

25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

PROYECTO DE PAVIMENTACION PARA LA COLONIA NETZAHUALCOYOTL, LOCALIZADA EN EL MUNICIPIO DE TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL PRESENTAN:
MARTIN LOPEZ MARQUEZ
JOSE MIGUEL LOPEZ LECHUGA

DIRECTOR DE TESIS: ING. RICARDO RODRIGUEZ CORDERO.

MEXICO

275892
1999

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN

DIRECCION

MARTÍN LÓPEZ MARQUEZ
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 8 de septiembre del año en curso, presentada por José Miguel López Lechuga y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. RICARDO RODRÍGUEZ CORDERO pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA COLONIA NETZAHUALGOYOTL, LOCALIZADA EN EL MUNICIPIO DE TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., 21 de septiembre de 1998
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



c c p Secretaría Académica.
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Civil.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/IIa.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

JOSÉ MIGUEL LÓPEZ LECHUGA
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 8 de septiembre del año en curso, presentada por Martín López Marquez y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. RICARDO RODRÍGUEZ CORDERO pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA COLONIA NETZAHUALCÓYOTL, LOCALIZADA EN EL MUNICIPIO DE TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., 21 de septiembre de 1998
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VAZQUEZ



c c p Secretaría Académica.
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Civil.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/IIa.

Dedicatorias

A mis padres:

*Gracias a su apoyo y
sacrificio mi vida tuvo
sentido*

*A mi esposa e hijos:
Que son la razón de
Mi vida*

*A mis hermanas:
Por su incondicional
Apoyo.*

*Rocío
Dolores
Juana
Carmen
Verónica
Angélica*

*A mis amigos:
Leo
Alvaro*

A Mis Padres

*Esperanza Lechuga
Alfonso López Ordoñez*

Por ser la fuente de inspiración y despertar en mi el deseo de superación tanto profesional como humana.

A Dios

Por darme lo más valioso, la vida.

A Mis Hermanos

*Agustina
Socorro
Juan
Ana
Bernardo
Angel
Angelica
Carmen*

A todos y cada uno de ellos por su apoyo Incondicional.

A Mis Amigos

A mi compañero de tesis

Por su amistad.

Al Ing. Ricardo Rodríguez Cordero

*Por su orientación, paciencia
y apoyo para realizar este
trabajo*

ÍNDICE

	Pag.
INDICE	
INTRODUCCION.	1
CAPITULO I GENERALIDADES.	3
I.1 Aspectos generales del medio natural y socioeconómico del municipio de Texcoco.	4
I.2 Estudios previos.	8
Vialidad urbana.	8
Tránsito de diseño.	12
Aforo vehicular	13
Topográficos.	14
Geotécnicos.	14
I.3 Tipos de drenaje.	32
CAPITULO II PAVIMENTOS DE ASFALTO.	37
II.1 Introducción.	38
II.2 Carpeta asfáltica.	38
II.3 Componentes estructurales de pavimento.	39
II.4 Cargas.	40
II.5 Tránsito de diseño.	40
II.6 Tipo de carpeta que se recomienda para el proyecto.	42
II.7 Descripción de diseño de pavimentos flexibles por el método de la Porter modificada.	44
II.8 Cálculo de espesores para pavimentos flexibles por el método de la Porter Modificada (Padrón).	46
II.9 Procedimiento constructivo.	48
II.10 Construcción.	56
II.11 Presupuesto	58

CAPITULO III PAVIMENTO RIGIDO.	62
III.1 Introducción.	63
III.2 Tipos de pavimentos de concreto.	64
III.3 Diseño.	65
III.4 Desarrollo de los trabajos.	71
III.5 Materiales.	73
III.6 Terracerias.	78
III.7 Cimbrado y descimbrado	80
III.8 Fabricación del concreto.	82
III.9 Colocación del concreto.	88
III.10 Curado.	98
III.11 Juntas.	101
III.12 Apertura al tránsito.	104
III.13 Mantenimiento.	104
III.14 Cálculo de volúmenes y precios unitarios por calle.	106
CAPITULO IV PAVIMENTOS A BASE DE ADOQUIN.	109
IV.1 Introducción.	110
IV.2 Sección transversal típica de un pavimento a base de adoquín de concreto.	112
IV.3 Diseño de pavimentos a base de adoquín de concreto.	113
IV.4 Construcción.	120
IV.5 Organización de la obra.	123
IV.6 Reinstalación del adoquinado.	127
IV.7 Requisitos.	129
IV.8 Cálculo de volúmenes y precios unitarios por calle.	131
CONCLUSIONES.	133
Bibliografía	134

INTRODUCCION

El notable incremento de la población en nuestro país, se ha traducido a su vez en un crecimiento desmesurado de las áreas urbanas existentes, así como en la planeación y construcción de nuevos centros urbanos. Este fenómeno se encuentra aparejado con la necesidad de orden social, económico, cultural, etc., que es necesario satisfacer muchas veces en situaciones muy adversas, fundamentalmente por la falta de recursos económicos para ello.

De esta manera es frecuente observar el crecimiento de las áreas urbanas en la que es palpable la falta de viviendas, empleos, servicios, etc., problemas que no pueden ser resueltos satisfactoriamente por la demanda de las aplicaciones de fuertes inversiones, que en numerosas ocasiones no pueden realizarse a nivel municipal, o bien, deben diferirse realizándose a un ritmo menor que el correspondiente a la demanda.

En el renglón de servicios municipales, destaca lo relativo a la pavimentación de calles y avenidas, no sólo por la importancia que en si reviste desde el punto de vista urbanístico, sino por el monto de la inversión inicial requerida y sobre todo, por el correspondiente al costo de conservación y mantenimiento.

Este último aspecto, el relativo a la conservación y mantenimiento de los pavimentos de una población, debe considerarse trascendental en el desarrollo de una área urbana, ya que para su ejecución puede requerir inversiones tan importantes que ahogue económicamente el municipio, restringiendo las inversiones necesarias en otros renglones, o bien se descuide completamente con los consiguientes problemas que esta decisión trae consigo.

Por todo lo anterior, se considera fundamentalmente en la planeación y desarrollo de áreas urbanas en general, y en el caso de los pavimentos en particular, la aplicación de técnicas racionales para la planeación y diseño de las diversas obras, así como el empleo de políticas apropiadas de financiamiento y administración de los recursos monetarios.

En lo que se refiere al caso de los pavimentos para áreas urbanas, el establecimiento de tales políticas de financiamiento y administración está íntimamente relacionado con el diseño de los mismos, ya que como se verá más adelante, tales situaciones constituyen uno de los factores determinantes en la elección del tipo de pavimento.

La calle es una zona destinada al tránsito vehicular y/o peatonal que sirve como medio de comunicación entre las personas dentro de una comunidad, colonia o ciudad y su alineamiento generalmente está configurado

entre dos hileras de casas o edificios. La imagen del estado de una calle es un símbolo que distingue a los habitantes de la comunidad. Una calle limpia alineada y bien construida es la mejor imagen que se pueda obtener, donde los pavimentos representan la parte más importante, ya que cuando éstos existen y están bien contruidos proporcionan los satisfactores necesarios para que el desarrollo cotidiano de la comunidad como son; la seguridad, salud, comunicación, etc., así como una amplia posibilidad de aplicación de acabados, con color y textura de alta expresión estética.

Para fines de este trabajo, se considera el pavimento como una estructura constituida por varias capas, sub-base, base y superficie de rodamiento, apoyadas sobre el terreno natural o sobre la capa subrasante.

La superficie de rodamiento puede ser una carpeta de concreto asfáltico o adoquín, que son los de tipo flexible y los de losa de concreto hidráulico, que son los de tipo rígido.

Para propósitos de diseño, el ingeniero debe contar con la información necesaria para lograr un diseño adecuado del pavimento.

La información de partida o parámetros de diseño presentan las condiciones bajo las cuales el pavimento debe funcionar durante su vida útil.

C

A

P

I

T

U

L

O

I

GENERALIDADES

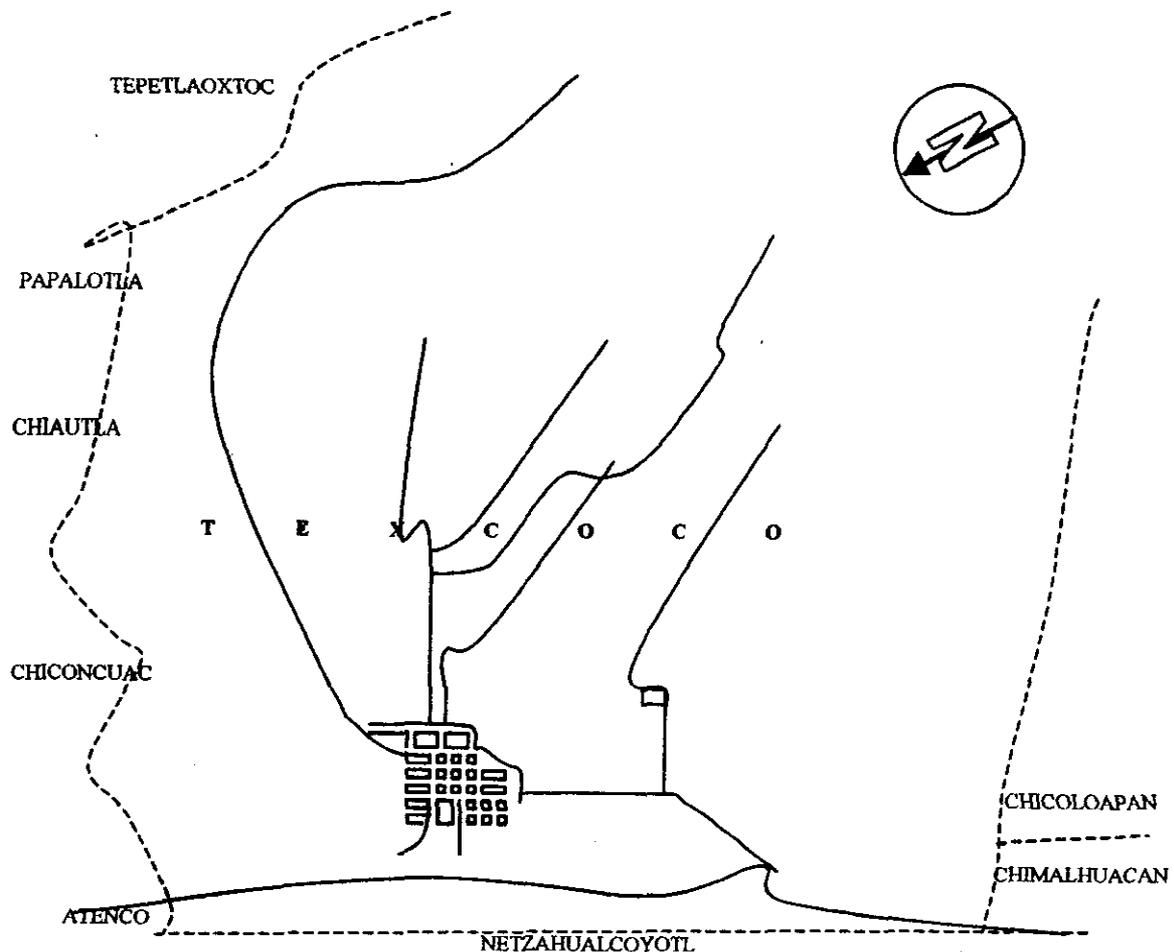
I. 1 ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL Y SOCIO ECONOMICO DEL MUNICIPIO DE TEXCOCO.

Localización.

Se encuentra ubicado en la provincia del eje neovolcánico, subprovincia lagos y volcanes del Anáhuac, enclavado en las cuencas del río moctezuma, panuco y del balsas.

Limita:

- Norte con San Salvador Atenco, San Andrés Chiautla, Tepetlaoxtoc y Papalotla.
- Sur con Ixtapaluca, Chimalhuacán y Netzahualcóyotl.
- Este con estado de Puebla y,
- Al Oeste con el municipio de Ecatepec.



Hidrografía.

Los ríos que cruzan este municipio son: Río Texcoco, San Lorenzo, Chapingo, San Bernardino y Coatlinchan.

Clima.

El clima predominante en el municipio es templado semiseco, con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 15.9°C.

Orografía

El sistema orográfico del municipio esta constituido principalmente por los cerros del Tlaloc de 4170 m sobre el nivel del mar y el Telapon. Además existen los cerros de las Promesas a 2800 m. sobre el nivel del mar y el de Tecuzingo con 3000 m

Clasificación y uso del suelo.

El uso del suelo esta formado por arcillas fuertes y blandas con diferentes texturas, así como limos por la parte Poniente; por el Oriente son arenas, rocas blandas (tepetate), arenas volcánicas y materiales rocosos; al Sur, centro y Norte. Predomina la arcilla y el tepetate.

Una superficie amplia del suelo es de uso agrícola; de la superficie total 41, 869.41 ha. se destinan a la agricultura 16, 162 son de temporal 9695 y de riego forestal 16 630 y a la zona urbana 2086 ha.

Flora y fauna.

Flora: abeto, oyamel, cedro, pino, encino, ciprés, eucalipto, pirul, pera, manzana, tejocote, capulin, durazno, ciruelo, tepozan, cactus, pitahaya, organillo, quelite, verdolaga, epazote, beltiferrio, nabo y zacaton.

Fauna: Entre la fauna se encuentran especies como: cacomixtle, zorrillo, conejo, tuza, ardilla, liebre, tlacuache, coyote, ratón, zopilote, gavilán, gorrión, colibrí, codorniz, tórtola, calandria y ruisenior.

Aspectos sociodemográficos.

El municipio de Texcoco cuenta con una población total de 180, 000 habitantes en su gran mayoría menores de 25 años. El índice de natalidad anual es de 2.6 y mortalidad es de 0.04. La densidad de población es de 365 habitantes por Km².

Educación y cultura.

El municipio cuenta con la infraestructura necesaria para satisfacer la demanda en los niveles preescolar, primaria y secundaria; en el nivel medio superior cuenta con Preparatorias y Conalep; en el nivel superior cuenta con la Universidad Autónoma del Estado de México y otras particulares.

Salud.

Para la atención de la salud del municipio cuenta con 19 unidades medicas, 14 consultorios, dos clínicas, una clínica hospital y dos hospitales.

Vivienda.

Predomina el tipo de vivienda construida con tabique rojo, tabicón y losa de concreto. La tenencia de la vivienda fundamentalmente es propia y en su mayoría cuenta con los servicios elementales.

Comunicaciones y transportes.

Existe 48 km. de carreteras pavimentadas siendo las más importantes las de Texcoco-Molino de las Flores, Texcoco-Tequesquinahuac, Texcoco-Pentecostes, y a últimas fechas la carretera Peñon- Texcoco. Existen oficinas de correos y telégrafos el servicio telefónico consta de 3500 líneas telefónicas particulares, 66 públicas y cabinas auxiliares de comercio.

Servicios públicos.

El municipio actualmente esta dotado en un 100 % de sus comunidades de agua potable y un 40 % de drenaje, un 100% esta electrificado y 45 % con alumbrado público.

La pavimentación de calles es del 15 %. Existen dos mercados, un rastro municipal, casa de la cultura, una tienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE), plaza cívica, áreas de feria, exposiciones y cines; seguridad pública, embellecimiento y conservación de los poblados.

Población económicamente activa.

La participación económicamente activa de la población del municipio de Texcoco no esta determinada con absoluta precisión según cifras recientes, arroja un total de 30,792 habitantes, como: agricultura, ganadería, industria, explotación forestal, comercio, servicios y turismo.

I.2 ESTUDIOS PREVIOS

VIALIDAD URBANA.

Este estudio esta enfocado a mejorar las vialidades en la colonia Netzahualcóyolt la cual presenta características físicas y de operación, tales que la demanda registrada acusa la necesidad de transformación del mismo para poder satisfacer las demandas futuras que plantea el acelerado crecimiento de la comunidad.

Para el análisis del proyecto las vialidades urbanas se clasifican en dos grupos, que son:

Vialidades Primarias	Vías principales
Vialidades Secundarias	Calles colectoras Calles locales

Vialidad primaria: está constituida fundamentalmente por calzadas y avenidas principales de una ciudad. Estas sirven para proporcionar fluidez al tránsito de paso a lo largo de la ciudad y vincular a las calles colectoras y locales, tiene acceso directo a los predios por calles laterales y algunas veces directamente. Comunica los puntos más trascendentales de la zona urbana y de las conexiones con carreteras.

Vialidad secundaria: forma el trazo y alineación de las colonias o ciudades, son calles colectoras y locales. La vialidad secundaria sirve al tránsito interno de una zona o distrito, la cual conecta con la vialidad primaria, se usa normalmente para viajes de paso dentro de un distrito y para dar acceso directo a los predios.

Las especificaciones geométricas y operacionales de la vialidad secundaria son las siguientes:

Volúmenes de servicio:	de 400 a 500 vehículos/hora/carril.
Velocidad de circulación:	de 30 a 50 km./hora.
Sección de carril:	3.0 m
Anchura de banquetas	2.0 m mínimo.
Anchura de carriles de estacionamiento en cordón:	2.50 m
Espacio entre calles:	de 400 a 750 m

Vialidad colectora: es aquella que tiene características geométricas que permiten la comunicación entre arterias principales o secundarias a calles locales, presentan la peculiaridad de tener acceso a las propiedades.

Vialidad local: la vialidad local tiene como función conectar los predios con la vialidad secundaria y permitir a su vez el acceso directo a las propiedades.

El movimiento de paso debe evitarse por estas calles, con objeto de no entorpecer su función.

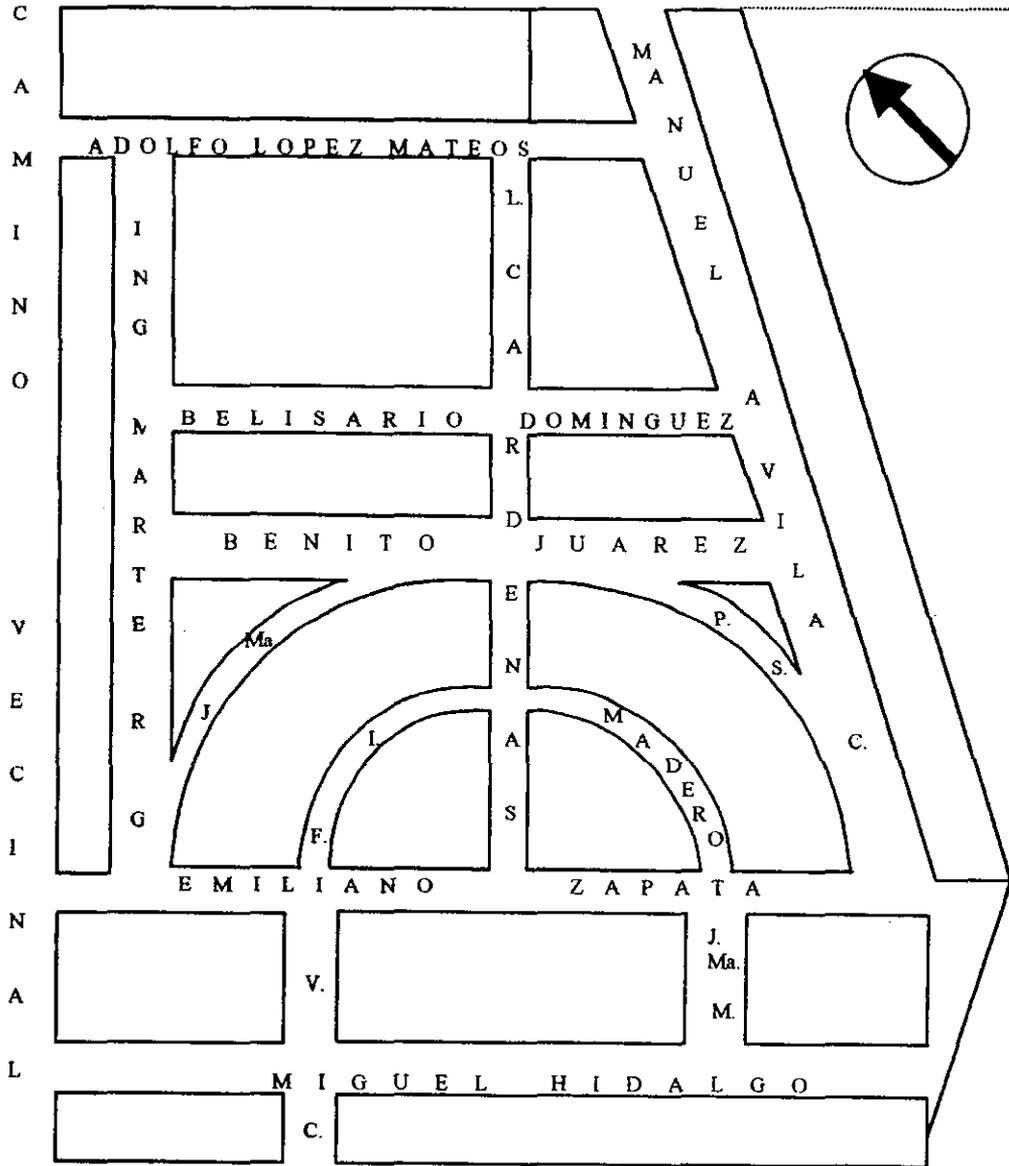
Las especificaciones geométricas y operacionales de la vialidad local son las siguientes:

Velocidad de circulación:	de 15 a 30 km/hora.
Sección de carril:	3.00 m
Anchura de carriles de estacionamientos en cordón:	2.50 m
Longitud máxima de calles.	150 m

En la siguiente página se muestra un plano de la colonia, en donde se señalan las calles principales y secundarias.

