UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

"RECUPERACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES"

TESIS

PRESENTADA A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MANUEL ARTURO BERDUCIDO SANTIZO

AI CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

Guatemala, mayo de 1999

Honorable Tribunal Examinador.

Cumpliendo con lo establecido por la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

"Recuperación de la carpeta asfáltica existente en Pavimentos Flexibles"

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 30 de septiembre de 1,998.

Manuel Arturo Berducido Santizo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA.

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA.

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I:	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II:	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodriguez
VOCAL III:	Ing. Jorge Benjamin Gutiérrez Quintana
VOCAL IV:	Br. Dimas Alfredo Carranza Barrera
VOCAL V:	Br. José Enrique López Barrios
SECRETARIA:	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas.

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios.
EXAMINADOR:	Ing. Tonio Michelle Bonatto Mérida
EXAMINADOR:	Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
EXAMINADOR:	Ing. Carlos Roberto García Sandoval.
SECRETARIA:	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas.

Guatemala, 27 de Enero. 1,999.

Ingeniero.
Augusto Réne Pérez Méndez.
Jefe del Departamento de Transportes.
Facultad de Ingeniería
Presenté

Estimado Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he procedido a la revisión del trabajo de tesis titulado "RECUPERACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES", Presentada por el estudiante Manuel Arturo Berducido Santizo, el cual llena los requisitos propuestos por el sustentante, por lo que me permito aprobarlo en calidad de asesor del mismo.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Muy Atentamente,

Ing. Jorge Alfredo Tejada Arguela.
Asesor

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 27 de Enero de 1,999

Señor Director
Escuela de Ingeniería Civil
Ing. Sydney Alexander Samuels Milson.
Facultad de Ingeniería.
U.S.A.C

Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de tesis titulado "Recuperación de la Carpeta Asfáltica Existente en Pavimentos Flexibles", realizado por el estudiante universitario Manuel Arturo Berducido Santizo, quien contó con la asesoría del Ing. Jorge Alfredo Tejada Arguela.

Considero que el trabajo responde a los objetivos planteados, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Augusto René Pérez Méndez
Jefe de Depto. De Transportes.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jorge Alfredo Tejada Argueta y del Jefe del Departamento de Transporte Ing. Augusto René Pérez Méndez, del trabajo de tésis del estudiante Manuel Arturo Berducido Santizo, titulado RECUPERACION DE LA CARPETA ASFALTICA EXISTENTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, da por este medio su aprobación a dicha tésis.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, abril de 1,999

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tésis RECUPERACION DE LA CARPETA ASFALTICA EXISTENTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, del estudiante Manuel Arturo Berducido Santizo, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera

DECANO INTERINO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
DECANO

Guatemala, mayo de 1,999

Agradecimientos :

A Dios que me ha dado sabiduría e inteligencia.

A la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Gualemala, por ser mi casa de estudios.

Al Ingeniero Jorge Alfredo Tejada Arguela, mi asesor, por sus conocimientos, dedicación y colaboración tan valiosa para la realización de este trabajo.

A la empresa Constructora Nacional, S.A. que de una manera satisfactoria me brindó sus conocimientos y experiencia en este trabajo.

A todos mis compañeros de trabajo.

Acto que Dedico a:

Mis Padres:	Dora Lidia Santizo de Berducido. Luis Francisco Berducido López. Los recuerdo con mucho amor.
Mi Esposa:	Sonia Chacón de Berducido.
Mis Hijos:	Arthur, Melody, Gwendolyn y Aaron.
Mis Hermanos:	María Antoniela, Luis Francisco (Q.E.P.D), Guillermo Novel, Carlos Enrique, Julio Roberto, Elvy Carolina, Plinio Armando y Ana Judith.
Mis Cuñados:	Amor Fraternal.
Mis Sobrinos:	Con mucho cariño.
Mis Familiares:	Sincero cariño.

índice General

Anexos

1. Cálculo de la producción de recuperación de un camino.

2. Estimaciones periódicas de avance de obra.

3. Estimación para pago de trabajo.

4.Diseño de concreto asfáltico para base negra por el método Marshall

5.Diseño de concreto asfáltico para carpeta de rodadura por el método Marshall.

índice de figuras.

Glosario

Asfalto:

Es un material cementoso que va desde café obscuro al negro, en el cual los componentes predominantes son bituminosos y existen en la naturaleza o se obtienen en una refinería de petróleo.
Es un constituyente en proporciones variables de petróleo más crudo.

Asfalto soplado u oxidado:

Asfalto que es tratado por soplido de aire a través de temperaturas elevadas, para darle características deseadas, para ciertos usos especiales, tales como techos, recubrimiento de tuberías, para sello de pavimento de concreto cemento portland, para el recubrimiento de membranas y para aplicaciones hidráulicas.

Asfalto natural:

Asfalto que se encuentra en la naturaleza, el cual ha sido derivado del petróleo por un proceso natural de evaporización de fracciones volátiles, dejando las fracciones de asfalto.

El asfalto nativo de mayor importancia se encuentra en los depósitos de los lagos Trinidad y Bermúdez. El asfalto de estas fuentes es llamado asfalto del lago.

Arena y asfalto:

Es una mezcla de arena y cemento asfáltico, o asfalto rebajado o asfalto emulsificado. Esto puede ser preparado con o sin control especial de agregados granulométricos y puede o no contener agregados finos. Puede ser mezclado en el lugar o en la planta mezcladora.
La arena asfáltica es usada en la construcción de bases y capas de superficie.

Asfalto rebajado:

Es un cemento asfáltico que se ha convertido a líquido al mezclarlo con solventes del petróleo (así llamado diluyente). Bajo las condiciones de presión atmosférica los diluyentes se evaporan, dejando el cemento asfáltico para que realice sus funciones y sea resistente al agua.

Asfalto R.C.:

Es un asfalto de curado rápido, consiste en un asfalto rebajado compuesto de cemento asfáltico y nafta o un diluyente tipo gasolina de alta combustión.

Es un cemento asfáltico de baja penetración, es usualmente usado para el tipo RC. mas que el MC (asfalto líquido).
Este material es raramente usado en las plantas de mezcla en caliente porque es muy inflamable.

Asfalto M. C.:

Es un asfalto rebajado de curado medio. Compuesto de cemento asfáltico y diluido en kerosina de volatilidad media. La presencia de kerosina hace al asfalto trabajable con relación a temperaturas menores, la mayor parte de la kerosina en la parte superior de la capa de superficie de una carretera se evapora cuando está expuesta al aire o al calor, dejando el cemento asfáltico.

Asfalto S.C.:

Es un asfalto rebajado de curado lento, compuesto de cemento asfáltico y aceite de baja volatilidad.
El asfalto líquido de curado lento puede ser residuo de aceite asfáltico, el cual contiene poco o ningún contenido de ninguna porción volátil, o puede ser una mezcla de cemento asfáltico y aceite residual.

Asfalto emulsificado o emulsión asfáltica:

Es una emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de agentes emulsificantes.
Un sistema heterogéneo que normalmente contiene inminentemente dos faces (asfalto y agua). En la cual el agua forma la fase continua de la emulsión, y los glóbulos pequeños, de asfalto forman la fase discontinua.
La emulsión asfáltica puede ser aniónica, electronegativamente cargada de glóbulos de asfalto, o catiónica, electropositivamente cargada del tipo de glóbulos, dependiendo del agente emulsificante.
Comúnmente, cuando es necesario mezclar dos substancias, tales como aceite y agua, en la cual uno de éstos no permanece en suspensión con el otro por un considerable período de tiempo, un tercer ingrediente, tal como el jabón, es agregado para retardar la separación. De la misma manera, el cemento asfáltico y agua son mezclados usando un agente emulsificante para retardar la separación. Numerosos agentes emulsificantes orgánicos e inorgánicos pueden ser utilizados como: silicato soluble e insoluble, jabón y aceite vegetal sulfurado.

Block de asfalto:

Es concreto asfáltico moldeado bajo alta presión. Los tipos de composición de mezcla de agregados, cantidad y tipo de asfalto, y los tamaños y

espesores de los blocks son variables, dependiendo de los requisitos para su uso.

Cemento asfáltico:

El cemento asfáltico es una substancia pesada usado en la preparación de mezcla asfáltica caliente.
Esta diseñado para seleccionar un rango de penetración o grado de dureza apropiado dependiendo del tipo de construcción, condiciones climáticas, y clase y naturaleza de trafico la cual el pavimento este sujeto.

Cobertura primaria de asfalto:

Es una aplicación de asfalto rebajado de baja viscosidad para ser absorbida por una superficie. Esto es usado para preparar una base no tratada para una superficie de asfalto. La cobertura primaria penetra dentro de la base y tapa los vacíos, endurece la parte superior y ayuda a que pegue con las capas posteriores de asfalto.

Cobertura de sello asfáltico:

Es un tratamiento de superficie asfáltico delgado, usado para resistir el agua y para mejorar la textura de la carpeta de rodadura.

Capa de nivelación de concreto asfáltico:

Es una capa (mezcla de agregados de concreto asfáltico) de espesor variable, usada para eliminar irregularidades en el contorno de una superficie previo a realizar un tratamiento o construcción.

Cobertura primaria de asfalto:

Es una aplicación de asfalto rebajado de baja viscosidad para ser absorbida por una superficie. Es usada para preparar una base no tratada para una superficie de asfalto. La cobertura primaria penetra dentro de la base y tapa los vacíos, endurece la parte superior y ayuda a que pegue con las capas posteriores de asfalto.

Estructura de pavimento asfáltico:

Es una estructura de pavimento con todas sus capas de mezcla de agregado asfáltico, o una combinación de capas de asfalto y capas de agregados no tratados, colocados sobre la sub-base mejorada.

Pavimento asfáltico:

El pavimento consiste de una capa de superficie de agregado mineral cubierta y cementada, junto con cemento asfáltico, para soportar capas

tales como bases de concreto asfáltico, piedra triturada, residuos o piedrín, concreto de cemento portland, ladrillos o adoquín.

Rasante:

Es el perfil del eje longitudinal de la carretera en la superficie de rodadura.

Recapeo de concreto asfáltico:

Es una o más capas de construcción de concreto asfáltico sobre un pavimento existente. El recapeo puede incluir una capa de nivelación para corregir el contorno del antiguo pavimento, seguido por capa o capas uniformes para completar el espesor requerido.

Sub—rasante:

Es el área del lecho del camino, sobre la que se construyen las capas de sub-base, de base, de superficie de rodadura y los hombros. Se representa gráficamente en los planos por medio de una línea que es el eje longitudinal central de la carretera.

Sellos de junta asfáltica:

Es un producto asfáltico usado para sellar roturas y juntas en pavimento y otras estructuras.

Sello de junta asfáltica premoldeada:

Son tiras premoldeadas de asfalto mezcladas con sustancias minerales finos, materiales fibrosos, corcho, aserrín o materiales similares. Manufacturado en dimensiones apropiadas para la construcción de juntas.

Objetivos.

1. Analizar el método de recuperación de caminos en mal estado, a efecto de mejorar el proceso y sus técnicas de ejecución.

2. Interesar a los ingenieros viales del país en hacer uso del método de recuperación de caminos, y así mejorar las capacidades de soporte de la red vial.

Introducción.

Las vías de comunicación son parte de la infraestructura necesaria para enfrentar los retos de globalización de la economía y en observación a lo anterior, se desarrolla esta tesis que tratará sobre la metodología constructiva para la recuperación de carreteras y caminos en mal estado.

La recuperación de caminos es un procedimiento que pulveriza y mezcla, en el mismo lugar, la estructura de un pavimento de carpeta asfáltica en mal estado con una cierta cantidad del material subyacente, para formar una base de alta calidad.

Es por lo que se considera que el actualizar esta metodología ayudará a continuar apoyando el proceso necesario de renovación de la infraestructura de comunicación vial del país.

Administración de proyectos.

Como cualquier proyecto de construcción, se debe iniciar con la administración de proyectos y esto comprende la planificación, calendarización así como establecer los controles de las actividades del proyecto, para obtener los resultados deseados, los objetivos principales que se deben lograr son los rendimientos, costos y tiempos deseados de ejecución.

Para la elaboración de esta tesis se toma como ejemplo el proyecto La Democracia—Sipacate, realizada por la empresa Constructora Nacional S.A. que brindó toda la información.

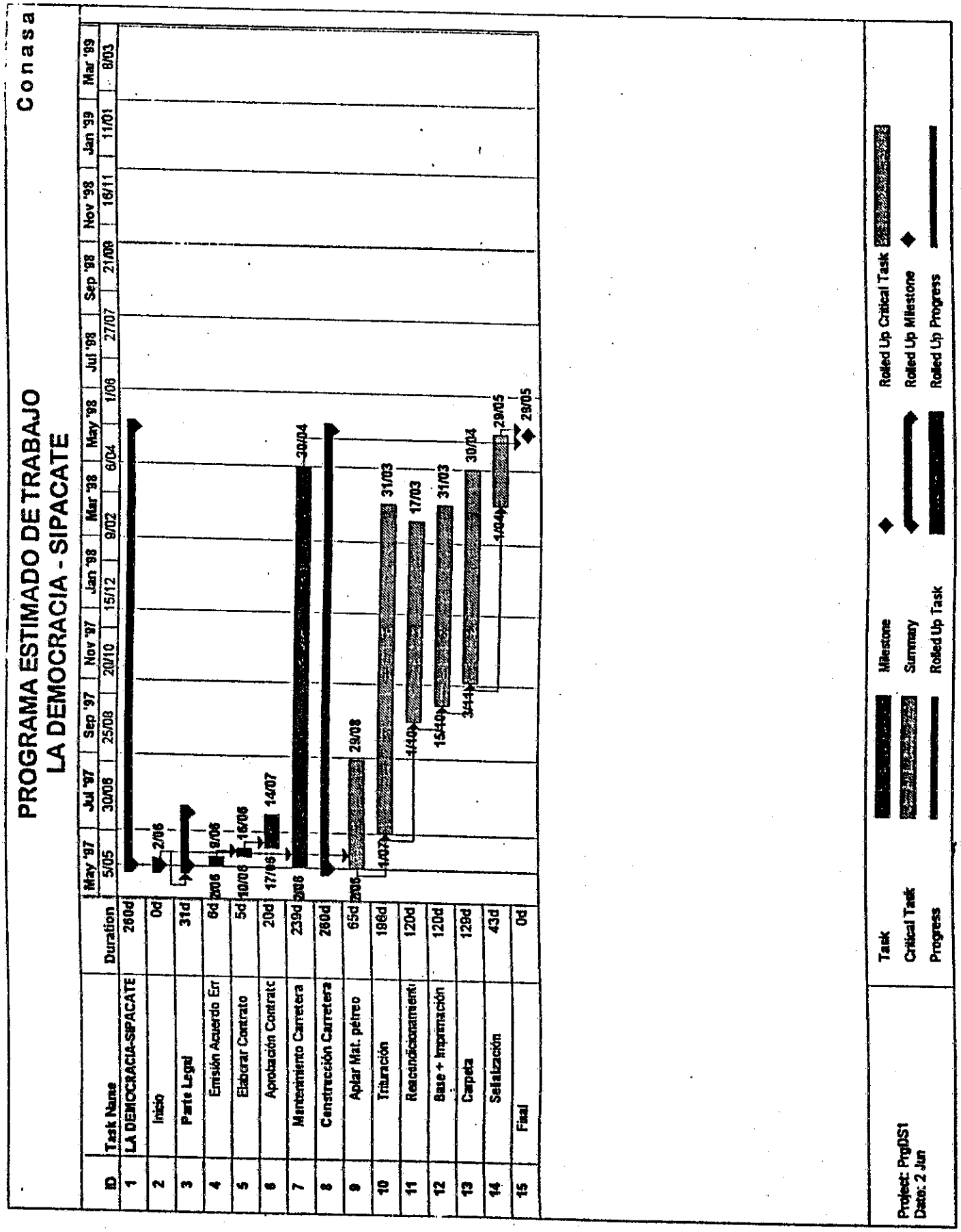


Figura No.1 Programa estimado de trabajo para la recuperación de la carretera La Democracia-Sipacate.

Ubicación de campamento de proyecto.

Por lo general se busca un lugar que sea lo más apropiado para las instalaciones administrativas y de producción, con el objetivo de reducir costos en el acarreo de maquinaria, materiales, combustibles, personal y que tenga facilidades como: agua, luz, hospedaje, alimentación, Etc.

Para este proyecto se recomienda un área de 8 hecláreas y se ubica en las instalaciones lo siguiente:

1. Baños con suministro de agua potable.
2. Oficina administrativa.
3. Bodega.
4. Planta eléctrica.
5. Equipo de primeros auxilios.
6. Departamento de computación.
7. Equipo contra incendios.
8. Equipo de radiocomunicación.
9. Planta procesadora de asfalto.
10. Tanques de almacenamiento de combustible.
11. Laboratorio de suelos.
12. Talleres de reparaciones y mantenimiento.
13. Trituradora.
14. Báscula.

Antes de montar el campamento se realiza limpia y chapeo del área que se va a utilizar, (siempre tratando de no botar los árboles como protección del medio ambiente) aunque éste campamento en particular es todo plano y con poca vegetación y con gran cantidad de arena y limos. Siempre lo ideal sería que el área del campamento tuviese algunas áreas a desnivel para aprovecharlos en subir y bajar maquinaria así como también para cargar material hacia la planta trituradora y/o mezcladora de asfalto.

Capítulo I

1.1 Recuperación de la carpeta asfáltica existente en pavimentos flexibles.

Es el procedimiento que pulveriza y mezcla, en el mismo lugar, la estructura de un pavimento flexible en mal estado y agregándole cierta cantidad del material subyacente, para formar una base de alta calidad.

Este trabajo consiste en la pulverización de la carpeta asfáltica existente (en mal estado) y el material de base. Para inicializar este trabajo de pulverización y mezcla, se observa primero qué espesor tiene la carpeta asfáltica en mal estado, si ésta es bastante delgada o ya no existe, entonces se puede utilizar directamente la recuperadora de caminos. De lo contrario, si la carpeta asfáltica tuviera un espesor demasiado grueso, se utilizaría primero un tractor de 35 a 40 toneladas de peso con escarificador (trasero) y una potencia de 285 HP, para romper el asfalto viejo y así poderle facilitar el trabajo de la recuperadora de caminos con esto se logra acelerar el proceso de producción y adicionalmente se evita el alto desgaste de las puntas. Es importante observar que si la carretera ha tenido muchos bacheos, debe utilizarse el tractor para remover estos bloques de mezcla de bacheo de gran espesor, lo mismo sucede si se utilizaron piedras de gran tamaño y después se colocó una carpeta, dando como resultado que al pasar la recuperadora de caminos estas piedras puedan dañar las puntas. Si en la sección determinada hubiese necesidad de usar material de complemento para ajustarse a la rasante, siempre hay que triturar y mezclar todo el material existente, para que tenga una buena cohesión con el material de complemento o ajuste. En éste trabajo en particular se hace una escarificación con una profundidad que varía de 15 a 20 cms de profundidad.

Al terminar el proceso de recuperación se debe hacer la evaluación del tramo terminado y observar que no existan fallas o agrietamientos.

Siempre en los tramos terminados de recuperación se requiere la revisión de los controles de calidad exigidos, tales como: chequeos de densidades, conformación y nivelación así como chequeo de deflexiones con viga Benkelman.

Un método adicional para revisar los tramos terminados, que se utilizó en este proyecto, es la de someter al paso del tráfico el tramo recuperado e imprimado de la carretera, durante 24 horas y luego de ese período se vuelve a realizar la evaluación para determinar si existen fallas, de no presentarlas, se continuará con el renglón de base negra.

1.1.1 Promedio de producción diario.

En este proceso de recuperación se recomienda el equipo que se lista a continuación:

- 1 tractor de oruga tipo D&K, Caterpillar.
- 1 motoniveladora tipo 140 a, Caterpillar.
- 1 recuperadora de Caminos RR-250, Caterpillar.
- 2 rodillos autopropulsados, de 10 toneladas, tipo CS-533, Caterpillar.
- 2 camiones regadores de agua.

Los rendimientos observados para la recuperación son:

Recuperadora de asfalto RR-250 a 13 pies-minuto o 3.96 mts –minuto de velocidad. En condiciones óptimas 2 kilómetros –diarios. 2,50 mts es el ancho de trabajo de la recuperadora de asfalto.

Resultado después del proceso de recuperación

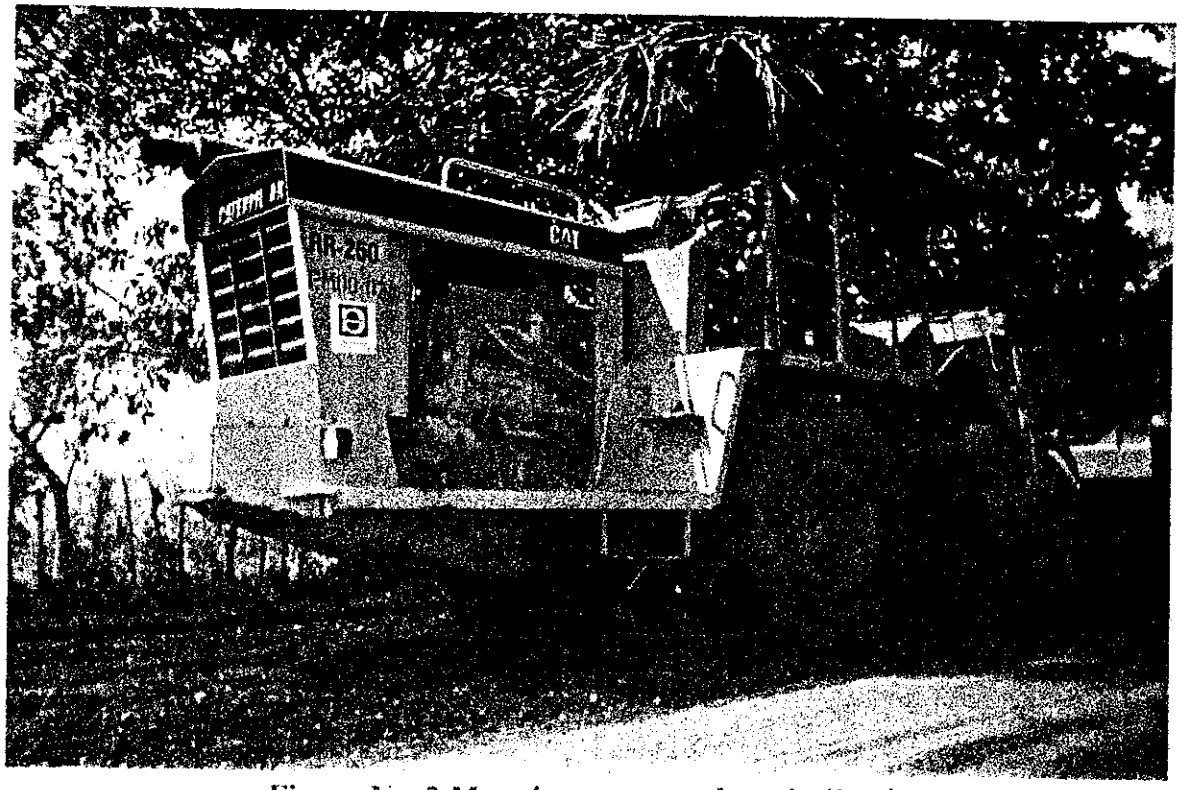


Figura No. 2 Maquina recuperadora de Caminos.

1.2 Detalles y especificaciones, longitud, costo y tiempo de construcción del tramo la Democracia---Sipacate, para el proceso de recuperación del pavimento flexible.

a) Carretera tipo B. ⟶ Indicada sección típica

b) Carretera departamental para tráfico pesado.

c) Promedio de 1,000 a 4,000 vehículos diarios.

d) El costo de la obra es de Q 27,000,000,oo.

e) Tiempo de construcción: 12 meses.

f) La longitud del proyecto es de 43.40 Km

g) Ancho de la carretera. 9 mts.

h) Valor soporte del pavimento: 20 toneladas por eje.

i) Tiempo de vida útil es de 20 años aproximadamente, con un refuerzo de concreto asfáltico a los 5 y 10 años.

