo de nuestro camino.

2.- CORTES

Como la carretera de que tratamos en este caso se nos presenta en terreno rocoso, definiremos que tendremos un material tipo C, el cual por su dificultad de extracción, sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos; además también se considerarán como material C, las piedras sueltas con una dimensión mayor de 75 centímetros. Entre los materiales clasificables como material C, se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas. Por lo que tendremos que aplicar la barrenación para efectuar los cortes deseados.

3.- BARRENACION

Se efectúa espaciando los barrenos y a profundidad tales que vayan de acuerdo con los volúmenes a mover, si el movimiento de volúmenes es profundo, se atacará por etapas a diferentes espesores previniendo los movimientos económicos del volúmen. Las cantidades y clase de explosivos hirán de acuerdo con lo anteriormente descrito y con la clasificación geológica de los materiales por mover.

Una vez desgregado el material por los explosivos se proce

derá a su movimiento y colocación adecuados (curvas masas) con el equipo mecánico que puede ser el siguiente según el caso: - Tractor con Gull-dozer desde 0-3 hasta 0-8 antes del movimiento se puede completar el disgregado del material si esto fuese necesario con las orugas de los tractores.

Normalmente los cortes al vaciarse se aprovechan llenando los puntos bajos del perfil para formar los terraplenes de enlace entre corte y corte.

Los taludes, de los cortes se darán de acuerdo con la clase del material y el espesor del corte normalmente en material C el talud conveniente es de 1/4 X 1, mientras mas flojo es el material mas tendido es el talud.

4.- TERRAPLENES

Los terraplenes son estructuras ejecutadas con material - adecuado producto de cortes o de préstamos, de acuerdo con lo fijado en el proyecto. Se considerarán también como tales, las -- cuñas contiguas a los estribos de puentes y de pasos a desnivel la ampliación de la corona, el tendido de los taludes, y la elegvación de la sub-rasante, en terraplenes existentes; y el relleno de excavaciones adicionales abajo de la sub-rasante, en cortes.

Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes serán aquellos que prevengan de cortes y/o de préstamos y que sean adecuados. Para fines de la formación de los terraplenes, los materiales que se empleen en la construcción de los mismos se clasificarán de la siguiente manera:

- A) Material Compactable.
- B) Material no Compactable.
- C) Agua.

Materiales compactables son los siguientes; los fragmentos de rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates los cuales, en caso de duda, se someterán a prueba.

Material no compactable son los fragmentos de roca provenientes de mantos sanos, tales como basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos, andesitas y otras que excedan los requisitos de porcentaje y tamaño de material retenido, en la malla de 76 milímetros (3").

Los terraplenes se construyen por capas no mayores de 30cm con material uniforme y compactación adecuada a la clase de material y a la profundidad, las capas superiores del terraplen deben tener como mínimo una compactación del 90%.

Siempre que la topografía del terreno lo permita, los terraplenes se construirán por capas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección, y de un espesor aproximadamente uniforme que se ajustará a lo siguiente:

- A) En el caso del material compactable, el espesor de las capas sueltas deberá ser tal que se obtenga la compactación fijada.
- B) En el caso del material no compactable, el espesor de las capas será mínimo que permita el tamaño mayor del material, salvo lo que en casos especiales fija el proyecto.

Cuando la topografía del terreno sea tal que presente lugares inaccesibles al equipo de construcción, tales como depresiones profundas y angostas o laderas muy pronunciadas, donde no sea posible la construcción por capas compactadas o acomodadas en toda la altura del terraplén, se rellenarán a volteo esos lugares inaccesibles hasta la mínima altura necesaria, para formar una plantilla constituida por la corona del terraplén parcialmente formado, en lo que se pueda operar el equipo, prosiguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante.

La compactación de terraplenes se hará observando lo siguiente:

- 1) Se ejecutará uniformemente en todo el ancho de la sección, según los grados de compactación que fije el proyecto.
- 2) Se dará al material uniformemente la humedad conveniente. Se aplicará el agua en el lugar de excavación o en el terraplén mismo. El contratista determinará el sitio de aplicación del agua, cuando el pago se haga por unidad de obra terminada.
- 3) Cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el óptimo, antes de iniciar la compactación, se eliminará el agua excedente.
- 4) Efectuada la compactación de una capa de material, su superficie se escarificará y se agregará agua si es necesario, antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas debidamente.

Con objeto de lograr que con el equipo de compactación se alcance el grado de compactación fijado en toda la sección del terraplén, lo que no es posible obtener en las orillas, los terraplenes se construirán con una corona más ancha que la teórica del proyecto y con un talud diferente, que se encontrará con el talud teórico del proyecto en la línea de los cerros; se obtendrán así las cuñas laterales de sobre ancho, en las cuales la compactación podrá ser menor que la fijada. El proyecto incluirá las dimensiones de las cuñas de sobreancho, las que serán recortadas una vez que se haya terminado la construcción del terraplén, dejando el talud debidamente afinado.

No deberá iniciarse la construcción de terraplenes antes de terminarse las alcantarillas y muros de sostenimiento ordenados, la construcción de los cuales deberá ir, por lo menos 500 metros adelante de las terracerías. El relleno de las excavaciones para estructuras y los colchones de protección de las obras de drenaje se ejecutarán previamente a la construcción de los terraplenes, cuando la construcción de los terraplenes en los accesos a los puentes y estructuras de pasos a desnivel, no se lleve hasta los apoyos, incluyendo los derrames cuando procedan, se sujetará a los procedimientos de construcción y de compactación indicados.

Para dar por terminada la construcción de un terraplén, incluyendo su afinamiento, se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Cabe hacer notar que cuando el pago de la obra se realice por unidad de obra terminada, el contratista estará en condiciones de llevar a cabo el proceso constructivo que mas le convenga y que desee llevar a cabo, llevando la responsabilidad de la obra y consecuencias que pudiera haber debido a sus decisiones.

Sobre la última capa terminada del terraplén a 97% como mínimo de compactación, se construirá el pavimento que se proyecte. Este puede ser un revestimiento suelto o compacto o bien 2 capas una de sub-base otra de base y la última carpeta asfáltica. A continuación se presentan los espesores comunes en nuestro país de las capas antes mencionadas:

- 1) Capa sub-rasante de terracería: Tendrá como mínimo 50 cm de espesor a 97% de compactación.
- 2) Capa sub-base: Tendrá como mínimo 30 cm de espesor.
- 3) Capa base: Tendrá un espesor el cuál variará de entre 15 a 30 cm.
- 4) Carpeta asfáltica: Varía desde un riego de asfalto rebajado (FR-3) y material petreo 3-E (3/8") hasta capa de concreto asfáltico se 5 a 10 cm de espesor.

Sub-rasante.- Los suelos de la capa subrasante están sujetos a esfuerzos menores que los de las capas superiores del pavimento es decir, la carpeta, la base y la sub-base. Los esfuerzos en la subrasante decrecen con la profundidad; pero para el diseño generalmente se toma el correspondiente a la parte superior de la sub-rasante o cuando hay variaciones en los conteni-

dos de humedad o en las densidades, la localización del esfuerzo del diseño puede variar.

Generalmente el diseño de un pavimento prevé la compactación de la capa superior del suelo natural con objeto de mejorar su capacidad de soportar esfuerzos. El espesor de esta capa compactada dependerá del tipo de suelo y de la magnitud de las cargas a soportar.