EJIDO DE SANTA URSULA

U R S U L O G A I



COLONIA NETZAHUALCÓYOTL

Vías principales

<u>Vialidad</u>	<u>intersección con:</u>
Av. Ursulo Galván	Carretera a Tepexpan, Cerrada de San Luis y Camino Vecinal.
Calle Camino Vecinal	Av. Ursulo Galván, Av. Emiliano Zapata, calle Miguel Hidalgo
Calle Emiliano Zapata	Calle Camino Vecinal, Emiliano Zapata y Av. Ursulo Galván
Calle Manuel Avila Camacho	Calle Emiliano Zapata y calle Ursulo Galván

Vías secundarias (colectoras y locales).

Nombre de la calle
Ing. Marte R. Gómez
Lázaro Cárdenas
Venustiano Carranza
José María Morelos
Adolfo López Mateos
Belisario Domínguez
Benito Juárez
José María Pino Suárez
Francisco I. Madero
Miguel Hidalgo

TRANSITO DE DISEÑO

De las variables de insumo del proceso de diseño de un pavimento, el tránsito que lo usará es de las más importantes.

Hoy todos los métodos de diseño de pavimentos consideran, el tránsito de todos los vehículos que utilizarán el pavimento, para una vida de diseño de 20 o 25 años. Se determina el volumen de tránsito de cada tipo, al momento de construir el pavimento. Se convierte cada tipo de vehículo a carga eje sencillo de diseño, de 8 200 Kg generalmente, y se cuantifica el número de esas cargas para 20 o 25 años, considerando la tasa de aumento anual de los vehículos entre 4 a 7 %, siendo la más probable del 4 %. Para calles de tipo residencial, esto puede ser de menos de 1 000 cargas estándar (8.2 ton/m) hasta el tránsito acumulado para una calzada o calle comercial, con muchos autobuses, que pueden ser de 30 000 000 de cargas estándar.

Se consideran cinco categorías de tránsito, cuyos niveles cubren adecuadamente las intensidades de tránsito que van de las mínimas (1 000 cargas estándar) a las máximas (30 000 000 de cargas estándar).

En la siguiente tabla se muestran las cinco categorías de tránsito, más dos de peatones, con una descripción del tipo de calle y cantidad de autobuses.

Categoría	Descripción
A	Banquetas, plazas y andadores.
B	Calles peatonales.
1	Calles residenciales, estacionamientos de automóviles.
2	Calles residenciales alimentadores. Pocos autobuses.
3	Avenidas, estacionamientos industriales, regular cantidad de autobuses, calles y estacionamientos de mercados de abastos.
4	Calzadas y calles comerciales con muchos autobuses.
5	Carreteras urbanas, autopistas.

AFORO VEHICULAR.

Para conocer el volumen de tránsito en las vialidades que forman la colonia Netzahualcóyotl y apoyándonos en el estudio de vialidades, se optó por realizar el aforo vehicular por conteo directo en hoja papel, clasificando y registrando los vehículos por hora de la siguiente forma:

Vehículos tipo A vehículos ligeros.
Vehículos tipo B autobuses.
Vehículos tipo C vehículos pesados

Para la vialidad primaria que es donde circula la mayor parte de los vehículos, en la siguiente tabla se observa la composición del tránsito.

Promedio Diario Anual

Tipos de vehículos	Volumen de tránsito (Núm.)	Distribución del transito (%)
Vehículos hasta de 15 Ton.	862	65.8
Autobuses	367	28.0
Camiones de (15 a 23 Ton.)	81	6.2
Total	1310	100

En las vialidades secundarias se obtuvo un aforo en el cual la cantidad y tipo de automóviles es muy escasa debido a que la mayoría de los lotes no están fincados; debido a esto, el tránsito se puede obtener indirectamente conociendo el número de lotes a los que dará servicio la vialidad correspondiente.

En estas vialidades secundarias la mayoría de automóviles que circulan son de tipo A, circulando en promedio 30 vehículos al día.

TOPOGRAFICOS.

Los trabajos topográficos no fueron necesarios ya que se cuenta con un trazo y alineación en el cual las vialidades están bien definidas; se obtuvo un plano a escala de la planta en la que se tomaron distancias de las secciones transversales y longitudinal de cada vialidad (vías principales, calles colectoras y locales).

Respecto a la configuración topográfica del terreno, se puede considerar el perfil casi horizontal dado que se han realizado trabajos de nivelación por parte de la comunidad y el municipio, observando que la altura del terreno natural a la guarnición es constante, esto con fines de estimar la profundidad de despalme.

Se realizó un levantamiento con cinta para verificar las medidas de las calles, es necesario mencionar que en todas las calles ya existe banqueteta y guarnición. Esto facilita la ejecución de los trabajos de despalme, ya que la banqueteta servirá como referencia para sacar nivel.

GEOTECNICOS.

SUELOS Y SUBRASANTES.

El suelo es el material más antiguo usado por el hombre. Así mismo es el más complejo y variado material de construcción que se usa.

Suelo es para el ingeniero, todo material no consolidado que está sobre la corteza terrestre. El suelo es un conjunto de partículas minerales débilmente unidas. La naturaleza, usando medios mecánicos y químicos, rompe la unión de las partículas minerales de las rocas y produce los suelos. También en menos casos, la naturaleza une fuertemente minerales de los suelos y produce rocas.

Los últimos 30 cm de una terracería, de corte o terraplén, se conocen como capa subrasante, o simplemente como subrasante. Esta capa es muy importante para los pavimentos y constituye su cimiento.

Es muy importante que el nivel de aguas freáticas esté cuando menos a 50 cm debajo de la subrasante. Esto se consigue drenando el subsuelo o terraplenando para elevar la subrasante.

Para diseñar adecuadamente un pavimento, principalmente los de tipo flexible, se deben hacer extensos estudios del suelo de la subrasante, tanto en el campo como en el laboratorio. Existen muchos métodos o pruebas para determinar su calidad, incluyendo granulometría y plasticidad, compresibilidad, resistencia y relaciones de humedad densidad.

En este trabajo vamos a dividir la subrasante en tres categorías:

Buenas

Regulares

Pobres

Para saber si una subrasante dada, o si el suelo que está en la parte superior de la terracería corresponde a una de estas categorías, debemos conocer cuando menos su granulometría simplificada, su plasticidad y principalmente su "valor relativo de soporte" o VRS o CBR como se conoce mundialmente.

Si no contamos con un laboratorio de suelos cercano, para obtener la anterior información, podemos, visual y manualmente, probar el suelo. Si al suelo le mezclamos algo de agua y lo amasamos entre los dedos, su plasticidad se manifiesta inmediatamente y, si es alta estaremos con una arcilla. Si la plasticidad es baja y colocando en el hueco de la mano el suelo amasado, golpeamos con la otra mano la que tiene el suelo, para provocar una pequeña sacudida vertical, si el suelo se abriganta superficialmente, tendremos un limo.

Un suelo grueso como una arena o una grava, visualmente se identifica y si no esta limpio, y contiene algo de limo y arcilla, será una grava limosa, grava arcillosa, arena limosa o arena arcillosa.

La siguiente tabla nos presenta tres categorías de la subrasante, en función de su resistencia (V.R.S), su clasificación AASHTO o la descripción del suelo típico. Si un suelo tiene un valor relativo de soporte cercano al 40 %, ya tiene calidad de sub - base regular.

Categoría	Valor relativo De soporte.	Suelo típico y su clasificación
Buena	13 a 35	Gravas, grava-arena, arenas A-1, A-2, A-3. De "GW a SM".
Regular	6 a 12	Limos y arcillas poco plásticas. A-4, A-5, A-6. De "ML a CH"
Pobre	3 a 5	Arcillas muy plásticas. A-7 CH y Pte.

TABLA CON LAS CATEGORIAS DE SUBRASANTES

PRUEBAS DE LABORATORIO

Con el objeto de conocer las características del terreno natural se extrajeron muestras alteradas del material encontrado, a las cuales se les realizaron las siguientes pruebas de laboratorio, ensayos de clasificación, Proctor (para obtener el PVSM) y la Porter Modificada (para obtener el Valor Relativo de Soporte).

PRUEBA PROCTOR (PARA DETERMINAR EL PVSM)

INTRODUCCION.

La prueba Proctor es una modificación de la AASSTHO estándar cuya única variable notable consiste en aplicar 30 golpes en vez de 25 en cada capa, esta norma se introdujo hace más de 35 años (1950) debido a una serie de pruebas en las que se demostró que con mas golpes la variabilidad al reproducir las pruebas es menor.

La forma de reproducir en el laboratorio con la Proctor es el tipo de compactación que se tiene con los rodillos pata de cabra, es decir, una compactación uniforme de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada, el método consiste en preparar 4 ó 5 muestras utilizando el mismo material con diferentes contenidos de humedad compactando en tres capas mediante 30 golpes con un pisón de 2.5 Kg. y una altura de caída de 30.5 cm.

A cada espécimen se le determina su humedad y su peso volumétrico seco, con el fin de trazar la curva peso volumétrico - humedad, marcando en el eje de las ordenadas a escala logarítmica el peso volumétrico y en el eje de las abscisas a escala aritmética los contenidos de humedad.

El punto superior de curva resultante representa el peso volumétrico seco máximo, para el material en estudio y con la humedad correspondiente a este peso volumétrico seco máximo representa la humedad óptima con la cual se obtiene dicho peso volumétrico.

Equipo:

- Molde Proctor de compactación de 10.2 cm de diámetro exterior y 12.3 cm de altura.
- Pisón cilíndrico de 5 cm de diámetro en la base y un peso de 2.75 Kg.
- Guía de lámina galvanizada, de 48 cm de longitud con un escalón a 45.7 cm para dar la caída libre del martillo.
- Base estándar de 3.25 Kg. de peso.
- Charola de lámina galvanizada de 50 X 50 X 10 cm.
- Juego de espátulas de acero y enrrazador.
- Pieza prismática de madera de 20 X 5 X 5 cm. para desmoronar terrones.
- Probeta graduada de 500 ml.
- Horno de temperatura constante de 110°C.
- Báscula.
- Balanza de torsión.
- Cápsula de porcelana.
- Cucharón de lámina galvanizada.
- Desarmador plano

Material.

12.5 Kg. aproximado de material que pasa la malla # 4 o tiene un 10% de retenido en esta malla.

Desarrollo:

- Se desmoronan los terrones de material, utilizando la pieza de madera cuadrada.
- Se esparce el agua, en cantidad tal, que la humedad resulte un poco menor del 10% y si el material es arenoso es conveniente ponerle una humedad menor.
- Se revuelve perfectamente el material, de manera que el agua agregada se distribuya uniformemente.
- Usando el cucharón, se vacía el material en el molde Proctor, previamente armado con su extensión, el material suficiente es vaciado para tener una capa floja de unos 8 cm de espesor.
- Esta capa se compacta mediante 30 golpes con el pisón, procurando repartirlos en toda la superficie, y usando la guía metálica para que la altura de caída sea la misma.

- Se vuelve a vaciar el material en el molde para tener una segunda capa que agregada a la primera, de una altura total de unos 11 ó 12 cm., compactándola del mismo modo que la primera.
- En idéntica forma se procede con la tercera capa, procurando que una vez compactado el material, la superficie del material este a unos 12 cm.
- Al terminar la compactación de las tres capas, se enrasa la muestra hasta el nivel superior del molde, retirando el material sobrante con el enrasador. Se recomienda medir en un desarmador plano la distancia que existe entre el borde superior del molde y el collarín, marcando con una tela adhesiva. Lo anterior es con el objeto de remover todo el material adherido al collarín, pero sin bajar más allá de la altura del molde.
- Se aflojan las mariposas del collarín y se empieza a girar hacia los lados para retirarlo del molde.
- Se limpia exteriormente el molde y la placa base pesandose con la muestra compactada en el platillo de la báscula, aproximando la lectura hasta 5 gr.
- El material se desecha y se repiten los pasos anteriores, utilizando 2.5 Kg. de material virgen con humedad superior de 2 a 5% con respecto al punto anterior. El paso anterior se repetirá aumentando la cantidad de agua, hasta obtener de 4 a 5 puntos en la curva de compactación Proctor.
- Las cápsulas que contienen la muestra de humedad de cada ensayo, se colocan dentro del horno a 110°C durante 18 hr mínimo. Transcurrido el tiempo, se retira del horno y se registra el valor en la columna tara más muestra seca.

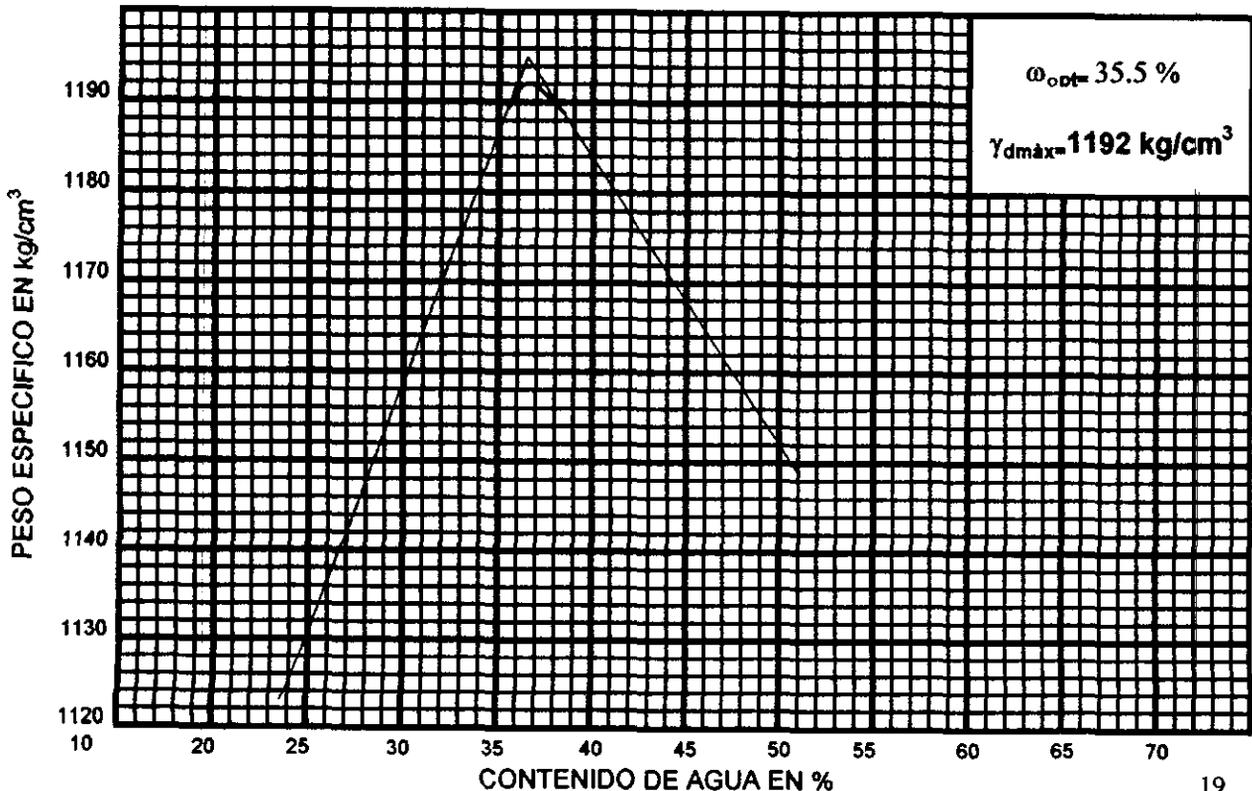
DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO SECO MAXIMO Y HUMEDAD OPTIMA

DESCRIPCION DE LA MUESTRA: MATERIAL DE SUBRASANTE ENSAYE No. 1
 ESTUDIO QUE SE VA A EFECTUAR _____ FECHA DE INICIACION _____
 PROCEDENCIA _____ FECHA DE TERMINACION _____
 LABORATORISTA _____

TIPO DE PRUEBA: COMPACTACION PROCTOR

NUM. DE CAPAS: 3 PESO DEL PISON: 2.75 Kg. MOLDE NUM.: 3
 NUM. DE GOLPES POR CAPA: 30 cm ALTURA CAIDA: 30 CM VOLUMEN (V): 0.000935

PRUEBA NUMERO	1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HUMEDO, g.	4250	4300	4400	4475	4500
PESO DEL MOLDE, g.	2950	2950	2950	2950	2950
PESO SUELO HUMEDO, g (W m).	1300	1350	1450	1525	1550
PESO ESPECIFICO HUMEDO $\text{kg/cm}^3 \text{ m} = (W \text{ m}/V)$.	1390.73	1443.85	1550.80	1631.02	1657.75
CAPSULA NUMERO	T1	T2	T3	T4	T5
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO, g.	83.20	83.40	77.40	85.40	85.50
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO, g.	77.45	77.00	70.14	77.38	76.95
PESO DEL AGUA, g.	5.75	6.40	7.26	8.02	8.55
PESO DE CAPSULA, g.	53.20	53.30	47.40	55.40	55.50
PESO SUELO SECO EN, g.	24.25	23.70	22.74	21.98	21.45
CONTENIDO DE AGUA, % (1).	23.71	27.00	31.23	36.49	39.86
PESO ESPECIFICO SECO, $\text{kg/m}^3 \text{ d} = \text{m}/1$	1123.89	1136.89	1175.47	1194.97	1185.25



PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE

Generalidades.

Como la mayoría de las fallas de los pavimentos flexibles tiene como causa principal una rotura al corte de los materiales que forma la estructura del pavimento y de la subrasante, se ha optado por efectuar el diseño de dichos pavimentos basándose en ensayos al corte. Esta determinación puede ser llevada a cabo simplemente midiendo la resistencia a la penetración del material; es decir, mediante la determinación del valor relativo de soporte de California (CBR, California Bearing Ratio) que es un índice de la resistencia del suelo al corte.