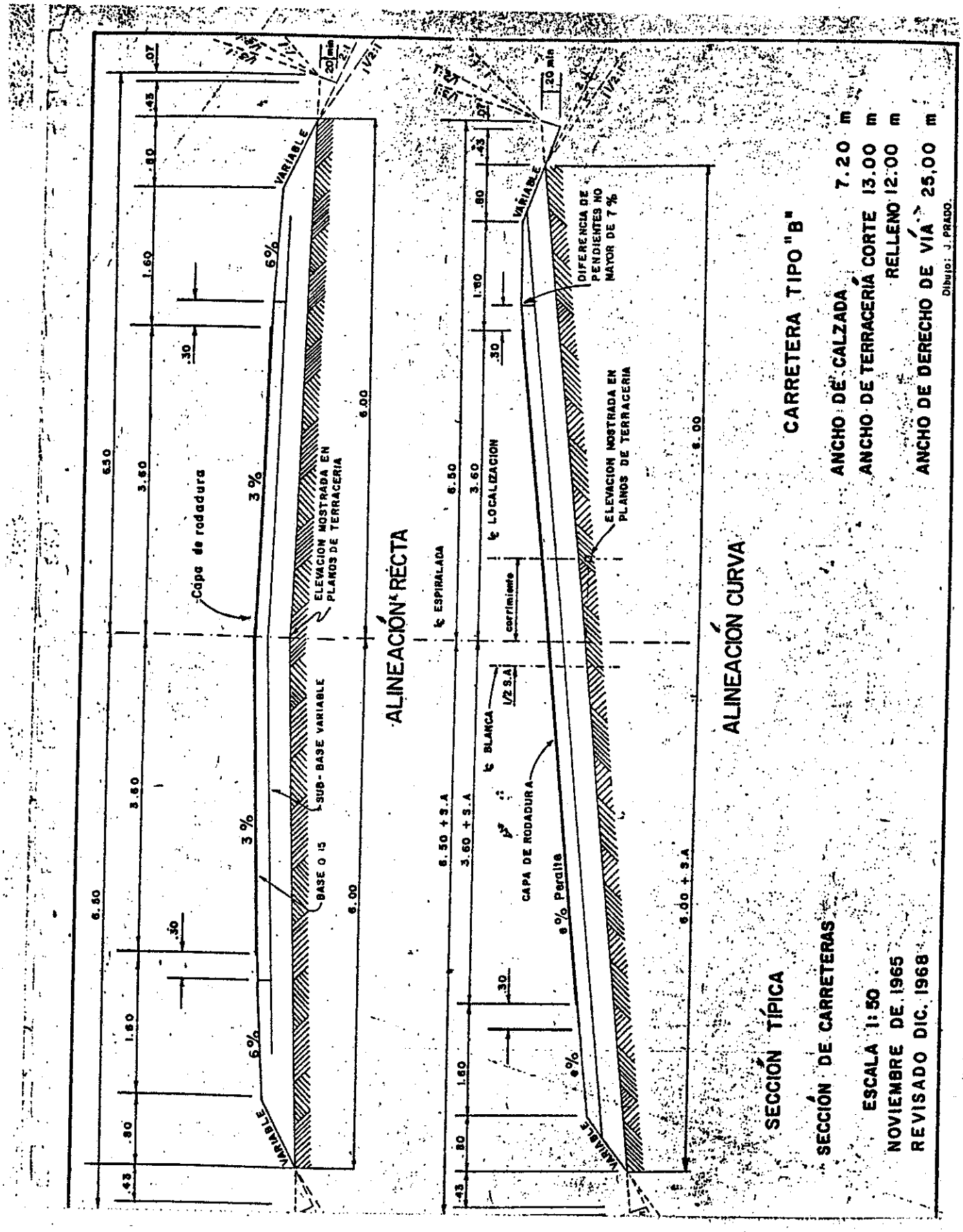


Figura No. 3 Sección típica carretera tipo "B".

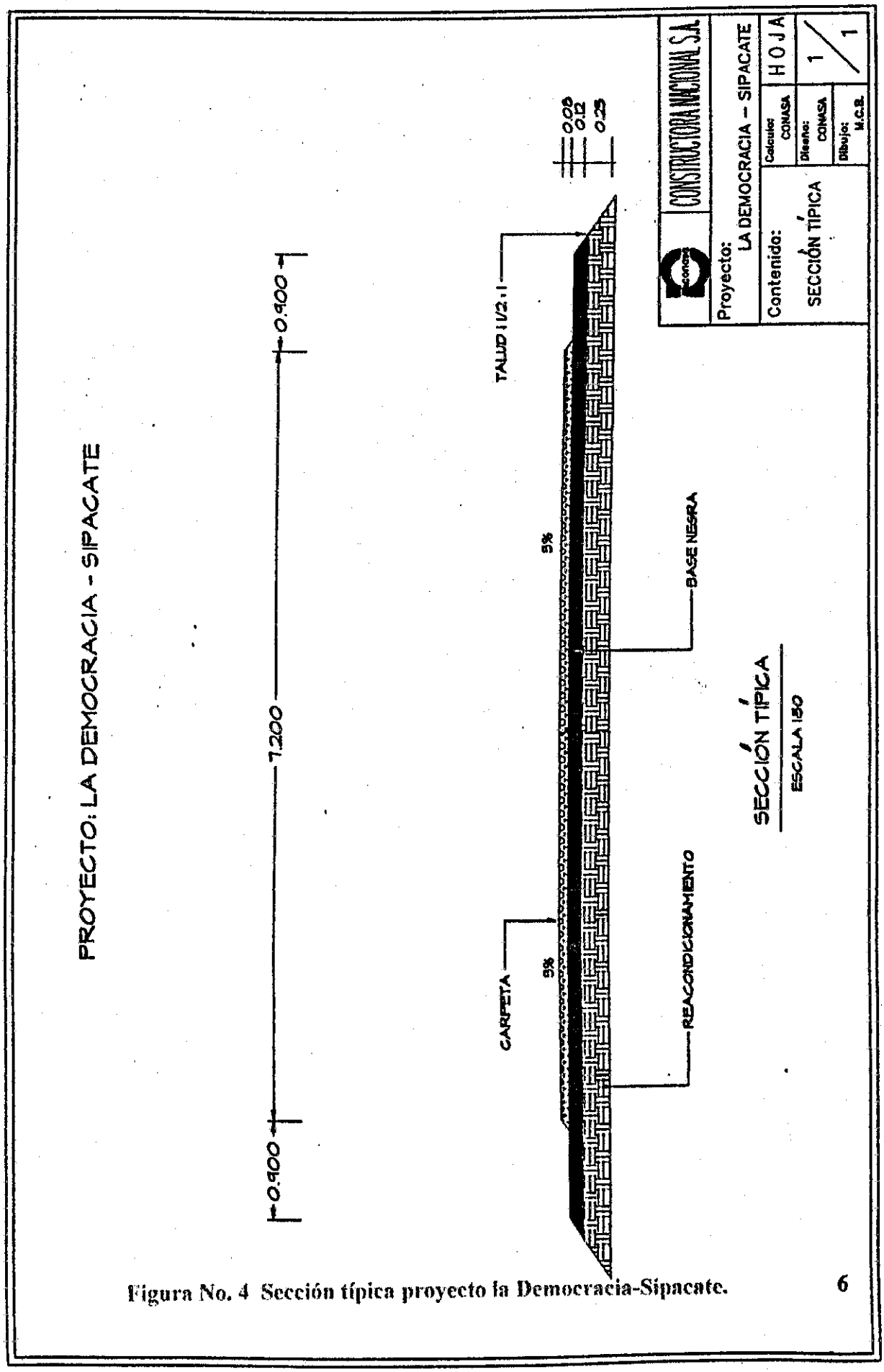


Figura No. 4 Sección típica proyecto la Democracia-Sipacate.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

VALORES LIMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA CARRETERA EN ESTADO FINAL

	ANCHOS CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERIA		DERECHO DE VIA (m)	RADIOS MINIMOS (m)	PENDIENTE MAXIMAS (%)	VELOCIDADES DE DISEÑO (Km. /Hora)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	
		CORTE (m)	RELLENO (m)					MINIMA (m)	RECOMEND. (m)
CARRETERAS TIPO "A" (*)	2 x 7.20	25	24	50					
REGIONES:									
LLANAS					375	3	100	160	200
ONDULADAS					225	4	80	110	150
MONTAÑOSAS					110	5	60	70	100
CARRETERAS: TIPO "B"	7.20	12	11	25					
REGIONES:									
LLANAS					225	6	80	110	150
ONDULADAS					110	7	60	70	100
MONTAÑOSAS					47	8	40	40	50
CARRETERAS TIPO "C"	6.50	12	11	25					
REGIONES:									
LLANAS					225	6	80	110	150
ONDULADAS					110	7	60	70	100
MONTAÑOSAS					47	8	40	40	50
CARRETERAS TIPO "D"	6.00	11	10	25					
REGIONES:									
LLANAS					225	6	80	110	150
ONDULADAS					110	7	60	70	100
MONTAÑOSAS					47	8	40	40	50
CARRETERAS TIPO "E"	5.50	9.50	8.50	25					
REGIONES:									
LLANAS					75	8	50	55	70
ONDULADAS					47	9	40	40	50
MONTAÑOSAS					30	10	30	30	35

NOTA: (*) La Sección Típica para Carreteras Tipo "A", incluye isla central de 1.50 M. de ancho.

Tomado de las Especificaciones de la D.G.C.

Figura No. 5 Características geométricas de las carreteras.

Capítulo II

2.1 Terracería.

Consiste en el conjunto de operaciones de cortes, prestamos, rellenos, y desperdicios de materiales hasta lograr una sub-rasante determinada, indicada en los planos.

Este trabajo consiste en la excavación, retiro del material inapropiado, ajustes de material, riego de agua, conformación y compactación del material de subrasante.

Estos trabajos incluyen el retiro del material inapropiado que se encuentre en las áreas de trabajo, también la transportación del material e incorporación de éste a la obra.

2.2 Limpia, chapeo y destronque.

Son las operaciones previas al inicio de los trabajos de terracería y otros, con el objetivo de eliminar toda clase de vegetación existente.

Este trabajo consiste en lo que es chapeo, tala y destronque, la remoción y eliminación de toda clase de vegetación o desechos que se encuentren dentro de los límites del derecho de vía, como también en las áreas de banco de materiales, banco de préstamos, así también donde se ubica el campamento para colocar toda la maquinaria y equipo. Conviene aprovechar cualquier clase de madera que sea de utilidad y que posteriormente se puede utilizar para hacer estacas y para construir rampas y cargar materiales hacia la trituradora y la mezcladora de asfaltó así también pequeñas rampas para carga y descarga de maquinaria.

Se establece en el libro de especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos que la limpia y el chapeo debe de hacerse previo a iniciar los trabajos de construcción de la carretera así también después de finalizar la construcción de la misma, con el objeto de eliminar la vegetación que haya crecido durante la construcción. Todo el material vegetal y material inapropiado debe ser retirado y disponerse de forma adecuada.

2.2.1 Promedio de Producción.

Equipo que se recomienda:

- 1 tractor de oruga
- 1 cargador frontal
- camiones de volteo
- 1 patrol
- 1 cuadrilla de un capataz y 10 peones.
- 1 km. / día / aproximadamente.

2.2.2 Medida:

Hectáreas es la medida que se utiliza para el trabajo de limpia, chapeo y destronque de conformidad con lo establecido en los contratos.

2.3 Excavación no clasificada para préstamo.

Este trabajo consiste en la limpia, chapeo, destronque y excavación de materiales en bancos de préstamo para ser utilizado en la construcción de terraplenes, siempre dentro de los límites de construcción o a lo largo de la obra.

Los materiales apropiados que sean removidos de las excavaciones, deben ser utilizados en la construcción de terraplenes, subrasantes, hombros, rellenos y ampliaciones y para todos los usos que sean necesarios. También todo material satisfactorio, que sea obtenido después de haber removido la capa vegetal, tanto de la carretera como de las áreas de banco de préstamo, podrá ser usado en la construcción de terraplenes u hombros. Siempre tomando en cuenta los límites de acarreo. Siempre que sea posible, la parte de la sub-rasante sobre la que tendrá que colocarse la sub-base, se debe construir con los mejores materiales disponibles, provenientes de las excavaciones adyacentes a la carretera o bancos de préstamo.

Todo material sobrante que sea de buena calidad, deberá usarse en la ampliación de terraplanes, siempre dentro del límite de acarreo, debe procurarse que ningún material excavado se desperdicie, a menos que esté indicado en los planos o sea autorizado por escrito el supervisor del proyecto.

2.4 Remoción de material inapropiado:

Este trabajo consiste en la remoción o excavación de cualquier material inapropiado que se encuentre en la rasante y que se encuentre en las áreas de construcción de la carretera.

Cuando en los límites se encuentre cualquier material inapropiado para la cimentación de la carretera, la sub-rasante u otras partes se debe excavar de tal manera que por lo menos 30 cms, en este caso en particular es de 15 cms, se

rellena con material apropiado, debidamente conformado y compactado. Todo el material inapropiado es retirado del lugar y cuando es poca cantidad se puede dejar a los lados de la carretera. Todas estas excavaciones se hacen dé tal forma que drenen el agua.

2.5 Excavación de canales varios.

Es la construcción de conductos abiertos para la conducción de agua. El trabajo consiste en la excavación, la remoción y la utilización y acondicionamiento de los materiales, para ampliar, profundizar o rectificar los canales existentes y la construcción de canales nuevos, inclusive los canales en las entradas y salidas de las alcantarillas, como también en puentes y bóvedas. Los canales que necesitan reparación deben ser indicados por el supervisor, ya sea para reparación de cabezales o desfogues.

Todo material que sea excavado de cualquier canal deberá ser depositado lo más retirado posible de la excavación, de modo que cuando se presente la lluvia no regrese de nuevo a donde se realiza la excavación.

Nunca el material de excavación podrá ser acumulados sino debe ser esparcido en capas en lugares apropiados. En donde sea depositado el material de excavación siempre se dejan aberturas del tamaño adecuado para permitir el drenaje superficial del agua.

2.5.1 Medidas.

La medida de excavación de canales debe hacerse en metros cúbicos, cualquier trabajo extra de excavación deberá ser autorizado por el supervisor para su debido pago.

2.5.2 Alcantarillas

Son conductos que se construyen por debajo de la sub –rasante de una carretera con el objeto de evacuar las aguas pluviales. Se pueden utilizar tuberías metálicas o tuberías de concreto reforzado para lograr el propósito de conducción. Este trabajo consiste en la fabricación, suministro, acarreo y colocación de las alcantarillas de los diámetros, medidas y clases requeridos en los planos; siempre colocándolo sobre una cama o cuna de arena bien preparada.

El empleo de alcantarilla de metal corrugado depende de muchos factores como:

- Costo unitario
- Transporte
- Accesibilidad
- Colocación y manipuleo en el lugar de la obra.
- Por la poca profundidad de la alcantarilla sujeto a tráfico pesado.

Por lo anteriormente indicado para que el avance de la obra sea más rápido se adopta el uso de los tubos de metal corrugado, aunque su costo unitario es mayor que el de concreto, pero por su facilidad de manejo, transporte y colocación, son más utilizados.

Los diámetros de los tubos más usados con la construcción de carreteras son: 24", 30", 36", 48", 72" calibre 14.

2.5.3 Localización de alcantarillas.

Cuando las quebradas están bien definidas se buscará la mejor ubicación de la tubería, tomando en cuenta que debe estar sobre terreno firme y que el agua se

conduzca fácilmente a través de ella, muchas tuberías no están normales a la línea central de la carretera y a este ángulo se le denomina esviaje.

2.5.4 Acabados.

La instalación de la tubería de metal corrugado debe cumplir con todas las normas establecidas, para su instalación se debe observar.

a) Traslapes requeridos.
b) Bordes dañados.
c) Pernos flojos, pernos y agujeros mal alineados o espaciados.
d) Láminas o planchas de metal doblado o abollado.

2.5.5 Normas de control de calidad

a) Nombre de la fábrica
b) Marca y clase de metal básico.
c) Calibre y espesor
d) Peso del galvanizado.
e) Especificaciones para su elaboración.

2.5.6 Medidas.

La medida se debe de hacer por el número de metros lineales.

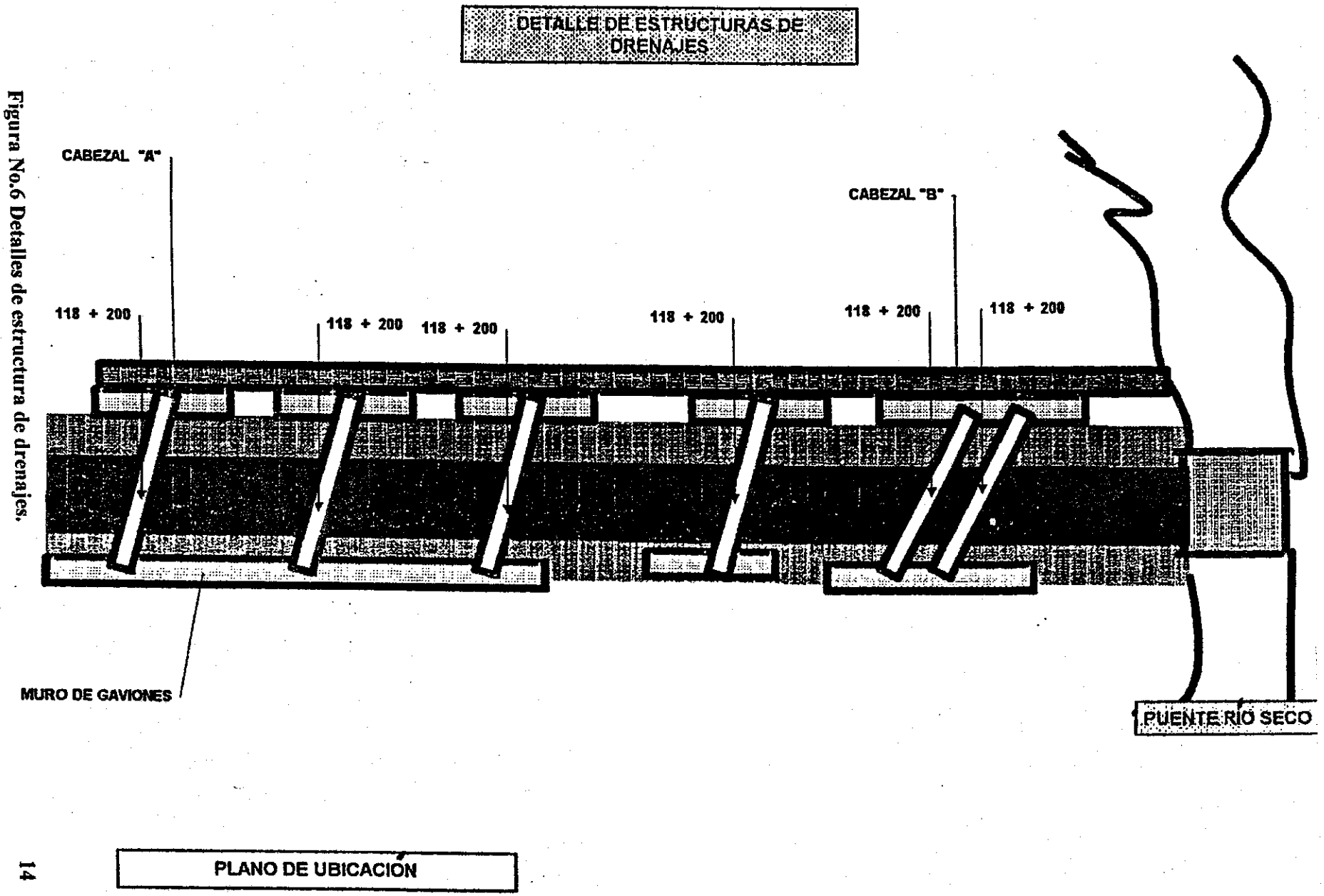


Figura No.6 Detalles de estructura de drenajes.

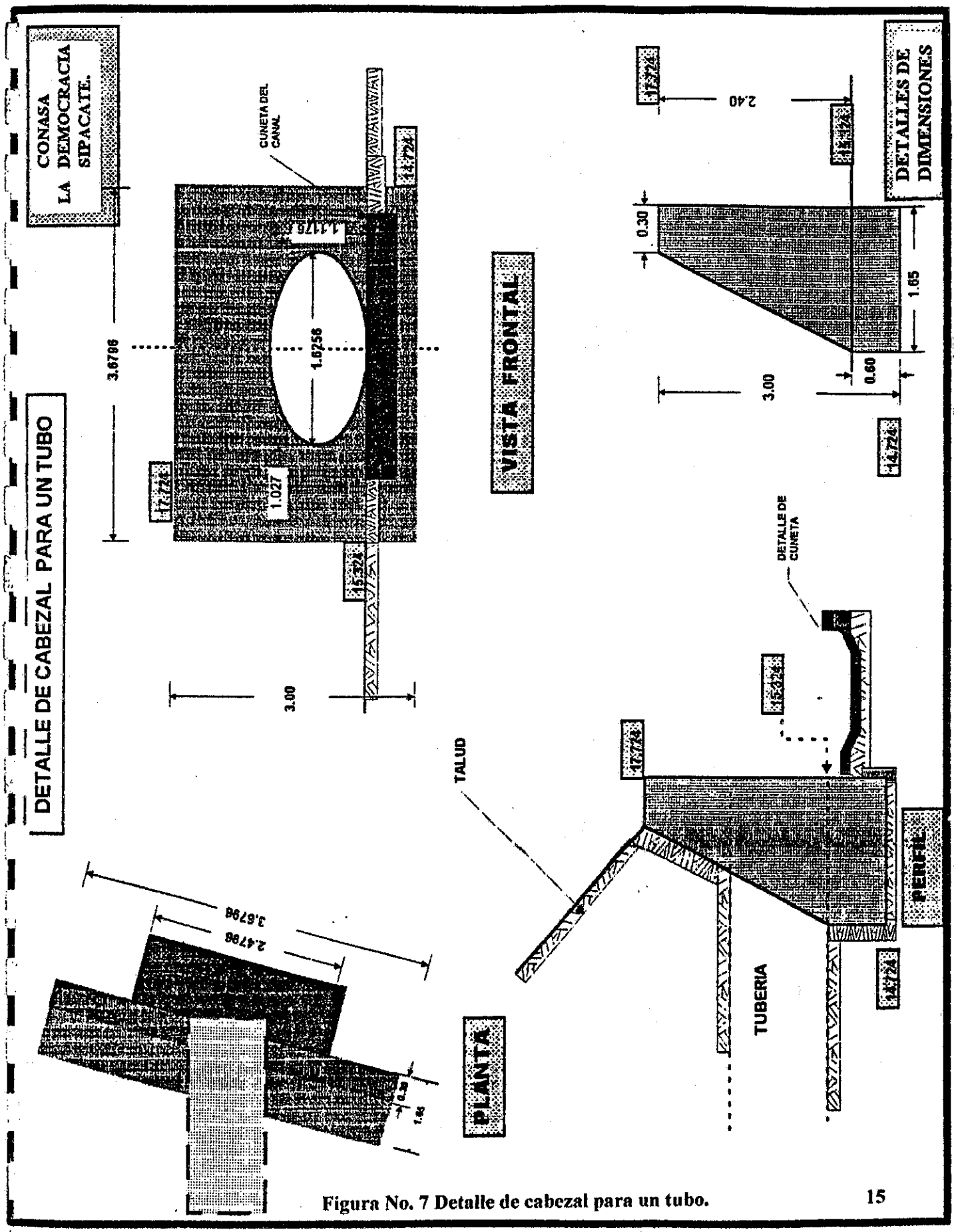


Figura No. 7 Detalle de cabezal para un tubo.

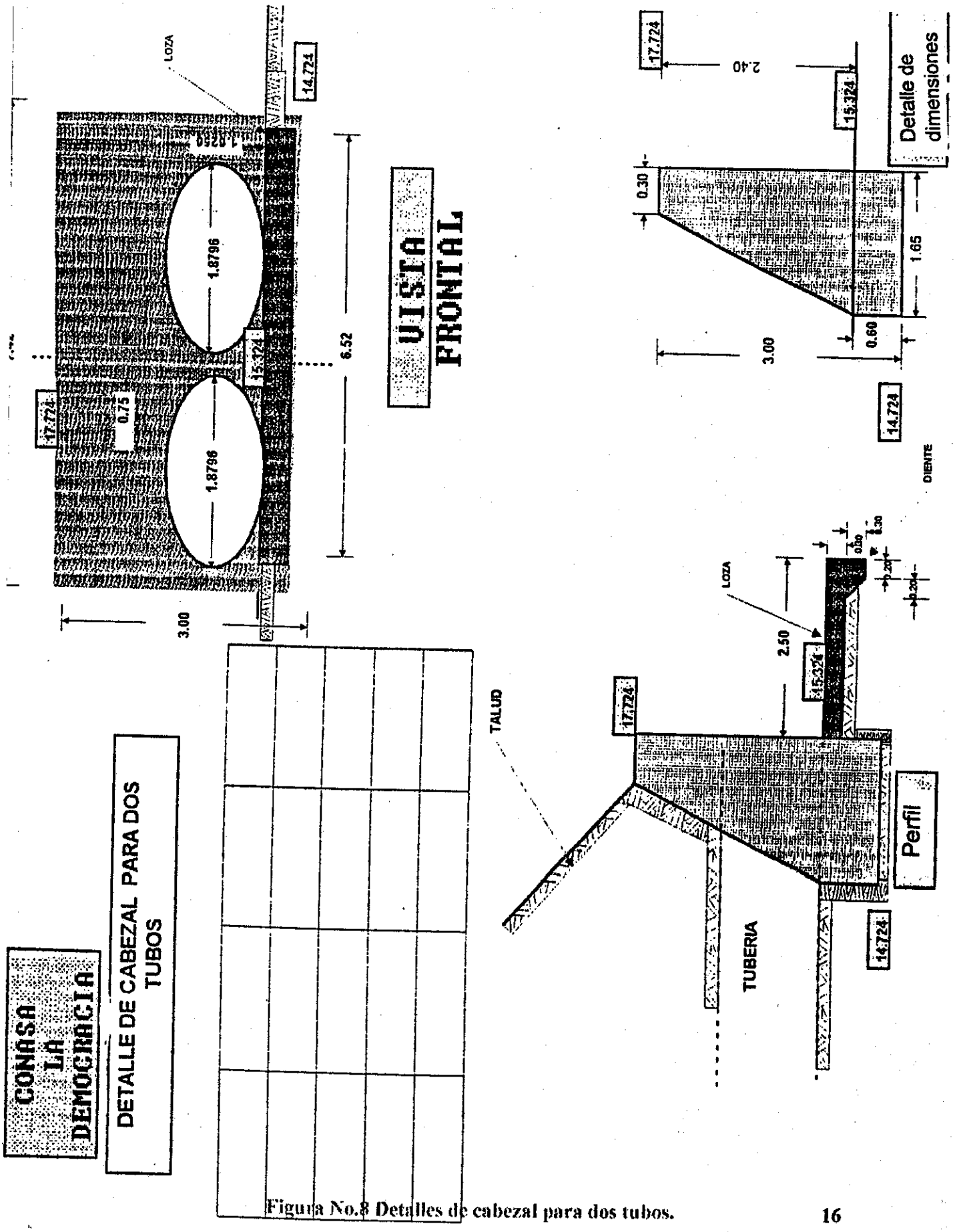


Figura No.8 Detalles de cabezal para dos tubos.