5.- SUB-BASE

La sub-base se considera como una parte integral de la estructura de un pavimento flexible. Sus funciones son similares a las de la base y por la carpeta, su calidad puede ser inferior a la de la base, lo cual constituye una buena alternativa desde el punto de vista de la economía de la construcción, sin menoscabo de la capacidad estructural del pavimento.

La S A H O P presenta la siguiente definición de sub-bases y bases: Capas sucesivas de materiales seleccionados que se construyen sobre la sub-rasante y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

En esta definición, el término terracerías se refiere a la masa de suelos o roca sobre la cual se apoya el pavimento.

6.- BASE

Definición:

Capa de materiales seleccionados que se construye sobre la sub-base y ocasionalmente sobre la sub-rasante y cuya función -

es soprotar las cargas rodantes y distribuir los esfuerzos a la sub-base a la sub-rasante, en tal forma que no produzcan deformaciones perjudiciales, debiendo ser ejecutada de acuerdo con el proyecto.

Se puede decir que la base es la componente estructural más importante de un pavimento flexible; su función primordial consiste en soportar los altos esfuerzos impuestos por las cargas concentradas aplicadas en la superficie del pavimento y distribuir las adecuadamente, de tal manera que las capas inferiores las puedan resistir. Así pues, el propósito fundamental de las bases consiste en evitar que se presenten deformaciones por corte y consolidación en la sub-rasante. Las bases tiene la finalidades adicionales de preveer sub-drenaje al pavimento y proporcionar protección contra la acción de las heladas cuando sea necesario.

La calidad de una base depende de su composición, de las propiedades físicas de sus agregados y de su compactación; así se tienen:

- 1) Bases asfálticas; las constituidas por materiales seleccionados aglutinados con un producto asfáltico, en caliente.
- 2) Bases de agregados triturados.
- 3) Bases de agregados de roca caliza.
- 4) Bases de Macadam de penetración.
- 5) Bases asfálticas elaboradas en frío.
- 6) Bases tratadas con cemento. (pavimento combinado).

La construcción de la base se iniciará cuando la sub-base o las terracerías, si la base se construye directamente sobre estas, estén terminadas de acuerdo con lo fijado en el proyecto. La descarga del material deberá hacerse en el lugar, forma y volúmenes por estación de 20 metros, la longitud máxima en el camino para descargar material, antes de construir la base, deberá ser fijado; De acuerdo con lo indicado en el proyecto, el tendido y compactación de los materiales para la formación de la base se hará como sigue:

- a) Se extenderá parcialmente el material previamente disgregado y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivamente hasta alcanzar la humedad que se fije. A continuación se extenderá y compactará en una o más capas que den espesores no mayores de 12 centímetros con el material ya compactado, hasta obtener el espesor y la sección del proyecto.
- b) Cuando deban emplearse dos o más materiales, previamente disgregados, se mezclarán primero en seco, con objeto de obtener una mezcla uniforme. Posteriormente se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad óptima. La mezcla deberá tenderse y compactarse cuando quede homogénea en granulometría y humedad. El tendido deberá hacerse en capas sucesivas que den espesores no mayores de 12 centímetros para la mezcla ya compactada, hasta obtener el espesor y la sección del proyecto. Se darán riegos superficiales de agua, únicamente durante el tiempo

que dure la compactación para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

- c) En las tangentes y curvas que no tengan sobreelevación la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro y en las curvas con sobreelevación, de la parte interior de la curva hacia la parte exterior.
- d) La base terminada deberá tener el porcentaje mínimo de compactación fijado en el proyecto.

7.- CARPETA ASFALTICA

Definiremos a un pavimento como la estructura consistente en una o más capas de materiales apropiados, cuya finalidad principal es la de proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito adecuado de los vehículos, distribuyendo convenientemente las cargas concentradas de tal manera que la capacidad de soporte de las capas de apoyo no se exceda.

RIEGO DE IMPREGNACION

Definición:

Aplicación de un asfalto rebajado a una superficie terminada, con objeto de impermeabilizarla y/o estabilizarla, para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.

Se procederá al barrido de la superficie por tratar para eliminar todo el material suelto, polvo y materias extrañas que se encuentren en ella, antes de aplicar el riego de impregnación. Si la base se ha deteriorado o destruido, por no haber sido impregnada a su debido tiempo, deberá acondicionarse para dejarla de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Todas las operaciones y los materiales necesarios para dicho fin, serán por cuenta del contratista, si el deterioro o la destrucción de la base fué por causas imputables al mismo.

Una vez barrido la superficie por tratar, se procederá a dar el riego de material asfáltico por medio de una petrolizada, por ningún motivo deberá regarse material asfáltico cuando la base se encuentre mojada. El riego de material asfáltico deberá hacerse de preferencia en las horas más calurosas del día. El tipo de material asfáltico y la cantidad que se riegue por metro cuadrado serán fijados por el proyecto, así como si debe ser regada en una (1) o dos (2) aplicaciones; la superficie impregnada deberá presentar un aspecto uniforme y el material asfáltico deberá estar firmemente adherido; la penetración del riego deberá ser mayor de 4 milímetros, aunque en algunos casos pueda aceptarse como satisfactoria una penetración menor, siempre que haya buena adherencia entre el material asfáltico y el de la capa cuya superficie se impregnó.

Cuando a pesar del barrido, se presenta una superficie de textura muy cerrada y muy seca, pueda darse un riego ligero de agua para desalojar el aire retenido principalmente por las partículas más finas y que impide que la aplicación del riego de material asfáltico sea satisfactoria; se dejará evaporar este riego de agua casi totalmente y cuando la superficie se observe seca, se dará el riego de impregnación; una base bien terminada no debe tener depresiones; sin embargo, el material asfáltico regado pudiera, sin existir depresiones, formar charcos; cuando esto suceda el exceso de material asfáltico que se haya acumula

do en esta forma se quitará por medio de cepillos.

La superficie impregnada de la base deberá cerrarse al tránsito durante las 24 horas siguientes a su terminación y no deberá permitirse el paso de vehículos en este lapso. Cualquier desperfecto que se origine en la base impregnada por ésta u otras causas imputables al contratista será reparada por su cuenta; - cuando por causas de fuerza mayor sea necesario abrir el tránsito a la base impregnada, antes de que transcurra el tiempo establecido, ésta se cubrirá con arena.

Cuando el contratista se atrase en el programa de obras de construcción de la carpeta asfáltica y la base impregnada no es protegida oportuna y adecuadamente, la reparación de esta será por su cuenta, así como la reposición de la misma, en caso de ser necesaria.

Teniendo impregnada nuestra base, se procederá a aplicarse el riego de liga, el cuál antes de aplicarse sobre la base impregnada, ésta deberá ser barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo; además, no deberá haber material asfáltico encharcado, una vez aplicado el riego de liga se procederá al tendido de la carpeta.

CARPETA ASFALTICA POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR

Definición: Son las que se construyen en la carretera, aeropista o plataforma de trabajo mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos, y un material asfáltico.