El CBR se obtiene de una prueba de penetración en la cual un vástago de 19.4 cm de área se hace penetrar en un espécimen de suelo a razón de 0.127 cm/min. ; se mide la carga aplicada para penetraciones que varíen en 0.25 cm, y la presión para tener la misma penetración en un material arbitrario, adoptando como patrón, que es una piedra triturada en la cuales tiene presión el vástago para las penetraciones indicadas en la tabla siguiente:

PENETRACION		PRESION EN EL VASTAGO	
CM	PULG	Kg./cm ²	Lb/pulg ²
0.25	0.10	70	1000
0.50	0.20	105	1500
0.75	0.30	133	1900
1.00	0.40	161	2300
1.25	0.50	182	2600

Cuando se trata de proyectar el espesor de los pavimentos flexibles de los caminos por medio de la C.B.R., el principal obstáculo que se presenta, es darle al material en el laboratorio la humedad más conveniente. La precaución de sumergir la muestra totalmente en el agua por cuatro días (que es la recomendación para la prueba C.B.R) es, posiblemente demasiado conservadora para la generalidad de los casos, y además, en las muestras de laboratorio totalmente sumergidas se producen variaciones más bruscas en su humedad y su peso volumétrico que las que se producen en realidad debido a que se tienen en el laboratorio volúmenes más pequeños. Debido a lo anterior, cuando se vaya a proyectar el espesor de un pavimento flexible mediante el

C.B.R. lo más conveniente es remoldear el suelo con diferentes contenidos de humedad y ensayar así los especímenes obtenidos, sin sumergirlos. Debido a lo anterior, en el proyecto de espesores de pavimentos flexibles por El Método de la Porter Modificada Padrón considerando El Valor Relativo de Soporte Modificado, de acuerdo con las posibles condiciones de humedad que pueda llegar a tener, es el que se emplea. Este método se conoce como V.R.S. modificado para diferenciarlo del estándar que es el C.B.R.

PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE MODIFICADO (V.R.S)

La prueba consiste en medir la resistencia a la penetración en especímenes de material compactado por medio de cargas aplicadas con la máquina de compresión, para reproducir los pesos volumétricos correspondientes a diferentes grados de compactación empleando varias humedades.

A continuación se da una explicación del procedimiento a seguir para realizar esta prueba:

1) Equipo.

El equipo usado en la preparación y ensayos de especímenes remoldeados es el que sigue:

- Molde cilíndrico de 12.2 cm de diámetro y de 20.3 cm de altura. Un collarín o extensión de 2 pulgadas de altura.
- Vástago de 19.4 cm² de área y aproximadamente 10 cm de longitud.
- Máquina de prueba para introducir el pistón en el espécimen con una velocidad de 0.127 cm/min.

2) Preparación de la muestra.

La muestra llevada al laboratorio debe exponerse al sol, extendiendo todo el material sobre una superficie limpia y tersa, o bien disminuir la humedad en el horno a temperatura de 40 a 50 °C. En ambos casos es conveniente voltear el material para lograr una disminución de humedad más rápida y uniforme hasta obtener una que permita la fácil disgregación de la muestra.

Cuando la muestra llegue al laboratorio con una humedad que permita su disgregación no será sometida al proceso de secado citado anteriormente. Como el material ensayado es fino, es necesario tomar en cuenta ello de la siguiente manera:

Material fino.- El procedimiento de prueba que sigue debe emplearse en los suelos que pasen por la malla del # 4, esta malla debe tener un máximo retenido de 10 %, pero el material debe pasar totalmente por la malla de 3/8". Si el retenido en la malla # 4 es menor del 10 % y dicho material pasa por la malla de 3/8", el retenido puede incluirse para efectuar las pruebas necesarias.

3) Determinación de las humedades de prueba.

Para obtener las humedades correspondientes a cada una de los pesos volumétricos secos, a los cuales va a hacerse la penetración, es necesario verificar previamente el caso de los suelos finos, la Prueba Proctor de 30 golpes.

De acuerdo con las condiciones de precipitación pluvial de la región y drenaje del camino, se seleccionan las humedades de prueba haciendo uso de la siguiente tabla:

% Compactación.	BD y PPB ó PPM (VARIANTE 1)	DD y PPM ó PPA (VARIANTE 2)
100	Wo	Wo
95	Wo	Wo + 1.5%
90 - 75	Wo	Wo + 3.0%

BD y PPB ó PPM = Buen drenaje y precipitación pluvial baja o media.

DD y PPM ó PPA = Drenaje deficiente y precipitación pluvial media o bien precipitación pluvial alta.

4) Cálculo de la cantidad de agua que deberá agregarse.

Del material ya preparado, se tomara una muestra representativa para la determinación de la humedad. A esta humedad que contiene la muestra le

llamaremos W1. La cantidad de agua que hay que agregar para llevar la muestra a la humedad de prueba W2, se calcula por la fórmula:

$$\text{C.C. de agua} = K \frac{W2 - W1}{100 + W1}$$

Donde:

K = Cantidad en gramos de material con la humedad que contiene W1. Esta cantidad deberá ser de 5000 gr.

W1 = humedad inicial que contiene el material, expresada en porcentaje.

W2 = Humedad a que deberá hacerse la prueba, correspondiente al grado de compactación que se desea reproducir, expresada en porcentaje.

El cálculo anterior deberá hacerse para cada uno de los grados de compactación fijados.

5) Cálculo de las cantidades de material que deberá emplearse.

Para conocer el peso del material húmedo que debe ser compactado se hace uso de la siguiente fórmula:

$$PW = \frac{\gamma_s}{1000} (100 + W2) V$$

Donde:

PW= Peso del material húmedo (gr), con la humedad de prueba.

γ_s = Peso volumétrico seco en kg./m^3 , correspondiente al grado de compactación que se desea reproducir.

W2= Humedad a que deberá hacerse la prueba, expresada en porcentaje.

V= Volumen del material compactado en cm^3

El cálculo anterior deberá hacerse para cada uno de los grados de compactación fijados.

6) Incorporación del agua y compactación.

Después de haber hecho la determinación de peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima del material subrasante se toman por cuarteos muestras de 5 Kg. cada una. Una de ellas deberá ser compactada al peso volumétrico seco máximo, con la humedad óptima, debiendo agregársele la cantidad necesaria de agua para que alcance dicha humedad.

Inmediatamente después de que sea incorporada el agua y mezclada hasta lograr una distribución uniforme de ella, se toma la cantidad de material húmedo Ph correspondiente al 100 % de compactación.

La cantidad Ph de material se coloca en tres capas dentro del molde de prueba de 6" X 8", con el collarín puesto, y a cada una de las capas se le dan 25 golpes con una varilla de 1.9 cm de diámetro. Se coloca el molde en la máquina de prueba y se compacta el material con cargas aplicadas uniforme y lentamente, hasta alcanzar la altura h prefijada.

El espécimen ya compactado se sujeta a la prueba de penetración; de igual forma se procede con las muestras compactadas al 95 % y 90 % siguiendo las recomendaciones de humedad presentadas anteriormente.

7) Medición de la resistencia a la penetración.

Estando el material ya compactado, inmediatamente se colocan sobre el espécimen las placas de carga con orificio central; el pistón para prueba de penetración debe pasar a través de los orificios de las placas hasta tocar la superficie de la muestra; se aplica una carga inicial que no sea mayor de 10 Kg., e inmediatamente después sin retirar la carga, se ajusta el micrómetro para registrar el desplazamiento vertical del pistón. Se procede a la aplicación lenta de las cargas continuas de pequeños incrementos y se anotan las cargas correspondientes a cada una de las siete penetraciones indicadas en la tabla de la prueba de valor relativo de soporte.

Calculo de la cantidad de agua que deberá agregarse.

Contenido inicial de humedad.

Tara + muestra = 195.40 gr.

Tara + muestra seca = 178.00 gr.

Tara = 95.40 gr.

$$\% W = (S_h - S_s) / S_s = (100 - 82.6) / 82.6 = 0.2106 \quad \mathbf{21.06 \%}$$

$S_h = 100 \text{ gr.}$ y $S_s = 82.6 \text{ gr.}$

Primera muestra testigo de humedad 100 % G_c W_o .

W Tara = 95.4 gr.

W Tara + Muestra húmeda = 195 gr.

W Tara + Muestra seca = 170.80 gr.

W Suelo húmedo = 99.6 gr.

W Suelo seco = 75.4 gr.

W Contenido de humedad = 24.2 gr.

$$\% \text{ humedad} = (24.2 \text{ gr} / 75.4 \text{ gr}) \times 100 = \mathbf{32.09 \%}.$$

Segunda muestra testigo de humedad 95 % G_c $W_o + 1.5$

W Tara = 96.40 gr.

W Tara + Muestra húmeda = 196.40 gr.

W Tara + Muestra seca = 170.10 gr.

W Muestra seca = 170.10 gr. - 96.40 gr = 73.70 gr.

W Agua = 196.40 - 170.10 gr = 26.30 gr.

$$\% \text{ humedad} = (26.30 \text{ gr} / 73.7 \text{ gr}) \times 100 = \mathbf{35.54 \%}.$$

Tercera muestra testigo de humedad 90 % G_c $W_o + 3$ %

$$W \text{ Tara} = 95.40 \text{ gr.}$$

$$W \text{ Tara} + \text{Muestra húmeda} = 195.40 \text{ gr.}$$

$$W \text{ Tara} + \text{Muestra seca} = 170.40 \text{ gr.}$$

$$W \text{ Muestra seca} = 195.40 \text{ gr.} - 95.40 \text{ gr} = 100 \text{ gr.}$$

$$W \text{ Agua} = 195.40 - 170.40 \text{ gr} = 25 \text{ gr.}$$

$$\% \text{ humedad} = (25 \text{ gr} / 100 \text{ gr}) \times 100 = 25 \%.$$

PRUEBA MODIFICADA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE

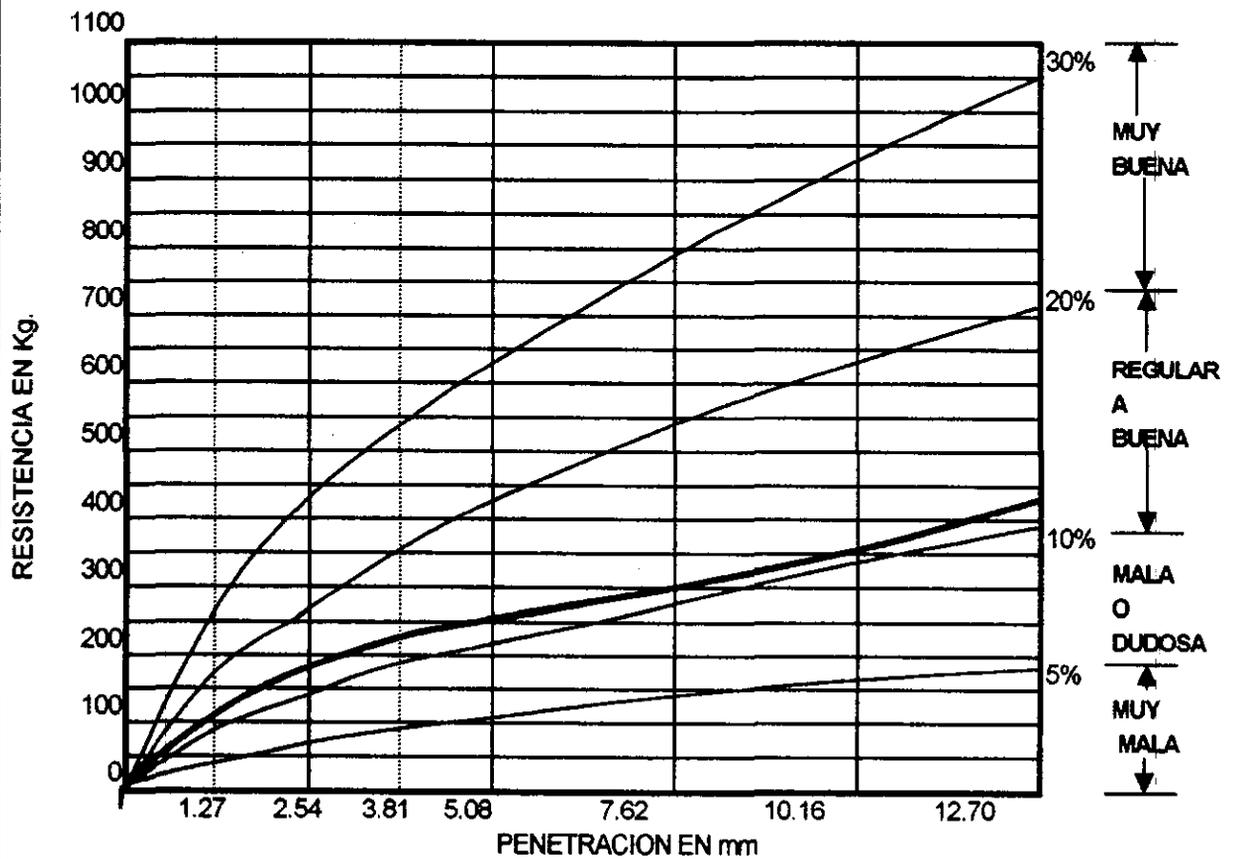
ENSAYE No. _____ FECHA _____ LABORATORISTA _____ EQUIPO No. _____ PESO (Pt) DEL MOLDE COLLARIN Y BASE (gr) <u>6800</u> VOLUMEN (V) DEL MOLDE (cm ³) <u>2458.6</u> ALTURA DEL BORDE SUPERIOR DEL COLLARIN A LA PLACA DE CARGA (cm) <u>5.2</u>				
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO ($\gamma = \text{Kg./cm}^3$) <u>1192</u> HUMEDAD OPTIMA (W _o) <u>35.5 %</u> HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (W ₁) <u>21 %</u>				
GRADO DE COMPACTACION % PESO VOLUMETRICO SECO ($\gamma_s = \text{Kg/cm}^3$) HUMEDAD DE PRUEBA (W ₂) $\text{AGUA POR AGREGAR cm}^3 = \frac{5000(W_2 - W_1)}{(100 + W_1)}$ $\text{PESO MAT. HUMEDO gr Pw} = \frac{\gamma_s (100 + W_2)}{1000(100)} V$ PESO DEL EQUIPO CON EL MAT. HUMEDO gr = Pt + Pw AREA DE COMPACTACION	100	95	90	
	1192	1132.4	1072.8	
	35.5	37.0	38.5	
	599.2	661.2	723.1	
	3971.03	3814.20	3653.10	
	10771.03	10614.2	10453.1	
	2440	1635	1505	
RESISTENCIA A LA PENETRACION EN Kg.				
1.27 mm. (0.05")	220	180	110	
2.54 mm. (0.10")	300	230	150	
3.81 mm. (0.15")	350	270	180	
5.08 mm. (0.20")	390	300	200	
7.62 mm. (0.30")	460	335	250	
10.16 mm. (0.40")	520	370	285	
12.70 mm. (0.50")	570	400	310	
VALOR RELATIVO DE SOPORTE				

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
CAMPUS ARAGON**

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE EN TERRACERIAS

DESCRIPCION DE LA MUESTRA _____	ENSAYE No. _____
ESTUDIO QUE SE LA VA A EFECTUAR _____	FECHA DE INICIACION _____
PROCEDENCIA _____	FECHA DE TERMINACION _____
_____	LABORATORISTA _____

GRAFICA RESISTENCIA-PENETRACION



8) Cálculo del Valor Relativo de Soporte.

La carga registrada para la penetración de 2.54 mm (0.1"), se debe expresar como porcentaje de la carga estándar 70 Kg/cm² (1000 lb/pulg²), el cual representa el valor relativo de soporte correspondiente a la muestra ensayada.

Gc	humedad	VRS
100 %	Wop	$\text{VRS} = \frac{300}{1360} \times 100 = 21.32 \%$
95 %	Wop + 1.5 %	$\text{VRS} = \frac{230}{1360} \times 100 = 16.91 \%$
90 %	Wop + 3 %	$\text{VRS} = \frac{150}{1360} \times 100 = \underline{\underline{11.029 \%}}$

En los sondeos para obtener las muestras alteradas en una de las calles donde se realizará la pavimentación, se encontró una capa constituida con material de relleno con un espesor de 0.30 a 0.40 m. El nivel freático se localiza a una profundidad de 1.0 m.

Bajo la capa de relleno se localizó una capa de arcillas arenosas. El Valor Relativo de Soporte de estas arcillas se calculó de un 11.029 %.

BANCOS DE MATERIALES.

En ingeniería civil se llama banco de material, a todo depósito natural de suelo, roca o agua que pueda ser utilizado en la construcción de una estructura. La localización adecuada de estos depósitos, influye determinadamente en el costo y calidad de una obra. No todos los lugares son privilegiados en contar con buenos bancos, y algunos ya se agotaron.

Un aspecto económico muy importante, es que el material no se tenga que acarrear de grandes distancias. Aquí es cuando conviene estudiar la posibilidad de mejorar o estabilizar un material fuera de especificaciones, pero cercano a la obra. Potencialmente toda la superficie terrestre es un banco de material de construcción, para localizar el adecuado a una obra, se usan métodos exploratorios, que van desde la observación, el uso de herramientas,

de perforación, hasta el empleo de métodos geofísicos, la fotointerpretación y hasta el uso de satélites científicos.

En las obras de pavimentación importantes, la oficina que realiza el diseño, localiza y estudia los bancos de materiales para la obra y anexa una lista completa de ellos. En las grandes ciudades, los bancos de materiales se encuentran bien definidos, como es el caso de Texcoco en donde los bancos están ya localizados y si el municipio apoya a la comunidad con los materiales éstos vendrán con las especificaciones requeridas para el proyecto.

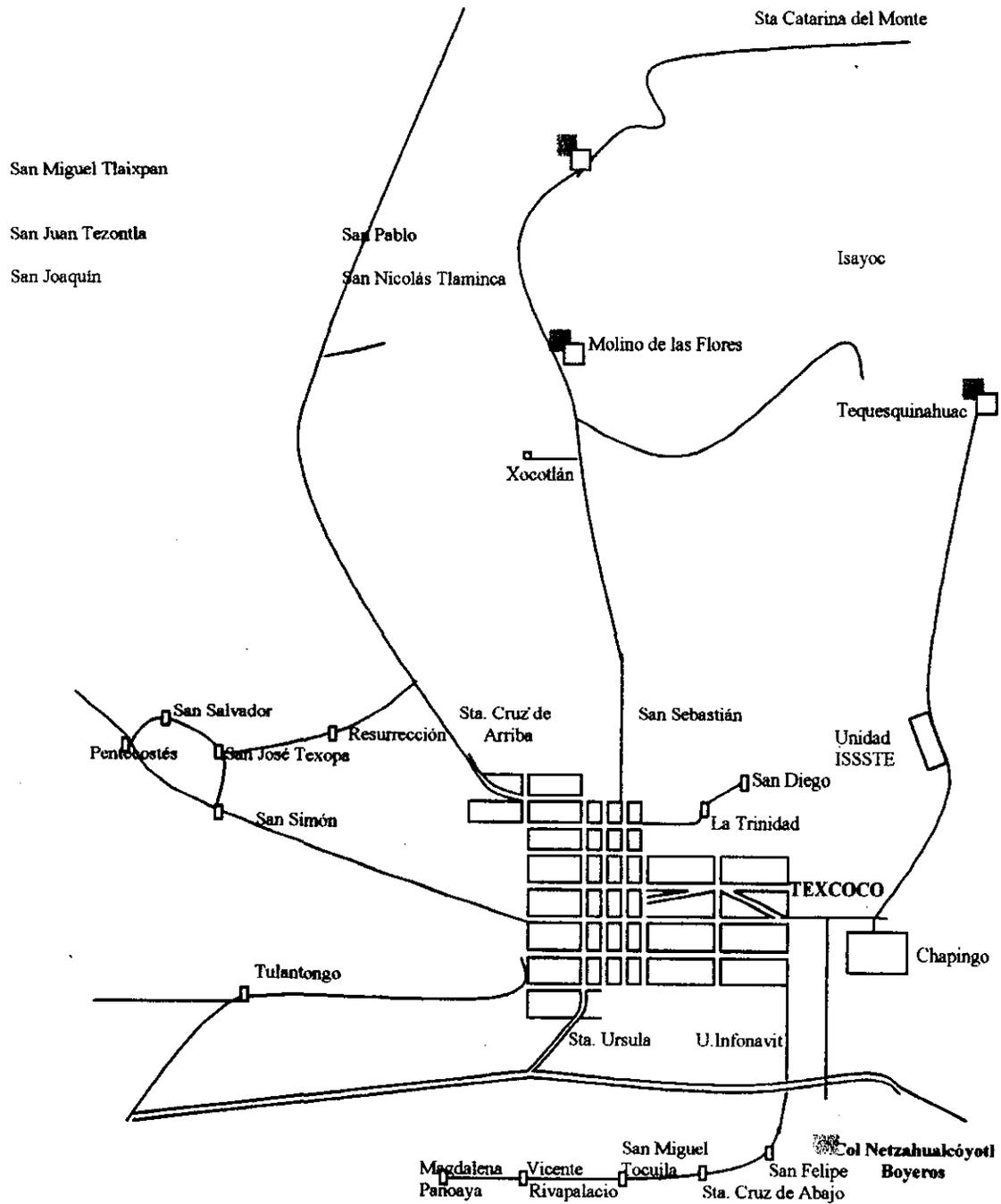
Normalmente las terracerías de un pavimento son las mismas encontradas sobre la ruta. En la construcción de la subrasante es donde se puede presentar la necesidad de hacerla, acarreando un mejor suelo. Las pruebas que se le realizaron a la terracería arrojaron resultados favorables, de esta manera en el proyecto no se considera la base.