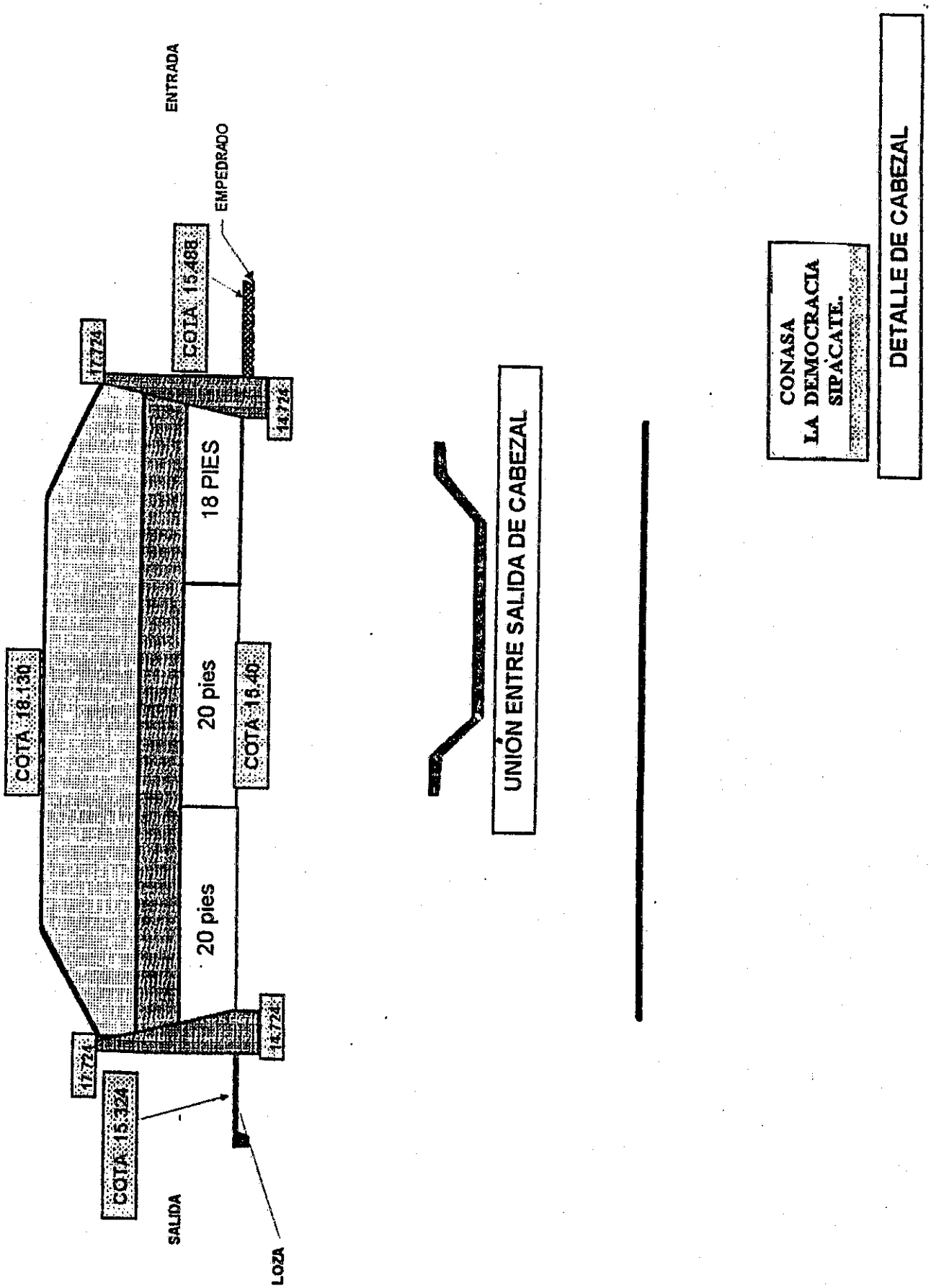
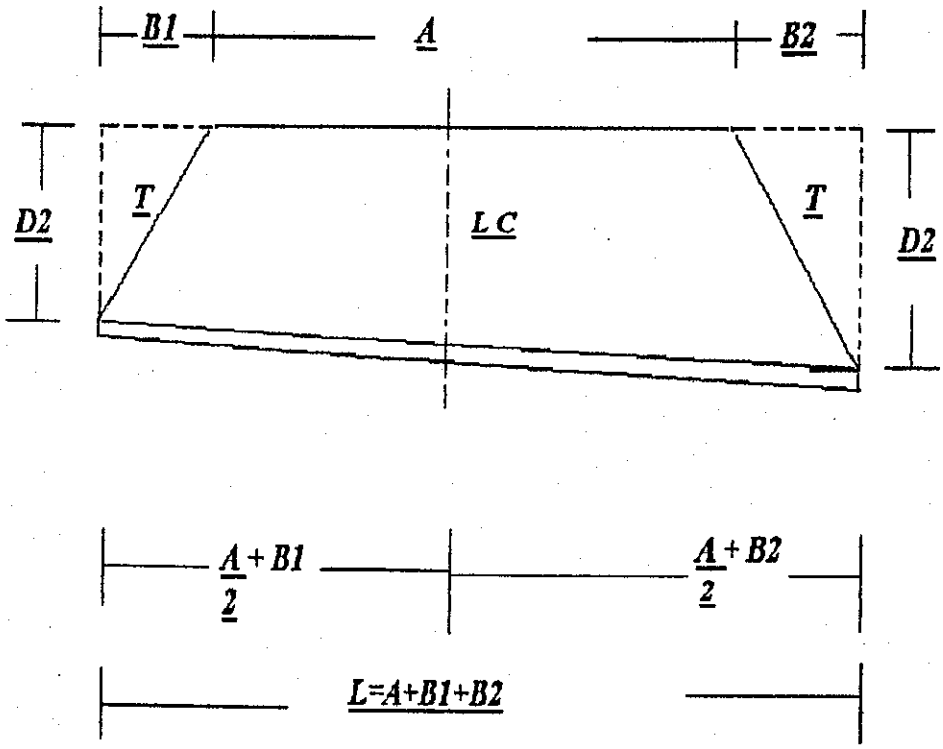


Figura No.9 Detalle de cabezal.

Cálculo de longitud de alcantarilla.



Ejemplo: *A= 9 mts, T= 1.5:1*

D1=3.0mts, D2= 4.0 mts.

B1=1.50 B2= 1.50

L=9+(1.5x3)+(1.5x4)

L=9+4.5+6

L= 19.5 mts.

Figura No.10 Cálculo de longitud de alcantarilla.

2.5.7 Pendientes y longitud de las alcantarillas.

Dependiendo de la topografía del terreno las pendientes mas recomendadas son:

a) Para terrenos planos se puede colocar entre 0.5 a 3.0 %

b) Para terrenos quebrados 3.0 a 6.0 %

2.6 Acarreo

Consiste en el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte de préstamo, también se considera el transporte de material de desperdicio a una distancia máxima de 500 mts.

Estos trabajos consisten en el transporte de materiales no clasificados, proveniente del corte y de préstamo, para ser utilizados, en la construcción de terraplenes, inclusive el transporte de material de desperdicios.

Para la empresa constructora o contratista los primeros 500 mts están incluidos en el costo unitario del renglón que le corresponda, a lo que se le denomina acarreo libre.

El sobre — acarreo consistirá en el transporte del material no clasificado, así como el transporte de los materiales de desperdicios, esta distancia será:

1 Km más 500 mts.

Acarreo: La medida deberá ser en metros — cúbicos/Km

Pago: A los transportistas se le pagará el número de metros — cúbicos Kilómetros, de cualquier material.

Capítulo III

3.1 Pavimentación

Es el conjunto de trabajos a realizar para la construcción del pavimento, éste resulta ser la estructura que descansa sobre el terreno de fundación y que se halla formado por diferentes capas: sub-base; base; capa de rodamiento y sellos.

Estos trabajos consisten de la recuperación de la carpeta asfáltica o pavimento flexible, en mal estado, este material sirve como la nueva sub-rasante para después colocar la base negra y finalmente la capa de rodamiento.

3.2 Reacondicionamiento de sub- rasante.

Este trabajo consiste básicamente en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformar, conformar y compactar la sub-rasante de la carretera en mal estado previamente construida, como también habiendo efectuado cortes y rellenos en la parte de los hombros para tener una nueva rasante de 9 mts de ancho, siempre haciendo ajustes de rellenos no mayores de 20 cms de espesor, con la finalidad de regularizar, mejorando indudablemente las condiciones de la sub-rasante como cimiento de la estructura que soportará el pavimento y toda clase de tráfico que pasara por ésta.

Consiste en la limpieza de toda vegetación y materia orgánica existente sobre el área de sub-rasante a reacondicionar, escarificación, mezcla, homogenización,

humedecimiento, conformación y compactación del suelo de sub-rasante, efectuando cortes y rellenos no mayores de 20 cms de espesor, siempre siguiendo lo que está especificando en las secciones típicas.

3.2.1 Función de la base y sub-base.

La base y sub-base son elementos estructurales del pavimento. En conjunto con las sobre capas de superficie asfáltica, sus propósitos son distribuir el peso de las ruedas del tráfico al cimiento de la estructura del pavimento. Para mejorar esta función, base y sub-base deben de ser construidas con las necesarias propiedades de fuerza interna. A este respecto, el pavimento asfáltico de "espesor completo", tiene una especial ventaja sobre los pavimentos con base granular, como se puede ver en la figura # 11, la carga W, ligeramente deflecta la estructura del pavimento, causando ambos esfuerzos de tensión y compresión del pavimento.

Las capas del pavimento asfáltico tienen ambos esfuerzos de tensión y compresión para resistir estos esfuerzos internos. Las bases granulares no tratadas no tienen esfuerzos de tensión. Por lo tanto, las bases asfálticas extienden el peso de las ruedas sobre áreas más anchas que las bases granulares no tratadas. Como resultado, un menor espesor de la estructura del pavimento es requerido para una base asfáltica. Esto es aplicable a todas las condiciones de carga.

Resultado de deflexiones en esfuerzos de tensión y compresión en la estructura del pavimento.

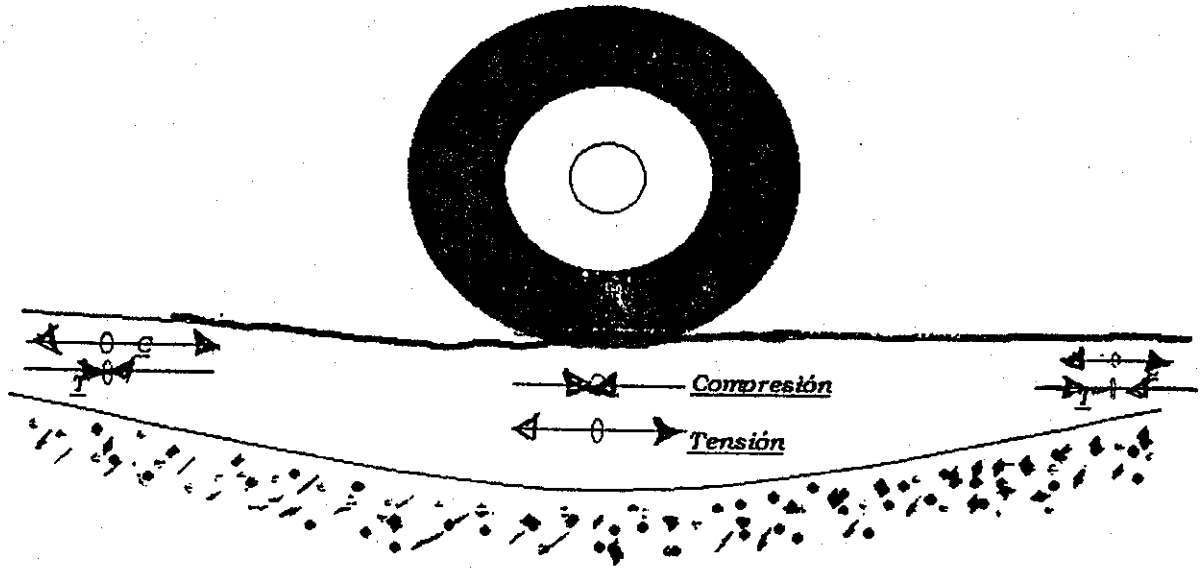


Figura No.11 Resultado de deflexiones en esfuerzos de tensión y compresión en la estructura del pavimento.

3.3 Capa de base de grava o piedra triturada tipo c – 2.

Es una parte de la estructura del pavimento cuyo fin principal es soportar, distribuir y transmitir las cargas causadas por el tráfico, a las capas subyacentes y sobre el cual se coloca la carpeta de rodadura.

Este trabajo consiste en la obtención y la explotación de canteras y bancos para la trituración de la piedra o grava, combinándolas con material de relleno y así formar un material clasificado, así como el transporte, tendido, mezcla, humedecimiento, conformación y compactación, siempre ajustándose indudablemente al alineamiento horizontal y vertical y a las secciones típicas de la pavimentación. En este caso el material es obtenido de un banco de canto rodado llamado Arenal, ubicado a la orilla del río Colojate, parte del material es explotado y apilado a la orilla del río, luego se transporta a un lado de la trituradora, para ser procesado, tanto para la capa base de grava o piedra triturada tipo c-2, como también para la fabricación de agregados del pavimento flexible, este tipo de material se utiliza para las aproximaciones de los puentes y para algunas áreas de material inapropiados (vaciados), este tipo de material no se utiliza a todo lo largo de la carretera, sino únicamente en áreas donde se requiere su incorporación para mejorar el material existente de lo contrario la carretera tendrá un alto costo.

3.3.1 Tipos de materiales del banco.

Roca sedimentaria de canto rodado y arenas de buena calidad, así también limos que son muy importantes para que este material tenga buena cohesión, este material no es necesario lavarlo porque no contiene arcilla.

Proceso de compactación.

Figura No.12 Proceso de compactación y barrido.

3.4 Riego de imprimación:

Es la aplicación de un material bituminoso líquido en caliente, por medios de riego a presión, sobre la superficie de sub-base, o sobre la base y hombros de una carretera, con el fin de protegerla, impermeabilizarla, y que exista una cohesión entre las partículas de minerales sueltas, y así endurecer la superficie, facilitando la adherencia entre la superficie imprimada y la capa inmediata superior.

Después de haber compactado la sub-base y chequeado las densidades se procede a preparar la superficie a imprimar, barriéndola y humedeciéndola previamente.

El renglón comprende: suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento, y esparcimiento por medio de tanque distribuidor a presión del material bituminoso. Durante este proceso no hay que permitir que el tránsito circule sobre el riego de imprimación, dejándolo por lo menos 3 horas para que logre penetrar sobre la superficie de la sub-base y después se realiza la distribución y compactación del material secante, por lo general el material secante, puede ser arena de río o polvo de piedra, procedente de trituración.

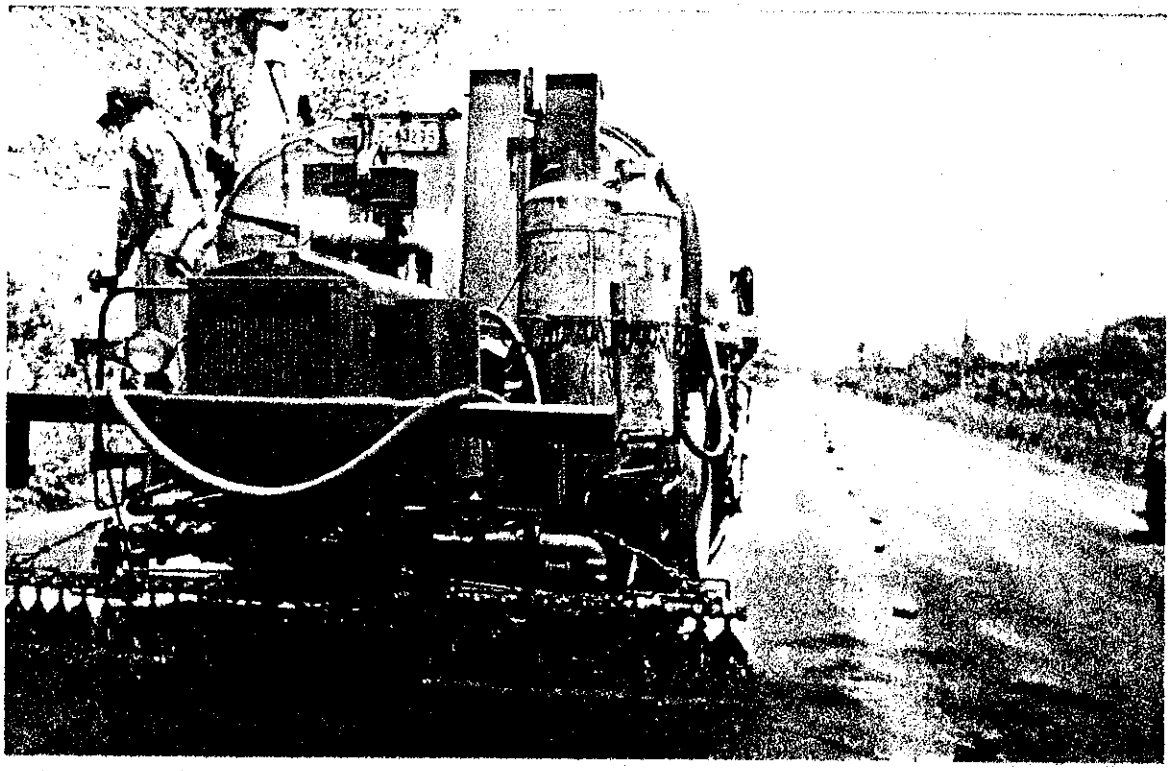


Figura No.13 Riego de imprimación.

3.4.1 Especificaciones del material bituminoso.

Para este caso en particular se utilizó mc-70. El tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación debe ser conforme a lo indicado a los planos o a menos que se indique alguna otra disposición en especial. Para este proyecto se utilizó el tipo mc — 70.

3.4.2 Método para calcular la cantidad de galones de bitumen para el riego de imprimación.

a) Cantidad de galones de material bituminoso a utilizar.

Los limites son: 0.1 a 0.50 galones/mts 2.

Ancho de la carretera: 9 mts.

Para este proyecto en particular se utilizó el factor 0.3 gal/mts2. Cuando se realiza el riego de imprimación, únicamente se riega la mitad del ancho de la carretera, para no interrumpir el tráfico vehicular en la carretera.

Como un ejemplo se ilustra el siguiente caso:

Se van a imprimar 800 mts, se va a útilizar mc — 70 de material bituminoso, se establecerá el volumen necesario.

½ sección x longitud del tramo x factor de riego.

4.50 mts x 800 mts x 0.3 gal/mt2 = 1080 galones.

RC, significa curado rápido (siglas en Inglés).

MC significa curado medio (siglas en Inglés).

SC significa curado lento (siglas en Inglés).

3.4.3 Material secante.

El material secante debe estar conformado por arena natural o residuos de material de trituración, comunmente se le llama polvo de piedra.

Tabla de Especificaciones

tamiz	standard mm.	porcentaje total que pasa tamiz cuadrado
3/8	9.5	100%
4	4.25	90-100
200	0.075	0-7

Algunas condiciones que se deben tomar en cuenta antes del riego de imprimación:

a) Temperatura de la superficie a la cual se le hará el tratamiento
b) Temperatura del aire (temperatura ambiental).
c) Humedad y viento.
d) Condición de la superficie.
e) Tipo y condición de los agregados a ser aplicados.

Con esto se permite el transito sobre la superficie sellada con la imprimación ya que con el riego del secante evita el deterioro por la rodadura de tráfico. Medida de pago. Será conforme el número de galones utilizados en las estaciones predestinadas.

3.4.4 . Pavimento asfáltico para el tráfico vehicular.

La idea básica de la construcción de una carretera para toda clase de clima y para el uso vehicular es preparar el suelo cimiento de la estructura del pavimento, siempre provisto de su adecuado drenaje y que tenga los siguientes requisitos:

1. Que tenga un espesor adecuado para soportar la carga del tráfico.
2. Que tenga la adecuada compactación para prevenir la penetración de la humedad.
3. Que tenga la superficie exterior suave, resistente al deslizamiento, resistente al uso, distorsión, deterioro por el clima así como también de los componentes químicos.

El suelo cimiento o pavimento carga todo el peso del tráfico, por lo tanto, la función estructural de un pavimento es soportar el peso de una llanta sobre la superficie del pavimento sin exceder ni la fuerza del cimiento o la fuerza interna del pavimento mismo.

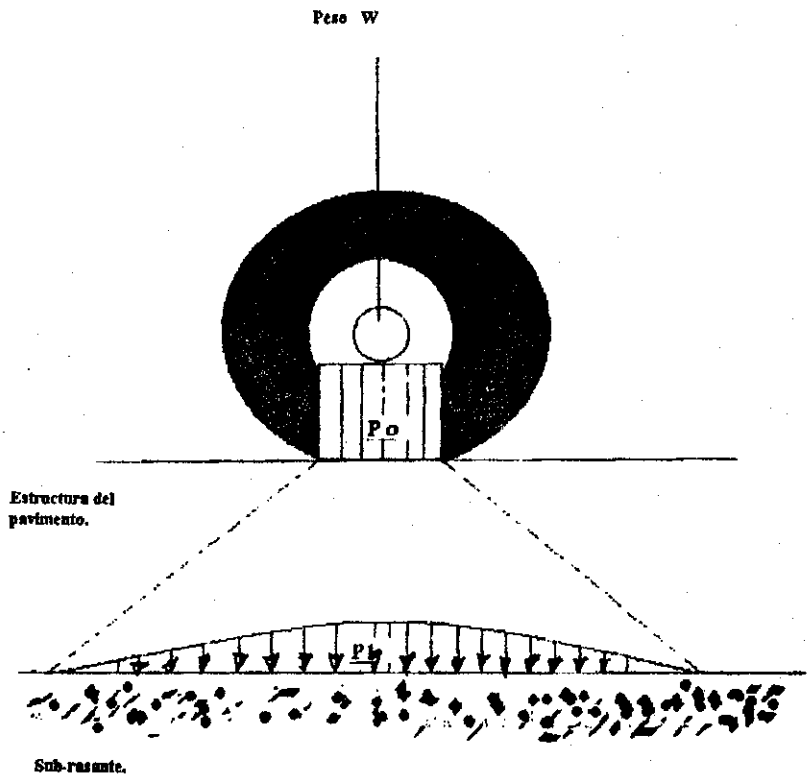


Figura No.11 Distribución de las cargas a través de la estructura del pavimento.

En la figura # 14 se muestra el peso de la carga en la llanta, (W), siendo transmitida a la superficie del pavimento a través de la llanta con una uniforme aproximación de presión vertical (P_o).

El pavimento entonces extiende el peso de la carga de la rueda al cimiento de la estructura del pavimento, así que la misma presión en el pavimento esta en P_1.

Definiciones y descripciones:

El pavimento asfáltico es aplicable, en términos generales, a cualquier pavimento que tenga una superficie construida con asfalto o con concreto hidráulico, normalmente, esto consiste de una capa de superficie de agregado mineral cubierto y cementado con asfalto y soportado de una o más capas, las cuales pueden ser:

1. Base de asfalto, compuesta de mezclas de asfalto agregado.
2. Piedra triturada o piedrín.
3. Concreto de cemento portland.

Una estructura de pavimento asfáltico consiste de todas las capas arriba del suelo cimiento preparado. La parte superior se le llama superficie de rodadura con concreto asfáltico o en el medio se le conoce como carpeta de rodadura, esto puede variar desde una a más de 3 pulgadas de espesor, dependiendo de una gran variedad de factores y circunstancias. Mientras una variedad de bases y sub- bases pueden ser usadas en la estructura de

pavimento asfáltico, a menudo consiste de materiales granulares compactados, tales como: roca triturada, piedrín, arena o la combinación de tales o suelo estabilizado.

Una de las mayores ventajas del pavimento asfáltico alcanzada es el uso de materiales locales. El tratamiento más común es mezclar asfalto con material granular, produciendo de esta forma una base asfáltica mezclada en sitio.

La base y sub-base no tratadas han sido discutidas ampliamente en el pasado. Sin embargo, como el tráfico moderno aumenta en peso y volumen, estas bases presentan limitaciones de funcionamientos. La bases no tratadas se usan comúnmente para volúmenes y trafico liviano.

3.5 Concreto asfáltico en caliente tipo d-3 (8 cm espesor).

Es un sistema de construcción asfáltica que consiste en la elaboración en planta y en caliente, de una mezcla de proporciones estrictamente controladas de materiales pétreos, polvo mineral y cemento asfáltico, para obtener un producto de alta resistencia y duración, con características de calidad uniforme, que se puede tender y compactar de inmediato en la carretera.

El concreto asfáltico puede ser utilizado como capa de base o como superficie de rodadura.

Este trabajo consiste en: la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración de piedra o grava, mezclándolas con arena y polvo mineral,

para formar un agregado pétreo clasificado; para este caso en particular se utilizó el tipo de d3 para carpeta de rodadura en 1 capa, de 8 cm, cuyo diámetro máximo corresponde a ¾ de pulgada al tamiz # 200, según tabla de graduación de agregados para concreto asfáltico y para la capa de base se utilizo b-3 (1 ½") como diámetro máximo.

El renglón comprende: la obtención de almacenamiento, suministro y aplicación del polvo mineral; el apilamiento, almacenamiento, acarreo, aprovisionamiento, preparación y calentamiento del agregado pétreo; el suministro, calentamiento y aplicación del cemento asfáltico, la elaboración de la mezcla del concreto asfáltico de planta fija, el transporte, tendido, conformación. Compactación, regulación del transito, control de calidad y todos los requisitos establecidos en los contratos deberán de cumplirse.

Para la elaboración del concreto asfáltico la supervisora proporciona los requisitos.

3.5.1 Cantidad de cemento asfáltico.

Esta varía del 3% al 8 % en peso de la mezcla total. El instituto de asfalto recomienda que el porcentaje por peso de asfalto de la mezcla no varíe en un más o menos un 20% de la porción de agregados que pasa el tamiz # 200.