Al contratista se le fijará la longitud máxima de los tra-

mos en que se podrá depositar materiales pétreos, para la elaboración de la mezcla asfáltica. En aquellos casos en que el material pétreo no satisfaga los requisitos granulométricos señalados, se le deberá agregar uno o más materiales, en las cantidades que se indiquen, procedentes del mismo o de otros bancos, como se mezclarán en seco, de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Para la verificación de la dosificación y de los volúmenes de material o materiales pétreos que intervienen en la mezcla que se utilice en la construcción de carpetas se hará, en términos generales, en tramos de la longitud que se fije lo siguiente:

- 1) Se acamellonará el material y se determinará su volumen y su peso volumétrico seco.
- 2) Si se requiere añadir un segundo material, éste se acamellonará por separado, determinando su volumen y peso volumétrico seco.
- 3) A partir de estos dos volúmenes se determinará si los porcentajes en relación con la suma de volúmenes sueltos, son los fijados por el proyecto.
- 4) Se acamellonará el material o mezcla de materiales y se determinará su volumen y su peso volumétrico en el camellón.
- 5) Se determinará el coeficiente de variación volumétrica del material o mezcla de materiales, de material compactado a material acamellonado.
- 6) El producto que resulte de multiplicar el volumen del -

proyecto por el coeficiente de variación volumétrica de material compactado a material acamellonado, se considerará como el necesario de material o mezcla de materiales sueltos que se requerirán para integrar el volumen de proyecto.

- 7) Para determinar el volumen suelto de cada uno de los materiales constituyentes de la mezcla deberá multiplicarse el volumen de la mezcla por el coeficiente de variación de materiales mezclados a materiales separados y - adicionalmente por el porcentaje en que según el proyecto, debe intervenir el material de cada banco.
- 8) En caso de que sea necesario usar más de dos materiales se procederá, para cada uno de ellos, en forma semejante a como se indicó anteriormente.

Cuando se empleen motoconformadoras para efectuar la mezcla de los materiales pétreo y asfáltico, deberá aplicarse este último por medio de petrolizadora y en el número de riegos que se ordene, sobre el material pétreo parcialmente extendido, después de cada riego se procederá a revolverlos, con objeto de facilitar la incorporación del material asfáltico al pétreo. Una vez que se haya aplicado toda la cantidad de material asfáltico fijada, se efectuará un mezclado final hasta obtener un producto homogéneo.

Cuando se empleen mezcladoras ambulantes para efectuar la mezcla de los materiales pétreo y asfáltico, el procedimiento de ejecución será fijado, de acuerdo con el tipo de equipo que

haya sido autorizado. Al final del mezclado, el producto deberá ser homogéneo. Cuando el pago se haga por unidad de obra terminada, el contratista determinará el procedimiento de ejecución de la mezcla; En la construcción de carpetas por el sistema de mezcla en el lugar, no deberá regarse material asfáltico si el pétreo contiene una humedad superior a la de absorción, o tiene agua superficial, aún cuando se usen aditivos, excepto cuando se empleen emulsiones, en cuyo caso se fijará humedad aceptable. Cuando el material pétreo contenga una humedad excesiva, deberá procederse a su oreado, extendiéndolo por medio de una motoconformadora u otro equipo que se autorice, hasta lograr que el material tenga una humedad que no perjudique su adherencia con el asfalto.

La mezcla asfáltica elaborado con asfaltos rebajados se curará oreándola, para lo cual se revolverá con motoconformadora u otro equipo, el tiempo suficiente para que se volatilice una parte del disolvente y se obtenga así la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla, fijada en el proyecto. Cuando se elaboren las mezclas asfálticas con emulsiones de rompimiento medio o lento, se aplicará si se ordena, un riego previo de agua para dar humedad fijada.

Una vez curada la mezcla asfáltica se tenderá en el ancho y espesor fijados en el proyecto. Esta operación deberá hacerse con motoconformadora o con otra clase de equipo adecuado; Después de tendida la mezcla asfáltica y antes de iniciar la compactación, se verificará que la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla, sea fijada en el proyecto; de encontrarse

correcta se iniciará la compactación utilizando un rodillo tipo tándem, adecuado para dar un acomodo inicial a la mezcla; a continuación se compactará la mezcla utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuados para alcanzar un mínimo de 95% del peso volumétrico máximo que fije el proyecto; inmediatamente después se empleará una plancha lisa adecuada para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas. Para obtener un mejor acomodo de las partículas que forman la carpeta, se procurará realizar el planchado a las horas en que la temperatura ambiente o la acción de los rayos solares propicien esta operación.

Para la compactación, el planchado se hará observando lo siguiente: En carreteras, el rodillo liso tipo tándem o el compactador neumático deberá moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro en las tangentes; y del lado interior hacia el exterior, en las curvas.

Cuando la carpeta quede compactada, se procederá a efectuar el recorte de las orillas de la misma, con objeto de ajustar el ancho y alineamiento conforme al proyecto, teniendo cuidado de que al efectuarlo no se dañe la base. El material producto del recorte se retirará de la carretera, depositándolo en el lugar indicado.

En carreteras, sobre la carpeta terminada se dará un riego de sello, cuando éste resulte con mayor permeabilidad del 10%.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, se verificarán el alineamiento, el perfil y la acción en su forma

espesor, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y con las siguientes tolerancias:

- A) Ancho de la carpeta, del eje a la orilla + 5 cm.
- B) Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de 3 metros de longitud ----- 1 cm.
- C) En espesores, la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias calculadas restando al espesor real obtenido en cada punto de prueba el espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba, siempre deberá ser igual o menor que once centésimos (0.11) del espesor real promedio de la carpeta; además, el valor absoluto de la diferencia entre los espesores real y de proyecto, correspondiente al 93% - como mínimo, de las determinaciones realizadas para la carpeta, siempre deberá ser igual o menor que el 27% - de los espesores de proyecto. Lo anterior se puede expresar también de la siguiente manera:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \geq 0.11 \bar{e}$$

Para carpeta

$$|e_r - e| \geq 0.2 e$$

en el 93% de los casos, como mínimo.

En donde:

e = Espesor de proyecto.

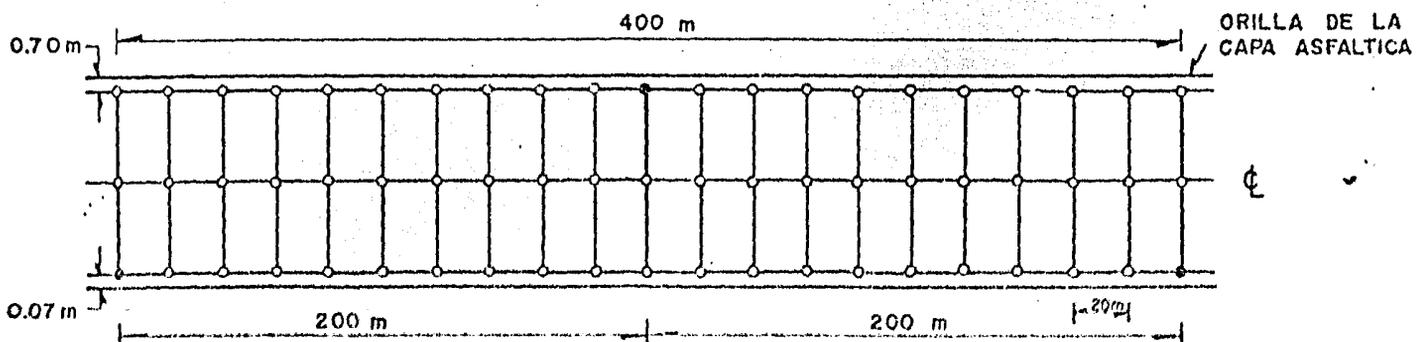
$e_1, e_2, \dots, e_n, e_T$ = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$ = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.

n = Número de verificaciones del espesor real hechas en el tramo. La longitud de cada tramo será de (1) kilómetro o menos.