Así mismo, se recabo información acerca de los bancos de materiales existentes y cercanos al lugar de la obra. Se encontró que el municipio de Texcoco cuenta con un sistema orográfico muy importante, al Oriente conformado con arenas, rocas blandas (tepetate), arenas volcánicas y material rocoso. Al Sur, Centro y Norte predomina la arcilla y el tepetate. A continuación se mencionan los bancos de materiales más cercanos a la obra y los materiales con que cuenta cada uno:

Nombre	Tipo de material
Tequexquahuac	Grava, arena, tepetate y tezontle
Molino de las Flores	Arena, tepetate y tezontle
San Miguel Tlaixpan	Arena y tepetate

De acuerdo a los estudios realizados a los bancos de materiales se determinó que el banco más cercano a la obra y que cuenta con todos los materiales necesarios es el de Tequexquahuac.

En el siguiente croquis vemos los bancos de materiales más cercanos a la obra para que su acarreo no sea muy costoso.



I.3 TIPOS DE DRENAJE.

Como sabemos para el diseño de cualquier vialidad, uno de los elementos de suma importancia y consideración es el elemento agua; ya que es el principal causante de problemas a las vialidades, ya que la filtración de la misma produce disminución de la resistencia de los suelos, acción que involucra fallas en las capas inferiores que forman la estructura de un pavimento afectando la superficie de rodamiento (Se puede decir que un buen drenaje es el alma de una vialidad).

Lo anterior exige obras de drenaje, obras que tengan como objetivo dar solución a diferentes tipos de problemas como son:

- a) Dar salida inmediata al agua que por cualquier motivo cruza o llega a sus inmediaciones, encausando, también las acumuladas ya existentes.
- b) Eliminar los encharcamientos que se pueden formar en la vialidad y evitar la destrucción del pavimento.
- c) Emplear algún tipo de defensas que impida que se produzcan deslaves y erosiones de las áreas circundantes.
- d) Disminuir la posible infiltración del subsuelo.

Drenaje en las calles de una comunidad

La precipitación pluvial que ocurre en las calles de una comunidad y en las áreas adyacentes debe desaguarse en forma rápida y económica, antes de que se convierta en un peligro para el tránsito. La eliminación del agua superficial en las áreas municipales se realiza con métodos similares a los que se emplean en el drenaje de las calzadas rurales, a excepción del agua superficial por lo común a su destino final por medio de tubos de drenaje subterráneo o drenajes pluviales, éstos últimos pueden diseñarse para disponer de las aguas freáticas, así como de las aguas superficiales o, en ciertas áreas, pueden llegar a requerirse drenajes subterráneos adicionales.

Puede considerarse que el sistema de drenaje del agua superficial en una comunidad promedio esta compuesto de los siguientes elementos básicos.

- a) Bombeo.
- b) Guarniciones.

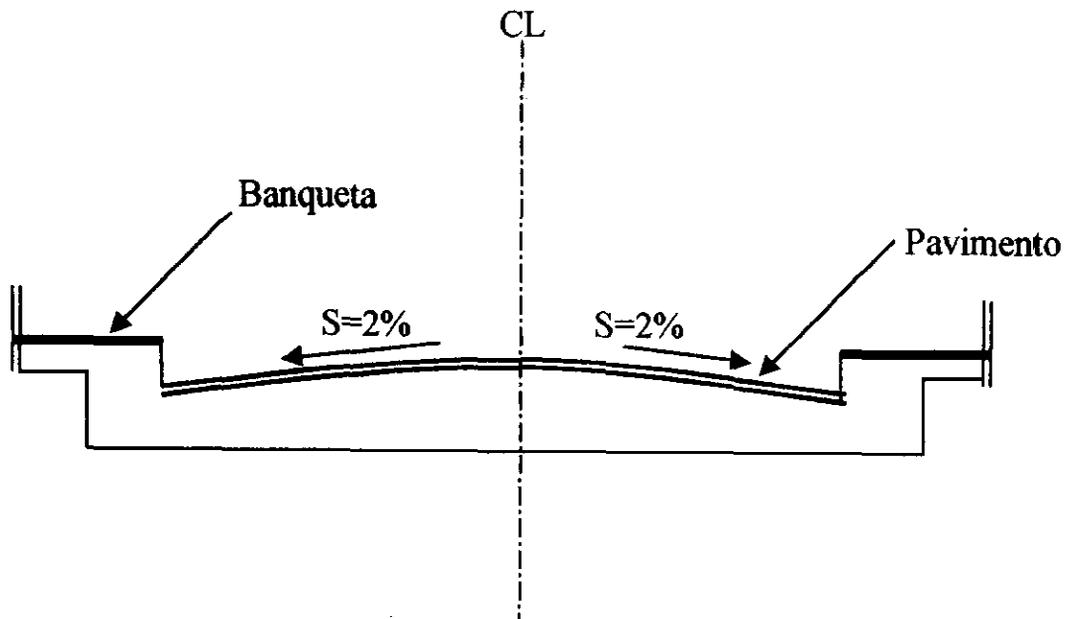
- c) Alcantarillas.
- d) Coladeras pluviales de banquetta.
- e) Coladeras de tormenta.
- f) Cajas desarenadoras.
- g) Pozos de visita.

Para nuestro proyecto las obras que más influyen en la captación de los escurrimientos, son: el bombeo de la corona, guarniciones y cuneta; y los drenajes pluviales en sí mismos, incluyen aditamentos usados comúnmente tales como coladeras pluviales de banquetta o de tormenta, colectores y bocas de inspección o pozos de visita.

Bombeo.

Es la pendiente transversal que se le da a la corona de una vialidad del centro del camino hacia los hombros; permite que el agua que escurre de la misma viaje, hacia los hombros evitando en lo posible que penetre en las terracerías.

El bombeo de una calle cualquiera, deberá hacerse tan pequeño como sea posible y deberá ser consistente con el propio drenaje en interés de la apariencia y seguridad. La pendiente que se utiliza en este caso es del orden del 2%, como se ve en la siguiente figura.



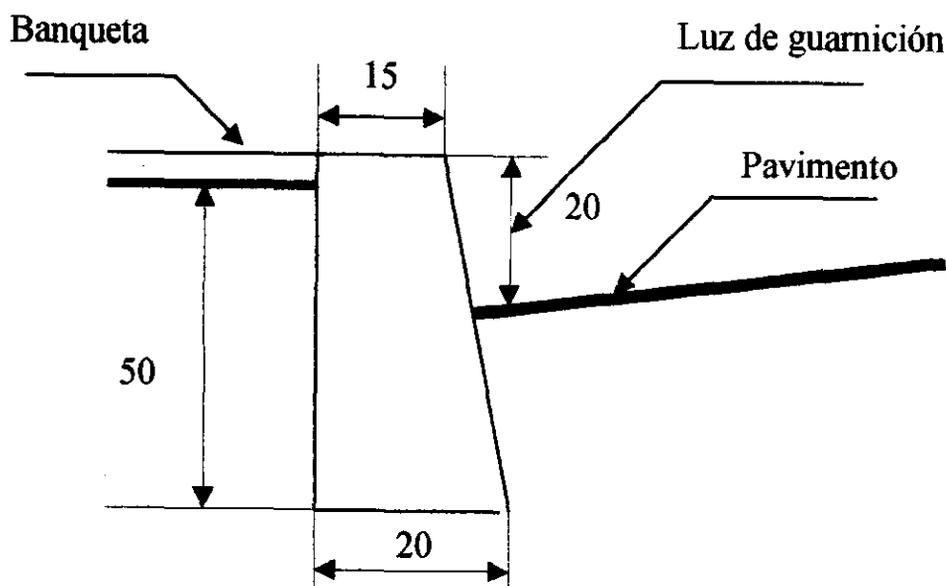
Guarniciones.

Las guarniciones se construyen en las orillas de las banquetas, éstas tienen la función de contener a las mismas y evitar que éstas se deslicen sobre la superficie de rodamiento, a la vez tiene la función de proteger a las banquetas contra la acción del tránsito; por otra parte tienen relación con el drenaje, aunque ese no sea su objetivo principal, pues canalizan el agua que escurre en la superficie de rodamiento, guiándolas hacia las salidas, coladeras pluviales o alcantarillas.

Es recomendable utilizar en las calles principales guarniciones que ya se encuentren cimentadas dentro de la sub-base, o si va a utilizar una sub-base de concreto se empotre en ésta.

La forma trapezoidal se dispone para dar mayor resistencia a la sección al vuelco, el mismo objetivo se busca con la esbeltez de la sección, que permite una longitud de empotramiento conveniente.

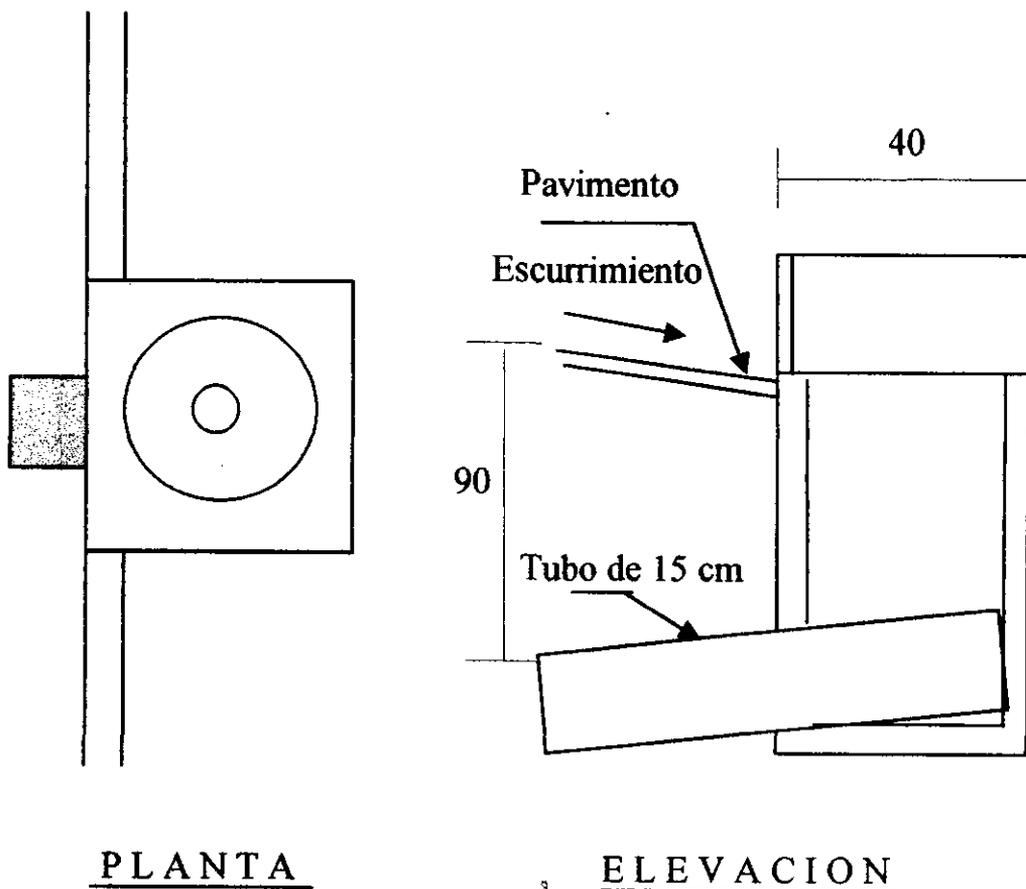
De acuerdo a las normas de la S: C: T: la construcción de éstas se deberá realizar con un concreto $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ y debe realizarse con cimbra metálica para darle un acabado aparente. El agua que escurra en la superficie de rodamiento será captada a través de coladeras de banqueta.



Coladeras pluviales de banqueta

Estas obras descargan directamente a los colectores de los ramales principales. Las coladeras de banqueta se construyen a base de tabique rojo recocido, el cual va desplantado sobre una losa de concreto de $F'c= 150 \text{ kg/cm}^2$ y pulida con mortero cemento y arena en proporción de 1:4 y tubo de concreto de 15 o 20 cm de diámetro para las descargas pluviales.

Frecuentemente en las calles y avenidas de una comunidad se utiliza las coladeras de banqueta, utilizando tubo de concreto simple de 38 cm de diámetro con una plantilla de concreto simple para formar el arenero y tubo simple de 15 cm de diámetro.



Coladeras de tormenta.

Las coladeras de tormenta son similares a las coladeras de banqueteta, sólo que éstas son de dimensiones mayores a 1.00 X 1.50 m, construidas con tabique rojo y desplantado de la losa de concreto armado de $F'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ y pulido en su interior con mortero, cemento y arena, en proporción de 1:4 y tubo de concreto simple de 38 cm de diámetro para descargas pluviales.

Pozos de visita

Los sistemas de drenaje pluvial están sujetos a atascamientos parciales o totales, y deben suministrarse los medios para su limpieza a intervalos regulares. Generalmente, en los sistemas prácticos y modernos de alcantarillado se colocan pozos de visita en los puntos donde el albañal cambia de inclinación o dirección, en donde hay empalmes y en los puntos intermedios, es usual que se localicen a intervalos entre 90 y 150, m los pozos se construyen de concreto, mampostería, bloques de concreto o ladrillo.

Normalmente se utiliza un diseño tipo boca de inspección y son de fierro fundido; las primeras de forma circular y más o menos de 60 cm de diámetro suficientemente grandes para que permita el paso de un hombre y tener el espacio adecuado para que pueda trabajar.

C

A

P

I

T

U

L

O

II

PAVIMENTOS DE ASFALTO

II.1 INTRODUCCION

Los pavimentos con una superficie de rodamiento asfáltica, como las bases granulares y en algunos casos sub - bases granulares, son los pavimentos flexibles típicos. A medida que la base se construye de suelo - cemento o de suelo - asfalto, con una rigidez y resistencia mecánica alta, su flexibilidad puede desaparecer y tener un comportamiento rígido o semirígido.

La carpeta asfáltica es la parte superior de la estructura del pavimento flexible, tiene como funciones principales prolongar la vida útil de la carretera, facilitar el rodamiento y distribuir las cargas generadas por los vehículos hacia las capas inferiores.

Los caminos que existen en la comunidad se desea que sean superficies pavimentadas de forma y dimensiones trazadas previamente para facilitar el desplazamiento de los vehículos automotores. Estas superficies deben estar acondicionadas de tal forma, que el desplazamiento de los vehículos puede realizarse con comodidad, seguridad y economía, sin que el camino sufra deterioros apreciables en plazos de tiempo suficientemente pequeños.

En México tenemos una gran diversidad de suelos, teniendo como resultado que las características mecánicas, de resistencia, plasticidad, etc., de cada uno de ellos, se alteren de manera diferente, cuando son afectados por los agentes atmosféricos

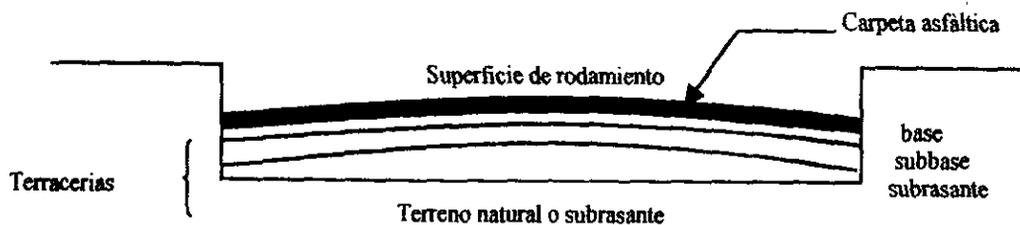
II.2 CARPETAS ASFALTICAS

Se define como una carpeta asfáltica, a la capa o capas, formadas de agregados pétreos y asfalto, colocadas sobre la capa base. En pavimentos de poco o regular tránsito, se coloca una carpeta de un solo espesor y en caso de tránsito intenso y pesado, la carpeta asfáltica se divide en:

- a) Carpeta de desgaste.
- b) Carpeta de liga.

La función de la carpeta asfáltica es proporcionar una superficie de rodamiento tersa y segura a los vehículos. Debe tener suficiente resistencia tanto al desgaste como a la fractura para soportar las cargas. Debe ser antiderrapante y no deformable. A la carpeta asfáltica le acompañan otros elementos asfálticos, como riego de sello, riego de liga y riego de impregnación.

En la siguiente figura se muestra la sección más común de camino así, como la construcción transversal correspondiente.



En la actualidad, se entiende por **pavimento** al conjunto de capas constituidas por materiales seleccionados que proporciona una superficie de rodamiento adecuada, que resista los esfuerzos originados por el tránsito y los trasmite, adecuadamente a las Terracerías.

El asfalto ó cemento asfáltico, está constituido por determinadas sustancias de color oscuro que pueden ser líquidas, semisólidas o sólidas, compuestas esencialmente de hidrocarburos solubles en sulfuro de carbonato en su mayor parte y procedente de yacimientos naturales u obtenidos como residuos del tratamiento de determinados crudos del petróleo por destilación o extracción.

II.3 COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO

1. - **La subrasante** es la capa de 30 cm de espesor mínimo, que está en la parte superior de un terraplén o en corte, generalmente formada del mismo suelo de la terracería.
2. - **La sub-base** de pavimento flexible, es una capa abajo de la base, de menor calidad que ella, que tiende principalmente a abaratar el costo del pavimento.
3. - **La base** de los pavimentos flexibles, es una capa resistente, formada de suelo granular o estabilizado, que recibe la carga de la carpeta asfáltica y la distribuye en menor intensidad a la capa de abajo, que puede ser la sub - base o la sub - rasante.

4. - La carpeta asfáltica, que puede ser de riegos superficiales, de mezcla en el lugar, o de concreto asfáltico hecho en planta estacionaria, tiene un espesor relativamente delgado, dependiendo del tránsito previsto de 2 cm a 7 cm; tiene la función de proporcionar adecuada resistencia al desgaste de la base, protegiéndola de las lluvias, heladas y ayudándole en algunos casos (carpetas gruesas) a absorber algo de la carga de los vehículos.

II.4 CARGAS

Los pavimentos tienen por función soportar las cargas que los vehículos les transmiten. El peso del vehículo se transmite a través de sus llantas.

Lo normal en el diseño de los pavimentos es considerar el peso de los ejes, que pueden tener dos o cuatro llantas. El peso máximo en nuestro país es de 14 500 Kg para un eje tándem de ocho llantas. Estas cargas máximas varían de una nación a otra. Si se verificara frecuentemente el peso de los vehículos que utilizan nuestras carreteras y calles, se vería con frecuencia que se exceden de esas cargas legales máximas. Es por ello que los pavimentos de nuestros caminos no siempre duran el tiempo para el cual fueron diseñados y con frecuencia se ven fallas en estos.

Para efecto de diseño, en América, siguiendo la experiencia norteamericana, se ha adoptado una "carga eje sencillo" de diseño, de 8.200 Kg.

II.5 TRANSITO DE DISEÑO

De las variables de insumo del proceso de diseño de un pavimento, el tránsito que lo usará es de las más importantes. Para 1950, los ingenieros de pavimentos tenían el problema de no contar con métodos y diseños adecuados, que tomarán en cuenta el tránsito, cada vez más intenso y pesado que demandaban las carreteras.