Se debe realizar el diseño del concreto asfáltico de acuerdo a las especificaciones del ente contratante, la graduación del producto de trituración y del tipo de bitumen a emplear.

Para la realización del diseño del concreto cabe considerar que la habilidad de los técnicos como la experiencia poseída a través de los años se le facilita encontrarle el punto óptimo en la fabricación del mismo.

3.5.2 Producción de concreto asfáltico .

El tipo de planta procesadora del concreto asfáltico que se utilizó en este proyecto es del tipo tambor secador mezclador de flujo paralelo original, de 130 toneladas/hora de producción, con silo de almacenamiento, con calentamiento térmico de 80 toneladas de capacidad.

La producción varía dependiendo del porcentaje de humedad de los agregados pétreos, a mayor humedad, menor producción, 100 toneladas/hora promedio de producción con 10% de humedad es lo esperado. El control de calidad se realiza a cada hora.

Es necesario que haya una diferencia de colocación entre el trabajo de imprimación y del trabajo de colocación del concreto asfáltico, principalmente para permitir el curado del tramo imprimado, además se debe disponer de suficiente área para reducir el alto costo de arranque de la planta procesadora de asfalto.

3.5.3 Asfalto.

El asfalto es de gran interés particular al ingeniero, porque éste es un material viscoso, elástico, que tiene un rápido endurecimiento, resiste con buena capacidad los efectos del sol y el agua y es durable. Este es una

sustancia práctica que imparte flexibilidad controlada para la mezcla de agregados de minerales, con los cuales es usualmente combinado. Este es, más aún, resistente a la acción de la mayoría de ácidos, alcalinos y sales. Aun así el asfalto puede convertirse a líquido con la aplicación del calor, o puede ser diluido por solventes derivados del petróleo o volátiles. La mayor parte del asfalto crudo contiene algún asfalto, y algunas veces el petróleo crudo contiene un alto contenido de asfalto, aunque algunas veces el petróleo crudo no contiene asfalto.

Tipos de aceite crudo:

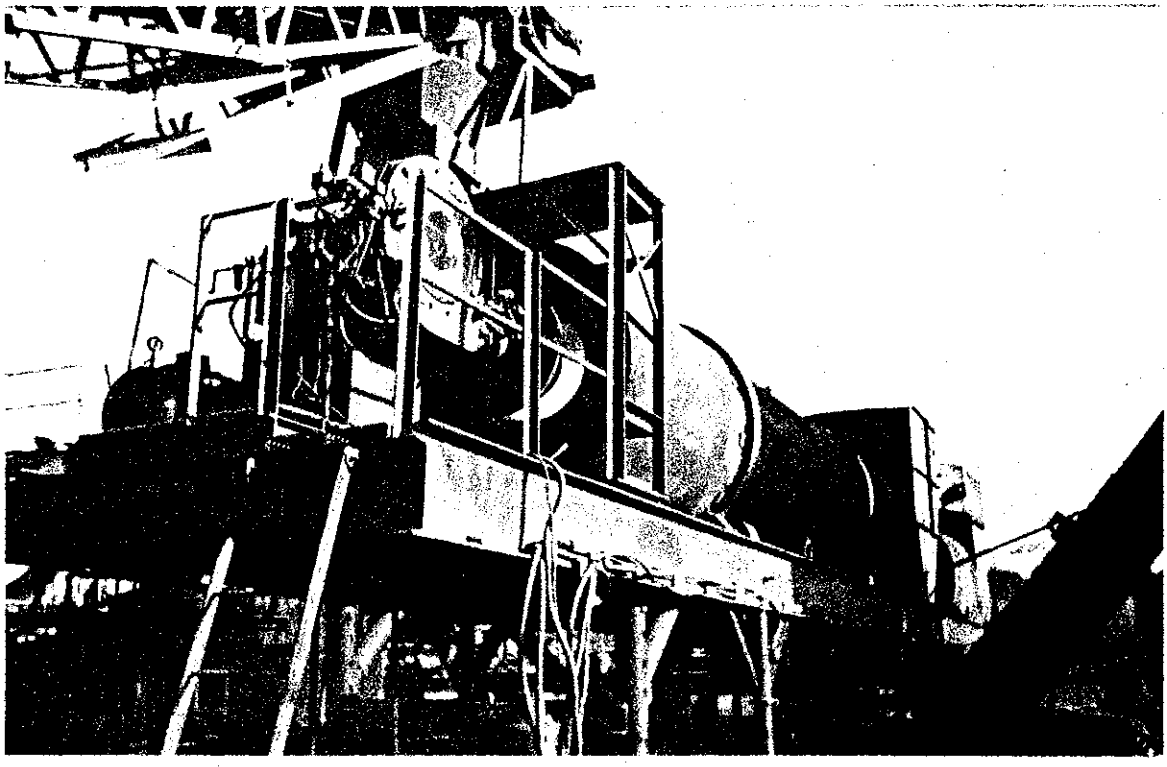
1. Base de asfalto crudo.
2. Base de parafina cruda (contiene parafina pero no asfalto).
3. Base de mezcla cruda (contiene ambos parafina y asfalto).

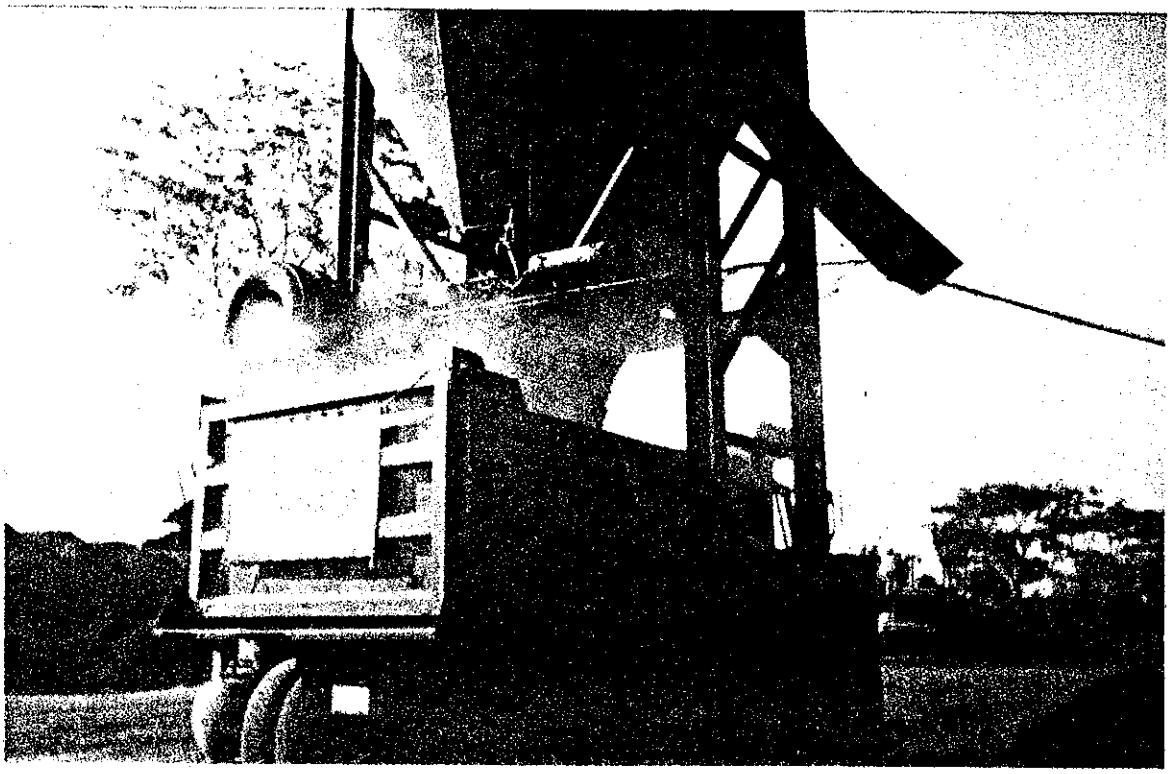
El petróleo crudo de los pozos de aceite es separado dentro de sus componentes o fracciones en una refinería, básicamente, esta separación es realizada por destilación. Después de la separación son procesados o refinados a requisitos de productos específicos como: asfalto, parafina, gasolina, aceite lubricante y otros productos altamente útiles, dependiendo de la naturaleza del aceite crudo que se esté procesando.

El asfalto es un material biluminoso porque contiene bitumen, el cual es un material hidrocarburo soluble en carbón cs2 disulfuro.

El carbón mineral contiene poca cantidad de bitumen y sus componentes son completamente diferentes. internacionalmente es llamado "Asfalto Petroleum".

Producción concreto asfáltico.

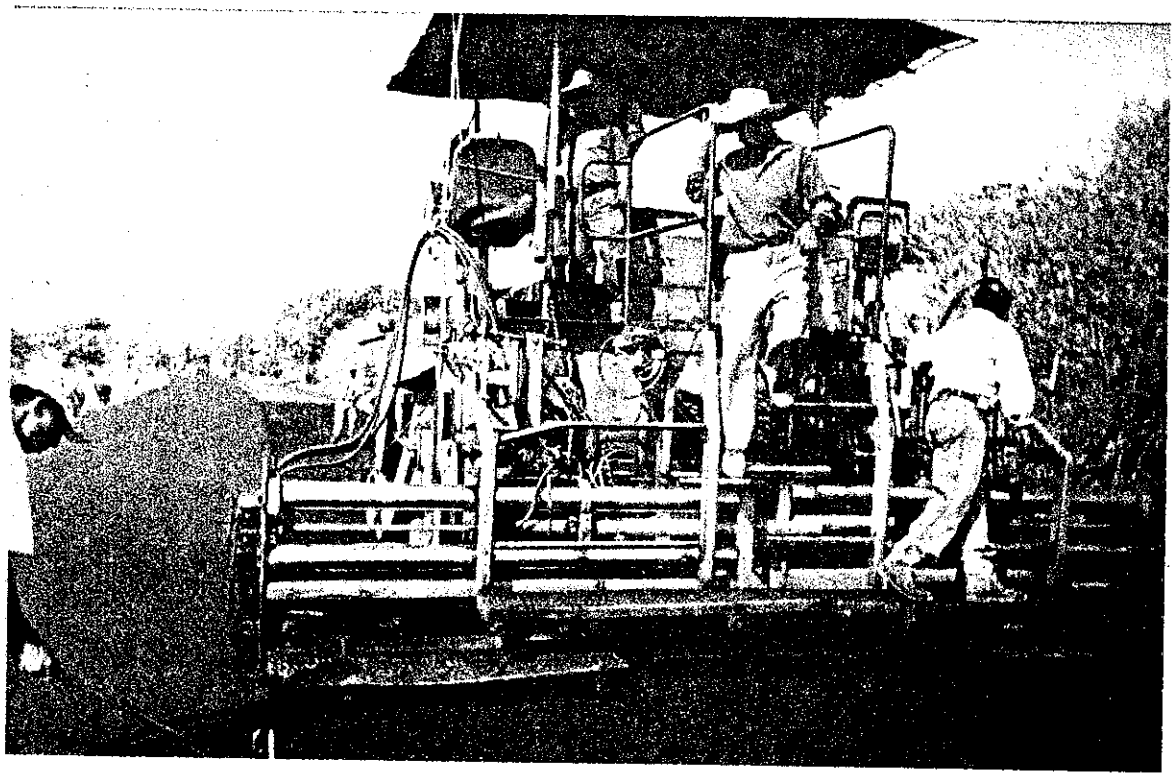


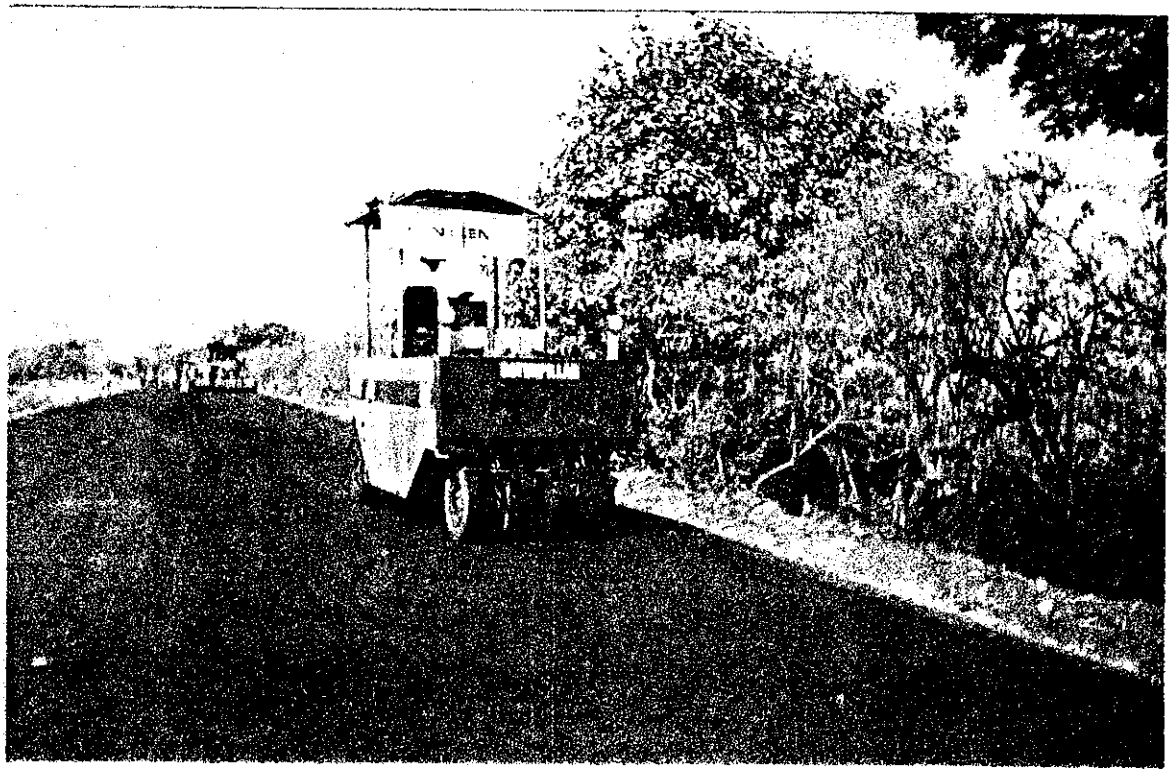


Despacho y acarreo del concreto asfáltico.

Figura No.15 Producción y despacho del concreto asfáltico.

Colocación y tendido.





Proceso de compactación.

Figura No.16 Colocación y tendido y proceso de compactación.

El pavimento asfáltico en condiciones normales es negro, pegajoso, semi-solido, material altamente viscoso, y está compuesto básicamente de moléculas complejas de hidrocarburo y contiene otros átomos, tales como: oxigeno, nitrógeno y sulfuro. Para distinguirlos de otro uso se le llama cemento asfáltico. La razón de llamársele material termoplástico es porque cuando está caliente es suave y cuando está frío es duro.

Estas combinaciones de características y propiedades es la razón fundamental del porqué el asfalto es importante para construir el pavimento asfáltico.

3.6 Cemento asfáltico para concreto asfáltico.

Es el cemento asfáltico constituido de bitumen, derivado del petróleo para la construcción del concreto asfáltico.

Este trabajo consiste en la elaboración de la mezcla de concreto asfáltico en planta fija, también en la preparación y calentamiento del agregado pétreo.

Para la construcción de concreto asfáltico se deben establecer los requisitos previos par su fabricación, entre éstos se puede mencionar:

a) Tipo de graduación de agregados para concreto asfáltico.

b) Tipo de cemento asfáltico tales como:

AC---40, AC—20, AC—10, AC---5, AC---2.5

que corresponde al grado de viscosidad.

c) Grado de penetración, tales como:

40-50, 60-70, 85-100, 120-150, 200-300, valor de estabilidad.

d) Diseño del concreto a través del método Marshall.
e) Temperatura de la mezcla de materiales.
Previo a la fabricación a granel se realiza varios ensayos para cumplir con los requisitos establecidos en los contratos.

3.6.1 Método de diseño para el concreto asfáltico método Marshall.

Para determinar el porcentaje de contenido de cemento asfáltico para el diseño de concreto asfáltico. Primero, se hacen 6 gráficas ploteadas con los siguientes valores:

1. Estabilidad versus contenido de cemento asfáltico.
2. Flujo versus contenido de cemento asfáltico.

3. Peso unitario o de mezcla total versus contenido de cemento asfáltico.
4. Porcentaje de vacíos de aire versus cemento asfáltico.
5. Porcentaje de vacíos en agregados minerales (VMA) versus contenido de cemento asfáltico.
6. Porcentaje de vacíos rellenos con asfalto versus contenido de cemento asfáltico (VFA).

En cada caso conectado a los valores ploteados con una curva suave que se obtiene del mejor punto para todos los valores. Las figuras, con sus propias curvas, han sido encontradas para seguir un patrón de consistencia razonable para un grado de penetración en las mezclas de pavimento asfáltico. El valor de la estabilidad aumenta al aumentarse el contenido de cemento asfáltico hasta un máximo, después de esto la estabilidad disminuye.

El valor del flujo aumenta al aumentarle el contenido de cemento asfáltico.

La curva para el peso unitario de la mezcla total es similar a la curva de estabilidad, excepto que para el máximo peso unitario normalmente (pero no siempre) ocurre con un ligero incremento de cemento asfáltico que con la máxima estabilidad.

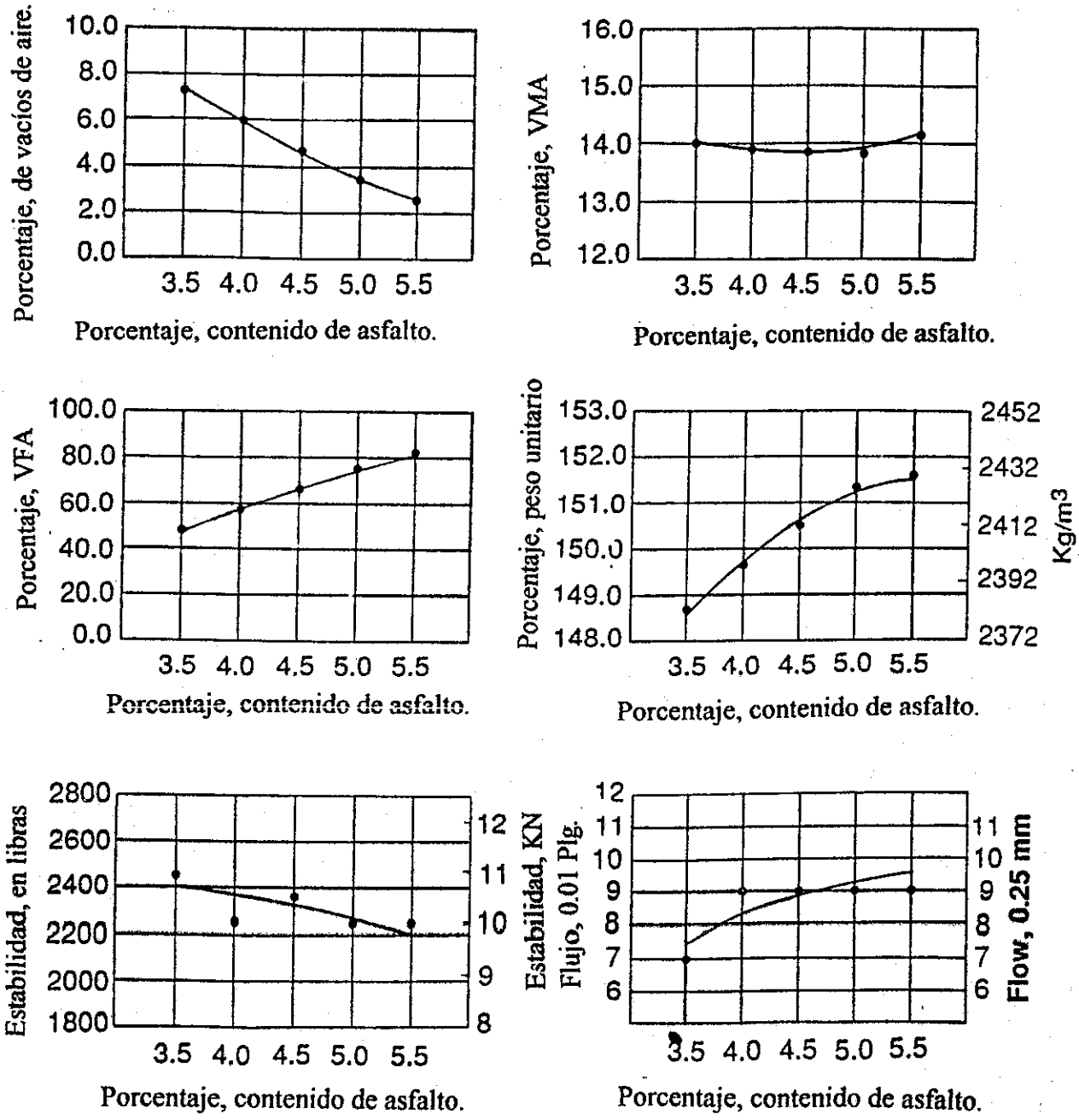
El porcentaje de vacíos de aire disminuye con el incremento de contenido de cemento asfáltico, casi aproximadamente a un mínimo de contenido de vacíos.

Tabla 4 Criterio del diseño del método Marshall

Método Marshall criterio de mezcla	Tráfico ligero carpeta de rodadura y base		Tráfico medio carpeta de rodadura y base		Tráfico Pesado	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Compactación, número de golpes al final de cada espécimen.	35		50		75	
Estabilidad, N. (Lbs)	3336 750		5338 1,200		8006 1,800	
Flujo, 0.25 mm(0.01 Plg)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos de aire	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos rellenos con Asfalto.	70	80	65	78	65	75

Nota:

1. Todos los criterios, no solo el valor de la estabilidad, debe ser considerado en el diseño de la mezcla del concreto asfáltico.
Las bases para la mezcla de concreto asfáltico en caliente que no cumplan estos criterios cuando se pruban a los 6o centigrados (140 grados F) son satisfactorios si estos cumplen al criterio cuando se realizan los prubas a los 38 grados centigrados (100 F) y son colocados 100 milímetros (4 pulgadas) o mas debajo de la superficie de rodadura.
Esta recomendación se aplica únicamente a regiones que tengan un rango climatico similar a los que prevalezcan a tráves de la mayor parte de los Estados Unidos.
Una prueba diferente de temperatura menos pude ser considerado en regiones que tenga condiciones climáticas más extremas.
2. Los ensayos de compactación de laboratorio deben ser muy aproximados a la densidad máxima obtenida en el pavimento bajo las cargas de tráfico.
3. Los valore de flujo se refiere al punto donde la carga empieza a decrecer.
4. La porción de cemento asfáltico que se pierde por absorción dentro de la particulas de agregados debe ser permitido para cuando se calcula el porcentaje de vacíos.



VMA= Porcentaje, de vacíos en agregados minerales.

VFA= Porcentaje, de vacíos rellenos con asfalto.

Figura No.18 Pruebas de curvas propias para el diseño de mezclas calientes por el método Marshall.

TIPO Y GRADO		Especificaciones	TEMPERATURA DE APLICACION Grados Fahrenheit	Grados Centígrados
Cemento Asfáltico				
Penetración Viscosidad				
60-70	AC 40	AASHTO M 20, M 226	280-330	138-167
85-100	AC 20	AASHTO M 20, M 226	275-325	135-163
120-150	AC 10	AASHTO M 20, M 226	225-300	107-150

Requisitos para el concreto asfáltico. La mezcla de materiales pétreo y cemento asfáltico debe llenar los requisitos de uno de los métodos de diseños establecidos. Para cada uno de los valores, conforme la tabla siguiente:

MÉTODO DE DISEÑO		VALORES LIMITES	
1) MARSHALL	AASHTO T 245 (ASTM D 1559)	MINIMO	MAXIMO
75 golpes de compactación en cada extremo del especimen.			
Estabilidad		1000 libras (454 Kgs.)	3800 libras (1724 Kgs.)
Flujo en 0.01 de pulgada (0.25 mm)		8	18
Porcentaje de vacíos para superficie		3	5
Porcentaje de vacíos para base		3	8
Porcentaje de vacíos rellenos con asfalto		70	85
2) HUBBARD FIELD(Método original)	AASHTO T 169 ASTM D 1138	MINIMO	MAXIMO
Estabilidad		1800 libras (816 Kgs.)	2800 libras (1270 Kgs.)
Porcentaje de vacíos para superficie		2	5
Porcentaje de vacíos para base		2	8
3) HVEEM	AASHTO T 246 (ASTM D 1560)	MINIMO	MAXIMO
Valor estabilómetro		40	-
Valor Cohesiómetro		50	-
Hinchamiento		-	0.03" (0.75mm)
Porcentaje de vacíos para superficie		3	-
Porcentaje de vacíos para base		4	-

Figura No.19 Requisitos para el concreto asfáltico.

TIPOS DE GRADUACIÓN DE AGREGADO PARA CONCRETO ASFÁLTICO

TAMIZ N°	STANDARD mm	TIPO "A" 2½" máx.	TIPO "B" 1 1/2 pulg. máximo			TIPO "C" 1 pulg. máximo				TIPO "D" 3/4 pulg. máximo					TIPO "E" 1/2 pulg. máximo			
		A-1	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	C-4	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	E-1	E-2	E-3	E-4
2 1/2	63	100																
2	50																	
1 1/2	37.5	35-70	100	100	100													
1	25.0		70-100	75-100	80-100	100	100	100	100									
3/4	19.0	0 -15	50-80	60-85	70-90	70-100	75-100	80-100	82-100	100	100	100	100	100				
1/2	12.5								70-90	70-100	75-100	80-100	82-100	85-100	100	100	100	100
3/8	9 .5		25-60	40-65	55-75	35-60	45-70	60-80	60-82	45-75	60-85	70-90	68-90		70-100	75-100	85-100	82-100
N° 4	4 .75		10-30	30-50	45-62	15-35	30-50	48-65	42-70	20-40	35-55	50-70	50-79	65-80	20-40	35-55	65-80	56-88
N° 8	2 .36	0 -5	5 -20	20-35	35-50	5 -20	20-35	35-50		5 -20	20-35	35-50		50-65	5 -20	20-35	50-65	
N°10	2 .00								30-60				36-67					40-75
N°16	1 .18													35-52			37-52	
N°30	0 .600			5 -20	19-30		5 -20	19-30			10-22	18-29		25-40		10-22	25-40	
N°40	0. 425								15-40				17-44					19-48
N°50	0 .300			3 -12	13-23		3 -12	13-23			6 -16	13-23		18-30		6 -16	18-30	
N°80	0 .180								8 -26				9 -29					10-32
N°100	0 .150			2 -8	7 -15		2 -8	7 -15			4 -12	8 -16		10-20		4 -12	10-20	
N°200	0 .075	0 -3	0 -4	0 -4	0 -8	0 -4	0 -4	0 -8	3 -8	0 -4	2 -8	4 -10	3 -8	3 -10	0 -4	2 -8	3 -10	4 -9

Figura No.20 Tipos de graduación de agregado para concreto asfáltico.