La distribución de los puntos donde se llevan a cabo los sondeos para las verificaciones de espesor y compactación y aquellos en donde se determinen los niveles para fines de espesores y tolerancia, deberá ser la indicada.

PUNTOS DE VERIFICACION CAPAS ASFALTICAS EN CARRETERAS



o PUNTOS DE SONDEOS EN CARPETAS

o PUNTOS DE NIVELACION

Además se harán los sondeos o se determinarán los niveles que se ordenen, como necesarios para controlar las fracciones de tramo comprendidas entre las separaciones indicadas y las que se originaron por razones de procedimiento de construcción o de interrupciones en la obra. Se tomará en cuenta adicionalmente lo siguiente:

A) Para los Sondeos:

- 1) No deberá dañarse la parte contigua a los mismos.
- 2) El espesor de la carpeta determinado a partir de los sondeos realizados, deberá ser igual al espesor fijado en el proyecto, con la tolerancia antes indicada.
- 3) El contratista rellenará el hueco de cada uno de los sondeos, usando el mismo tipo de material de carpeta, compactando el material de relleno hasta obtener el grado fijado en el proyecto y deberá enrasar la superficie con la original de la carpeta.

B) En las nivelaciones para verificar los espesores:

- 1) Se nivelará la corona de la base, terminada, utilizando nivel fijo y comprobando la nivelación. Para cada sección transversal, que deberán estar, a una distancia máxima de 20 metros una de la otra.
- 2) Una vez terminada la carpeta, se volverán a nivelar los mismos puntos y para las mismas secciones a que se refiere el inciso anterior.
- 3) A partir de las cotas de ambos seccionamientos, en todos los puntos antes indicados se obtendrán los espesores

-res de la carpeta compactada. Estos espesores deberán ser iguales al fijado en el proyecto, con las tolerancias antes indicadas.

RIEGO DE SELLO

Definición: Aplicación de material asfáltico, que se cubre con una capa de material pétreo. para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Antes de aplicar el riego de sello, la superficie por tratar deberá estar seca y ser barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo.

En cada caso y tomando en cuenta las condiciones de la carpeta por sellar y las características del material pétreo que se empleará en el riego, se determinará mediante pruebas sobre la carpeta por sellar, las cantidades que, tanto de los materiales pétreos como de asfalto, deban utilizarse para el riego de sello. En términos generales, las cantidades de materiales que deban aplicarse, en litros por metro cuadrado, estarán comprendidas dentro de los límites que se indican en la tabla siguiente:

MATERIALES.	TAMAÑO DEL MATERIAL PETREO.	
	3-A	3-E
Cemento asfáltico.	0.7 a 1.0	0.8 a 1.0
Material Pétreo.	8 a 10	9 a 11

- 1) El cemento asfáltico considerado en esta tabla se refiere al que existe en los materiales asfálticos que se empleen.
- 2) Para calcular la cantidad de material asfáltico por aplicar, deberá dividirse el valor anotado en esta tabla, entre el contenido de cemento que presente el material asfáltico utilizado, ambos expresados en litros

En todos los casos de riego de sello, el contratista deberá recabar previamente la aprobación para el equipo que pretenda usar, salvo cuando el pago se haga por unidad de obra terminada. En todos los casos de riego de sello, el contratista deberá tener el equipo de espaciadores mecánicos y el material pétreo para cubrir de inmediato, el riego de material asfáltico recién aplicado; si durante la ejecución del trabajo el equipo presenta deficiencias, el contratista estará obligado a corregirlas o a retirar las máquinas defectuosas, reemplazándolas por otras en buenas condiciones.

No deberán regarse con material asfáltico, tramos mayores de los que puedan ser cubiertos de inmediato con material pétreo; en riego de sello, no deberá regarse material asfáltico, si el material pétreo con que se cubrirá el riego contiene una humedad superior a la de absorción o tiene agua superficial, aún cuando se usen aditivos, excepto cuando se empleen emulsiones, en cuyo caso se fijará la humedad aceptable.

Al hacerse la aplicación del material asfáltico deberá tenerse especial cuidado para evitar que haya traslape con un

riego anterior. En el punto donde se inicie cada riego se colocarán una o más tiras de papel u otro material, protegiendo el riego anterior, de manera que el nuevo riego se empiece desde la protección y al retirarse ésta, quede aplicación sin traslapo.

Para la ejecución de riego de sello, en términos generales, se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

- A) Se barrerá la superficie por tratar.
- B) Se dará el riego de material asfáltico, del tipo y en la cantidad fijados en el proyecto.
- C) Se cubrirá el riego de material asfáltico con una capa de material pétreo que fije el proyecto y en la cantidad también así fijada.
- D) Se rastreará y planchará el material pétreo.
- E) Se recolectará mediante barrido y removerá el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico, depositándolo en el lugar adecuado.

Quando se ordene que se hagan 2 aplicaciones de material asfáltico, se dejará transcurrir algunos días después de aplicado el primer riego, se hará la siguiente aplicación. Se fijará la cantidad, en litros por metro cuadrado, que se aplicará en cada caso. El tendido de los materiales pétreos se hará con esparciadores mecánicos. Inmediatamente después de tendido el material pétreo, para tener una mejor distribución del mismo, se le pasará una rastra ligera de cepillos de fibra o de ruz, dejan-

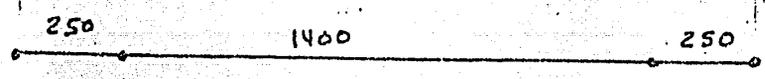
do así la superficie exenta de ondulaciones, bordes y depresiones.

Los materiales pétreos, tendidos y rastreados, se plancharán inmediatamente con rodillo liso ligero, únicamente para acomodar partículas del material, teniendo especial cuidado para no fracturarlas por exceso de planchado. A continuación se plancharán con compactador de llantas neumáticas, pasando una rastra de cepillos de fibra o de raíz las veces que se considere necesario, para mantener uniformemente distribuido el material y evitar que se formen bordes y ondulaciones. Los compactadores de llantas neumáticas se pasarán alternativamente con la rastra, el tiempo necesario para asegurar que el máximo de material pétreo se adhiera al material asfáltico. Cuando se observe, que no se adhiere más material pétreo, se recolectará todo el sobrante, con cepillos de fibra o de raíz, y se removerá al lugar indicado, dejando la superficie libre de material suelto.

La verificación del volumen del material pétreo empleado se efectuará en los vehículos de transporte previamente al momento de su aplicación.

A continuación se presentán algunas secciones estructurales típicas de carreteras.