Hoy todos los métodos de diseño de pavimentos consideran el tránsito de todos los vehículos que utilizarán el pavimento, para una vida de 20 o 25 años. Se determina el volumen de tránsito de cada tipo, al momento de construir el pavimento. Se convierte cada tipo de vehículo a carga eje sencillo de diseño, de 8 200 Kg generalmente, y se cuantifica el número de esas cargas para 20 o 25 años, considerando la tasa de aumento anual de los vehículos, siendo la más probable del 4 %. Para calles de tipo residencial, esto puede ser de menos de 1 000 cargas estándar (8.2 ton/m) hasta el tránsito acumulado para una

calzada o calle comercial, con muchos autobuses, que pueden ser de 30 000000 de cargas estándar. En este trabajo se han considerado cinco categorías de tránsito, cuyos niveles cubren adecuadamente las intensidades de tránsito que van de las mínimas (1 000 cargas estándar) a las máximas (30 000000 de cargas estándar).

En la siguiente tabla se muestran las cinco categorías de tránsito:

Categoría	Descripción
A	Banquetas, plazas y andadores.
B	Calles peatonales.
1	Calles residenciales, estacionamientos de automóviles.
2	Calles residenciales alimentadores. Pocos autobuses.
3	Avenidas, estacionamientos industriales, regular cantidad de autobuses, calles y estacionamientos de mercados de abastos.
4	Calzadas y calles comerciales con muchos autobuses.
5	Carreteras urbanas, autopistas.

Tabla con las cinco categorías de tránsito, más dos de peatones, con una descripción del tipo de calle y cantidad de autobuses.

II.6 TIPO DE CARPETA QUE SE RECOMIENDA PARA ESTE PROYECTO.

Carpeta de concreto asfáltico: son las que se constituyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente en una planta estacionaria, utilizando cemento asfáltico, en la elaboración de los concretos asfálticos se emplea exclusivamente cemento asfáltico.

Las carpetas de concreto asfáltico son las de mayor calidad que se producen actualmente.

En nuestro país el cemento asfáltico más comúnmente usado es el número 6 que tiene una penetración comprendida entre 180 y 200.

La planta estacionaria para la elaboración del concreto asfáltico deberá contar con los siguientes elementos.

- 1) Tolvas de alimentación de materiales en frío de preferencia en un número de tres.
- 2) Secador con inclinación variable colocando antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta, a la salida del sector debe haber un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.
- 3) Cribas para clasificar el material pétreo cuando menos en tres tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas, material disponible para la mezcla.
- 4) Tolvas para almacenar material pétreo en caliente, que las proteja de la lluvia, el polvo y con la capacidad tal que asegure la operación de la planta cuando menos durante quince minutos sin ser alimentados.
- 5) Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos por peso o por volumen, estos admiten un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento, para obtener la curva granulométrica de proyecto con cierta tolerancia que para el caso de SCT. Fija un 2 % en cada uno de los tamaños.

- 6) Equipo para calentar el cemento asfáltico instalado de tal manera que no permita contaminaciones y provisto de un termómetro con graduación de 20° C a 210° C. Que permita controlar la temperatura.
- 7) Dispositivos que permitan dosificar el cemento asfáltico por peso o por volumen, con una aproximación de 2 % en más o menos de la calidad fijada.
- 8) Mezcladora del tipo de producción por peso o continuas equipadas con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- 9) Recolector de polvo y dispositivos para agregar finos.

II.7 DESCRIPCIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO DE LA PORTER MODIFICADA.

Este método, en función del Valor Relativo de Soporte del material de la capa subrasante y del tránsito diario estimado de vehículos con carga igual o mayor de 3 toneladas, circulando en un solo sentido, nos da el espesor del pavimento. Como el espesor obtenido es el total (sub-base, base y carpeta) es necesario calcular el espesor de cada uno de estos elementos. Para fijar el espesor de cada una de las capas que forman el pavimento flexible, algunas veces se comienza fijando el espesor de la carpeta asfáltica de acuerdo a la fig. 13.42 de el libro "Estructuración de Vías Terrestres" del Ing. Fernando Olivera Bustamante. Posteriormente se determina el espesor de la base en función del V.R.S de la sub-base.

El tránsito expresado como número de ejes equivalentes acumulado se presenta a continuación, el cual fue calculado de acuerdo al Método de la Porter Modificada (Padrón), considerando una tasa de crecimiento del 7.5 % para un periodo de vida útil de $n=20$ años y un TDPA en el carril de diseño que en este caso por ser un camino de dos carriles es de 65 % del TDPA en dos sentidos igual a 851.5 vehículos.

Se calcula el factor de proyección a futuro, C por medio de la fórmula siguiente:

$$C = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \cdot 365 = \frac{(1+0.075)^{20} - 1}{0.075} \cdot 365 = 15,806.21$$

Se calculan los datos de la columna 3 (multiplicando el TDPA el carril de diseño, por los porcentajes de la composición del tránsito, que se tiene en la columna 2), y los de la columna 5 (multiplicando las cantidades de la 3 por los factores de equivalencia, que para cada tipo de vehículo se colocan en la columna 4, para obtener los ejes correspondientes de 8.2 ton). Se hace la suma de la columna 5, que se multiplica por el factor de proyección al futuro C o sea:

Tránsito equivalente acumulado de 8.2 ton. al final de la vida útil de proyecto

$$= \text{Factor de proyección (c) x suma} = 15,806 \times 646 = 10'210,676$$

Con el dato de tránsito pero ahora con el VRS de proyecto del material de capa subrasante (11.026 %) y el nomograma de proyecto por el método de la

Porter Modificada (Padrón), se obtiene el espesor del pavimento (sub-base, base y carpeta)= 44 cm.

Se efectúa el cálculo de las capas de pavimento, suponiendo 60 % de los vehículos ligeros con menos de 5 ton.

Cantidad de vehículos actuales con peso mayor a 5 ton.

$$0.40 \times 1310 = 524 \text{ Vehículos/día}$$

Según las recomendaciones que se encuentran en las curvas de proyecto, un TDPA (vehículos pesados) de 500 a 2000 vehículos pesados actuales se requiere carpeta de concreto asfáltico de 5 a 7 cm se propondrá 7 cm (factor de conversión de grava = 2).

El espesor mínimo de base es de 15 cm.

Con los datos anteriores se puede calcular el espesor de la sub-base.

Espesor de pavimento = $a_1d_1 + a_2d_2 + a_3d_3$ o sea

$$44 \text{ cm} = 7 \text{ cm} \times 2 + 15 \text{ cm} + \text{SB.}$$

$$\text{SB} = 44 - 29 = 15$$

La estructuración final es:

Espesor		% de compactación
7 cm.	Carpeta asfáltica	95
15 cm	Base	100
15 cm	sub-base	95
	Subrasante	90

II.8 CALCULO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO DE PORTER MODIFICADO (PADRON).

Obra COL. NETZAHUALCOYOTL MUNICIPIO DE TEXCOCO Fecha ABRIL DE 1998

Tramo VIALIDAD PRINCIPAL subtramo _____

Datos para proyecto:

Tránsito diario promedio anual en dos sentidos (TDPA) 1310 Veh
 Tránsito en el carril de diseño 65 % Periodo de diseño (n) 20 años
 Tasa anual de crecimiento (r) 7.5 % factor de proyección al futuro (C) 15806.21

Tipo de vehículos	distribución del tránsito (%) (2)	Distribución del tránsito (Núm.) (3)	Coefficiente de equivalencia (4)	Ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton (5)
Vehiculos hasta de 16 ton	65.8	560.	0.06	34
Autobuses	28.0	238.4	2.1	501
Camiones (15 a 23 ton)	6.2	52.79	2.1	111
Tractor con semi-remolque (25 a 33 ton)				
Camión con remolque (35 a 55 ton)				
Tractor con semi-remolque (65 a 85 ton)				
Suma				646
Tránsito equivalente acumulado Al final de la vida útil = factor de proy. (C) X Suma = 15,806.21 X 646 =				10 210,676

CALCULO DE ESPESORES

VRS de diseño del cuerpo del terraplén _____ %

D1= Espesor de capa subrasante + pavimento _____ cm de grava.

VRS de diseño de la capa subrasante 11.026 %

D2= Espesor de pavimento 44 cm de grava.

Estructura del pavimento

Capa	Tipo	Es. Real	Fact. de Conv.	Esp. de gravas (cm)		
				Por capa	de pav.	Total
Carpeta de		7	2	14		
Base de		15	1	15		
sub-base		15	1	15		
Subrasante					44	44

$$C = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad 365$$

Para un caso dado de tránsito y subrasante, los diversos métodos dan espesores muy diferentes. Los valores propuestos en la siguiente tabla son promedio entre los proporcionados por varios de esos métodos

Pavimentos de asfalto
Calles residenciales, estacionamiento para automóviles.

SUBRASANTE			
CAPA	BUENA	REGULAR	POBRE
Carpeta asfáltica	4	4	4
Riego de impregnación	Si	Si	Si
Base granular	12	15	15
Sub-base granular	-	-	10
Espesor total en cm	16	19	29

II.9 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

TERRACERIAS.

Previo al inicio de la construcción se deberá efectuar los trabajos de despalme del terreno a utilizar. En la zona de vialidades primarias deberá ser de 0.35 m y para las secundarias de 0.20 m; el producto del corte deberá ser retirado de la obra y depositados en los lugares previamente seleccionados y se trabajara sobre el terreno natural (subrasante).

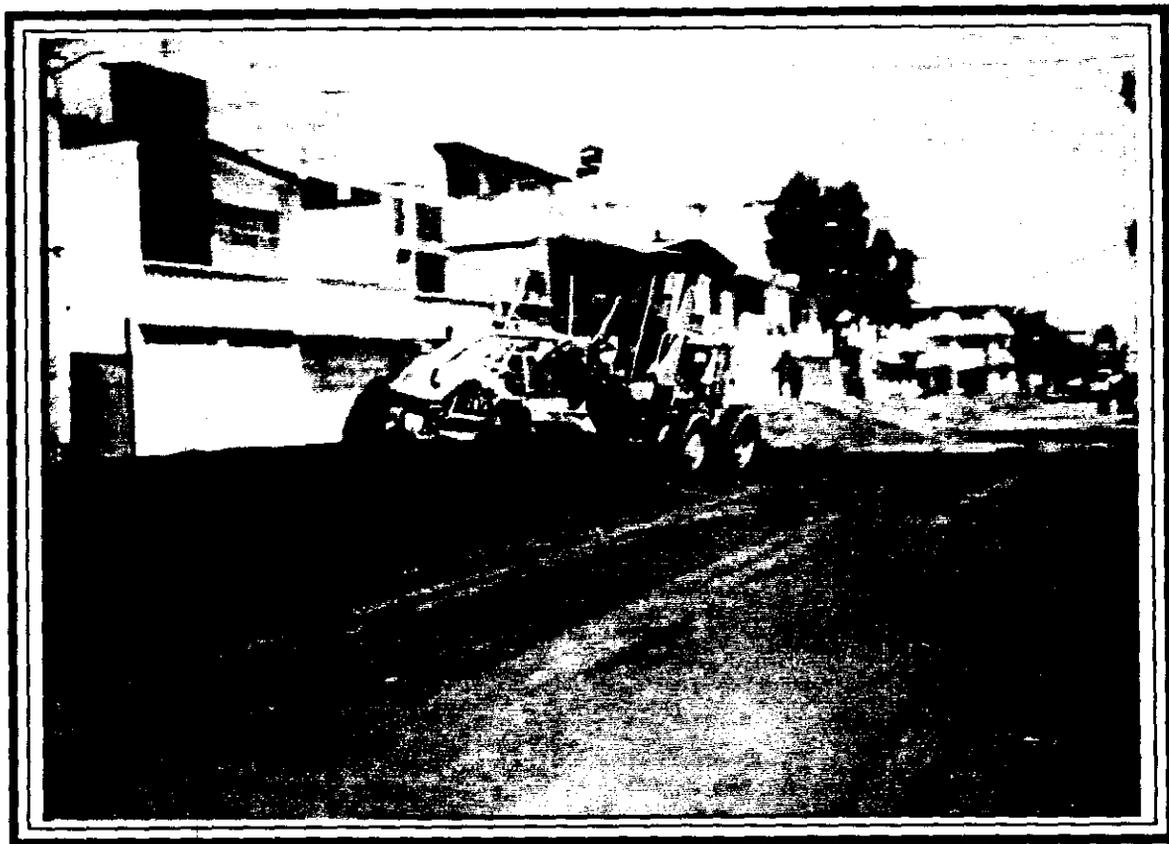
El terreno natural desplantado se compactara al 90% de su PVSM AASHTO modificado en una profundidad mínima de 0.20 m,



PAVIMENTO.

SUB-BASE

Sobre la subrasante debidamente terminada se construirá una capa **sub-base** de 0.15 cm de espesor, para vialidades primarias y secundarias con material pétreo de tamaño máximo de 38 mm (1 1/2"), compactado al 100 % de su PVSM AASHTO modificada; se utilizarán los materiales pétreos propuestos anteriormente

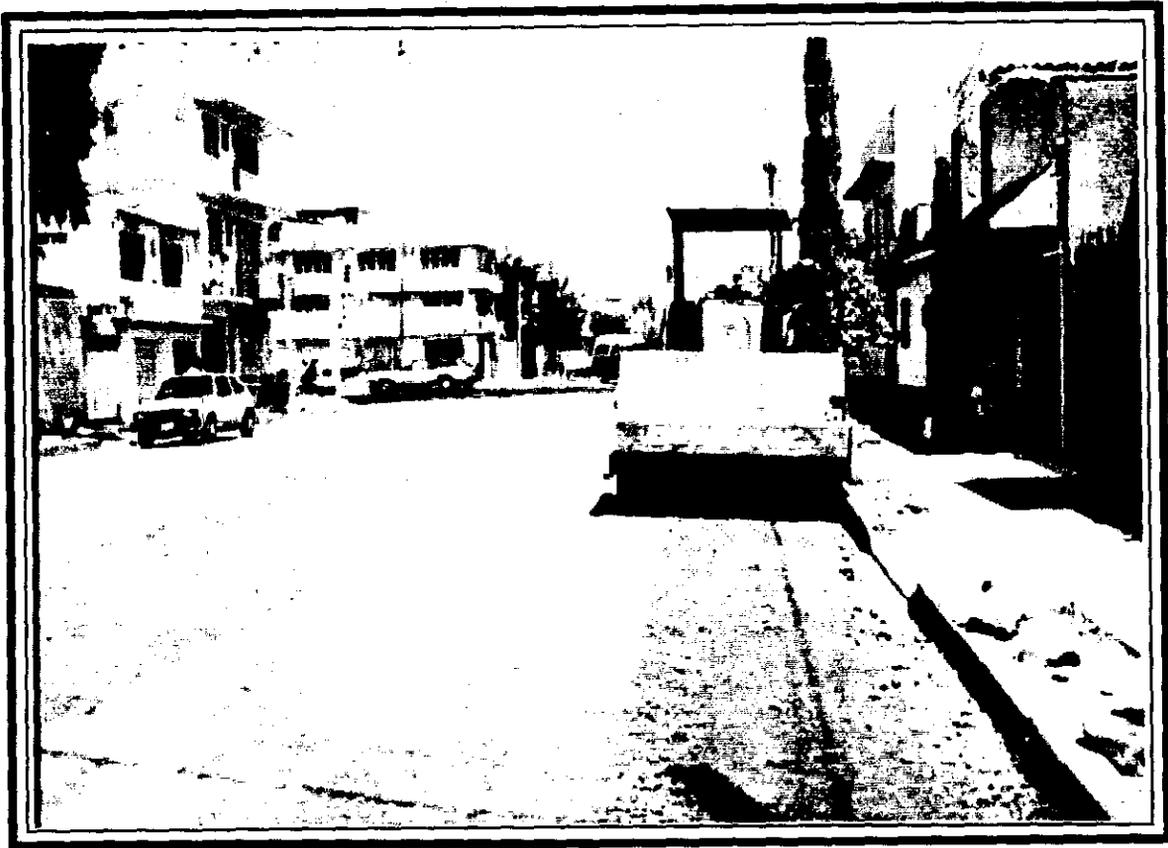


BASE.

Después de terminada la sub-base, se construirá la capa base de 0.15 m de espesor, **solo para las vialidades primarias** con material pétreo de tamaño máximo de 38 mm (1 1/2") compactado al 100% de su PVSM AASHTO modificada, se hace notar que la compactación se hará en una primera etapa hasta el 95 % del PVSM y posteriormente se impregnara el material y en la segunda etapa se llevará al 100 % de su PVSM.

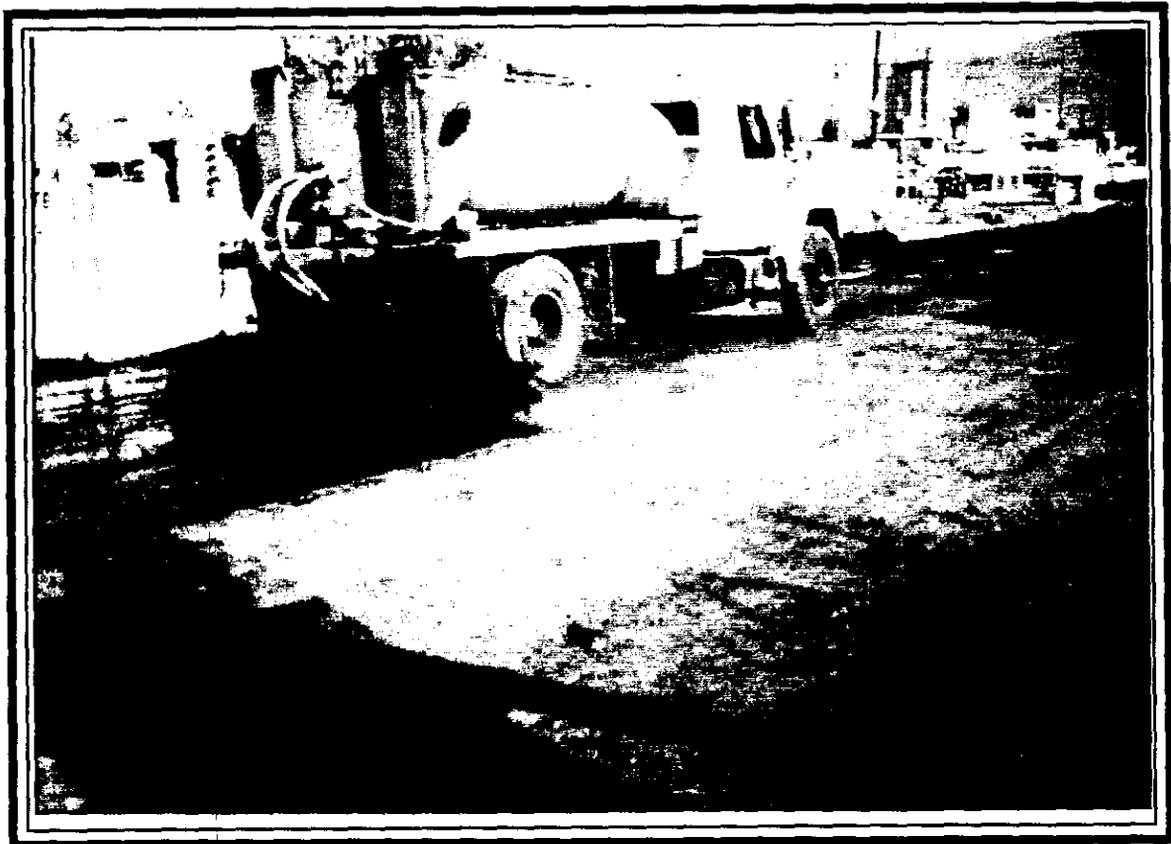
Para tender el material, humedecerlo y compactarlo se utilizará una motoconformadora, un vibrocompactador y una pipa de riego de 8000 lts.





RIEGO DE IMPREGNACION

Sobre la base superficialmente seca y barrida, en todo el ancho de la sección que forme el pavimento, se aplicará un riego de impregnación con producto asfáltico FM-1 o con emulsión asfáltica de rompimiento medio o lento de tipo catiónica (RL-2K o RM-2K) a razón de 1.5 lts/m².



RIEGO DE LIGA

Sobre la base impregnada se aplicará un riego de liga con producto asfáltico FR3 o con emulsión catiónica de rompimiento rápido (RR-2K) a razón de 0.5 lt/m^2 .

Para los riegos de impregnación y liga se utilizarán una petrolizadora de 7000 lts. y una pipa nodriza de 18 000 lts, que se mantendrá caliente mientras se estén trabajando estos conceptos.



CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO

Después de aplicado el riego de liga, se construirá una carpeta de concreto asfáltico de **0.07 m de espesor para vialidades primarias y para las secundarias de 0.04 m de espesor compactado al 100% de su PVSM.** El concreto asfáltico se elaborará en planta en caliente con material pétreo de tamaño máximo de 10 mm (3/4") de los recomendados anteriormente y cemento asfáltico No. 6 con una dosificación aproximada de 100 kg./m³ de material seco y suelto.



Para tender la carpeta emplearemos una pavimentadora (Finisher) y para compactarla usaremos una plancha de 12 ton. de rodillo liso autopropulsadas y posteriormente para cerrar la superficie del pavimento, usaremos un equipo de neumáticos autopropulsado de 10 ton.





ESPECIFICACIONES

Para la construcción de la obra regirán las normas para construcción e instalaciones y normas de calidad de los materiales en ediciones vigentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

II.10 CONSTRUCCION

Especificaciones.

Todo lo expuesto anteriormente comprende lo relativo a la etapa del ciclo de diseño de un pavimento. Eso representa la parte más compleja y difícil de los

pavimentos. Es la parte creadora de la tecnología de esas estructuras. Recordamos que el diseño de un pavimento o de cualquier cosa de la vida real, empieza cuando se reconoce la necesidad o se tiene el deseo de construir ese pavimento. Esa necesidad o ese deseo, generan un problema, el cual en muchos casos se resuelve mediante el "proceso de diseño" al final del proceso el problema está resuelto y se encuentra en etapa de diseño o la descripción clara y concisa de lo que se desea construir, que en escritos y dibujos se llaman especificaciones.

Las especificaciones, aparte de la descripción escrita, incluyen, cuando es necesario, planos, gráficas e información sobre los materiales en cuanto a su calidad, control de ella y la fuente de donde se pueden obtener, que en ingeniería de carreteras, es básica. De esa manera, toda la información concerniente y detallada contenida en las especificaciones, constituyen un libro de instrucciones para todo lo relativo a la obra.

Hay dos tipos de especificaciones:

a) De obra terminada o de resultado final.

Indica la forma, dimensiones y material y carácter del proyecto terminado. Máxima responsabilidad del contratista para controlar la calidad.

b) De descripción o método.

Requiere oficinas de supervisión y control de calidad propias y experimentadas. Mínima responsabilidad del contratista en el control de calidad de la obra.

Al especificar y contratar para una "obra terminada" existen algunos peligros, en caso de discrepancias la ventaja de esta manera de especificar, es que se estimula el desarrollo de nuevas ideas y procedimientos de construcción y equipo. Esta especificación es adecuada para empresas privadas que carecen de un cuerpo de ingenieros y técnicos para la inspección de calidad, en cuyo caso pueden contratar los servicios de un laboratorio comercial que los auxilie en eso.

Las especificaciones de prescripción establecen exactamente cómo hacer el trabajo y los materiales que se usarán. Es adecuada para oficinas de gobierno que cuentan con excelentes ingenieros supervisores y adecuados inspectores. Con la adecuada inspección y control de calidad se llega fácilmente a la obra terminada. Tratándose de construir un pavimento, es necesario indicar qué materiales se van a usar, de que calidad y de que banco se tomarán.

II.11 Presupuesto.

En la siguiente tabla tiene el nombre, área, espesor de la sub-base y el costo de la sub-base por cada una de las calles.

VIALIDADES PRIMARIAS

Nombre de la calle	Area en m²	Sub-base en m³. 15 cm De espesor	Costo por m³=70.35 pesos
Ursulo Galvan	3500	525	36933.75
Camino Vecinal	4160	624	43898.40
Emiliano Zapata	4400	660	46431.00
Manuel Avila Camacho	4080	612	43054.20
Total	16140	2421	170317.35

El mejoramiento de la terracería con tepetate, compactada al 90 % de su P.V.S.M. incluye: afine, extendido, compactación y agua necesaria. El cálculo de la sub-base se realizó únicamente para las calles principales, que son las que tienen una mayor circulación de tráfico y en el cuadro anterior están sombreadas.

En las calles secundarias no es necesaria la sub-base debido a que las pruebas de laboratorio realizadas arrojaron resultados satisfactorios de la terracería; es decir, la terracería de acuerdo a la clasificación de la AASHTO es regular.

En la siguiente tabla tenemos el nombre, área y el costo de la base de cada una de las calles.

VIALIDADES SECUNDARIAS

Nombre de la calle	Area en m ²	Base granular en m ³ . 15 cm de espesor	Costo por m ³ =69.37 pesos
Marte R. Gómez	3440	516	35794.92
Lázaro Cárdenas	2960	444	30800.28
Venustiano Carranza	1120	168	11654.16
José María Morelos	700	105	7283.85
Adolfo López Mateos	3100	465	32257.05
Belisario Domínguez	2320	348	24140.76
Benito Juárez	3100	465	32257.05
José María Pino Suarez	2900	435	30175.95
Francisco I. Madero	2520	378	26221.86
Miguel Hidalgo	4600	690	47865.30
Total	26760	4014	278451.18

La base es de grava cementada controlada en planta compactada al 90 % de su P.V.S.M en una sola capa de 15 cm de espesor (P.V.S.M. comprendido entre 1850 y 1950 kg/m³). Incluyendo agua e incorporación.

Cálculo de la base para las vialidades primarias

Nombre de la calle	Area en m ²	Base en m ³ . 15 cm De espesor	Costo por m ³ =69.37 pesos
Ursulo Galván	3500	525	36419.25
Camino Vecinal	4160	624	43286.88
Emiliano Zapata	4400	660	45784.20
Manuel Avila Camacho	4080	612	42454.44
Total	16140	2421	167944.77

Cálculo de la carpeta asfáltica para las vialidades principales

Nombre de la calle	Area en m ²	Costo de la carpeta por m ² =42.93 pesos, de 7 cm de espesor
Ursulo Galván	3500	150255.00
Camino Vecinal	4160	178588.80
Emiliano Zapata	4400	188892.00
Manuel Avila Camacho	4080	175154.40
Total	16140	692890.20

Cálculo de la carpeta asfáltica para las vialidades secundarias

Nombre de la calle	Area en m ²	Costo por m ² =28.63 pesos, de 4 cm de espesor
Marte R. Gómez	3440	98487.20
Lázaro Cárdenas	2960	84744.80
Venustiano Carranza	1120	32065.60
José María Morelos	700	20041.00
Adolfo López Mateos	3100	88753.00
Belisario Domínguez	2320	66421.60
Benito Juárez	3100	88753.00
José María Pino Suárez	2900	83027.00
Francisco I. Madero	2520	72147.60
Miguel Hidalgo	4600	131698.00
Total	26760	766138.80

La carpeta es de concreto asfáltico elaborado en planta con agregado máximo de 20 mm y 7 cm de espesor para las vialidades primarias y 4 cm de espesor para las vialidades secundarias, compactadas al 95 % de su densidad técnica máxima.

El costo total de la obra tiene un valor de \$ 2075742.3 que dividido entre el ayuntamiento y la colonia cada uno tiene que pagar \$ 1037871.15, que dividido entre 1000 habitantes es igual a \$ 1037.9, cantidad que puede ser pagada con crédito del banco para poder cubrirla en varios pagos.

C

A

P

I

T

U

L

O

III

PAVIMENTO RIGIDO

III.1 INTRODUCCIÓN.

Los pavimentos típicamente rígidos, son los de concreto. Estos pavimentos difieren mucho de los de tipo flexible. Los pavimentos de concreto reciben la carga de los vehículos y la reparten en un área muy amplia de la subrasante. La losa, por su alta rigidez y alto módulo elástico, tiene un comportamiento de elemento estructural de viga. Ella absorbe prácticamente toda la carga. Estos pavimentos han tenido un desarrollo bastante dinámico, de acuerdo al adelanto tecnológico y científico correspondiente a las estructuras de concreto.

La calle es una zona destinada al tránsito vehicular y/o peatonal que sirve como medio de comunicación entre las personas dentro de una comunidad, colonia o ciudad y su alineamiento generalmente está configurado entre dos hileras de casas o edificios. La imagen del estado de una calle es un símbolo que distingue a los habitantes de la comunidad. Una calle limpia alineada y bien construida es la mejor imagen que se pueda obtener, donde los pavimentos representan la parte más importante, ya que cuando éstos existen y están bien construidos proporcionan los satisfactores necesarios para que el desarrollo cotidiano de la comunidad como son; la seguridad, salud, comunicación, etc., así como una amplia posibilidad de aplicación de acabados, con color y textura de alta expresión estética.

Existen dos tipos de pavimentos para la construcción de calle: los flexibles (asfálticos y adoquines) y los rígidos (de concreto hidráulico). Estos últimos los trataremos en este capítulo. Dentro del tipo de pavimentos rígidos para la construcción de una calle son tres elementos que la componen:

- a) Los pavimentos para circulación vehicular (arroyo de la calle) que son los específicos para el tránsito de automóviles y camiones, etc.
- b) Los de circulación peatonal (banquetas) que son los específicos para el tránsito de personas y que además sirven como protección.
- c) Las guarniciones, que son elementos de confinamiento y contención para los pavimentos. La construcción de estos elementos sirve como protección de los pavimentos contra deslaves de la sub-base, golpes de los vehículos etc.

En este trabajo presentamos el procedimiento para la colocación del concreto en pavimentos y la cuantificación de la obra y materiales de construcción.

Debido al crecimiento de la colonia y a los constantes problemas que se tienen por no tener pavimentada una calle, los habitantes de la colonia Netzahualcoyotl se decidieron organizar y encontrar una solución a este problema, con la aportación de su mano de obra para auto-construcción y el apoyo del gobierno con el soporte técnico y los materiales de construcción, para poder mejorar la apariencia de la colonia.

Este trabajo contiene el procedimiento y la técnica para la construcción de pavimentos con concreto y recomendaciones para la fabricación de concreto, marcando las exigencias y problemáticas que intervienen en su correcta elaboración, así como la preparación de la superficie donde se va a colocar la herramienta y equipos necesarios.

Los buenos procedimientos de construcción son esenciales para todo pavimento de concreto, ya sea, para una autopista como para una calle vecinal. Los mismos principios se aplican por igual, desde la obra de pavimentación al 100 % con equipo mecánico hasta una obra pequeña desarrollada por auto-construcción con implementos manuales.

Cuando los procedimientos de construcción son ejecutados con propiedad, los resultados serán satisfactorios. Recordemos que una calle pavimentada de concreto tiene la gran ventaja de que prácticamente no tiene mantenimiento, una vez construida se puede olvidar de ésta.

III.2 TIPOS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO.

- a) Pavimentos de concreto simple, sin varillas pasajuntas.**
- b) Pavimentos de concreto simple, con varillas pasajuntas.**
- c) Pavimentos de concreto reforzado (refuerzo continuo).**
- d) Pavimentos de concreto reforzado.**
- e) Pavimentos de concreto reforzado con fibras cortas de acero.**

El listado anterior nos muestra los pavimentos más comunes de concreto, éste se determina dependiendo de las características del camino que se desee pavimentar. Como las calles de la comunidad que se desea pavimentar tienen buena subrasante y el tránsito de automóviles no es demasiado solo abordaremos el inciso a.

La parte más débil de los pavimentos de concreto, son las juntas que se tienen que diseñar y construir para controlar los cambios de volumen, inevitables, que se producen en ellos por los cambios de temperatura. Los pavimentos de refuerzo continuo y los pre-esforzados, se diseñan y construyen sin juntas transversales de contracción y expansión, excepto al llegar a un cruce o a una estructura fija (sólo se construyen juntas de construcción). Estos pavimentos son muy caros y de tecnología muy avanzada.

Los pavimentos de concreto son muy adecuados para calles de ciudades pequeñas, grandes y plantas industriales por su alta resistencia a la compresión.

Técnicamente, los pavimentos de concreto deben diseñarse y controlarse para una resistencia a la flexión del concreto usado. En nuestro país se han obtenido algunas correlaciones entre resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión.

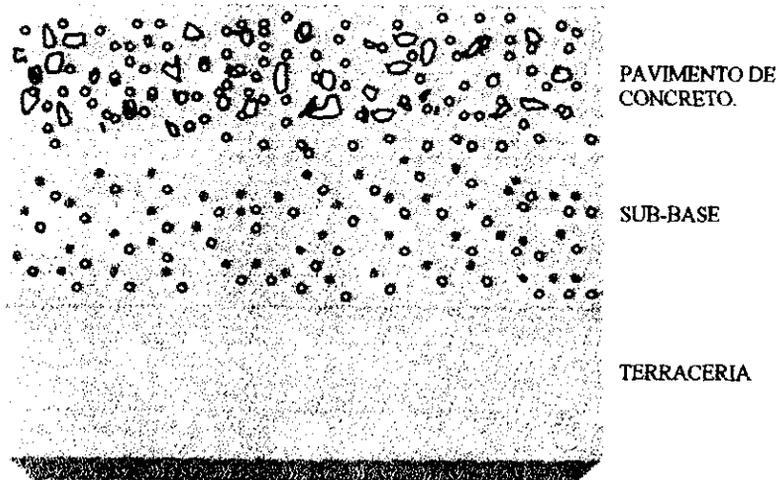
Muchas instituciones dedicadas al pavimento de concreto, controlan la calidad del concreto con la resistencia a la compresión en cilindros estándar de 15 X 30 cm.

III.3 DISEÑO

El factor más importante en diseño de pavimentos de concreto, es la resistencia del concreto utilizado. Generalmente para determinar los espesores de los pavimentos (losas y sub-base) y la resistencia del concreto que vamos a utilizar para construirlos es necesaria cierta información técnica que se obtiene de un estudio de mecánica de suelos, este estudio es un análisis de la composición del suelo cuyas características determinan su calidad y capacidad de soporte.

También es necesario obtener la información relacionada con las características de los agregados a emplear en la fabricación del concreto, esta información es básica para la determinación de una correcta dosificación. La información obtenida del sitio complementada con los datos de uso y destino del pavimento debe ser procesada por expertos, quienes con los resultados de esos estudios nos proporcionarán las especificaciones generales de construcción.

SECCION ESTRUCTURAL DE UN FIRME RIGIDO PARA VIAS SECUNDARIAS



DIMENSIONES.

Debido a la gran variedad de tipos de suelo que existen en nuestro país, a la dificultad de recomendar el diseño de un pavimento para cada caso por lo laborioso que resultaría efectuar el estudio respectivo y a lo extenso que sería poder incluirlo, sólo se mencionarán las dimensiones mínimas que pueden ser empleadas en las losas para pavimentos de concreto.

Para una calle vecinal, con 8 m de ancho para un arroyo vehicular y 12 m de distancia entre los paramentos, que da servicio a algunos comercios y pequeños talleres y a un núcleo de aproximadamente 250 habitantes, tendrá como mínimo las siguientes dimensiones:

Para las losas de concreto en el arroyo vehicular se propone que el espesor mínimo sea de 16 cm, con malla de acero como refuerzo. Colocadas, sobre la subrasante.

El pavimento se va a dividir en losas de un tamaño recomendable de 3.75 m de longitud y el ancho se normará de acuerdo al ancho de la calle, sin que su dimensión sobrepase a lo largo. La proporción óptima de las losas deberá ser con tendencia a cuadrada; sin embargo suelen construirse rectangulares, en

cuyo caso la relación entre sus lados no debe ser superior de 1.5 a 1, por ejemplo: las calles de la colonia tienen un ancho de 8 m, las dimensiones recomendadas serán de 3.75 m de largo por 3.0 m de ancho y las máximas serán de 4.5 m por 3.0 m de ancho.

El factor más importante en diseño de pavimentos de concreto, es la resistencia del concreto utilizado.

El concreto que aquí se considera deberá tener una resistencia a la compresión de 300 Kg/cm², mínima, a los 28 días de edad, o antes si se especifica otra edad. Si se usara una resistencia de 250 Kg/cm², se deberá aumentar el espesor de la losa unos 2 cm.

Los pavimentos de concreto, están formados exclusivamente por la losa de concreto, la cual puede colarse directamente sobre la subrasante o sobre la sub-base.

Tabla de pavimentos de concreto para calles residenciales y estacionamiento de automóviles.

Capa	Buena	Regular	Pobre
Losa	13	13	15
Sub-base granular	0	10	10
Espesor total en cm	13	23	25

Los pavimentos de concreto son muy adecuados para calles de ciudades o plantas industriales. El diseño estructural de pavimentos de concreto es eminentemente racional, a diferencia de los de tipo flexible, que es empírico. En los de concreto, se aplica la teoría de la elasticidad. Técnicamente los pavimentos de concreto deben diseñarse y controlarse para una resistencia a la flexión del concreto usado. En nuestro país se han obtenido algunas correlaciones entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión.

Por ejemplo: en Guadalajara, se encontró para los agregados de esta zona, que son de mala calidad, una correlación de:

Módulo de ruptura = MR

Resistencia a la compresión = RC

$$MR = 0.12 RC$$

En general, el MR del concreto puede variar entre 0.9 a 0.19 de la RC.

NIVELES.

Se debe cuidar que los niveles de piso terminado de las edificaciones en su planta baja no queden demasiado altos ni muy bajos con respecto al nivel de piso terminado del arroyo vehicular. La diferencia entre niveles recomendables entre una y otra es de 30 cm, por ejemplo; si el arroyo vehículo es el nivel 0.00, el nivel de la banqueta será él +0.15 y el nivel de las viviendas será +0.30.

CUBICACION.

Las cantidades de materiales y de concreto que vamos a utilizar en la obra deben calcularse con anticipación, pues es importante contar con ellos en el momento en que los necesitemos; ésto evita que tengamos colados incompletos y pisos con demasiadas juntas frías. Al cálculo de estos volúmenes se le denomina cubación o cuantificación. Cuando el concreto que vamos a utilizar es pre-mezclado, para determinar su volumen simplemente se multiplica el área del pavimento en metros cuadrados por el espesor de la losa.

PLAN DE DESARROLLO.

Para obtener los mejores resultados al construir pavimentos de concreto, es indispensable razonar las actividades en función de la magnitud de los trabajos a ejecutar, al número de personas que intervendrán, al tipo y cantidad de herramientas y equipo, a las condiciones del clima y topografía del lugar y al método de construcción elegido.

Existen dos métodos de construcción para pavimentos que se pueden emplear bajo el sistema de auto construcción y que a continuación describimos:

El método continuo es aquel que se emplea con más adaptabilidad cuando se utiliza el concreto pre-mezclado, pues este se vacía en forma continua hasta el lugar destinado para la junta de dilatación o la junta de construcción a las distancias establecidas para evitar los agrietamientos caprichosos. Las condiciones favorables para este método son las de tener al alcance el suministro de concreto pre-mezclado y tener lados accesibles para su mezclado.

El método alternado o de secciones alternas, consiste en construir los pavimentos en secciones de largo establecido para las dimensiones de las losas, digamos 3.75 m por 3.0 m, se cuela el concreto, se compacta y se da el acabado hasta el largo destinado, los siguientes 3.75 m se dejan sin colar, luego se hace el siguiente tramo de 3.75 m, y así sucesivamente. Después de transcurrir entre 4 a 7 días se rellenan las secciones intermedias. En este método se cimbra automáticamente una junta de dilatación entre cada sección colocando el material para juntas elegido.

El método de secciones alternas es especialmente útil cuando el pavimento que se va a construir está entre construcciones que forman una calle o andador muy estrechos y que los trabajadores encargados del enrasado y acabado no pueden maniobrar desde ambos lados de la calle. En tal caso, el concreto se debe compactar y acabar en forma longitudinal, y el largo de la sección limitarse al ancho disponible para trabajo sin afectar las proporciones recomendadas para las losas.

Un punto importante en este método consiste en que si hay mal clima por ejemplo; lluvia durante la construcción, los trabajos pueden suspenderse en cualquier momento sin correr riesgo de daños serios a una gran cantidad de concreto o pavimento fresco.

La superficie de la sub-base en las secciones intermedias se puede anegar y dañar, esto no se debe permitir drenando perfectamente la sub-base a fin de evitar tales daños. De la misma manera, la superficie de los pavimentos ya terminados y aun frescos se deben proteger adecuadamente en toda su extensión, con una cubierta de polietileno bien sellada para que evite los escurrimientos sobre la superficie del pavimento.