Sieve Size Tamaño del tamiz	37.5 mm (1 1/2 in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)
	Porcentaje total que pasa(por peso).				
50 mm (2 in.)	100	—	—	—	—
37.5 mm (1 1/2 in.)	90 to 100	100	—	—	—
25.0 mm (1 in.)	—	90 to 100	100	—	—
19.0 mm (3/4 in.)	56 to 80	—	90 to 100	100	—
12.5 mm (1/2 in.)	—	56 to 80	—	90 to 100	100
9.5 mm (3/8 in.)	—	—	56 to 80	—	90 to 100
4.75 mm (No. 4)	23 to 53	29 to 59	35 to 65	44 to 74	55 to 85
2.36 mm (No. 8)*	15 to 41	19 to 45	23 to 49	28 to 58	32 to 67
1.18 mm (No. 16)	—	—	—	—	—
0.60 mm (No. 30)	—	—	—	—	—
0.30 mm (No. 50)	4 to 16	5 to 17	5 to 19	5 to 21	7 to 23
0.15 mm (No. 100)	—	—	—	—	—
0.075 mm (No. 200)**	0 to 5	1 to 7	2 to 8	2 to 10	2 to 10
Cemento asfáltico, porcentaje del peso de la mezcla total.	3 to 8	3 to 9	4 to 10	4 to 11	5 to 12
	4 and 67 or 4 and 68	5 and 7 or 57	67 or 68 or 6 and 8	7 or 78	8

Figura No.21 Designación de mezclas y tamaños máximos nominales de agregados.

Cantidad de finos de cada tamiz de laboratorio(avertura cuadrada). Porcentaje de peso

Size Number	Nominal Size, Square Openings Tamaño nominal	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square Openings), weight percent														
		100-mm (4-in.)	90-mm (3½-in.)	75-mm (3-in.)	63-mm (2½-in.)	50-mm (2-in.)	37.5 mm (1½-in.)	25.0-mm (1-in.)	19.0-mm (¾-in.)	12.5-mm (½-in.)	9.5-mm (⅜-in.)	4.75-mm (No. 4)	2.36-mm (No. 8)	1.18-mm (No. 16)	300-µm (No. 50)	150-µm (No. 100)
1	90 to 37.5-mm (3½ to 1½-in.)	100	90 to 100	...	25 to 60	...	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...	...
2	63 to 37.5-mm (2½ to 1½-in.)	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...	...
24	63 to 19.0-mm (2½ to ¾-in.)	...	...	100	90 to 100	...	25 to 60	...	0 to 10	0 to 5	...	...	...	...	...	...
3	50 to 25.0-mm (2 to 1-in.)	...	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...
357	50 to 4.75-mm (2-in. to No. 4)	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	...	0 to 5	...	...	...	...
4	37.5 to 19.0-mm (1½ to ¾-in.)	...	...	...	...	100	90 to 100	...	20 to 55	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...
467	37.5 to 4.75-mm (1½ to No. 4)	...	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	0 to 5	...	...	...	...
5	25.0 to 12.5-mm (1 to ½-in.)	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...	...	...	...	...
56	25.0 to 9.5-mm (1 to ⅜-in.)	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 75	15 to 35	0 to 15	0 to 5	...	...	...	...
57	25.0 to 4.75-mm (1-in. to No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 to 100	...	25 to 60	...	0 to 10	0 to 5	...	...	...
6	19.0 to 9.5-mm (¾ to ⅜-in.)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5	...	...	...	...
67	19.0 to 4.75-mm (¾-in. to No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	...	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...	...	...
68	19.0 to 2.36-mm (¾-in. to No. 8)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	...	30 to 65	5 to 25	0 to 10	0 to 5	...	...
7	12.5 to 4.75-mm (½-in. to No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	...	...	...
78	12.5 to 2.36-mm (½-in. to No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 75	5 to 25	0 to 10	0 to 5	...	...
8	9.5 to 2.36-mm (⅜-in. to No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5	...	...
89	9.5 to 1.18-mm (⅜-in. to No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	5 to 30	0 to 10	0 to 5	...
9	4.75 to 1.18-mm (No. 4 to No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 to 100	10 to 40	0 to 10	0 to 5	...
10	4.75-mm (No. 4 to 0[a])	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 to 100	...	...	...	10 to 30

[a]Screenings.

Figura No.22 Tamaños estándar de agregados gruesos.

El porcentaje de vacíos en un agregado mineral (V M A) generalmente disminuye a un valor mismo, entonces se incrementa con el incremento del contenido de cemento asfáltico.

El porcentaje de vacíos rellenos con cemento asfáltico (V F A) aumenta con el incremento del contenido de cemento asfáltico.

El diseño del contenido de cemento asfáltico para la mezcla del concreto asfáltico está determinado al observar los datos anteriores.

Primero, se determinan el contenido de cemento asfáltico donde el porcentaje de vacíos de aire es igual al 4%, entonces todos los cálculos y mediciones y las propiedades de mezclas en estos porcentajes de contenido de cemento asfáltico deben ser evaluados y comparados con el criterio de diseño de mezcla asfáltica Marshall de la tabla # 4.

3.7 Riego de liga.

Es el trabajo de aplicación de un material bituminoso líquido, a través de riego a presión, sobre una superficie existente bituminosa o no, que deba ser cubierta al instante, con una capa inmediata superior que contenga material bituminoso, el objetivo del riego de liga es lograr las condiciones de adherencia entre dos superficies y prevenir deslizamientos de la capa superior con respecto a la inferior.

Estos trabajos consisten en la limpieza y preparación de la superficie existente a ligar, que puede ser una superficie imprimada con anterioridad, ya sea para colocar la base o la carpeta de rodadura, el suministro,

transporte, almacenamiento, calentamiento y esparcimiento, por medio de un tanque distribuidor a presión, del material bituminoso.

3.7.1 Requisitos del material bituminoso.

Para este caso en particular se utilizó el tipo.

Emulsión	AASHTO M 140,	temperatura f.	temp. c
CSS-1h	M208	75-130	24-55

Porcentaje de rocío de liga: 0.12 galones/ m2
Se debe diluir al 50% con agua.

3.7.2 Requisitos previos para la aplicación al riego de liga.

1. Barrido y limpiado.
2. Remover toda clase de material existente por medio de la barredora mecánica, siempre procurando no dañar la superficie.
3. Utilizando el fuelle (compresor) para que sople al centro y a la superficie a la que se va a aplicar el riego.
4. En caso de que alguna cantidad de arcilla que esté muy pegada o cualquier otra substancia extraña sobre la

superficie será necesario un lavado y dejar que seque en su totalidad.

5. Después de haber hecho lo anterior revisar, por inspección visual, que no exista ninguna clase de grieta descascaramiento o cualquier condición desfavorable para la adherencia eficiente de la nueva capa bituminosa a colocar.
6. No permitir que el tráfico pase sobre la superficie antes y después de la aplicación el riego de liga.
7. Permitir el curado o rompimiento de la emulsión antes de colocar el concreto asfáltico.

Capítulo IV

4.1 Señalización:

Son dispositivos que sirven para el control del tránsito y constituyen los elementos físicos que se utilizan en su regulación, orientando al usuario de las vías publicas, para que guiándose por las indicaciones, se comporte con corrección y seguridad y resepete estos dispositivos. De esta manera se logra que el tránsito sea más ordenado y que se reduzca el número de accidentes.

Sus funciones específicas pueden ser:

- Dar a conocer determinadas restricciones e indicar en forma concisa y clara las disposiciones legales.
- Advertir la existencia de posibles peligros.
- Establecer el derecho de paso de las corrientes vehiculares y el sentido de las vías.

Este trabajo consiste en forma global en la fabricación, transporte almacenamiento, manejo y colocación de toda clase de señales de tráfico.

Se incluye también en estos trabajos la excavación y relleno para la colocación de las señales. La forma, dimensiones, colores, distancia, alturas, lugares, de cemento, madera, metal, Etc. Son requisitos establecidos.

Adecuados que deben cumplir de acuerdo a los requisitos al "reglamento de Señales de la Dirección General de Caminos".

Estos dispositivos están clasificados en 3 grupos.

Reglamentarios, preventivos, informativos.

1. Reglamentario: su función es señalar a los usuarios las disposiciones de la reglamentación del transito vigente o suministrarles las indicaciones para que actúen en determinada forma.
2. Preventivos: cumplir con la misión de prevenir a los usuarios de las vías sobre los peligros existentes y su naturaleza.
3. Informativos: tienen como objetivo guiar al conductor hacia el lugar de destino, propocionándole toda aquella información que puede serle útil.

4.2 Monumentos indicadores del derecho de vía.

Son los monumentos que deben colocarse a lo largo de la carretera y en ambos lados, para definir el lindero del derecho de vía propiedad del estado y los terrenos adyacentes, propiedad de particulares.

Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento y colocación de indicadores del derecho de vía. La forma y dimensiones deben ser las indicadas en los planos. Se incluye también en este trabajo la excavación y relleno para la colocación de los indicadores.

Realizar este trabajo es muy complejo por la sencilla razón que existen muchos lugares en las cuales los particulares han tomado como propiedad áreas que corresponden al derecho de vía, por lo que la supervisora conjuntamente con los propietarios tienen que llegar a un acuerdo para desocupar el derecho de vía.

Colocación: los indicadores se deben colocar a la distancia que se indica en los planos, las excavaciones por lo menos deberán ser de 30x30x50, que queden lo más seguro posible.

4.3 Monumentos de kilometraje.

Son los postes de concreto reforzado, prefundidos, con el kilometraje, que se deben colocar a lo largo de la carretera y en un lado, con el fin de ubicarse con relación a su origen.

Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento y colocación. Los monumentos deben ser las secciones y largos indicadores en los planos. Éstos deben tener la numeración del kilometraje y las marcas que sean necesarias para su fácil identificación, siempre deben quedar bien anclados al suelo.

Pago: deberá ser de acuerdo al número de monumentos colocados.

4.4 Postes delineadores:

Son los postes de concreto reforzados prefundidos, que se coloca a lo largo de la carretera y ambos lados, cuando sea necesario, para la seguridad del usuario.

Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento y colocación. Éstos deben cumplir con las especificaciones indicada en los planos.

4.5 Termoplástico para líneas longitudinales no centrales.

Son las líneas laterales que se pintan en el pavimento para el control y el ordenamiento del tráfico de la carretera.

Este trabajo consiste en el transporte, almacenamiento, suministro, manejo de materiales y suministro de equipo para la aplicación, al pavimento, de la pintura para líneas y marcas de tráfico. Las líneas y marcas deben ser del ancho, largo, dimensiones y colores indicados en los planos.

Éstas se pintan en el pavimento de las carreteras cuya calzada tiene dos o más carriles; limita el ancho de rodadura, y se traza discontinua en el caso de carreteras de dos o más carriles en el mismo sentido, y delimita el ancho de carriles:

Se traza continua cuando se pinta a la orilla de los hombros y delimita el ancho de rodadura, y se traza discontinua en el caso de carreteras con dos o más carriles en el mismo sentido, y delimita el ancho de los carriles.

Pintura: la pintura es de tipo reflectiva, la razón de su termoplástica es porque se aplica en caliente, a 100 grados centígrados, está compuesta de fibra de vidrio y pintura tipo plástico, rociado por medio de una máquina que lo aplica en forma de abanico.

Medida: la medida se debe hacer por el número de kilómetros, de línea de tráfico, medidas a lo largo de la carretera.

4.6 Termoplástico para líneas longitudinales centrales.

Son el conjunto de indicadores que se pintan en el pavimento, para el control y ordenamiento del tráfico de la carretera.

Éste se pinta en el pavimento de las carreteras, cuya calzada tiene únicamente dos carriles en diferente sentido; se traza continuo para indicar que los vehículos no pueden rebasar, y discontinua cuando se puede rebasar, la maniobra de rebasar es restringida por curvas horizontales de radios mínimos, cambio de pendiente, o cruces a nivel con otro camino; la localización de los lugares, las dimensiones de los tramos discontinuos y los espaciamientos deben efectuarse como se indica en los contratos.

Pintura: aplicación en pintura caliente con fibra de vidrio, rociado tipo abanico.

4.7 Señales de identificación del proyecto.

Es el conjunto, de figuras, letreros y rótulos colocado en uno o ambos lados de la carretera que sirve para informar sobre el inicio del proyecto.

Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de las señales de tal forma de dimensiones y colores debe estar deacuerdo con el " Reglamento de señales de la Dirección General de Caminos o Manual Centroamericano de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

4.8 Dispositivos de señalización nocturna para línea central.

Son el conjunto de indicadores, que se colocan en las líneas longitudinales centrales de las carreteras, siendo fosforescentes.

Durante la noche en ambos lados para poder ser visto tanto por los pilotos que van como por los que vienen. Este trabajo consiste en la colocación de indicados fosforescentes nocturnas que van colocadas con cemento asfáltico en caliente en la línea longitudinal central, normalmente colocadas a cada 12 metros, normalmente sele conoce con el nombre de "Ojo de Gato".

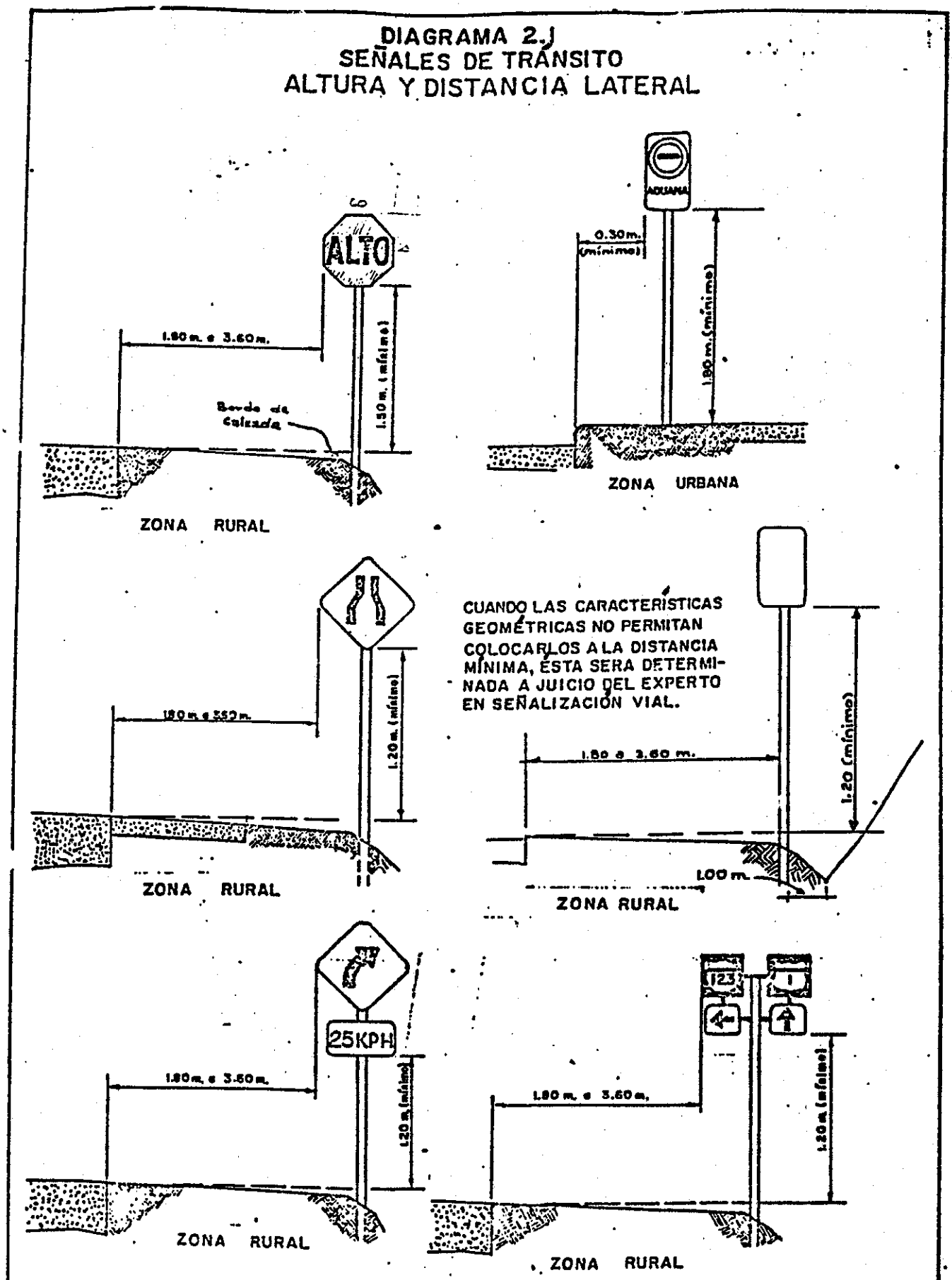


Figura No. 23 Señales de tránsito.

DISPOSITIVOS PARA PROTECCIÓN EN OBRAS

DPP

DPP

DPI-7

DPI-8

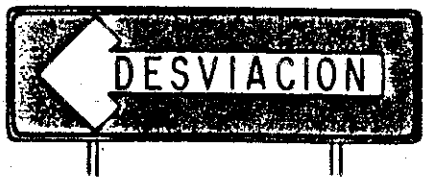
OD-5

DPI-7

DPI-8

OD-5

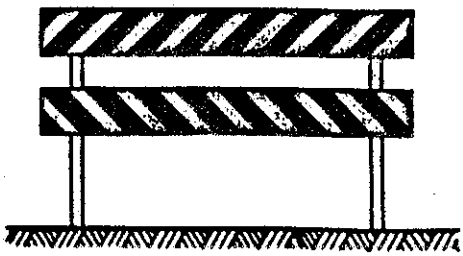
DPI-7



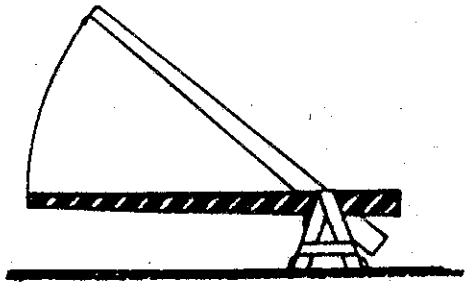
DPI-8

OD-12

DPI-9



DPC-1



PC-1

Figura No. 24 Dispositivos para protección en obras.

SEÑALES RESTRICTIVAS

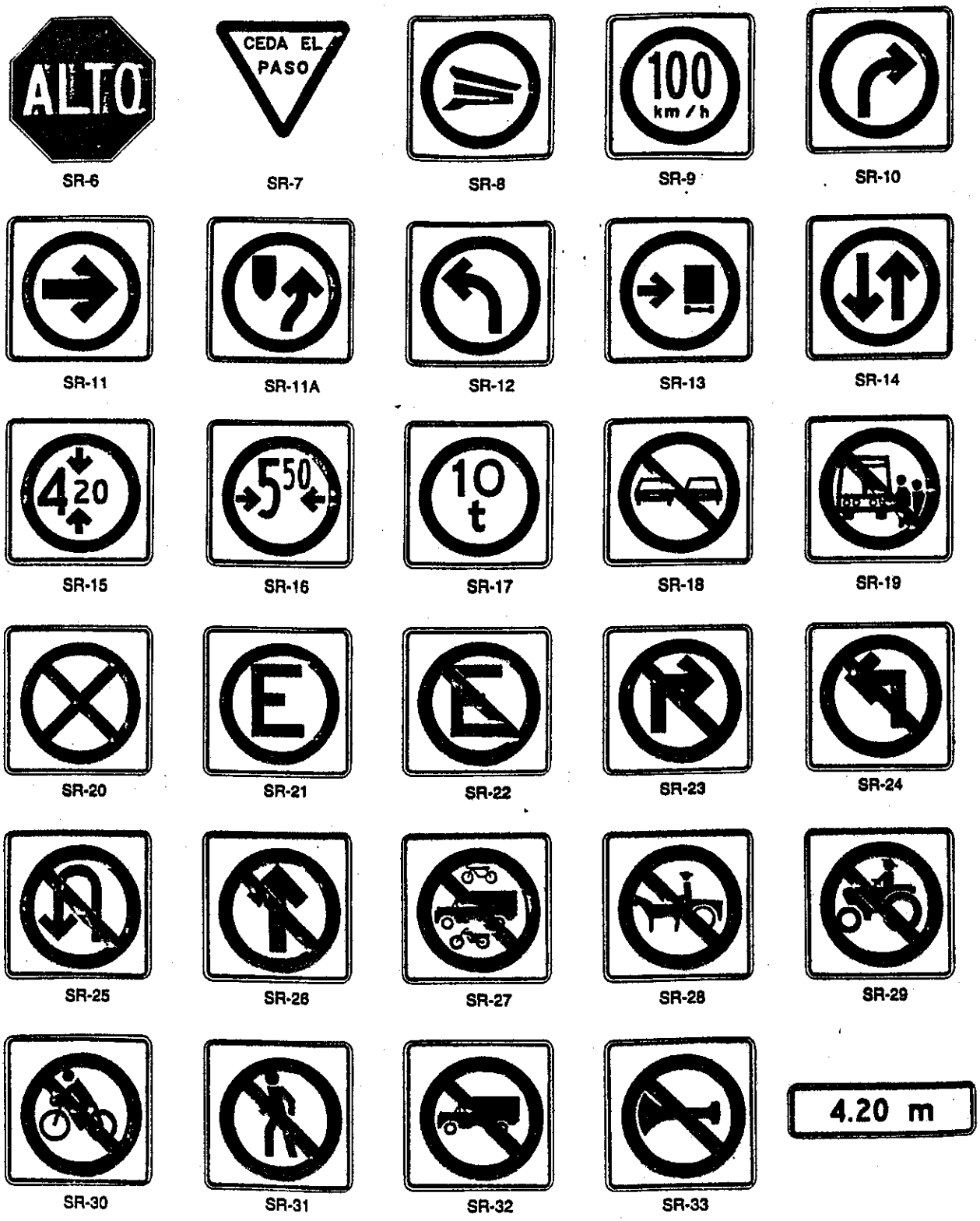
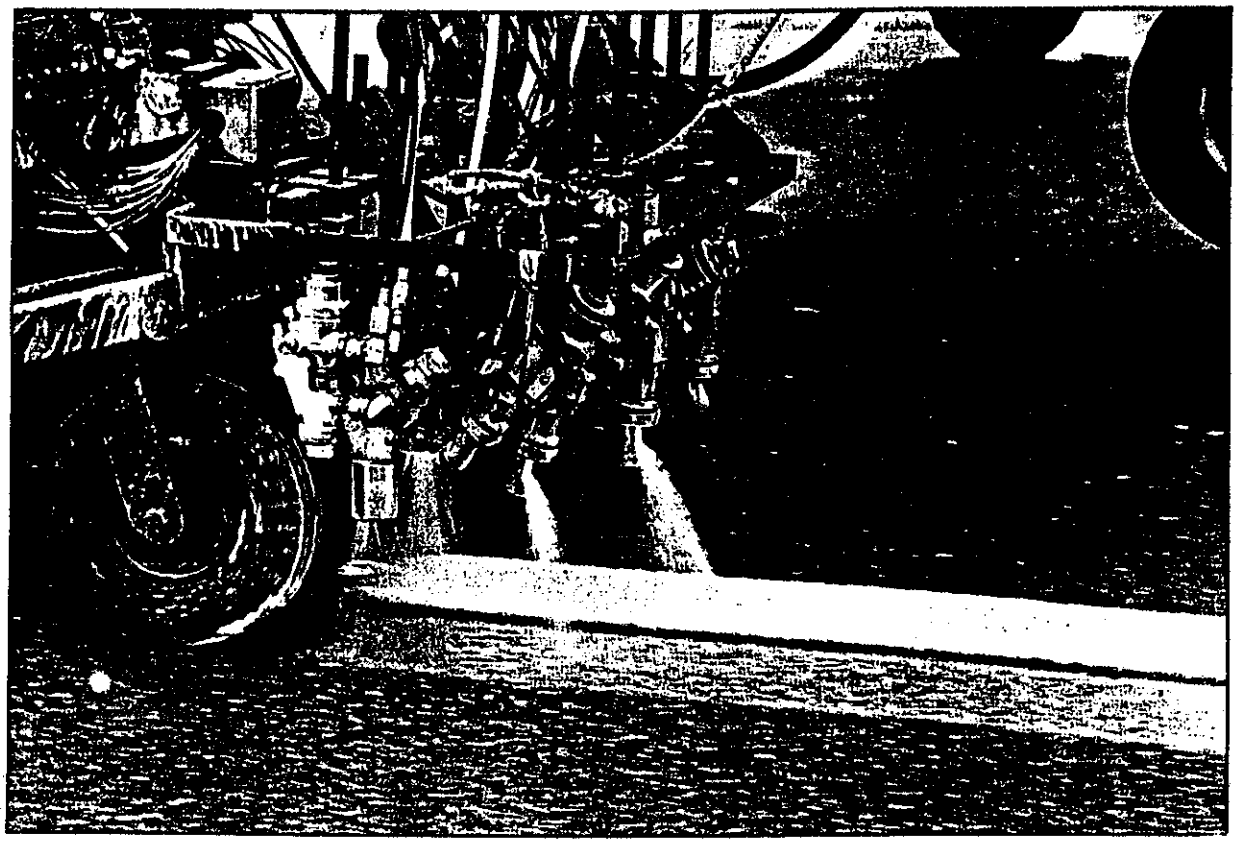


Figura No. 25 Señales restrictivas.