EN CAJON



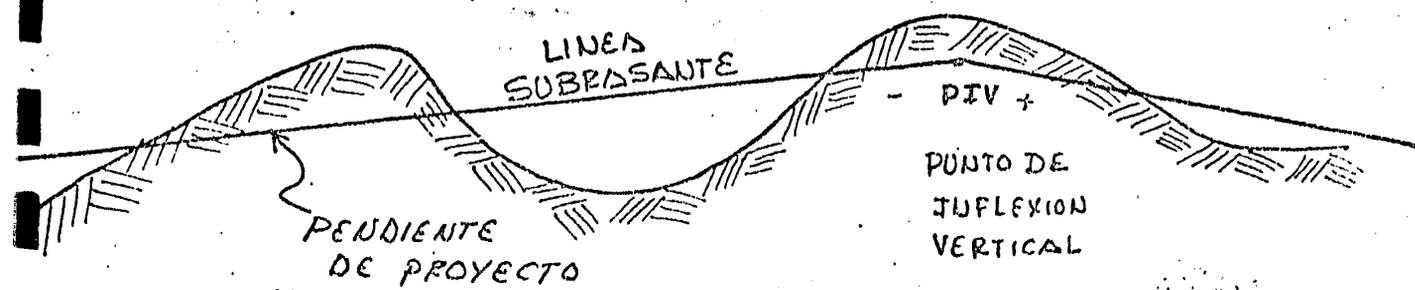
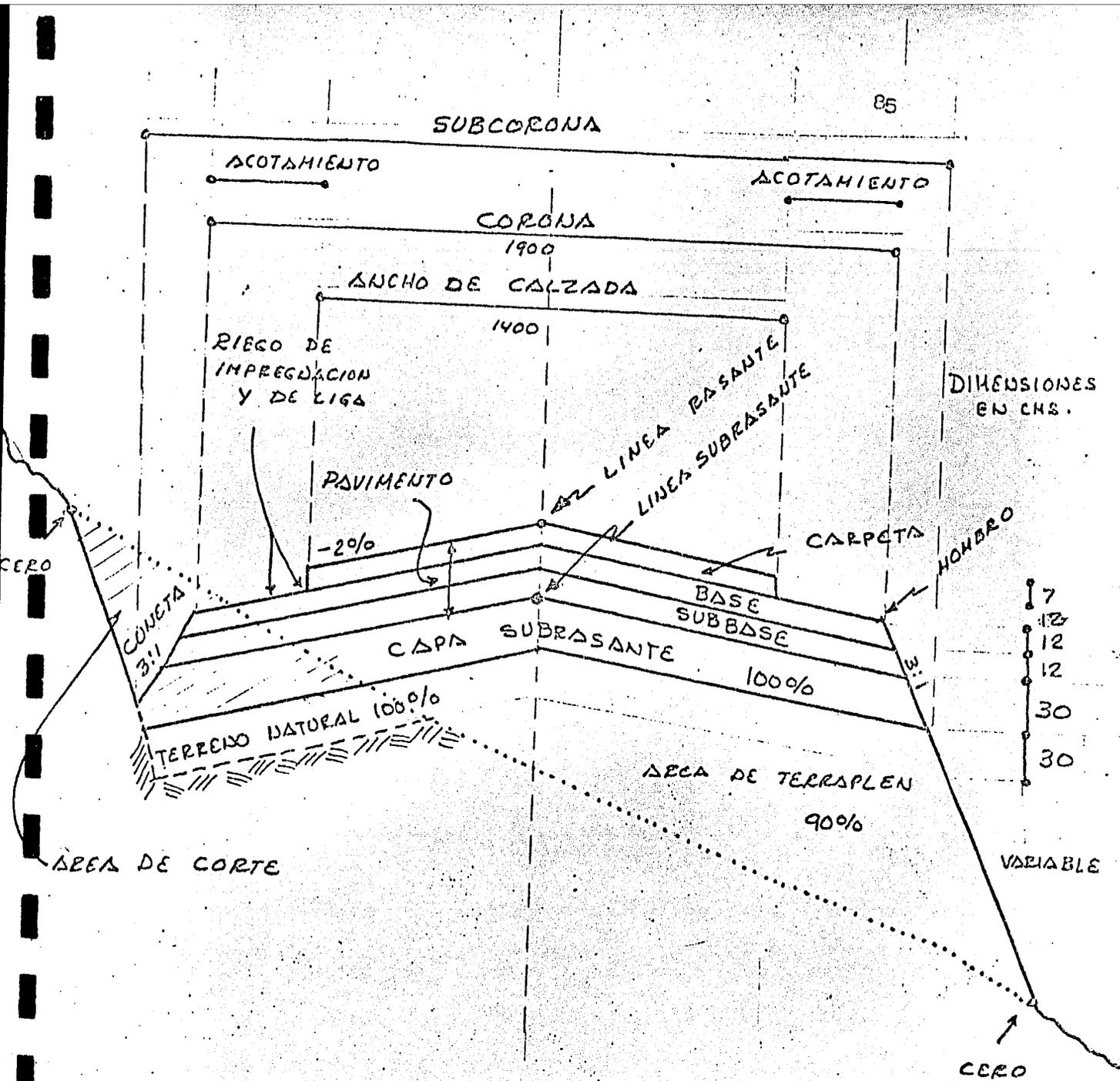
CARPETA ASFALTICA (95%)	
BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO (100%)	24
CAPA SUBRASANTE (100%)	30
TERRENO NATURAL (90%)	30