El modo más rápido y sencillo de construir el pavimento de una calle es usando concreto pre-mezclado, el cual se puede obtener en la mayor parte del país. Esto evita los problemas de gastos que implica contratar una mezcladora de concreto y la compra y almacenamiento de materiales, además ahorra

trabajo y tiempo de construcción. El uso de concreto pre-mezclado también evita problemas respecto a la calidad del concreto, ya que la mezclan expertos en plantas bien equipadas.

El colado deberá comenzar en el punto más lejano e ir avanzando hacia la fuente de suministro del concreto; los trabajos de cimbrado, nivelación y trazo, deberán estar listos en esos sitios, además de contar con las cuadrillas de trabajadores suficientes para ejecutar esos trabajos.

El número de hombres necesario para formar una cuadrilla que coloque cimbras y coloque y enrase el concreto, es de cuatro; esparciendo de 2.5 a 3.0 m³ de concreto en una hora, es necesaria una cuadrilla adicional formada por un oficial y un ayudante para los trabajos de junteo y acabado, por cada cuadrilla.

Un equipo de coladores de concreto y uno de junteo y acabado pueden construir aproximadamente una superficie de pavimento de 50 m de largo por 3 m de ancho y 10 cm de espesor en una jornada de 8 horas, así como dejar puestas las cimbras para el colado del siguiente día de trabajo.



III.4 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.

Seguridad.

Se deben implementar elementos de seguridad como barricadas y señales que informen de manera visible y clara que la calle está en proceso de obra, de tal manera que proteja el trabajo a realizar, a los que en él laboran como a transeúntes y vehículos que circulen en sus cercanías.

Limpieza.

Todos los objetos como basura, raíces, materia orgánica, piedras y obstrucciones se deben retirar fuera de los límites de la zona de trabajo. El suelo natural superficial por lo general está compuesto por materia vegetal por lo que se debe excavar por lo menos 10 cm de profundidad para garantizar su limpieza. En este caso las calles ya están trazadas y no es necesario quitar el suelo natural ya que en las pruebas realizadas estas determinaron resultados favorables. Una mala o nula limpieza del terreno traerá como consecuencia problemas durante el colado y posteriores ya que la basura y la materia orgánica no dan el apoyo esencial a los pavimentos, como efecto existe una alta probabilidad de asentamientos y ruptura de ellos.

Trazo y nivelación.

En este proyecto el trazo y la nivelación ya no son necesarios debido a que las calles ya están trazadas y niveladas. También las guarniciones están construidas así que esto ahorra mucho trabajo.

Equipo

Se debe enlistar el equipo con que se cuenta para desarrollar los trabajos y manejar los materiales, si éstos no fuesen suficientes deben conseguir o implementar antes de que se dé inicio a la obra, así mismo se deberá saber las volumetrías de los materiales y concreto necesario en este trabajo; estos datos están calculados al final de este capítulo. El equipo básico necesario para desarrollar los trabajos se describe a continuación:

Una mezcladora para concretos de eje vertical u horizontal con capacidad para mezclar uniformemente el volumen proporcional de agua y agregados con un bulto de cemento de 50 kilogramos, cuando el plan de pavimentación sea para

concreto hecho en obra. En este proyecto como hay mucha mano de obra la mezcla se realizará por la gente que asiste para ayudar a la pavimentación, esto significa una gran ayuda para reducir los costos económicos. Ahora otra manera en que se puede ayudar no solo consiste en asistir a las faenas, también la gente que no tenga tiempo de asistir puede ayudar económicamente o cooperando con comida para los que asisten. También es necesario concientizar a la gente que esta no es una obra para una sola persona, es un beneficio para la comunidad entera.

Una regla enrasadora, que consiste en una pieza de madera o de metal de 20 cm por 7.5 cm; su largo debe ser la dimensión del ancho total de las losas por colar más de 15 cm, de modo que descansa en ambas cimbras laterales. A fin de evitar un desgaste inadecuado en la regla, las caras que estén en contacto con el concreto pueden protegerse con una placa de acero o una lamina de acero galvanizada atornillada o clavada. La regla debe de tener dos mangos de 60 cm de alto diseñados para que el operador pueda manejar convenientemente.

Palas cuadradas, en suficiente número, para cargar las medidas de proporcionamiento de agregados y a la vez para extender el concreto que se deposite para el colado del pavimento.

Llantas metálicas, en suficiente número, para aplanar, pulir y retocar la superficie del colado que se programe.

Carretillas concreteras (de fondo profundo), en suficiente número, para poder transportar el concreto desde el lugar de mezclado hasta el sitio de su colocación y para tener una continuidad que evite que el tiempo de mezclado se extienda o que el concreto tenga que ser depositado en el suelo.

Rebordeador para juntas (volteador), que se utiliza para dar un borde redondeado en los diferentes tipos de juntas, el cual evita que se despostillen las aristas y a la vez las pule eficientemente.

Pisón de mano, esta herramienta consiste en un elemento que puede ser fabricado en la obra vaciando concreto en un bote o cubeta, insertándole un mango metálico que puede ser de una varilla de acero. Esta herramienta se usa para compactar el suelo en trabajos de pequeñas dimensiones.

III.5 MATERIALES.

El concreto.

El material principal para el desarrollo de estos trabajos será el concreto, éste material nos dará el pavimento propiamente dicho y la imagen última de la calle, aquí radica la importancia de su buen manejo y correcta fabricación.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta de cemento. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena, grava y piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca, la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

El concreto fresco es una pasta de gran maleabilidad y plasticidad que al endurecer se convertirá en una piedra artificial, tomando la forma de los moldes o cimbras utilizadas y antes de que endurezca por completo se le puede dar el acabado que la imaginación y el uso al que este destinado permitan.

La resistencia del concreto dependerá del proporcionamiento de los componentes de la mezcla (cemento, agregados, agua, etc.) y para los pavimentos el diseño de la misma depende de los siguientes factores:

- Intensidad y tipo de uso
- Espesor de pavimento
- Resistencia del suelo
- Contenido del agua en la mezcla

Cuando el agua lo permita se recomienda el uso de concreto pre-mezclado el cual por su modo de producción garantiza las características de calidad solicitadas por el proyecto. Cuando en el lugar no exista alguna planta de concreto pre-mezclado se recomienda que las mezclas sean elaboradas con revolvedora. No se recomienda la elaboración del concreto sobre el piso por ser muy difícil controlar su calidad.

Si el concreto por alguna razón, tiene que hacerse en obra, deben ser verificados por un laboratorio la calidad de sus componentes efectuándose mezclas de pruebas para determinar la dosificación correspondiente al tipo de agregados disponibles.

El cemento.

Los cementos que podrán usarse son los siguientes:

- El cemento portland tipo I que cumpla con las normas nacionales NOM-C-1-80.
- El cemento portland puzolana tipo II que cumpla con las normas nacionales NOM-C-2-86.

Cuando se usen cementos puzolánicos (tipo II) se debe poner atención adecuada a los efectos de una ganancia lenta de resistencia y de un menor calor de hidratación tanto en el proporcionamiento del concreto como en las prácticas de construcción.

Se debe proveer medios para almacenar el cemento de la humedad. El cemento que, por cualquier razón se halla endurecido parcialmente o que contenga terrones debe rechazarse.

Agregados.

La importancia de utilizar el tipo y la calidad adecuados de agregados, no se debe subestimar pues los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente del 60 % al 75 % del volumen del concreto y del 70 % al 85 % en peso influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía en esto radica la necesidad de la presencia del laboratorio para el diseño de la mezcla.

Existen dos características de los agregados que contienen una influencia importante sobre el proporcionamiento de las mezclas de concreto, por que afectan la trabajabilidad del concreto fresco estas son:

- El tamaño de partículas y su distribución, y
- La naturaleza de las mismas (forma, porosidad, textura, superficial, densidad, etc.).

El tamaño es un factor importante para lograr una mezcla económica, por que afecta a la cantidad de concreto que puede fabricarse con una cantidad determinada de cemento y agua.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños

de partícula que pueden llegar hasta 5 mm de diámetro; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas pueden variar hasta 150 mm el tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente para los pavimentos varía de 19 a 50 mm, siendo el de 38 mm el que mejor se presenta para mezclas manejables y a la vez económicas en la construcción de los pavimentos.

Los agregados deben ser manejados y almacenados de tal forma que la segregación y la degradación sean mínimas y que se evite la contaminación del agregado con sustancias dañinas.

Finos (arena). - los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada, la mayoría de sus partículas son menores de 5 mm. El agregado fino deberá estar libre de toda contaminación por materia orgánica y arcillas.

Gruesos (grava). - los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregados triturados cuyas partículas sean predominantemente mayores de 5 mm y generalmente entre 9.5 y 50 mm. (En algunos casos puede llegar a 150 mm.). El agregado grueso debe estar libre de toda contaminación por materia orgánica o arcilla.

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores. La cantidad necesaria de cemento disminuye el tamaño máximo de agregado grueso.

Los agregados gruesos deben tener el máximo tamaño práctico que las condiciones de trabajo específicas permitan. Para las losas de pavimentos sin esfuerzo, el tamaño máximo no debe rebasar un tercio del espesor de la losa. Se recomienda usar en los pavimentos una grava de 38 mm.

AGUA.

El agua que se use para las mezclas y el curado debe ser agua limpia con calidad de potable libre de impurezas como; sales, aceites, ácidos, azúcar, agentes alcalinos, materia vegetal o cualquier otra sustancia que perjudique el acabado final del producto.

Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado la calidad del concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua

utilizada en relación con la cantidad de cemento. A continuación se presentan algunas ventajas que se obtiene al reducir el contenido de agua:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra una mejor adhesión entre capas sucesivas y entre el concreto y el refuerzo.

Entre menos agua se utilice se tendrá una mejor calidad del concreto, a condición que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas más rígidas; pero con vibración, aún las mezclas más rígidas pueden ser empleadas para la calidad dada de concreto, las mezclas más rígidas son las económicas por lo tanto, la consolidación del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía.

Aditivos

Los aditivos se deben emplear cuando se desee producir un cambio específico en las propiedades del concreto fresco o endurecido. Hay diferentes clases de aditivos que se pueden emplear en la elaboración de mezclas como; reductores de agua retardantes del fraguado, acelerantes de fraguado, reductores de agua y acelerantes, y reductores de agua y retardantes, etc. Los aditivos pueden ser usados cuando las condiciones ambientales en las que se efectuara el colado y el tipo de equipo que se disponga para consolidarlo y dificulten los trabajos y los resultados de los mismos; Por ejemplo cuando las temperaturas ambientales sean superiores a 24°C, podrán usarse aditivos retardantes del fraguado. Cuando los pavimentos van a estar expuestos a clima de congelación por periodos largos deben contener aire, para lo cual dentro de las mezclas del concreto podrán usarse aditivos inclusores de aire. Cuando no se disponga del equipo de vibración adecuado, podrán usarse aditivos fluidificantes. Al utilizar aditivos en una mezcla, éstos serán parte de ella, por lo que su inclusión deberá ser diseñada integralmente.

Nota: Aun con la posible utilización de los aditivos no es recomendable colocar el concreto cuando la temperatura promedio de ese día sea inferior a los 5°C o que este por debajo del punto de congelación, pues el fraguado del concreto se detiene y los trabajos de acabado se retrasan también no es recomendable la colocación del concreto con temperaturas arriba de 25°C. Aquí se presenta el problema de una deshidratación prematura del concreto

por evaporación y el tiempo para su consolidación y acabado se reduce considerablemente.

Material para juntas.

Para las juntas de dilatación en los perímetros de las losas se podrá hacer uso de cualquier material compresible como los siguientes: celotex, espuma de estireno, madera impregnada corcho etc., con un espesor no menor de 13 mm. y con una altura igual al peralte de la losa. Cuando las juntas de contracción sean fabricadas acarreado el concreto endurecido o marcando el concreto fresco (en el método continuo) el material para las juntas podrá tener una profundidad de un tercio o un cuarto de la altura de losa, aquí se puede usar como material para obturar las juntas las emulsiones asfálticas o un material rígido plano de metal o de plástico.

Nota: todas las juntas de cualquier tipo se deben sellar con los materiales antes mencionados.

Acero de refuerzo.

Se recomienda usar como refuerzo a las losas de los pavimentos de circulación vehicular entre las juntas de contracción cuatro tramos de varilla de 3/8" de 60 cm. De largo, colocadas como pasa juntas a los quintos del ancho para evitar posibles rupturas y levantamiento de las losas.

En algunos casos es necesario colocar como refuerzo una malla electrosoldada, especialmente cuando se trata del arroyo vehicular y que en la subrasante y la sub-base no exista la capacidad de soporte deseada. Si éste es el caso los tipos de malla que pueden ser usadas son las 6-6/10-10 o 10-10/10-10, colocada en el tercio superior del espesor de la losa ésta recomendación deberá también ser resultado de un diseño específico.

Material para curado

Los materiales que se pueden usar, entre otros, para el curado de concreto son: el agua, los costales de yute, los costales vacíos de cemento, el papel impermeable, el polietileno y diferentes materiales patentados para formar membranas, siendo el agua el comúnmente más usado.

III.6 Terracerías.

Excavación.

Con la nivelación se ha determinado que materiales o porciones de terreno se deben excavar y de acuerdo con las características de este se sabrá si son apropiados para usarse como material de relleno o si deben ser retirados de la zona de trabajo.

El material de excavación o corte demasiado arcilloso es preferible no utilizarlo como relleno o como parte de la estructura de soporte del pavimento, ya que entre las propiedades de las arcillas se encuentra la de ser expansivas y esto provocaría, con alguna infiltración del agua, agrietamientos en el pavimento. El material arcilloso que se encuentre en forma natural, que no sea relleno, por debajo de la estructura de soporte (sub-base) podrá dejarse siempre y cuando sea usado el material apropiado para la sub-base.

Rellenos y compactación.

Los rellenos sirven para dar el nivel apropiado de proyecto de la calle, sobre la cual se apoyará la estructura de sustentación del pavimento. Sus características dependerán del tipo de suelo del lugar.

Los rellenos deben ser materiales de aceptable calidad, apropiados para compactarlos. Estos se deben compactar en capas de un espesor no mayor a 15 cm, humedeciéndose, de manera uniforme durante el proceso. La compactación se puede hacer en forma manual (con pisón) o con medios mecánicos (rodillo vibratorio, bailarina, etc.), y deben alcanzar el 95 % de la prueba Proctor con una tolerancia del 3 %, lo cual se verificará perfectamente mediante la intervención de un laboratorio.

Realizar en forma correcta los rellenos, evita que existan asentamientos irregulares y que los pavimentos se rompan cuando se abren al tráfico, dando lugar a los baches.

Al efectuar la compactación se debe tener especial cuidado cuando ésta se hace sobre las redes de instalaciones y sus accesorios, las cuales se deben proteger adecuadamente para evitar rupturas (en especial cuando se hace con medios mecánicos).

Estructura (Sub-base).

La Base y la Sub-base forman la estructura de los pavimentos y se construyen para garantizar un apoyo suficiente, uniforme y estable; esto depende de la calidad de los materiales que sean utilizados, de los niveles de compactación que se empleen y de las condiciones locales del clima y drenaje. Esta estructura consiste en una o más capas de materiales granulares estabilizados; solamente cuando el suelo de la calle donde se construya el pavimento cumpla con las características que se estiman deseables para conformar esa estructura, se podrá evitar el construirla en forma especial. Por su gran importancia para conseguir pavimentos durables, al diseñar esta estructura se debe otorgar especial atención y la decisión de construirla o no, se debe dejar a los técnicos especialistas.

La Sub-base, que es la parte de la estructura que está en contacto directo con el pavimento también se debe compactar al 95 % de la prueba Proctor y su acabado superficial debe ser fino y de la misma manera que los rellenos se debe humedecer uniformemente durante la compactación.

Una losa sobre un terreno con calidad satisfactoria de soporte se puede construir sin una Sub-base; no obstante, ésta se construye frecuentemente sobre la subrasante como capa niveladora para igualar las pequeñas irregularidades superficiales, para mejorar la uniformidad de soporte, para lograr que el nivel deseado esté en la ubicación especificada, y para servir como freno capilar entre la losa y la subrasante. Cuando se emplee una Sub-base, los materiales se deben colocar y compactar a la densidad máxima, en una capa de 10 cm de espesor (como mínimo) de material granular como la arena, grava, piedra triturada o la escoria. Si se requiere de una sub-base o de una subrasante de mayor espesor para alcanzar el nivel deseado, se debe compactar el material en capas de 15 cm de espesor, pudiéndose hacer con compactadores vibratorios portátiles (bailarinas, rodillos, etc.), a no ser que la sub-base quede bien compactada, es mejor dejar la sub-rasante sin cubrir y sin alterar.

Las causas de grietas, asentamientos de las losas, e incluso la falla estructural a menudo se pueden ir rastreando hasta descubrir una subrasante preparada de manera inadecuada y pobremente compactada. La subrasante sobre la cual se vaya a colar una losa debe estar bien drenada, con una capacidad de soporte uniforme, a nivel o con una pendiente apropiada, libre de césped y materia orgánica. Las tres causas principales de soportes no uniformes son:

- La presencia de puntos suaves y duros.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- El relleno sin la compactación adecuada.
- Los suelos expansivos.

El soporte uniforme no se puede lograr sólo con el volteo del material granular sobre un área suave. Para evitar los agrietamientos por falta de soporte y por asentamiento, las áreas suaves o con turba y los puntos duros (rocas) deberán ser excavados, rellenos y compactados con un suelo similar al resto de la subrasante.

Durante la preparación de la subrasante se debe recordar que un suelo sin alterar, generalmente es superior que el material compactado para soportar losas de concreto. Los suelos expansivos, compresibles y potencialmente problemáticos se deben evaluar por un ingeniero geotécnico y también se requiere de un diseño especial de las losas.

Si no se tiene la posibilidad de sellar la superficie de la sub-base con un riego de asfalto, copoliotileno o con papel impermeable entonces, un día antes del colado se debe saturar la superficie con agua de manera uniforme, sin provocar encharcamientos o reblandecimiento de la terracería. La superficie se debe mantener húmeda durante el colado de las losas, con el fin de que el concreto no pierda agua por absorción del suelo. La falta de esta última acción provocará que, durante el fraguado, el concreto pierda una cantidad excesiva de agua, apareciendo fisuras en la superficie.

III.7 CIMBRADO Y DESCIMBRADO.

En la construcción de pavimentos con concreto se requiere usar cimbras para contener el concreto fresco, darle la forma y las dimensiones deseadas. Es necesario disponer de un número suficiente de cimbras para, al menos, dos días de trabajo continuo, de modo que mientras avanza el colado las cimbras se pueden colocar y fijar para el siguiente día de trabajo.

La altura de las cimbras deberá ser igual a todo el espesor (peralte) de la losa o de la guarnición de concreto. La longitud de las cimbras laterales dependerá de la capacidad de la cuadrilla de trabajo para colar y del método de pavimentación elegido. Si se usan cimbras de madera, su espesor debe ser de, al menos, una tercera parte del espesor de la losa (para el caso de una losa de 16 cm de peralte la cimbra será de 50 cm), pudiéndose usar espesores menores en las cimbras con refuerzos longitudinales y transversales.

También se requieren estacas de madera o de metal de 45 cm de largo para apoyar y fijar las cimbras, colocando una por cada metro de cimbra. Las estacas de madera de forma cuadrada deben tener un espesor de aproximadamente 5 cm y las de acero un diámetro de 2 cm. Si las cimbras son metálicas, en algunos casos pueden ser adquiridas en alquiler y se suministran junto con las estacas de acero, en otros casos pueden ser habilitadas de un perfil tubular, viga canal o perfil "Monten" que proporcionen altura especificada.

Las cimbras de madera, a menos que hayan sido aceitadas o tratadas con algún agente que permita su remoción, deberán humedecerse antes del colado del concreto, ya que otra manera absorbería agua del concreto y se hincharían. Las cimbras deberían estar hechas para que al ser removidas, causen un daño mínimo al concreto se deberá evitar el uso de demasiados clavos, o de clavos muy largos para facilitar la remoción y reducir los daños.