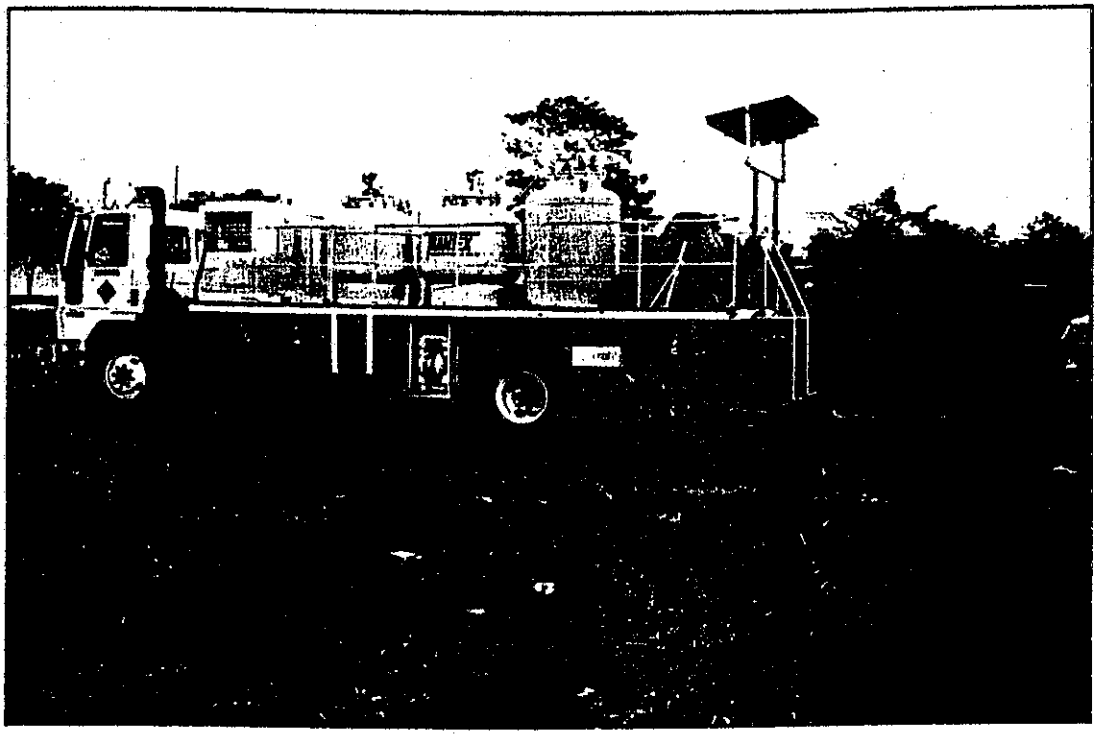
SEÑALES PREVENTIVAS

Figura No. 26 Señales preventivas.



APLICACIÓN DE PINTURA CON MICROESFERA

Figura No. 27 Aplicación de pintura con microesfera



MÁQUINA PINTARRAYAS CON CAPACIDAD DE 32,000 m2 POR JORNADA, OCHO PISTOLAS

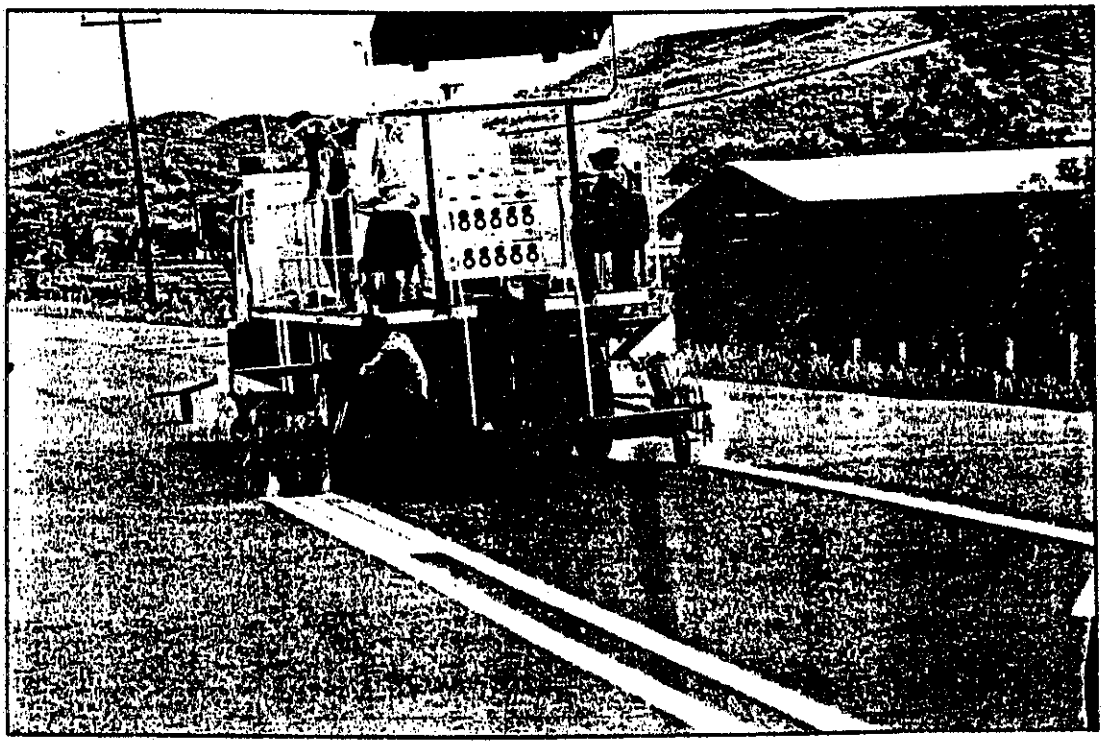


Figura No. 28 Máquina pinta rayas

SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

Las marcas en el pavimento, en guarniciones, y en obstáculos adyacentes a la superficie de rodamiento, se usan con el propósito de regular el tránsito y proporcionar advertencias o información a los usuarios de las calles y carreteras.

Marcas

M● I Definición

Las marcas son las rayas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras dentro de o adyacentes a las vías de circulación, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito.

M● 2 Clasificación

Las Marcas se clasifican como sigue:

A) Marcas en el pavimento.
   1.- Raya central sencilla continua o descontinua.
   2.- Raya adicional continua para prohibir el rebase.
   3.- Raya central doble continua.
   4.- Rayas separadoras de carriles.
   5.- Rayas en las orillas de la calzada.
   6.- Rayas canalizadoras.
   7.- Rayas de parada.
   8.- Rayas para cruce de peatones.
   9.- Rayas para estacionamiento.
   10.- Rayas para cruce de F.C.

B) Marcas en guarniciones para prohibición de estacionamiento.

C) Marcas en obstáculos adyacentes a la superficie de rodamiento.

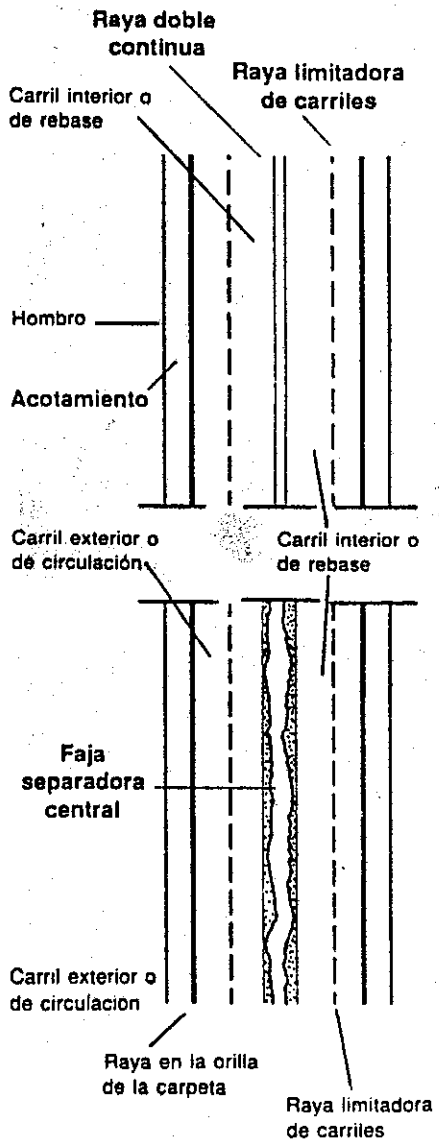


Figura No.29 Señalamiento horizontal.

ACABADO.

Sencillo
Aplicación de Microesfera.

COLOR

Blanco
Amarillo

SEÑALES INFORMATIVAS DE SERVICIOS Y TURÍSTICAS

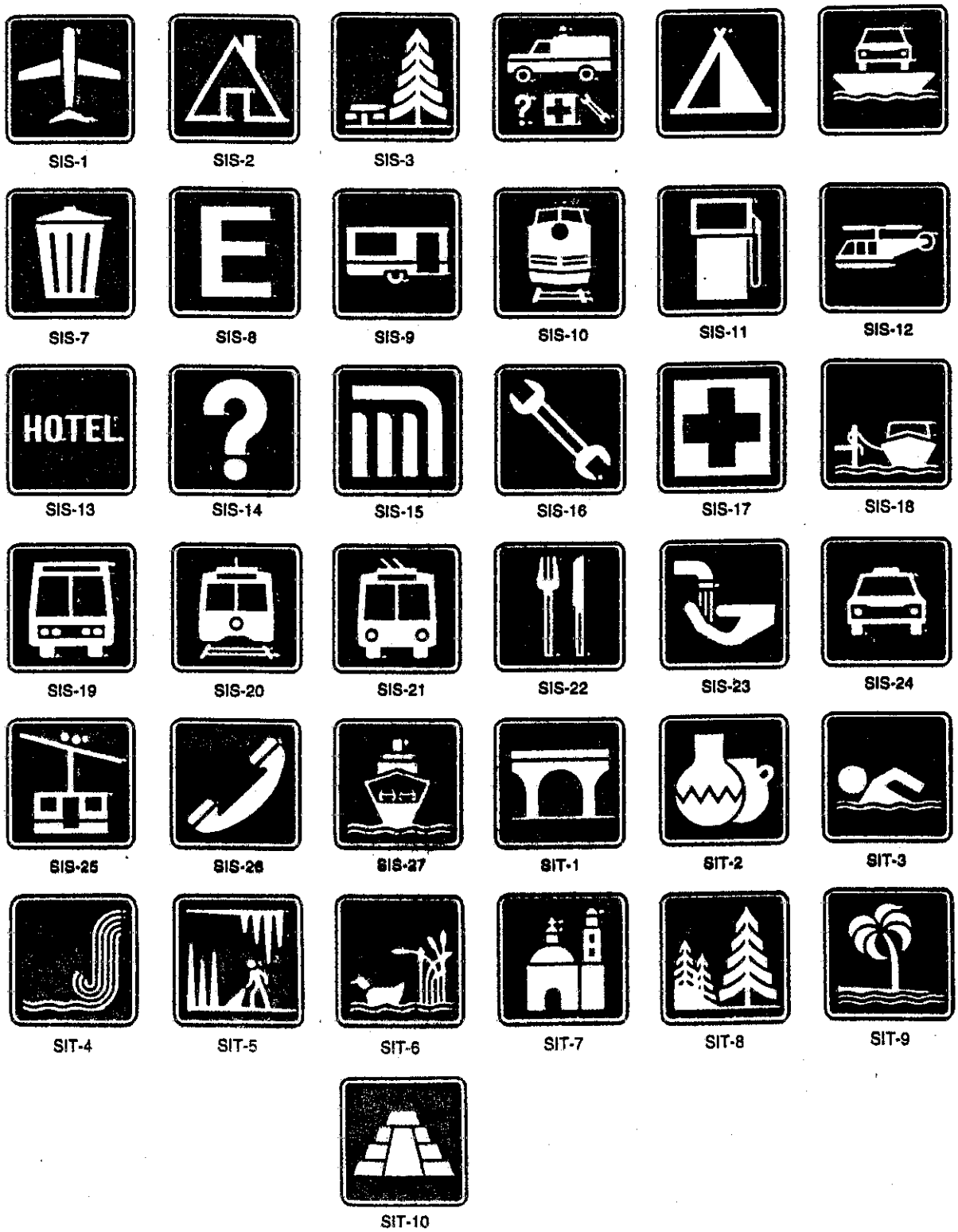


Figura No. 30 Señales informativas de servicios y turísticos

Capitulo V

5.1 Diseño del espesor de pavimento flexible:

Para el diseño del espesor del pavimento hay que tomar en cuenta muchos factores, unos de éstos pueden ser:

A) Datos estadísticos sobre TPD (tránsito promedio diario), ya sean tráfico pesado, mediano y liviano.
B) Valor del CBR (valor soporte del suelo).
C) Características tipo de carretera: a, b, c, d, Etc.
D) Carreteras primarias e interdepartamentales.
E) Carreteras secundarias y rurales o caminos de segundo orden.
F) Factores económicos y políticos.

Existen varios métodos para el diseño del espesor del pavimento asfáltico, entre éstos están:

1) El método del CBR.
2) El método del Mill
3) El método del instituto de Asfalto.

Pero por razones prácticas se usa el método del instituto de asfalto.

Datos de diseño:

Tipo de tráfico:

Se toma en cuenta el número de vehículo diario actual (idt) y se compara con la figura 31 determina el número de diseño de tráfico (dtn).

Tráfico pesado:

Idt = más de 10,000 vehículos/día (idt 100).
(idt >100).

Tráfico medio:

Idt = de 1,000 a 10,000 vehículos / día

(Ndt > a Ndt <100.)

Tráfico liviano:

Idt = menos de 1,000 vehículos por día (Ndt <10).

Espesores mínimos de carpeta y base granular:

Con el objeto de dejar solo como variable el espesor de la sub-base, se fija los espesores mínimos de carpeta y base granular. Adicionalmente, con los factores de equivalencias entre espesores de las capas, se establece el espesor equivalente (X_n) como que se fuera a colocar solo concreto asfáltico.

Cuadro de espesor mínimo de carpeta y base granular:

Tipo de Trafico	Espesores De Carpeta Asf (a)	Espesor de base Granular (b)	Espesor Equivalente (X_n)
Tráfico pesado	7.5 cms.	20.0 cms	17.5.cms
Tráfico medio	5.0 cms	15.0 cms	12.5 cms
Tráfico liviano	2.5 cms	12.5 cms	9.3 cms

Factores de equivalencia, entre espesores de las diferentes capas de un pavimento:

1.0 De concreto asfáltico = 2.00 de base granular
1.0 De concreto asfáltico = 2.70 de sub-base.
1.0 De base granular = 1.35 de sub-base.

Cálculo de la única variable, sub — base:

Se debe muestrear la sub-rasante cada 200 metros y/o en los lugares adicionales donde sea necesario, de acuerdo a la inspección visual del laboratorista. Los resultados de laboratorio se deben analizar y decidir dentro de cada kilómetro con qué valor de CBR se entra al diseño en la tabla 32. Haciendo uso de la tabla 32, se tiene:

Se baja una vertical: a partir del valor del CBR y al interceptar a la diagonal del número de diseño de tráfico, trazar una horizontal para leer el espesor total de pavimento TA, siempre aproximado la lectura al medio o entero inmediato superior. Este espesor sería si únicamente se usara mezcla asfáltica. El valor que da la tabla es en pulgadas, para estar congruente con el presenté trabajo, hay que convertirlo a centímetros.

Restando del espesor: TA calculado en el inciso anterior, el espesor equivalente correspondiente al tráfico seleccionado (X n) se tendrá el espesor que se puede convertir en sub-base. Lo cual se realiza multiplicando el resultado anterior por el factor 2.7, obteniendo el espesor de sub-base (C n) que hay que adicionar a los espesores de base y carpeta asumidos en el inciso 2.

El Resultado Será:

Carpeta Base Gran Sub-Base
(an) + (bn) + (cn) = Espesor del pavimento.

Condiciones de drenaje:

A la carretera se le debe proveer de buen drenaje para la escorrentía y de sub-drenaje para el agua subterránea. Debe tener una pendiente transversal entre el 2% y el 3%. En lo posible, se deben evitar pendientes longitudinales cercanas al 0% o sea que las pendientes longitudinales deberían ser mayores del 1% o menores del -1% para la escorrentía de las aguas pluviales.

Observación para caminos existentes:

Se deben chequear los espesores de balasto y dicha cantidad de material se puede incorporar dentro del espesor de la sub-base. Esto significa que se puede aprovechar los trabajos que se han efectuado con anterioridad en el mantenimiento de caminos de terracería.

Base granular:

La base regular debe cumplir con lo siguiente:

Ensayo	Tráfico Liviano	Tráfico medio y pesado
CBR, mínimo	80	100
Límite líquido	25	25
Índice plástico	6	3
Equivalente de Arena	30	50

Sub- base de materiales seleccionados:

La sub-base será un material seleccionado con las siguientes características:

Ensayo	Requerimiento
CBR	20
Límite líquido	25
Índice plástico	6
Equivalente de arena	25

Los siguientes datos son resultado del estudio de suelos efectuados en el proyecto la Democracia- Sipacate, base granular.

CBR mínimo 100% > 90%
Límite líquido 16.2

Índice plástico 1.2 < 3
Equivalente de arenas 54 > 40

Sub- Base (de material seleccionado)
CBR mínimo 40 máximo 95
79 95
Límite líquido 16.9
Índice plástico 4.7
Equivalente de arenas 46

Costos de un proyecto para tráfico liviano:

Ejemplo de Diseño.

a) Datos iniciales:

Tipo de camino. carretera rural de segundo orden
Tráfico diario inicial (IDT) = 400 vehículos
Período de diseño = 20 años
Evaluación de la sub-rasante = 3% de CBR al 100% de compactación.

b) Número de diseño de tráfico:

De la figura 31, para caminos secundarios rurales y tráfico diario inicial (IDT), se obtiene:

Número de diseño del trafico DTM = 5

c) Del cuadro 2.1, con los datos para tráfico liviano:

Espesor de carpeta asfáltica (a 3) = 2.5 cms.
Espesor de base granular (b 3) = 12.5 cms

Se obtiene espesor equivalente = 9.3 cms

d) de la figura 32 se obtiene:

Con los datos obtenidos anteriormente, se entra a la gráfica para obtener el espesor total (TA) de concreto asfáltico, el que se debe convertir a cm y que se debe restar el espesor equivalente del inicio anterior. Dicho valor se multiplica por el factor 2.7 para obtener el espesor de la sub-base (C 3), complementando así, el diseño del pavimento.

TA = 9" X 2.54cms = 22.86 cms

C3 (22.86 - 9.3) x 2.7 = 37 cms

Resumen:

1. (a3) Espesor de la carpeta = 2.54 cm
2. (b3) Espesor de base = 12.50cm
3. (c3) Espesor de sub-base = 37.0 cm
4. (Ta) Espesor total = 52cms

Integración de costos para el ejemplo anterior, con los precios para la capital aproximadamente.

Precios por metro cuadrado:

Sub-rasante	= 10.00/m2
Sub-base, espesor = 30cms	= 22.50/m2
Base granular, espesor = 12.50 cm.	= 26.88/m2
Riego de imprimación, @ 0.30 g/m2	= 6.00/m2
Doble tratamiento superficial	= 28.50/m2
	Q 93.88/m2

d) Precio por Kilometro:

Con una sección típica de 6 metros de ancho, se tiene:

6 mts x 1000 mts = 6000m2 x Q93.88/m2 = Q 563,280.00/km

Tabla que se utiliza para el diseño del pavimento.

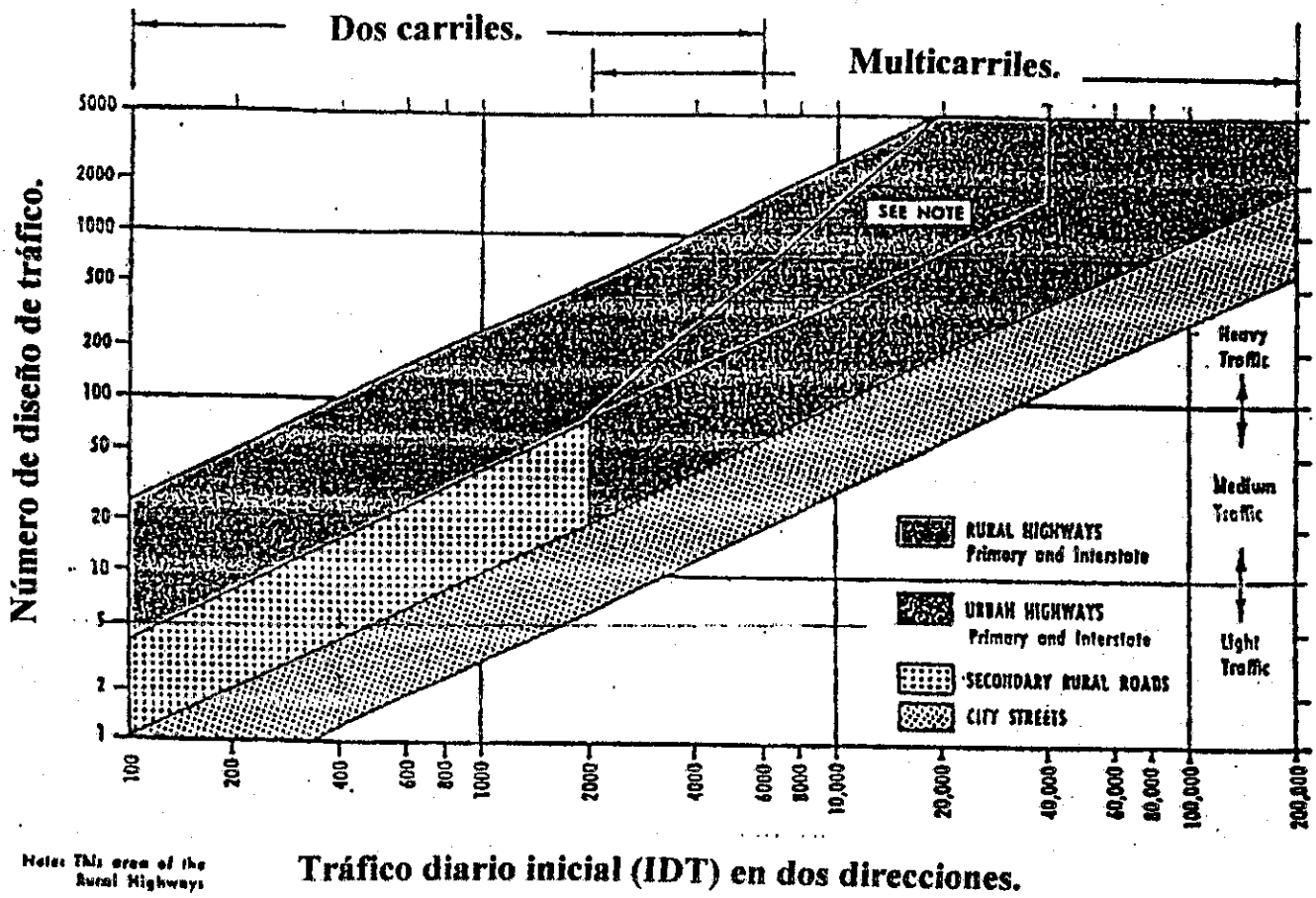


Figura No. 31 Tabla que se utiliza para el diseño del pavimento.

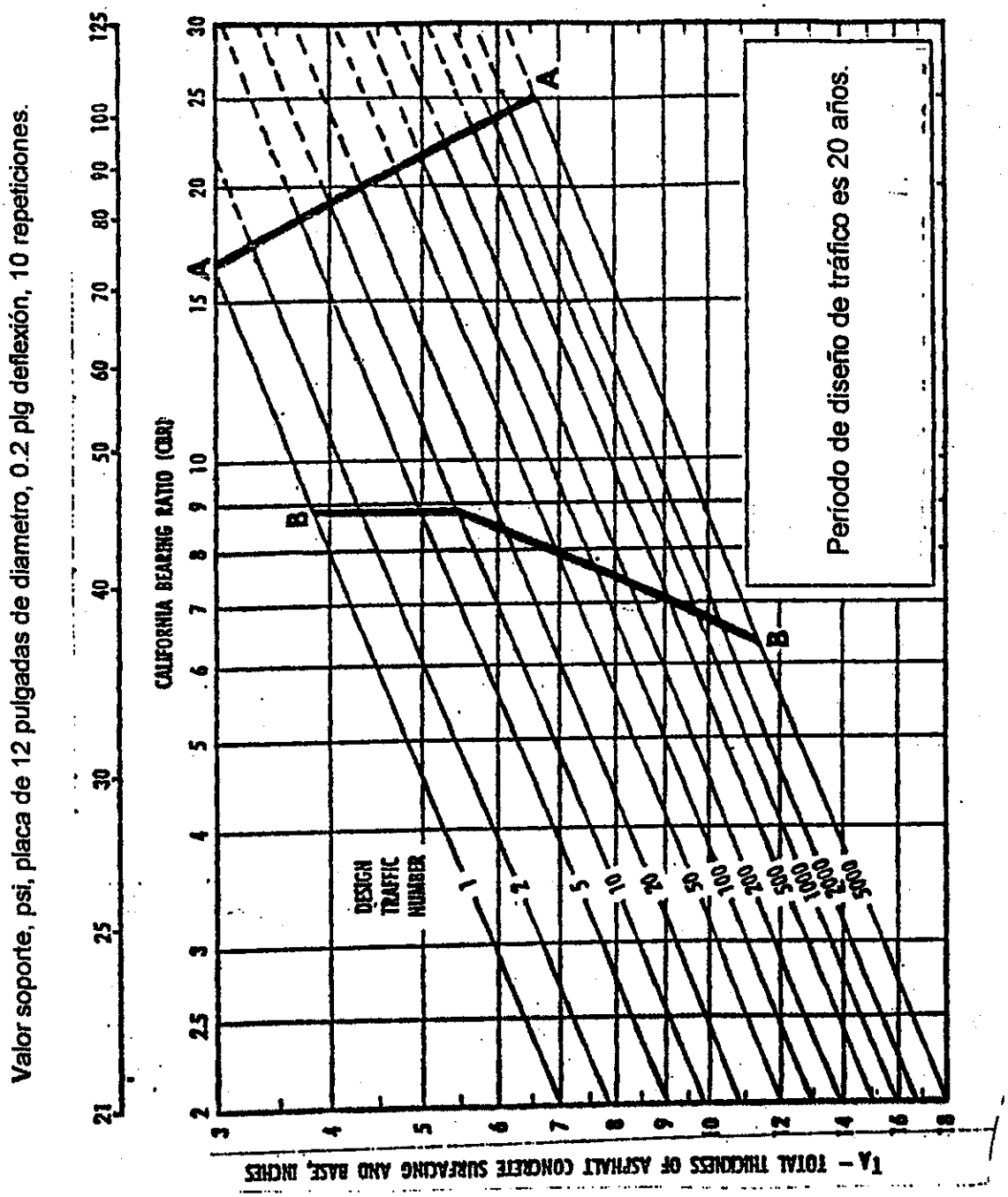


Figura No. 32 Tabla para diseñar número de diseño de tráfico.