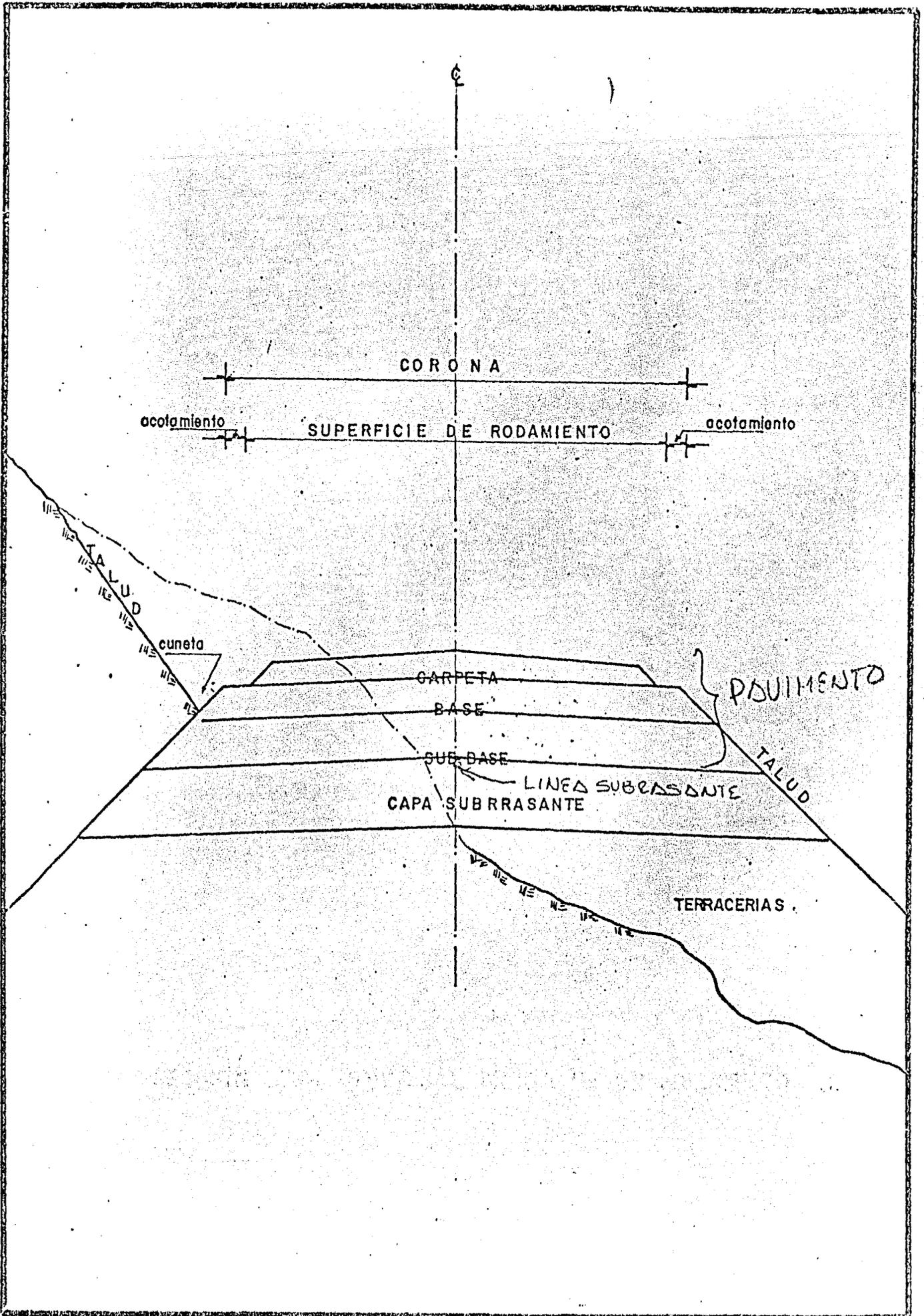
EN BALCON

CARPETA ASFALTICA (95%)	
BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO (100%)	24
CAPA SUBRASANTE (100%)	30
TERRENO NATURAL (90%)	30

EN CUERPO DE TERRAPLEN

CARPETA ASFALTICA (95%)	
BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO (100%)	24
CAPA SUBRASANTE (100%)	30
CUERPO DEL TERRAPLEN (90%)	VARIABLE
TERRENO NATURAL (90%)	30





C A P I T U L O I X

OPERACION Y MANTENIMIENTO

OPERACION EN CARRETERAS

Toda carretera debe cumplir con ciertas condiciones ideales de operación, las cuales se encuentran perfectamente bien definidas, esto es:

1. Circulación continua, libre de interferencias laterales de vehículos y peatones.
2. Corriente de tránsito formada solamente por automóviles.
3. Anchura de los carriles de circulación de 3.60 m con acotamientos adecuados y sin obstrucciones laterales a 1.80 m de la orilla de la superficie de rodamiento
4. El alineamiento horizontal y vertical para carreteras rurales debe ser satisfactorio para velocidades promedio de proyecto de 110 Km p.hr o más, sin restricciones en la distancia de visibilidad para rebasar en carretera de dos o tres carriles.

Es evidente que hay muy pocas carreteras que reúnan todas esas condiciones ideales de operación.

En lo que respecta a circulación discontinua, se presenta en arterias y calles de zonas urbanas, por lo que no entraremos en detalle al respecto.

Niveles y Volúmenes de servicio.

Nivel de servicio es una medida cualitativa del resultado de un número de factores que incluyen la velocidad de operación, la relación Volumen-Capacidad, así como tiempo de recorri-

do, interrupciones de tránsito, libertad de maniobra, seguridad, comodidad, facilidad de manejo y costos de operación.

Para que una carretera suministre un nivel de servicio aceptable para uso vial es necesario que el volumen de servicio sea menor que la capacidad de la carretera. Cuando el volumen de tránsito iguala a la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son deficientes, las velocidades son bajas, con frecuencia hay paros y demoras prolongadas.

La velocidad de recorrido puede ser una velocidad de operación o un promedio de la velocidad de recorrido total; depende del tipo de carretera.

Seis niveles de servicio han sido seleccionados para la identificación de la operación del tránsito en una carretera, bajo varias condiciones de velocidad y volumen. Estos niveles de servicio son designados con las letras A, B, C, D, E, F, del mejor al peor.

El nivel de servicio A describe una condición de circulación libre, con volúmenes bajos y altas velocidades (velocidades controladas por el deseo de los conductores, por los límites marcados de velocidad y por las condiciones físicas de la carretera).

En el nivel de servicio B, las velocidades de operación comienzan a restringirse, los conductores tienen aún libertad de seleccionar su velocidad y carril de operación.

En el nivel de servicio C, está en la zona de circulación estable, pero las velocidades y la maniobrabilidad se encuentran más rígidamente controladas por los mayores volúmenes. La velocidad de operación es satisfactoria todavía, así como los

volúmenes de servicio para la práctica de un proyecto urbano.

El nivel de servicio D, se acerca a la circulación inestable, con velocidad de operación tolerable con ciertas variaciones. Los conductores tienen una pequeña libertad para maniobrar.

El nivel de servicio E, la circulación es inestable y puede haber interrupciones de duración momentánea; los volúmenes que se alcanzan son iguales o cercanos a la capacidad de la carretera.

El nivel de servicio F, la circulación es inestable y las velocidades bajas; las interrupciones pueden ocurrir en períodos cortos o largos por causas del congestionamiento.

Los volúmenes de servicio son equivalentes a los niveles de servicio en su forma cuantitativa, y son los volúmenes máximos de los vehículos en un sentido (o en ambos sentidos en carreteras de 2 o 3 carriles), durante un período de tiempo especificado mientras las condiciones de operación estén mantenidas al nivel de servicio escogido. Los volúmenes de servicio son generalmente volúmenes horarios.

Factores que afectan a la capacidad y a los niveles de servicio.

Los factores que afectan a la capacidad y a los niveles de servicio se dividen en dos categorías: factores de la carretera y del tránsito.

1.- Factores de la carretera.

a) Anchura de los carriles.

Los carriles estrechos tienen una capacidad más baja que los carriles de 3.60 m, que son aceptados como ideales. A través de investigaciones se ha encontrado que un vehículo que rebasa

emplea más tiempo para llevar acabo esta operación cuando los carriles son angostos que cuando son más amplios.

b) Distancia libre lateral a obstáculos.

Los obstáculos laterales (tales como muros de retención, parapetos, postes de señales, arbotantes y vehículos estacionados) situados a distancias menores de 1.80 m de la orilla de un carril, reducen el ancho efectivo del mismo y por lo tanto, la capacidad de la carretera. Por ejemplo, una sección transversal de 7.30 m de carpeta, con una armadura de puente en la orilla tiene la misma anchura efectiva que una sección transversal de 5.20 m de carpeta con distancia libre lateral de 1.80 m.

Debido a que la anchura de los carriles y la distancia libre lateral de obstáculos se encuentran íntimamente relacionados, se da un solo factor de corrección para ambos conceptos.

c) Alineamiento.

El alineamiento y perfil de una carretera son factores importantes que afectan a su capacidad. Para tramos relativamente largos, dos son las características que se deben de tomar en cuenta: la velocidad promedio de proyecto y la distancia de visibilidad de rebase.

La velocidad promedio de proyecto se define como el promedio pesado en las velocidades de proyecto en un tramo de la carretera, cuando a cada uno de los subtramos se le considera una velocidad de proyecto individual.

La distancia de visibilidad de rebase se define como la distancia mínima que es necesaria para pasar otro vehículo con seguridad y comodidad, sin afectar la velocidad de un vehículo que viajan en sentido contrario, si este se presenta a la vista

después de iniciada la maniobra de rebase. Para el cálculo, esta distancia se considera de 450 m. Este cálculo se requerirá únicamente para carreteras de dos o tres carriles, en dos sentidos de circulación.

d) Otros factores de carreteras son:

Los acotamientos, carriles para estacionamiento y condiciones de la superficie de rodamiento.