Conclusiones.

1. A lo largo del estudio y elaboración de esta tesis se adquirió una valiosa experiencia en el desarrolló de la construcción de carreteras, no solo en el proceso de recuperación sino en toda las etapas que se realizaron para la ejecución del proyecto.
2. Se debe resaltar la importancia que tiene el estudio de suelos al hacer cualquier carretera, es indispensable la realización de este estudio para obtener la información necesaria para el diseño de la estructura del pavimento.
3. Se debe tratar de construir en la época seca, para maximizar la producción de la construcción de carreteras.
4. Una de las grandes ventajas en la Recuperación de Caminos es aprovechar los materiales aun existentes, para luego ser pulverizados y mezclados en el mismo lugar, dando como resultado obtener una base de alta calidad.
5. El tener mejor calidad de base, como resultado del proceso de recuperación de caminos, permite más flexibilidad al seleccionar el espesor de la carpeta de rodadura.
6. La Recuperación de Caminos tiene la ventaja de conformar una nueva y fuerte estructura de pavimento (más estable), lo que prolongará la vida útil y disminuirá los costos de conservación.
7. La disminución de gastos de acarreo y tiempo son factores muy importantes del proceso de la Recuperación de Caminos.

8. Se puede obtener alta producción en campo (promedio 1000 mts. por 6 mts de ancho/día) con un mínimo de personal y maquinaria.

Recomendaciones.

1. Se recomienda que el ingeniero o el estudiante estén presentes cuando se realiza el desarrolló de construcción para cualquier carretera, con el fin de así obtener experiencias para las futuras construcciones, y optimizar el rendimiento del personal como de la maquinaria que se esté utilizando.
2. Es muy importante antes de realizar cualquier construcción de carreteras, el estudio de suelos en bancos de materiales, bancos de préstamos, Etc.
3. Se recomienda realizar trabajos de construcción de carreteras en la época seca, para maximizar la producción y reducción de costos y garantizar la calidad de los trabajos.
4. El aprovechamiento de uso de materiales aun existentes reduce los costos de construcción y son una buena alternativa ante la ausencia o escasez de banco de materiales cercanos a la obra.
5. El método de recuperación de carpetas asfáltica existente es una de las alternativas mas económicas por kilómetro.
6. El método de Recuperación de pavimentos flexibles logra resultados aceptables en la rehabilitación de Caminos, siendo, por sus características de construcción, bastante ventajoso en el aspecto económico, comparado con otros métodos de rehabilitación de carreteras en largo plazo.

Bibliografía.

Dirección General de Caminos. Especificaciones Generales para Construcción de Carretera y Puentes.

Ingeniero Consultores de Centro América. Gualemala 1975.

Yalibal P. Gonzalo. Prácticas de Mecánica de Suelos. (Tesis: de graduación de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Gualemala. Gualemala, 1975.)

Asphalt Institute. Al manual del (Asfalto) Instituto de Asfalto, Lexinton, edición 1989. Kentucky.

Sieca/Dirección General de Caminos. Manual Centroamericano de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras. Gualemala, Octubre 1975.

Conasa, Constructora Nacional S.A. Archivos Generales de La Empresa.

Paving Asphalt Classifications. Barber Green, Dekablb, Illinois, U.S.A.

Anexos.

Anexo # 1

Cálculo de la producción de recuperación de un camino.

Como una ilustración del cálculo de producción de recuperación de un camino a continuación se tiene un ejemplo:

La producción en metros cuadrados por minuto se calcula multiplicando el ancho del rotor, en metros, por la velocidad del trabajo. Ancho del rotor en metros x velocidad de trabajo en metros /minutos = mts2 /minutos.

Ejemplo: Calcular el índice de producción, en metros cuadrados por minuto, de la RR-250, con una velocidad media de trabajo de 12.19 metros por minuto. Convierta el índice de producción hora a un índice de eficiencia de 80%:

Índice de producción = 12.19 mts/min (velocidad media) x 2.48 (ancho de rotor) = 30.23 mts2 /min

30.23 mts2 /min x (60 minutos x .80) = mts2 /hora

30.23 x 48 = 1451 mts2 /hora

índice de producción hora = 1451 mts2 /hora

Producción en mts3 /minuto.

Mts2 /minuto x (profundidad de corte en metros)/100 = mts3 /minuto

Ejemplo: Calcule el índice de producción en metros cúbicos por minuto de una RR-250, con velocidad promedio de 9.14 mts/minuto, cortando a una profundidad de 0.23 mts.

9.14 mts/minuto x 2,48 mts = 22.67 mts2 /minuto
22.67 mts2 /minutos x 0.23 mts = 5.21 mts3 /minuto

Calcule el índice de producción hora con un índice de eficiencia del 90%.

5.21 mts3 /minuto x (60x0.90) = 281.34 mts3 /hora
índice de producción hora = 281.34 mts3 /hora

Producción en tonelada minuto.

Mts3 /minuto x (peso de material por metro en kg)/1000 = tonelada/minuto

Producción toneladas hora = toneladas/minuto x (60 minutos x 0.9) = tonelada /hora. Para este ejemplo solo se substituye el peso de material por metro/ kg dependiendo el tipo de material y se usa un índice de eficiencia del 90%.

Anexo # 2

Estimaciones periódicas de avance de obra

En la construcción de la obra se realizan estimaciones periódicas de pago, las cuales se realizan 30 días calendario.

Se debe poner especial atención y el mayor cuidado posible en la obtención de los datos que servirán para elaborar la estimación de pago, ya que cualquier error que presenten éstos, repercutirá en pérdidas para el contratista de la obra o para el contratante.

El pago de una obra se desglosa en los distintos renglones de trabajo, los cuales tiene un costo unitario y conforman las diferentes etapas de la construcción.

Así se tienen diferentes renglones como son los:

1. Terracería que comprende:
2. limpia, chapeo y destronque
3. Excavación no clasificada (comprende el balance de cortes y rellenos)
4. Excavación no clasificada de desperdicios
5. Excavación no clasificada de préstamos
6. Excavación estructural para tuberías
7. Drenajes menores que comprende:
8. Tubería de 24 pulgadas
9. Tubería de 30 pulgadas
10. Tubería de 36 pulgadas, Etc.

REPUBLICA DE GUATEMALA
MINISTERIO DE COMUNICACIONES, TRANSPORTE, OBRAS PUBLICAS Y VIVIENDA
UNIDAD EJECUTORA DE CONSERVACION VIAL

COVIAL

Hoja No. 1
Proyecto : S -54 TRAMO
LA DEMOCRACIA - SIPACATE

CONTRATO No. 333-98 COV
APROBADO EN ACUERDO MINISTERIAL No. 493-98 FECHA 28 DE ENERO DE 1,998.
Contratista: CONSTRUCTORA NACIONAL, S.A.
Analisis de ejecución de las cantidades de trabajo reportados en estimación No. 3
Comprendido del 01 al 31 de Mayo de 1,998.

PARTIDAS, ESTACIONAMIENTO U OTRAS REFERENCIAS		CANTIDADES DE TRABAJO			OBSERVACIONES
		UNIDAD	PARCIALES	TOTAL PARTIDA	
	TERRACERIA				
203.04 (c)	Excavación no clasificada para prestamo. Est. 121+940.00 - 130+300.00	m3.	7,032.00	7,032.00	
207	Acarreo. Est. 121+940.00 - 130+300.00	m3-km	93,539.00	93,539.00	
	PAVIMENTO				
304	Capa de base de grava o piedra triturada tipo C-2	m3			
	Ent. y Salida Puente Rio Seco.	"	100.00		
	Ent. y Salida Puente La Gomera.	"	100.00	200.00	
307	Base Negra. Est. 108+680.00 - 111+810.00	m3	3,380.00	3,380.00	
307(a)	A/C. Base Negra. Est. 108+680.00 - 111+810.00	Gls	432,318.00	432,318.00	
409	Riego de Liga. Est. 108+680.00 - 111+810.00	Gls	13,085.00	13,085.00	
	RENGLONES VARIOS				
603.03	Tuberia corrugada (49.6" X 74")	ml			
	Est. 118+798.00 L.I.	"	16.00		
	Est. 118+830.00 L.I.	"	17.00		
	Est. 118+880.00 L.I.	"	16.00		
	Est. 119+005.00 L.I.	"	17.00		
	Est. 119+049.00 L.I.	"	18.00		
	Est. 119+053.00 L.I.	"	16.00	100.00	

Lugar y fecha: Guatemala, Junio de 1,998.

Analizó (f.)

Delegado Residente
GONSULT test, S. A.

Aceptado (f.)

Constructora Nacional, S.A.
CONSTRUCTORA NACIONAL, S. A.

Cuadro Analítico

REPUBLICA DE GUATEMALA
MINISTERIO DE COMUNICACIONES, TRANSPORTE, OBRAS PUBLICAS Y VIVIENDA
UNIDAD EJECUTORA DE CONSERVACION VIAL

COVIAL

Hoja No. 2
Proyecto : B -54 TRAMO
LA DEMOCRACIA - SIPACATE

CONTRATO No. 333-98 COV
APROBADO EN ACUERDO MINISTERIAL No. 493-98 FECHA 28 DE ENERO DE 1,998.
Contratista: CONSTRUCTORA NACIONAL, S.A.
Analisis de ejecución de las cantidades de trabajo reportados en estimación No. 3
Comprendido del 01 al 31 de Mayo de 1,998

PARTIDAS, ESTACIONAMIENTO U OTRAS REFERENCIAS		CANTIDADES DE TRABAJO			OBSERVACIONES
		UNIDAD	PARCIALES	TOTAL PARTIDA	
205.06	Excavación estructural. (tuberias)	m3.			
	Est. 118+798.00 L.I.	"	52.17		
	Est. 118+830.00 L.I.	"	52.80		
	Est. 118+880.00 L.I.	"	56.35		
	Est. 119+005.00 L.I.	"	68.06		
	Est. 119+049.00 L.I.	"	87.53		
	Est. 119+053.00 L.I.	"	85.09		
				402.00	
607.03	Cunetas.	m2			
	Entrada Puente Mojolate L.I. y L.D.	"	280.50		
				280.50	

Lugar y fecha: Guatemala, Junio de 1,998.

Analizó (f.) _____
Delegado Residente

Aceptado (f.) _____
Constructora Nacional, S.A.

CONSTRUCTORA NACIONAL, S. A.

CONSULT test, S. A.

Anexo # 3

Estimación para pago de trabajo.

Los trabajos se realizarán de acuerdo a las especificaciones de construcción y se deberá chequear la nivelación de terracería, sub-base y base, con lo cual se revisarán los espesores que corresponden a cada una de estas capas así como sus respectivos anchos de sección típica, como también las estaciones de principio y final del tramo a estimar, para que el calculista determine el volumen total a pagar.

En la capa de rodadura y base al tratarse de mezcla asfáltica se pagará por tonelada y si fuera de doble tratamiento superficial se pagará por metro cúbico. En la estimación de pago mensual para cunetas y bordillos, el topógrafo deberá medir el ancho y la longitud de las cunetas, así como las dimensiones y la longitud de los bordillos. El pago para las cunetas se hace por metro cuadrado, y para los bordillos por metro lineal.

En el contrato que se realiza entre la campaña constructora y el contratante se debe especificar, a la par de cada de uno de los renglones que forma el mismo, la unidad de que se trate, la cantidad contratada y su precio unitario. Los datos obtenidos mensualmente para cada uno de los renglones se multiplican por su valor unitario, con lo que se tiene el costo total por renglón. La suma de estos totales dará el valor total de la estimación.

De esta forma se hará una estimación mensual hasta completar el costo del contrato y finalización del proyecto.

Cuadro de Estimación Mensual

REPUBLICA DE GUATEMALA, C.A.

MINISTERIO DE COMUNICACIONES, TRANSPORTE, OBRAS PUBLICAS Y VIVIENDA

UNIDAD EJECUTORA DE CONSERVACION VIAL

COVIAL

ESTIMACION PARA PAGO No. 3

1.- EMPRESA CONTRATISTA:	CONASA	2.- TRAMO:	B-54 LA DEMOCRACIA - SIPACATE.
3.- CONTRATO NUMERO:	333-98-COV	4.- ACUERDO MINISTERIAL NUMERO:	493-98
5.- FECHA DE INICIO PLAZO CONTRACTUAL:	02 ENERO 1.998	6.- FECHAS DE LOS ACUERDOS:	28 ENERO 1.998
7.- FECHA OFICIAL DE INICIO DE TRABAJO:	02 ENERO 1.998	8.- SEGUN ACTA DE INICIACION:	006-98
9.- FECHA DEL ACTA DE INICIACION:	02 ENERO 1.998	10.- FECHA OFICIAL DE TERMINACION:	31 DICIEMBRE 1.998.
11.- DIAS TRANSCURRIDOS A LA FECHA:	150 DIAS HASTA MAYO -98	12.- NUMERO DE DIAS TOTALES:	364

13.- TRABAJOS DURANTE EL PERIODO: DEL 01 AL 31 DE MAYO DE 1,998.

CONSULI rest, S.

RENGLONES Y CANTIDADES DE TRABAJO ESTIMADAS.						CANTIDADES EJECUTADAS				COSTO DE EJECUCION.		
	Renglones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total Estimado	En este Periodo	Acumulado Anterior	Total a la Fecha		En este Periodo	Acumulado Anterior	Total a la Fecha
	TERRACERIA											
203.04(c)	Excavación no clasificada para Préstamo.	m3	33,650.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]
207	Acarreo	m3-km	453,950.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]
	PAVIMENTO				[illegible]							
304	Capa de base de grava o piedra triturada tipo C-2	m3.	200.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]
307	Base Negra	m3.	22,820.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]
307(a)	A/C. Base Negra	Gls.	1,567,350.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]
402	Riego de imprimacion.	Gls.	10,240.00	[illegible]	[illegible]	-	-	-		[illegible]	[illegible]	[illegible]
408	Riego de liga.	Gls.	63,055.00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]

Ensayos de Laboratorio

Cálculo de diseño de mezcla asfáltica.

FORMA M y T 20

INGS. MAYORGA Y TEJADA - CONSTRUCTORA NACIONAL, S. A.

PROYECTO: DEMOCRACIA

TRAMO: BASE NEGRA

FASE DE TRABAJO: DISEÑO

EST. _____ SEC. _____

FUENTE: TRITURADORA

EST. _____ SEC. _____

FECHA: 22-09-97 PRUEBA No. _____

OBSERVACIONES: 94.0 % BASE
6.0 % LIMO

METODO DE PRUEBAS

TAMIZ	P.B.R.	P.N.R.	% RET.	% PASA	ESPECIF.
1				100.0	100.0
3/4	242.2	47.5	4.3	95.7	70-100
3/8	532.2	337.5	30.6	69.4	50-80
Nº 4	670.8	476.1	43.1	56.9	35-65
10	778.7	564.0	52.9	47.1	25-50
40	1001.0	866.3	73.0	27.0	15-30
200	1215.7	1021.0	92.5	7.5	5-15

PESO SIN LAVAR

P.B.S. 1298.4

TARA 194.7

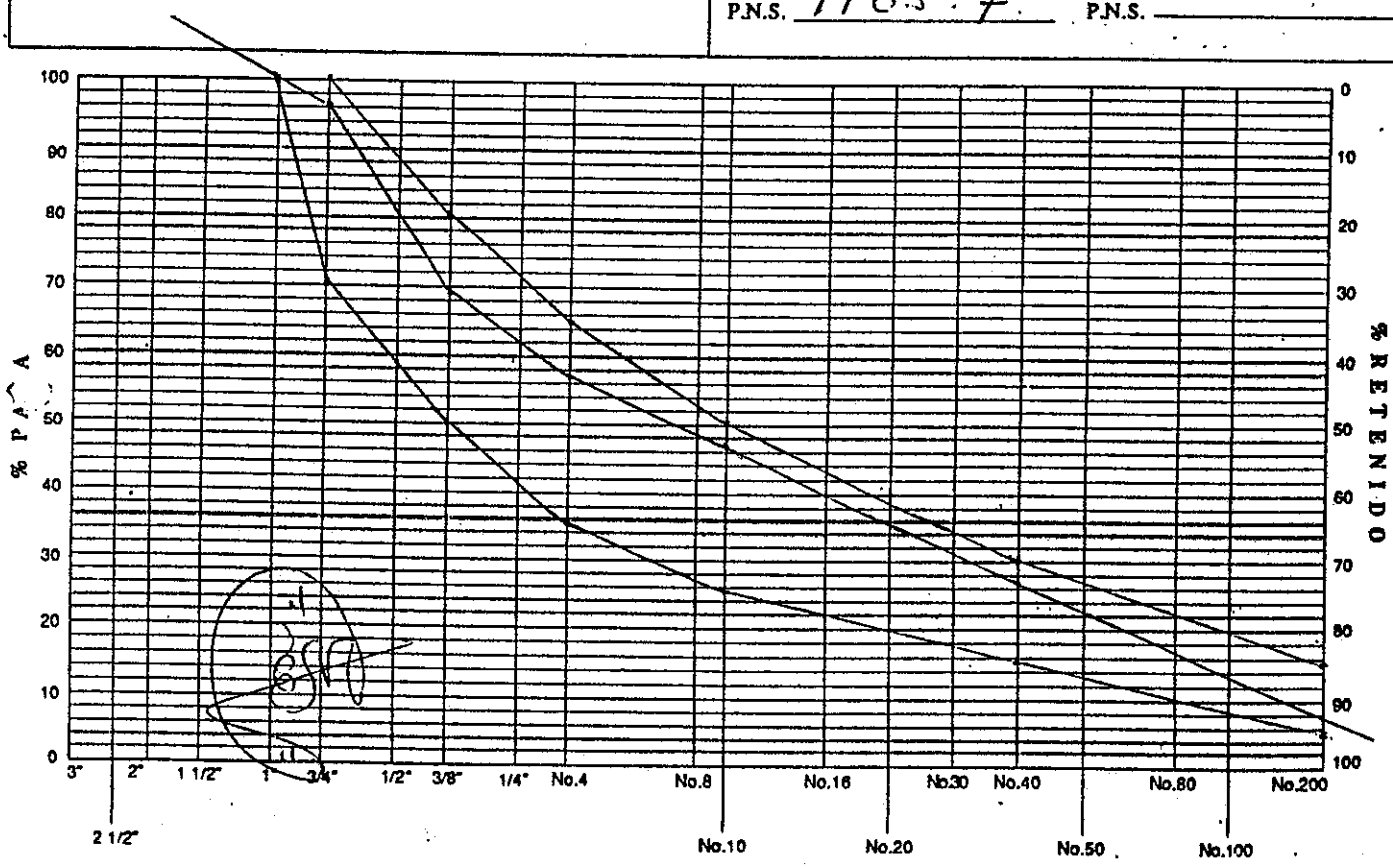
P.N.S. 1103.7

PESO LAVADO

P.B.S. _____

TARA _____

P.N.S. _____



EFECTUO:	CALCULO: NICOLAS	REVISO:

ING. MAYORGA Y TEJADA
CONSTRUCTORA NACIONAL, S. A.

CALCULO DISEÑO MEZCLAS ASFALTICAS

No. Laboratorio DISEÑO Proyecto: DEMOCRACIA

% ASF. 4.0

D. T. = $\frac{X\ 100}{96.0/2.535 + 4.0/1.062} = \frac{100}{37.87 + 3.77} = \frac{100}{41.64}$ 2.401

% D. T. = $\frac{2.179 \times 100}{2.401}$ 90.8

% V. M. T. = 100.00 - 90.8 = 9.2

A = $\frac{2.179 \times 4.0}{1.062} = \frac{8.716}{1.062}$ 8.207

% V.R.A. = $\frac{8.207 \times 100}{8.207 + 9.2} = \frac{820.7}{17.407}$ 47.1

% ASF. 4.5

D. T. = $\frac{100}{95.5/2.535 + 4.5/1.062} = \frac{100}{37.67 + 4.24} = \frac{100}{41.91}$ 2.38

% D.T. = $\frac{2.201 \times 100}{2.386} = 92.2$

% V.M.T. = 100.00 - 92.2 = 7.8

A = $\frac{2.201 \times 4.5}{1.062} = \frac{9.904}{1.062}$ 9.326

% V.R.A. = $\frac{9.326 \times 100}{9.326 + 7.8} = \frac{932.6}{17.126}$ 54.4

% ASF. 5.0

D. T. = $\frac{100}{95.0/2.535 + 5.0/1.062} = \frac{100}{37.47 + 4.71} = \frac{100}{42.178}$ 2.371

% D.T. = $\frac{2.225 \times 100}{2.371}$ 93.8

% V.M.T. = 100.00 - 93.8 = 6.2

A = $\frac{2.225 \times 5.0}{1.062} = \frac{11.125}{1.062}$ 10.475

% V.R.A. = $\frac{10.475 \times 100}{10.475 + 6.2} = \frac{1047.5}{16.675}$ 62.8

FORMULAS

D.T. = $\frac{100}{\text{\% Mat./dens. mat.} + \text{\% Asf./den. asf.}}$ % D.T. = $\frac{\text{Dens. Past.} \times 100}{\text{D. T.}}$

% V.M.T. 100.00 - % D. T. A = $\frac{\text{Dens. Past.} \times \text{\% Asf.}}{\text{Dens. Asf.}}$

% V.R.A. = $\frac{A \times 100}{A + \text{\% V.M.T.}}$

Fecha 4 09 - 97

INGS. MAYORGA Y TEJADA
CONSTRUCTORA NACIONAL, S. A.

CALCULO DISEÑO MEZCLAS ASFALTICAS

No. Laboratorio DISEÑO Proyecto: DEMOCRACIA

% ASF. 5.5

D. T. = X 100 / 94.5/2.535 + 5.5/1.062 = 100 / 37.28 + 5.18 = 100 / 42.46 2.35

% D. T. = 2.221 X 100 / 2.355 94.3

% V. M. T. = 100.00 - 94.3 = 5.7

A = 2.221 X 5.5 / 1.062 = 12.215 / 1.062 11.50

% V.R.A. = 11.50 X 100 / 11.50 + 5.7 = 1150.0 / 17.20 66.9

% ASF. 6.0

D. T. = 100 / 94.0/2.535 + 6.0/1.062 = 100 / 37.08 + 5.65 = 100 / 42.73 2.34

% D.T. = 2.208 X 100 / 2.34 = 94.4

% V.M.T. = 100.00 - 94.4 = 5.6

A = 2.208 X 6.0 / 1.062 = 13.248 / 1.062 12.474

% V.R.A. = 12.474 X 100 / 12.474 + 5.6 = 1247.4 / 18.07 69.0

% ASF. _____

D. T. = 100 = 100 = 100

% D.T. = X 100

% V.M.T. = 100.00 -

A = X =

% V.R.A. = X 100 =

FORMULAS

D.T. = _____ / % Mat./dens. mat. + % Asf./den. asf.

% D.T. = Dens. Past. X 100 / D. T.

% V.M.T. 100.00 - % D. T.

A = Dens. Past. X % Asf. / Dens. Asf.

% V.R.A. = A X 100 / A + % V.M.T.