2.- Factores de tránsito.

a) Camiones.

Los camiones (definidos para propósitos de capacidad como vehículos transportadores de carga con llantas dobles en uno o más ejes) reducen la capacidad de una carretera. En efecto, cada camión equivale a un cierto número de automóviles, bajo las condiciones específicas, las cuales se conocen como "automóviles equivalentes".

Se ha encontrado que un camión a terreno a nivel es equivalente a dos automóviles en carreteras de varios carriles y a dos o tres automóviles en carreteras de dos carriles. En pendientes en subida, los automóviles equivalentes de un camión pueden variar ampliamente, dependiendo de la inclinación longitudinal de la pendiente y número de carriles.

b) Autobuses.

Los autobuses en la corriente vehicular afectan también a la capacidad de una manera semejante a los camiones, pero en grado menor. En carretera de varios carriles, en terrenos a nivel o ligeramente ondulados, un autobús tiene un equivalente de 1.6 automóviles.

c) Distribución del tránsito en los carriles.

En carreteras de varios carriles no todos llevan el mismo volumen de tránsito. Los carriles en condiciones ideales - llevan mayores volúmenes debido a que los conductores veloces tienden a evitar el carril en el cual permanecen la mayoría - de los conductores lentos y además procuran evitar las "turbulencias" causadas por las entradas y salidas, que suelen estar a la derecha del sentido de circulación.

d) Variaciones en la corriente de tránsito.

El volumen horario de proyecto esta determinado como un porcentaje del volumen promedio diario anual. Para ciertos tipos de carreteras como las autopistas, es necesario conocer - dentro de la hora de mayor demanda las variaciones máximas - que existen en períodos de 5 y 15 min respectivamente. Esta - variación máxima se denomina factor horario máximo (FHM).

Donde:

$$FHM = \frac{\text{Volumen horario máximo.}}{4 \times \text{volumen máximo, en 15 min.}}$$

Este factor horario máximo varia de 0.25 a 1.0 , de acuerdo con la distribución del tránsito en la hora máxima.

MANTENIMIENTO DE CARRETERAS

El mantenimiento de carreteras se ha definido como la preservación y la conservación de cada tipo de plantilla de camino, lado de camino, estructura y servicio, tan igual como sea posible a su condición original, tal como fue construido o tal como se fue subsecuentemente mejorado, y el funcionamiento de los servicios y facilidades de carreteras, para proporcionar un transporte satisfactorio y seguro.

El mantenimiento es realizado, en su mayor parte, por las agencias de carreteras estatales mismas. Esto es contrario a la construcción, en donde el 95% de trabajo, exclusivo de la ingeniería, se hace por contrato. La principal explicación es que el trabajo de mantenimiento es tan diverso, y tan sujeto a variaciones con respecto a lo esperado, y ocasionalmente tan urgente, que no se presta para la presupuestación en competencia. Algunas veces las fuerzas de mantenimiento también realizan trabajos de mejoramiento que podrían hacerse por contrato. Los proyectos comunes de mejoramiento incluyen nivelación y pavimentación para pequeños cambios de líneas, revestimientos y cubrimientos, trabajos de plantación de vegetales, y otros trabajos para el control de la erosión.

Existe una íntima relación entre las prácticas de diseño y de construcción y los costos de mantenimiento. Por ejemplo, un pavimento insuficiente o un espesor de cimiento insuficiente o una construcción inapropiada de estos elementos, da lugar muy pronto al bacheo costoso o a la reparación superfi---

cial. El cuidado de los acotamientos se vuelve un problema serio cuando las vías estrechas obligan a los vehículos pesados a circular con un par de ruedas fuera del pavimento.

Los servicios de drenaje inapropiadamente diseñados, significan erosión o deposición de materiales y costosas operaciones de limpieza u otras medidas de corrección. Las cunetas estrechas y las pendientes pronunciadas requieren un mantenimiento manual, mientras que las cunetas más planas y las pendientes menos fuertes permiten que las máquinas hagan el trabajo a menor costo.

En terreno nevado, la localización inapropiada, los terraplenes excesivamente bajos y los desmontes estrechos que no dejan espacio para el almacenamiento de la nieve, pueden crear problemas de eliminación de nieve extremadamente difíciles. En muchos casos los elevados costos de mantenimiento que resultan de las prácticas malas de diseño o construcción, ofrecen la razón más favorable para decidirse por la reconstrucción.

MANTENIMIENTO DE LA SUPERFICIE

Del presupuesto destinado al mantenimiento de las carreteras el gasto principal se designa al mantenimiento de las superficies de la carretera.

Para los caminos de grava, esto comprende conformar y re-vestir ocasionalmente. Para los tratamientos superficiales y las superficies bituminosas de baja calidad, se comprenden el bacheo, el revestimiento sellador, o posiblemente, el ablandamiento con aceite, pomezclado y retenido.

Para las superficies de baja calidad, tales como el concreto bituminoso y el concreto de cemento portland, la eliminación y el reemplazo de las zonas afectadas y el revestimiento, son los tratamientos apropiados. La inyección de barro, o el infrasellamiento de los pavimentos de concreto de cemento Portland, es una operación común. Algunas veces, las superficies bituminosas resbalosas requieren en hacerlas ásperas mediante el quemado, o aplicando un sellador antiderrapante.

En general, se emplean los mismos materiales y métodos para la construcción de superficies que para el mantenimiento de superficies. Sin embargo, la maquinaria y los métodos de construcción están diseñados para una producción a gran escala, mientras que las operaciones de mantenimiento comprenden pequeñas producciones en lugares separados. Además, las operaciones de mantenimiento deben planearse para un rápido funcionamiento y para causar la menor interrupción posible o el menor peligro para el tránsito.

Como ilustración, el bacheo de las superficies bituminosas frecuentemente se hace con agregados y aglutinantes premezclados, que han sido amontonados a lo largo del camino listo para su uso inmediato. La mezcla se acarrea de los montones por medio de camiones y se coloca por medio de palas.

Otro método utiliza un remolque tanque para aglutinantes bituminoso, tirado por un camión de volteo cargado con agregado. Una bomba, montada en el remolque, impulsa al aglutinante fluido a través de una manguera para llegar a una boquilla de aspersión manual.

MANTENIMIENTO DE LOS LADOS DEL CAMINO Y DEL DRENAJE

La naturaleza de los lados del camino determina que tipo de mantenimiento se requiere. Cuando el lado del camino es de pasto, éste debe ser segado, fertilizado y algunas veces tratado con cal. La resiembra o la replantación puede ser necesaria en algunos casos si las yerbas son molestas, pueden requerirse los cortes, arado o aspersión con un matayerbas. Si el pasto seco a lo largo de los lados del camino y en los terrenos adyacentes constituye un peligro de incendio, puede estar adecuada la operación de quemado o de arado. Cuando los taludes se encuentran cubiertos con arbustos, se requiere ocasionalmente una poda para mantener un espacio y una distancia de visión. El control de la erosión de los taludes mediante cobertura, siembra u otros medios, frecuentemente se convierte en una operación de mantenimiento. Cuando existen arbustos y árboles, el rociado y la cobertura y la poda ocasional en los árboles son cosas que serán requeridas. Otra cosa enojosa, pero necesaria, consiste en recoger los detritos arrojados por el viento a lo largo de los lados del camino o hacia las áreas de las vías del camino.

Se han desarrollado muchas ingeniosas máquinas para reducir el costo de los desarrollos y mantenimiento de los lados del camino. Pueden incluirse cortadoras mecánicas de retoños, espaciadores combinadas de semilla y fertilizantes, rociadores para distribuirse en semilla y fertilizante en suspensión en agua, segadoras mecánicas, cortadoras mecánicas de pasto,--

pero portátiles para su uso en lugares cercanos, segadoras de arbustos para cortar arbustos a lo largo de los lados del camino y despedazadores de arbustos que reducen los tallos o astillas adecuadas para cobertura. Para limpieza de los lados del camino, la división de carreteras de California tiene máquinas que recogen los papeles, las latas, las botellas y otras basuras de los lados del camino y las destinan al desecho.

El mantenimiento del drenaje comprende mantener las cunetas, canales, estructuras y accesorios, tales como las entradas de caídas y los recipientes receptores limpios y listos para conducir la siguiente avenida. Los sedimentos depositados durante períodos de grandes avenidas, deben ser eliminados.

Los arbustos, las ramas y otros detritos que se recogen en las rejillas de basura o en las entradas de los canales o de las estructuras, deben ser también retirados. Los canales y los diques muy erosionados deben separarse, y deben adoptarse medios de pavimentación, siembras, trasplantes, empedrados, protección por banquetas u otros medios para evitar la repetición de la erosión. Después de algunos daños extremos ocasionados por alguna tormenta, las fuerzas de mantenimiento deben ser llamadas para reconstruir muchas partes del sistema de drenaje.

MANTENIMIENTO DE LOS ACOTAMIENTOS Y LOS ACCESOS.

Los procedimientos de mantenimiento de los acotamientos y los accesos dependen de la naturaleza de estas áreas. Los acotamientos sembrados deben ser segados y ocasionalmente formados hasta el nivel del camino, de modo que el agua no sea contenida en la vía de circulación. El pasto debe ser fertilizado, resembrado y en cualquier otra forma tratarlo para conservarlo en buenas condiciones. El cuidado de los acotamientos protegidos por mantos bituminosos o tratamientos superficiales, es el mismo que para las vías del camino con superficies similares. Los acotamientos de grava y de tierra deben mantenerse conformándolas bajo condiciones de tiempo apropiadas.

Las rodaduras o los asentamientos de los acotamientos que dejan una caída en el borde del pavimento, crean un serio peligro de accidentes. Si esta condición se desarrolla, debe corregirse tan pronto como sea posible mediante la reconstrucción, revestimiento u otros medios apropiados.

MANTENIMIENTO DE PUENTES.

La mayoría de las operaciones de mantenimiento de puentes son de naturaleza especializada. En las estructuras que tienen obra de acero expuesta, la limpieza por medio de chorro de arena, flama u otro medio seguido por repintado, representa el mejor mantenimiento. Algunas veces puede requerirse lim

pliar, sacar y pintar los asientos y los rodillos de los puentes. Las juntas de las plataformas pueden ser expulsadas por presión o llenarse con suciedad, de tal modo que su limpieza y resellado es necesario. Ocasionalmente, los vehículos fuera de control chocan contra los barandales de carriles u otros - accesorios, y éstos deben ser reparados y enderezados. Si las plataformas de los puentes se hacen rugosas, se requiere un - revestimiento. Algunas veces se requieren ciertas medidas de alivio, para corregir los socavones serios alrededor y por de bajo de las pilas y estribos.

Es una práctica común en las agencias de carreteras, tener cuadrillas volantes exclusivamente para el trabajo de los puentes. Con frecuencia se lleva a cabo la pintura y otros - trabajos especializados por contrato.

C A P I T U L O X

CONCLUSIONES

Como se vió en el desarrollo de este trabajo, la idea primordial que se tuvo para su realización, es la de tratar en una forma clara y concisa los problemas que se nos presentarán en la construcción de una carretera en formaciones rocosas.

El problema de la construcción de una carretera es más complejo de lo que aparentemente podría representar; ya que siempre se tendrán una infinidad de problemas por resolver, no analizados antes de iniciar la obra.

Se habló de la planeación en carreteras, en la que solamente consideramos el método fotogramétrico-electrónico, no por ser el único método a seguir sino porque se consideró que era el más apropiado para este caso. Se tienen también algunos aspectos a analizar, para hacer una buena selección de equipo de construcción; ya que una mala selección de éste nos puede dar la clave del fracaso o éxito en la obra.

Con respecto a la mano de obra, se trata de dar un conocimiento general del personal necesario que tendrá que intervenir en la obra; así como una noción sobre costos de construcción.

En cuanto al proceso constructivo se considera que es la parte fundamental, de esta tesis ya que dentro de este capítulo se explica en una forma concisa y clara, el procedimiento general a seguir desde el punto de vista constructivo; desde el inicio de la obra hasta su finalización, y procuran

do de que fuese lo más cercano posible al proyecto a desarrollar.

Como complemento se expone tanto la operación como el mantenimiento adecuados para que una carretera cumpla con su propósito inicial; que es el de proporcionar una alta seguridad y un funcionamiento adecuado a las necesidades por las cuales fue diseñada.

Sobre este tema se tiene una información un tanto aislada, por lo que el objetivo principal es unificar esta información para tener en un solo trabajo los pasos a seguir desde el inicio hasta el final la construcción de una carretera. Por lo anteriormente expuesto, espero con este trabajo haber cumplido con dicho objetivo.

BIBLIOGRAFIA

CLARKSON H. OGLESBY Y LAURENCE I. HEWES

Ingeniería de Carreteras.

Compañía Editorial Continental, S.A.

Cuarta Impresión Octubre de 1976.

México 22, D.F.

DAVID A. DAY

Maquinaria para Construcción.

Editorial Limusa, S.A.

México, 1978.

GALABRU PAUL

Maquinaria General en Obras y Movimientos de Tierra.

Tomo I

Editorial Reverte, S.A.

México.

NAME M. JULIAN.

Costos y Empleo del Equipo de Construcción en

vías terrestres.

México.

GONZALEZ MELENDEZ RAUL

Costos y Materiales.

Quinta Edición.

México 11, D.F.

REVISTAS :

Revista Ingeniería.

Organo Oficial de la Facultad de Ingeniería.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

México 1, D.F.

Abril 1969.

Relaciones entre la Agricultura y las Carreteras en los
países en vías de Desarrollo.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS.

Memorandum Técnico Num. 347

V A R I O S :

Manual de Carreteras.

CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA.

Agencia para el Desarrollo Internacional.

(A.I.D.)

Especificaciones Generales de Construcción.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS.

Segunda Edición.

México 1958.

Partes: Segunda y Cuarta.

Apuntes de la Clase de Sistemas de Transporte.

ING. FRANCISCO DE LA GARZA C.

Facultad de Ingeniería, UNAM.

Curso de Equipo de Construcción.

Parte 1^a.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

Facultad de Ingeniería, UNAM.

Octubre 1982.

México, D.F.

Curso de Movimientos de Tierras:

Excavaciones y Terracerías.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

Facultad de Ingeniería, UNAM.

Junio 1982.

México, D.F.

Curso de Diseño y Construcción de Pavimentos.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

Facultad de Ingeniería, UNAM.

Agosto 1981.

México, D.F.

Curso de Ingeniería de Costos de Construcción.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

Facultad de Ingeniería, UNAM.

México, 1981.