Fecha 24-07-97

ING. MAYORGA Y TEJEDA

CONTROL DE MEZCLA ASFALTICA

PROYECTO Democracia ASFALTO USADO AC-20 LABORATORIO DISEÑO B/N

ESTABILIDAD MARSHALL

% Asfalto	Lectura Micrómetro	libras	Volumen Pasta	Correc.	Promedio Corrección	Flow	Promedio Flow
4.0	216	2193	549.6	.89	1952	10	
4.0	210	2132	545.4	.93	1983	10	10
4.5	234	2376	537.1	.93	2209	11	
4.5	245	2487	540.9	.93	2487	11	11
5.0	264	2680	535.1	.96	2573	12	
5.0	273	2772	531.2	.96	2661	12	12

DENSIDAD

% Asfalto	P. N. Pasta	P. N. Pasta + Esterl.	P. N. Esterl.	Peso en Agua	Volumen Past. + Est.	Densidad Esterina	Volumen Pasta	Densidad de Pasta
4.0	1196.7			647.1			549.6	2.177
4.0	1190.0			644.6			545.4	2.182
4.5	1183.6			646.5			537.1	2.203
4.5	1189.8			648.9			540.9	2.200
5.0	1191.1			656.0			535.1	2.226
5.0	1182.0			650.8			531.2	2.225

OBSERVACIONES:

EFECTUO:

FECHA: 24-09-97

I..GS. MAYORGA Y TEJ .DA

FORMA M y T 59

CONTROL DE MEZCLA ASFALTICA

PROYECTO DEMOCRACIA ASFALTO USADO AC-20 LABORATORIO DISEÑO B/A

ESTABILIDAD MARSHALL

% Asfalto	Lectura Micrómetro	libras	Volumen Pasta	Correc.	Promedio Corrección	Flow	Promedio Flow
5.5	275	2792	539.8	.93	2596	12	
5.5	256	2599	535.7	.96	2495	14	13
6.0	245	2487	541.5	.93	2313	14	
6.0	238	2416	535.0	.96	2320	14	14

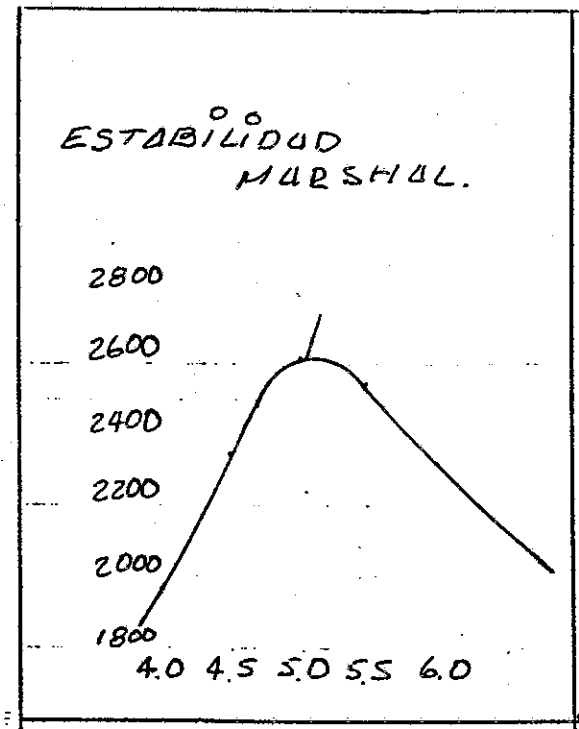
DENSIDAD

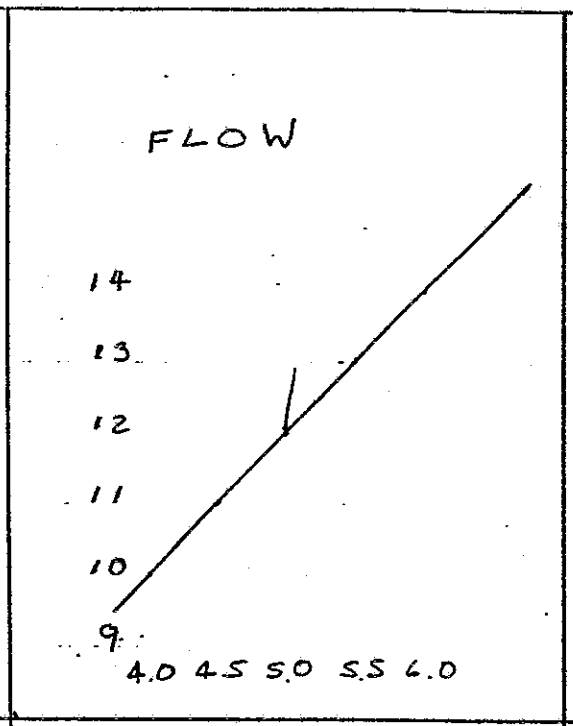
% Asfalto	P. N. Pasta	P. N. Pasta + Esteri.	P. N. Esteri.	Peso en Agua	Volumen Past. + Est.	Densidad Esterina	Volumen Pasta	Densidad de Pasta
5.5	1198.9			659.1			539.8	2.221
5.5	1190.0			654.3			535.7	2.221
6.0	1196.1			654.6			541.5	2.208
6.0	1181.6			646.6			535.0	2.208

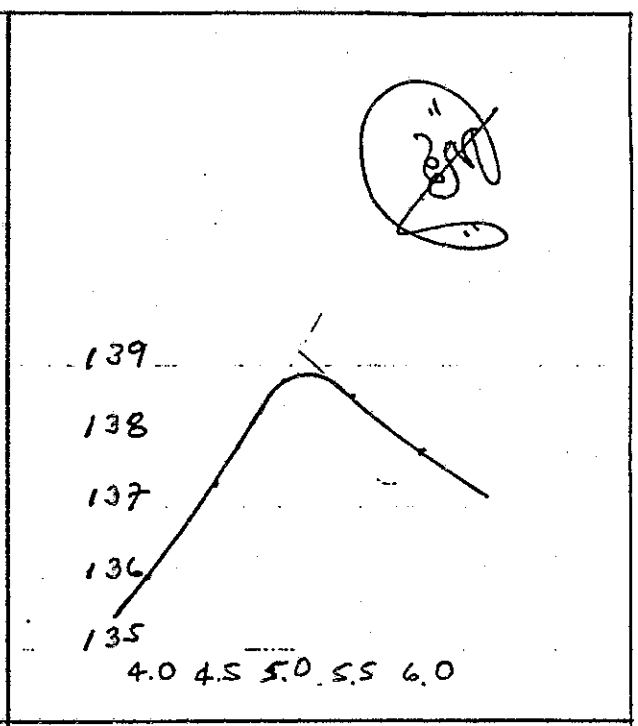
OBSERVACIONES:

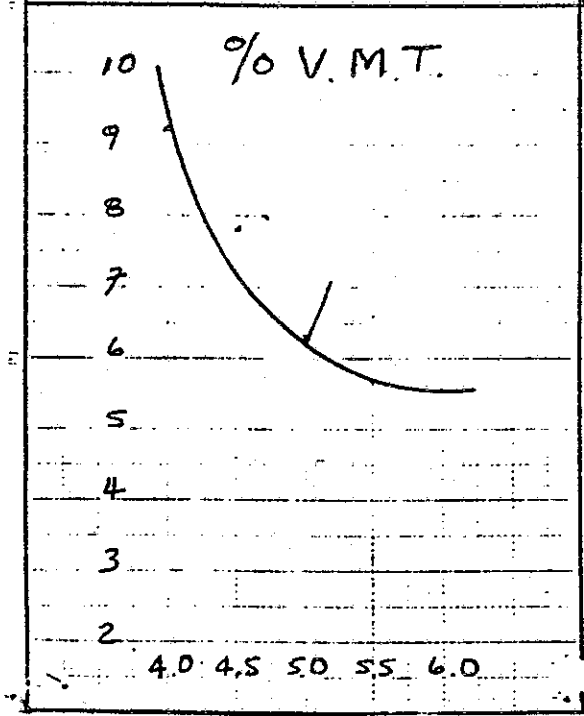
EFECTUO:

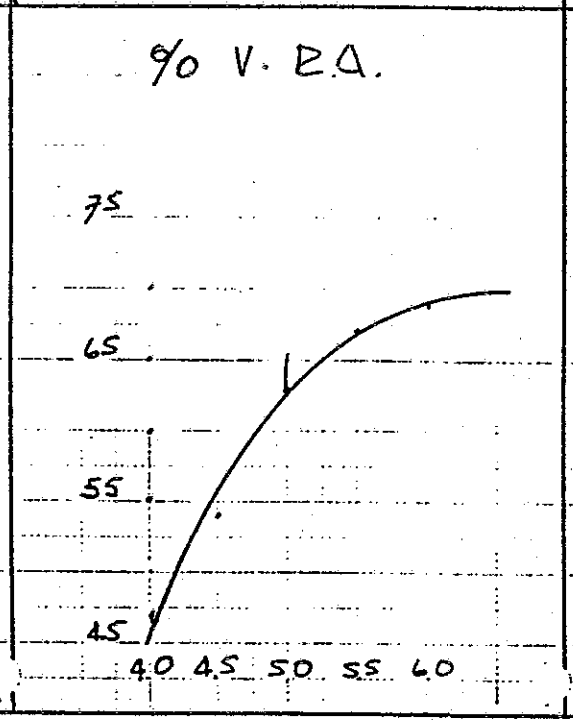
FECHA: 24-09-97











DISEÑO BASE NEGRA.
TIPO - C

CON EL 5.0 % DE AC-20 SE OBTIENEN LOS SIG. RESULTADOS.

		ESPECIFICA	
E.M.	2617	700	1200
FLOW	12	8	16
% VMT.	6.2	3	8
% VRA.	63	60	75
DEN. LBS/P³	138.8		

PROPORCIONES/PESO

BASE 1" ____ 94.0 %
LIMO ____ 6.0 %

INGS. MAYORGA Y TEJADA - CONSTRUCTORA NACIONAL, S. A.

PROYECTO: DEMO - SIPA.

TRAMO: CARPETA D-3

FASE DE TRABAJO: DISEÑO

EST. _____ SEC. _____

FUENTE: MAT. APILADO EN TRITU.

EST. _____ SEC. _____

FECHA: 14-03-98 PRUEBA No. _____

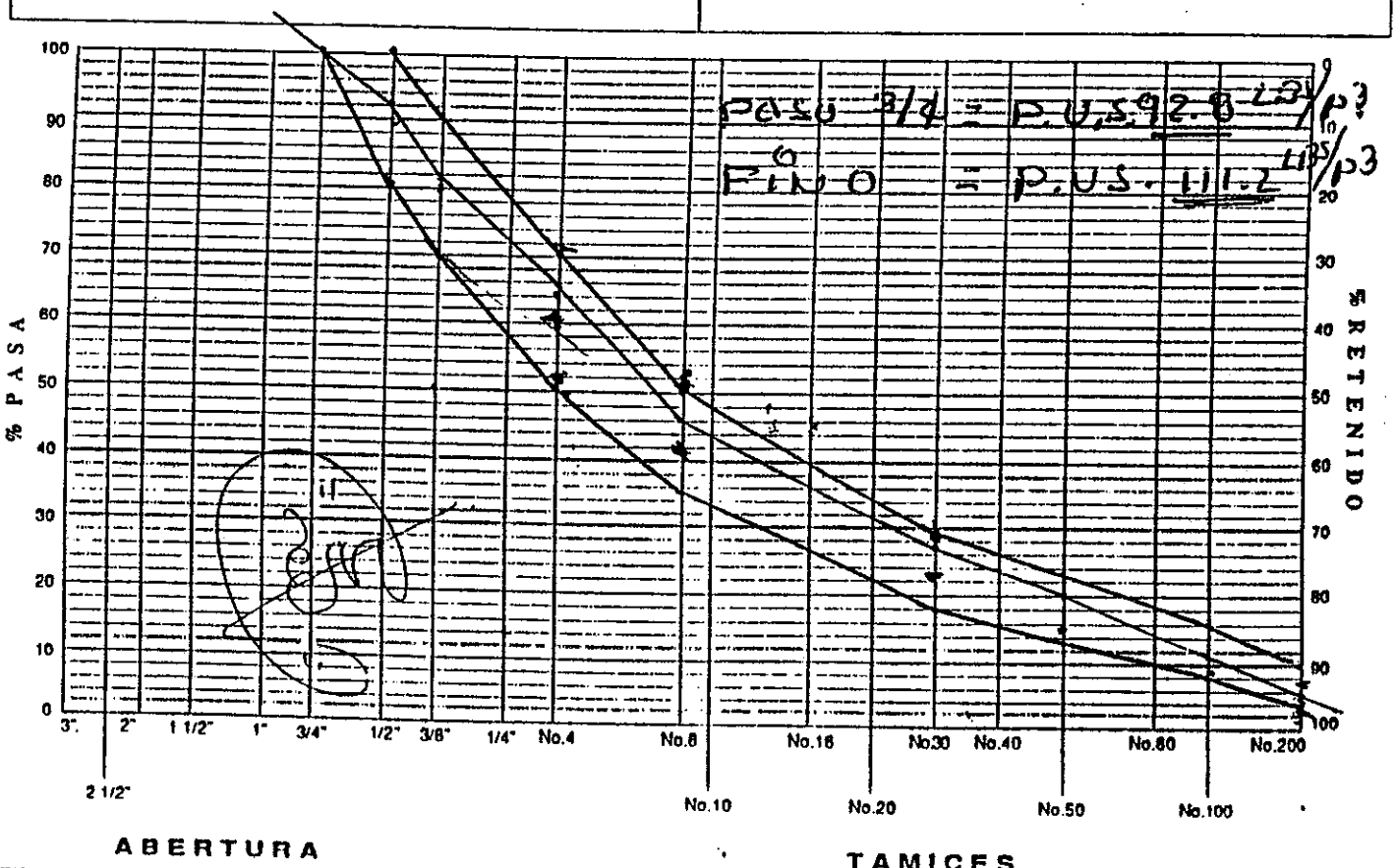
OBSERVACIONES: PASA 3/4 - 24.0 %
POLVO PIEDRA — 76.0 %
MEZCLA / PESO.

METODO DE PRUEBAS

TAMIZ	P.B.R.	P.N.R.	% RET.	% PASA	ESPECIF.
3/4				100.0	100.0
1/2	267.5	76.0	7.6	92.4	80-100
3/8	378.7	187.2	18.7	81.3	70-90
No 4	533.4	341.9	34.2	65.8	50-70
8	731.6	540.1	54.0	46.0	35-50
30	925.3	733.8	73.4	26.6	18-29
50	991.2	799.7	80.0	20.0	13-23
100	1086.1	894.6	89.5	10.5	8-16
1200	1134.7	943.2	94.3	5.7	4-10

PESO SIN LAVAR
P.B.S. 1191.5
TARA 191.5
P.N.S. 1000.0

PESO LAVADO
P.B.S. _____
TARA _____
P.N.S. _____



EFECTUO:	CALCULO:	REVISO:

INGS. MAYORGA Y TEJADA
CONSTRUCTORA NACIONAL, S. A.

CALCULO DISEÑO MEZCLAS ASFALTICAS

No. Laboratorio DISEÑO Proyecto: DEMO - SIPA

% ASF. 4.5

D. T. = $\frac{100}{95.5/2.522 + 4.5/1.062} = \frac{100}{37.866 + 4.237} = \frac{100}{42.10}$ 2.37

% D. T. = $\frac{2.196 \times 100}{2.375}$ 92.5

% V. M. T. = 100.00 - 92.5 = 7.5

A = $\frac{2.196 \times 4.5}{1.062} = \frac{9.882}{1.062}$ 9.305

% V.R.A. = $\frac{9.305 \times 100}{9.305 + 7.5} = \frac{930.5}{16.80}$ 55.4

% ASF. 5.0

D. T. = $\frac{100}{95.0/2.522 + 5.0/1.062} = \frac{100}{37.668 + 4.708} = \frac{100}{42.376}$ 2,35

% D.T. = $\frac{2.222 \times 100}{2.359}$ = 94.2

% V.M.T. = 100.00 - 94.2 = 5.8

A = $\frac{2.222 \times 5.0}{1.062} = \frac{11.11}{1.062}$ 10.461

% V.R.A. = $\frac{10.461 \times 100}{10.461 + 5.8} = \frac{1046.1}{16.26}$ = 64.3

% ASF. 5.5

D. T. = $\frac{100}{94.5/2.522 + 5.5/1.062} = \frac{100}{37.47 + 5.178} = \frac{100}{42.648}$ 2.344

% D.T. = $\frac{2.242 \times 100}{2.344}$ 95.6

% V.M.T. = 100.00 - 95.6 = 4.4

A = $\frac{2.242 \times 5.5}{1.062} = \frac{12.331}{1.062}$ 11.611

% V.R.A. = $\frac{11.611 \times 100}{11.611 + 4.4} = \frac{1161.1}{16.01}$ 72.5

FORMULAS

D.T. = $\frac{\quad}{\text{\% Mat./dens. mat. + \% Asf./den. asf.}}$ % D.T. = $\frac{\text{Dens. Past. X 100}}{\text{D. T.}}$

% V.M.T. 100.00 - % D. T. A = $\frac{\text{Dens. Past. X \% Asf.}}{\text{Dens. Asf.}}$

% V.R.A. = $\frac{A \times 100}{A + \text{\% V.M.T.}}$

Fecha 15-03-98

FORMA M y J 59

INGS. MAYORGA Y TEJ DA

CONTROL DE MEZCLA ASFALTICA

PROYECTO DEHO-SIPA ASFALTO USADO AC-20 LABORATORIO DISEÑO

ESTABILIDAD MARSHALL

% Asfalto	Lectura Micrómetro	libras	Volumen Pasta	Correc.	Promedio Corrección	Flow	Promedio Flow
4.5	236	2396	545.4	.93	2228	8	
4.5	240	2437	545.1	.93	2266	8	8
5.0	275	2792	537.3	.93	2597	10	
5.0	260	2640	539.5	.93	2455	10	10
5.5	300	3047	529.0	.96	2925	12	
5.5	290	2944	529.1	.96	2827	12	12

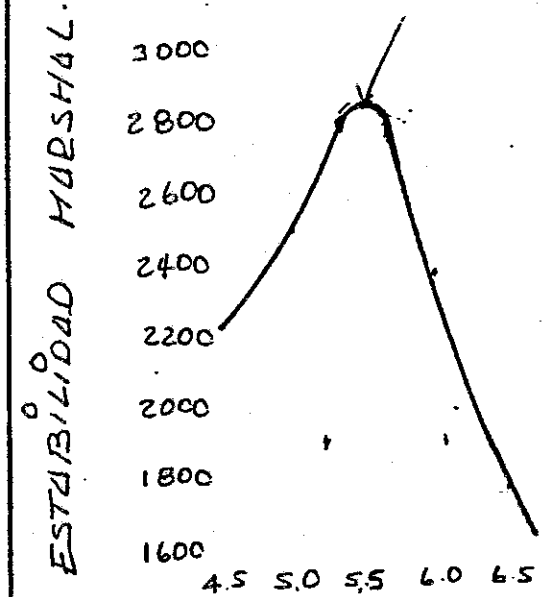
DENSIDAD

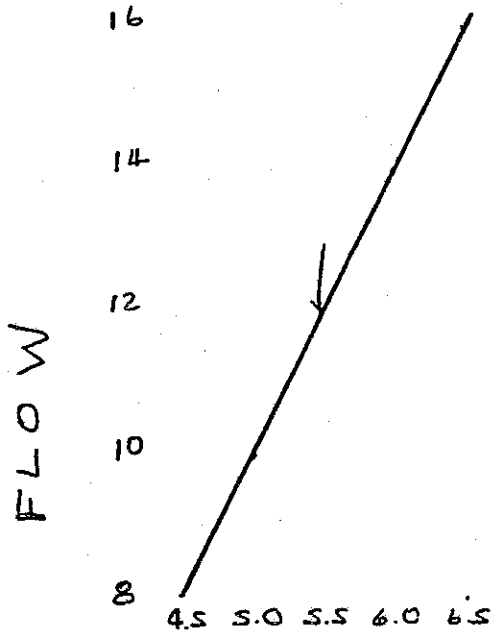
% Asfalto	P. N. Pasta	P. N. Pasta + Esteri.	P. N. Esteri.	Peso en Agua	Volumen Past. + Est.	Densidad Esterina	Volumen Pasta	Densidad de Pasta
4.5	1198.5			653.1			545.4	2.197
4.5	1196.4			651.3			545.1	2.195
5.0	1194.7			657.4			537.3	2.223
5.0	1199.2			659.7			539.5	2.222
5.5	1184.5			655.5			529.0	2.239
5.5	1187.8			658.7			529.1	2.245

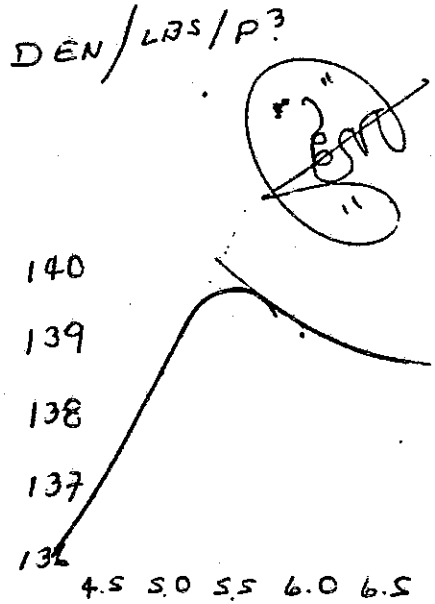
OBSERVACIONES:

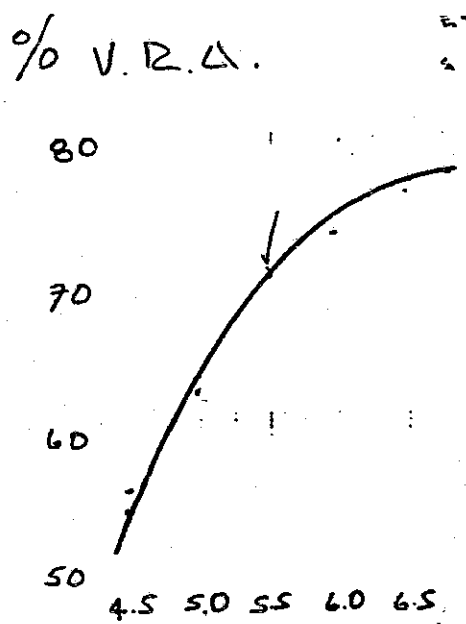
EFECTUÓ:

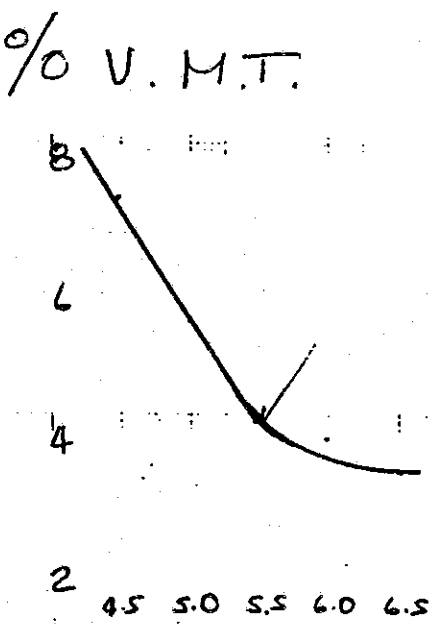
FECHA: 15-03-98











DISEÑO DE CARPETA
TIPO - D-3

CON EL 5.5% DE AC-20 SE OBTIENEN LOS SIG. RESULTADOS:

		ESPECIFICA	
E.M	2875	1000	3800
FLOW.	12	8	18
% V.R.A.	72.5	70	85
% V.M.T.	4.2	3	5
DEN. LBS/P3	139.9		

PROPORCIONES / PESO

PIEDRIN PASA 3/4 = 24.0%
POLVO DE PIEDRA — 76.0%

INGS. MATORGA Y TEJADA
CONSTRUCTORA NACIONAL, S. A.

CALCULO DISEÑO MEZCLAS ASFALTICAS

No. Laboratorio DISEÑO Proyecto: DEMO - SIPA

% ASF. 6.0

D. T. = $\frac{X\ 100}{94.0/2.522 + 6.0/1.062} = \frac{100}{37.27 + 5.649} = \frac{100}{42.919}$ 2.33

% D. T. = $\frac{2.232 \times 100}{2.33}$ 95.8

% V. M. T. = 100.00 - 95.8 = 4.2

A = $\frac{2.232 \times 6.0}{1.062} = \frac{13.392}{1.062}$ 12.61

% V.R.A. = $\frac{12.61 \times 100}{12.61 + 4.2} = \frac{1261.0}{16.81}$ 75.0

% ASF. 6.5

D. T. = $\frac{100}{93.5/2.522 + 6.5/1.062} = \frac{100}{37.07 + 6.12} = \frac{100}{43.19}$ 2,315

% D.T. = $\frac{2.228 \times 100}{2.315}$ = 96.2

% V.M.T. = 100.00 — 96.2 = 3.7

A = $\frac{2.228 \times 6.5}{1.062} = \frac{14.482}{1.062}$ 13.636

% V.R.A. = $\frac{13.636 \times 100}{13.636 + 3.7} = \frac{1363.6}{17.336}$ 78.7

% ASF. _____

D. T. = $\frac{100}{\quad} = \frac{100}{\quad} = \frac{100}{\quad}$

% D.T. = X 100

% V.M.T. = 100.00 -

A = X =

% V.R.A. = X 100 ÷ =

FORMULAS

D.T. = $\frac{\quad}{\text{\% Mat./dens. mat. + \% Asf./den. asf.}}$ % D.T. = $\frac{\text{Dens. Past. X 100}}{\text{D. T.}}$

% V.M.T. 100.00 - % D. T. A = $\frac{\text{Dens. Past. X \% Asf.}}{\text{Dens. Asf.}}$

% V.R.A. = $\frac{A \times 100}{A + \text{\% V.M.T.}}$

Fecha 15-03-98

CONTROL DE MEZCLA ASFALTICA

ROYECTO DEMO-SIPA ASFALTO USADO AC-20 LABORATORIO DISEÑO

ESTABILIDAD MARSHALL

% Asfalto	Lectura Micrómetro	libras	Volumen Pasta	Correc.	Promedio Corrección	Flow	Promedio Flow
6.0	254	2579	526.6	.96	2476 2498	14	
6.0	240	2437	525.3	.96	2339	14	14
6.5	190	1929	530.3	.96	1852 1893	16	
6.5	180	1827	528.9	.96	1754	16	16

DENSIDAD

% Asfalto	P. N. Pasta	P. N. Pasta + Esterl.	P. N. Esterl.	Peso en Agua	Volumen Past. + Est.	Densidad Esterlna	Volumen Pasta	Densidad de Pasta
6.0	1174.2			647.6			526.6	2.230
6.0	1174.0			648.7			525.3	2.234
6.5	1180.3			650.0			530.3	2.226
6.5	1180.0			651.1			528.9	2.231

2.232

2.228

OBSERVACIONES:

EFECTUO: [illegible]

FECHA: 15-03-98