Es conveniente dejar las cimbras en su lugar el mayor tiempo posible para continuar con el periodo de curado. Sin embargo, hay ocasiones en que es preciso retirarlas pronto. Además, a menudo es necesario descimbrar rápidamente para permitir el rehuso inmediato de las cimbras.

Al descimbrar, el concreto deberá tener la dureza suficiente que garantice que las superficies no serán dañadas de ninguna manera, efectuando el trabajo con un cuidado razonable.

No se debe apoyar contra el concreto barretas u otra herramienta de metal para acuñar y desprender las cimbras. Si es necesario acuñar entre el concreto y la cimbra, ésto deberá hacerse con el debido cuidado golpeando ligeramente la cimbra con un martillo para que se desprege fácilmente.

Los desmoldantes más usados para las cimbras de madera son: el diesel y el aceite quemado, usándose también una preparación de parafina con petróleo y otros desmoldantes patentados.

Las cimbras y todos los implementos de cimbrado deberán ser limpiados perfectamente de manera inmediata al descimbrado, eliminando todos los residuos de concreto que queden sobre ellas y que puedan evitar que asienten bien sobre el terreno o se ensamblen debidamente. De la misma manera deberán ser impregnadas con él o los agentes desmoldantes elegidos.

Por supuesto, la precisión en la colocación de las cimbras será de gran importancia para la superficie de concreto. Debe tenerse cuidado de que las cimbras estén bien fijadas a todo lo largo y que se mantengan en su lugar gracias a las estacas de 45 cm, una por cada metro de cimbra. Debe recordarse

que las cimbras recibirán tratamiento rudo durante la construcción, debido al uso de la regla enrasadora, y carretillas que transportan el concreto, de modo que deben estar totalmente rígidas.

El nivel de las cimbras debe revisarse cuidadosamente a fin de asegurar que se tiene la pendiente adecuada. Cuando se haya colocado un número suficiente de cimbras laterales, debe ponerse como fronteras a lo ancho del pavimento, una cimbra de madera que esté bien fija al suelo, en el punto de inicio y en el final del colado (junta de construcción).

Para asegurarse que el concreto tenga el espesor deseado, debe colocarse una regla enrasadora (rasero) a lo ancho del pavimento, mismo que debe descansar en la parte superior de las cimbras laterales, y debe usarse un escantillón para calibrar su profundidad. La superficie del pavimento debe tener una pendiente aproximada del 1 % en el sentido transversal a la calle, y una pendiente del -- 0.5 % en el sentido longitudinal como mínimo, aunque ésto siempre está determinado por las condiciones naturales de la calle, de la ubicación de alcantarillas para desagüe pluvial, pozos, de visita, etc. Y de la climatología del lugar. La sub-base sobre la cual descansarán la losa y las cimbras, debe tener una superficie uniforme. Esto evitará la fuga de lechada de concreto por la parte inferior de las mismas.

Las cimbras de los bordes o franjas laterales deberán fijarse firmemente y con exactitud a la elevación y perfil especificados para la superficie acabada.

Las cimbras para guarniciones podrán ser de dos maneras, dependiendo de la forma de la guarnición: las cimbras para guarniciones de sección trapezoidal y las cimbras para las guarniciones con cuneta integrada. Inclusive, si existen en el lugar, podrán ser usadas guarniciones prefabricadas. Las guarniciones y las cunetas podrán ser usadas como cimbras para la construcción de banquetas y pavimentos de arroyos vehiculares.

III.8 FABRICACION DEL CONCRETO.

Como ya hemos mencionado, si existe la necesidad de fabricar el concreto en la obra, será importante que el diseño de las mezclas sea proporcionado por técnicos capacitados para ello, y en base a las características de los agregados disponibles, dado que existen muchas variables que determinan una correcta dosificación. Por lo mismo, también se recomienda que el control de calidad del concreto sea realizado.

Resistencia.

Por la facilidad con que se determina la resistencia a la compresión, es la medida más universalmente empleada para determinar la calidad del concreto. La resistencia al desgaste puede tener igual o mayor importancia.

Dentro del rango normal de las resistencias empleadas en la construcción con concreto, la resistencia a la compresión se relaciona inversamente con la relación agua-cemento.

Para un concreto plenamente compactado fabricado con agregados limpios y sanos, la resistencia y otras propiedades deseables del concreto, bajo determinadas condiciones de trabajo, están gobernadas por la cantidad de agua de mezclado que se utiliza por unidad de cemento.

La relación agua-cemento apropiada para la elaboración de concretos en la construcción de pavimentos se encuentra en el rango de 0.44 a 0.50, siendo esta última la apropiada cuando no se usan aditivos (0.5 Kg. de agua por 1.0 Kg. de cemento). La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia a carga axial medida en un espécimen de concreto o de mortero y generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) a una edad de 28 días y se le designa con el símbolo f_c .

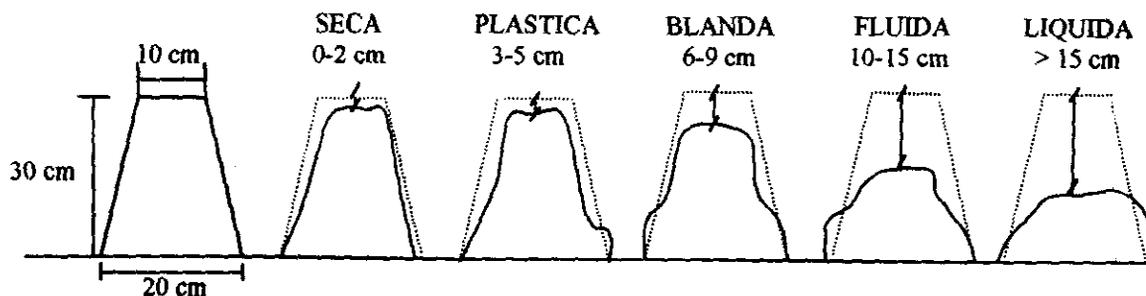
Del concreto utilizado en estructuras y pavimentos se espera que tenga una vida larga y un mantenimiento bajo. Debe tener buena durabilidad para resistir condiciones de exposición anticipadas.

Los pisos, pavimentos y estructuras hidráulicas están sujetos al desgaste; por lo tanto, en estas aplicaciones el concreto debe tener una resistencia elevada a la abrasión, la cual está estrechamente relacionada con la resistencia a la compresión del concreto y por lo consiguiente, a la relación agua-cemento.

Las resistencias del concreto más usadas para los pavimentos de circulación vehicular estará el rango en una f_c entre 200 y 400 Kg/cm^2 , y para los de circulación peatonal una f_c entre 150 y 200 Kg/cm^2 .

Las resistencias que son recomendables para los concretos, serán las de una f_c de 150 kg/cm^2 y con una relación agua-cemento de 0.50 para banquetas; 250 Kg/cm^2 y una relación de agua-cemento de 0.47 para el arroyo vehicular de tránsito con frecuencia ligera y 300 Kg/cm^2 y una relación agua-cemento de 0.44 para el arroyo vehicular de tránsito pesado.

CONSISTENCIA DEL CONCRETO (CONO DE ABRAMS)



Revenimiento.

El concreto recién mezclado debe ser plástico o semifluido y capaz de ser moldeado a mano. El concreto de consistencia plástica no se desmorona, sino que fluye como líquido viscoso sin segregarse.

El revenimiento se utiliza como una medida de consistencia del concreto. Un concreto de bajo revenimiento tiene una consistencia dura.

El concreto debe ser fabricado para tener siempre una trabajabilidad, consistencia, y plasticidad adecuadas a las condiciones de trabajo. La trabajabilidad es una medida de lo fácil o difícil que resulta colocar, consolidar y darle acabado al concreto. La consistencia es la facultad del concreto fresco para fluir. La plasticidad determina la facilidad de moldear al concreto. Si se usa más agregado en una mezcla de concreto o si se agrega menos agua, la mezcla se vuelve más rígida (menos plástica y menos trabajable) y difícil de moldear. No se pueden considerar plásticas a las mezclas muy secas o muy desmoronables ni a las muy aguadas o fluidas.

Se requieren distintos revenimientos para los diversos tipos de construcción con concreto; para los pavimentos, el recomendado es 5.0 cm con un máximo 7.5 cm y mínimo 2.5 cm, con los que se obtendrá una mezcla de bajo revenimiento y de consistencia dura, por lo tanto, se requiere disponer del equipo de compactación adecuado (vibradores o una regla vibratoria) para que se obtengan buenos resultados; en su defecto, las mezclas se deben solicitar (cuando se trata de concreto premezclado) o diseñar para un revenimiento máximo de 10 cm con una tolerancia de 2 cm, con el cual se obtendrá una mezcla lo suficientemente trabajable para compactarse fácilmente con el rasero y el varillado manual.

Debemos considerar que para dar un revenimiento mayor se tiene que agregar agua a la mezcla, por lo tanto, también tendremos que agregar cemento para mantener la relación recomendada.

Contenido de agua.

El contenido de agua del concreto puede ser alterado por un gran número de factores: tamaño y forma del agregado, revenimiento, relación agua-cemento, aditivos y condiciones ambientales, por lo tanto, éstos son los puntos más importantes a conocer para determinar el contenido de agua en la mezcla.

Contenido de cemento.

El contenido de cemento se determina usualmente a partir de la relación agua-cemento y del contenido de agua elegidos, aunque frecuentemente se incluye en las especificaciones un contenido mínimo de cemento además de una relación agua-cemento máxima. Los requisitos mínimos de cemento sirven para asegurar una durabilidad y acabado satisfactorios y una mayor resistencia al desgaste en las losas.

Si la obra se va a realizar con concreto pre-mezclado el procedimiento a seguir es el siguiente; al pedirlo al proveedor únicamente se le debe mencionar la siguiente información: la fecha y hora de entrega de la primera carga y el periodo requerido entre entregas, debe tenerse en cuenta la capacidad y cantidad del personal y equipo para colocar, consolidar y acabar el concreto, así como el límite de tiempo para la cancelación de una carga en caso de que haya mal tiempo o se presente una emergencia. El concreto debe ordenarse en términos similares a los siguientes: (ejemplo) entregue 18 m^3 de concreto pre-mezclado con una resistencia normal de $f' c = 200 \text{ Kg/cm}^2$, y un revenimiento entre 5 y 7 cm y un tamaño máximo de agregado de 38 mm, en cargas de 6 m^3 con intervalos de 1-1/2 horas a partir de las 8:00 h. De esta manera no tendremos que preocuparnos por el cuidado, almacenaje y falta de materiales, el proporcionamiento y la dosificación de las mezclas, etc.

Proporcionamiento.

Antes de efectuar el proporcionamiento de una mezcla, se seleccionan sus características en base al uso que se propone dar al concreto, a las condiciones de exposición, al tamaño y forma de las losas, y a las propiedades físicas del concreto (tales como la resistencia), que se requieran para los pavimentos. Una vez que estas características se han elegido, la mezcla se debe proporcionar a partir de datos de campo o de laboratorio. Como la mayor parte de las propiedades que se busca obtener en el concreto endurecido depende

básicamente de la pasta de cemento, el primer paso para proporcionar una mezcla de concreto consiste en seleccionar una relación agua-cemento acorde con la durabilidad y resistencia requeridas.

Las mezclas de concreto se deben mantener lo más sencillas posibles, pues un número excesivo de ingredientes, a menudo provoca que la mezcla de concreto sea difícil de controlar.

Dosificación.

La dosificación es el proceso de pasar a medir volumétricamente e introducir al mezclador los ingredientes para una mezcla de concreto. Para producir concretos de calidad uniforme, los ingredientes deberán medirse con precisión en cada mezcla.

Todos los agregados deben medirse por separado y de acuerdo a las cantidades establecidas para el tipo de concreto que se va a elaborar. Cuando el concreto es premezclado, este proceso se hace por peso, esta es la forma más exacta para dosificar los materiales. Cuando el concreto es hecho en la obra, los agregados y el agua se pueden medir por volumen en recipientes como los botes alcoholeros, cuidando que no sean golpeados ni dañados para no alterar su capacidad. Una forma de conservar los recipientes de medición es que sólo se usen para ese fin.

La fabricación de concreto en obra sólo se recomienda para obras pequeñas, para completar los colados o cuando no existe la posibilidad de emplear el concreto pre-mezclado.

Mezclado.

Para asegurarse que los componentes estén combinados en una mezcla homogénea se requiere de esfuerzo y cuidado. La secuencia de carga de los ingredientes en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado. Es preferible que el cemento se cargue junto con otros materiales, pero debe entrar después de que aproximadamente el 10 % del agregado haya entrado en la mezcladora.

El agua debe entrar primero en la mezcladora y continuar fluyendo mientras los demás ingredientes se van cargando y debe terminar de introducirse dentro del 25 % inicial del tiempo de mezclado. Así la cantidad de agua necesaria

para cada mezcla se debe medir conforme a la especificación, antes del proceso.

El tiempo de mezclado para una mezcladora con capacidad de un saco es aproximadamente un minuto y quince segundos, y nunca podrá ser menor de 50 segundos ni mayor de 90 segundos; sin embargo, este tiempo variará según las condiciones de la mezcladora. El tiempo de mezclado debe medirse a partir del momento en que todos los ingredientes están dentro de la mezcladora.

Pruebas (control de calidad).

Las pruebas de control de calidad para el concreto se efectúan para garantizar y comprobar que éste cumple con los requerimientos de las especificaciones deseadas. Estas pruebas son llevadas a cabo de dos formas; en la obra y en un laboratorio y se realizan en el concreto fresco y endurecido. Se recomienda que este control sea llevado a cabo en forma continua.

Prueba del revenimiento.

La prueba de revenimiento, norma ASTM C 143, es el método de mayor aceptación que generalmente se utiliza para medir la consistencia del concreto. El equipo de prueba consiste en un cono de revenimiento (un Molde de metal de forma cónica de 30 cm de altura con diámetro de 20 cm en la base y de 10 cm en la parte superior) y una barra de acero (de 15.9 mm de diámetro, y 61 cm de largo) que tenga una punta de forma semiesférica. El cono de revenimiento humedecido, colocado a plomo sobre una superficie plana y sólida, se debe llenar en tres capas de aproximadamente igual volumen. Por lo tanto, el cono se debe llenar hasta una altura de aproximadamente 6.5 cm para la primera capa, y después de picar con la varilla llenar hasta aproximadamente 15 cm para la segunda capa, y sobrellenarse en la última capa.

A cada capa se le aplican 25 golpes con la varilla. Luego del picado con la varilla, la última capa se enrasa y se retira el cono lento y verticalmente, mientras el concreto se desploma o se asienta hasta alcanzar una nueva altura. El cono de revenimiento vacío se coloca enseguida junto al concreto asentado. El revenimiento es la distancia vertical que el concreto se ha asentado, midiéndolo con una precisión de medio centímetro desde la parte superior del cono de revenimiento (Molde) hasta el centro original desplazado del concreto desplomado.

Un valor alto de revenimiento señala a un concreto húmedo y fluido. La prueba de revenimiento deberá iniciarse dentro los siguientes 5 minutos a la obtención de la muestra y la prueba se deberá completar en 2-1/2 minutos, debido a que el concreto pierde revenimiento con el tiempo.

III.9 COLOCACION DEL CONCRETO.

La facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado se denomina trabajabilidad. El concreto debe ser trabajable y no se debe segregar ni sangrar excesivamente. El sangrado es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado, provocada por el asentamiento de los materiales sólidos (cemento, arena y piedra) dentro de la masa. El asentamiento es consecuencia del efecto combinado de la vibración y de la gravedad.

Después de un proporcionamiento adecuado, así como, dosificación, mezclado, colocación, consolidación, acabado y curado, el concreto endurecido se transforma en un material de construcción resistente, no combustible, durable, con resistencia al desgaste y prácticamente impermeable que requiere poco o nulo mantenimiento. El concreto también es un excelente material de construcción, porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturas para obtener un número ilimitado de acabados.

Manejo y transporte.

Aunque no existe una forma perfecta para transportar y manejar al concreto, una planeación anticipada puede ayudar en la elección del método más adecuado evitando así la ocurrencia de problemas. La planeación debe tener en consideración tres eventos que, en caso que sucedan durante el manejo y la colocación, podrían afectar seriamente la calidad del trabajo terminado:

- **Retrasos.**- el objetivo que se persigue al planear cualquier calendario de trabajo es producir el trabajo con la mayor rapidez contando con la mejor fuerza laboral y con el equipo adecuado para realizarlo. Se logrará una productividad máxima si se planea el trabajo para aprovechar al máximo el personal y si se elige el equipo de manera que se reduzca el tiempo de retraso durante la colocación del concreto.

- **Endurecimiento temprano y secado.-** el concreto comienza a endurecer en el momento en que se mezclan el cemento con el agua, pero el grado de endurecimiento que ocurre durante los primeros 30 minutos normalmente no presenta problemas; por lo general, el concreto que se haya mantenido en agitación se puede colocar y compactar dentro de la primera hora y media posterior al mezclado. La planeación deberá eliminar o minimizar cualquier variable que permita que el concreto endurezca hasta el grado en que no se pueda lograr una completa consolidación y se dificulte efectuar el acabado. Se dispone de menos tiempo cuando existen condiciones que aceleran el proceso de endurecimiento, como ocurre en los climas calurosos y secos; con el uso de aditivos acelerantes; y con el uso de concreto calentado.

- **Segregación.-** la segregación es la tendencia que presenta el agregado grueso a separarse del mortero cemento-arena. Esto tiene como consecuencia que parte de la mezcla tenga una cantidad demasiado pequeña de agregado grueso y que el resto tenga agregado grueso en cantidades excesivas. Probablemente la primera parte se contraerá más, se agrietará y tendrá una baja resistencia a la abrasión. La segunda será demasiado áspera para lograr una consolidación y acabado totales y será causa frecuente de hundimientos. Los métodos y equipos que lleguen a usarse para transportar y manejar concreto no deberá ser causa de segregación.

En nuestro medio, la carretilla es el tipo de transporte para concreto más utilizado dentro de la obra de construcción de pavimentos y sólo se debe usar para distancias cortas, tratando de que el concreto sea vaciado lo más cerca de su posición final. Debe haber el número de ellas suficiente para facilitar las labores del colado.

Colado.

La preparación previa al colado del concreto incluye diversas actividades, como la compactación de la sub-base, la formación de guarniciones, y el humedecimiento de la sub-base o subrasante; el montaje de las cimbras y la fijación segura en el concreto del acero de refuerzo (cuando por alguna causa sea necesario) y de los demás accesorios que vayan a quedar insertos. El humedecimiento de la subrasante o la sub-base es muy importante, especialmente en los climas calurosos y secos a fin de que la subrasante seca no absorba demasiada agua del concreto y también para incrementar el nivel

de humedad del aire, logrando con eso disminuir la evaporación de agua en la superficie del concreto. Se debe humedecer la subrasante antes del colado del concreto, pero no deben tener charcos o sitios demasiados húmedos, suaves y fangosos cuando se vacíe el concreto.

Cuando de vaya a depositar concreto sobre roca o sobre concreto endurecido, se deberá retirar todo el material suelto, y las caras de corte en el concreto endurecido deberán ser casi verticales u horizontales en vez de inclinadas.

El concreto se debe depositar sin interrupciones lo más cerca posible de su posición final, rebasando ligeramente las cimbras y nivelarlo de manera aproximada con palas cuadradas o con rastrillos para concreto. Los vacíos grandes de aire, atrapados en el concreto durante la colocación se deben remover por medio de la consolidación. En la construcción de losas, el colado debe comenzar a lo largo del perímetro en un extremo del trabajo descargando cada mezcla contra el concreto previamente colado. No se debe vaciar el concreto en pilas separadas para luego nivelarlo y trabajarlo simultáneamente, tampoco se debe colocar en pilas corridas para moverlo horizontalmente a su posición final. Tales prácticas constructivas producen segregación porque el mortero tiende a fluir antes que el material más grueso.

En general, el concreto se debe colocar en capas horizontales de espesor uniforme, consolidando adecuadamente cada capa antes de colocar la siguiente. La velocidad de colocación deberá ser lo suficientemente rápida para que la capa de concreto no haya fraguado cuando se le coloque encima la nueva capa, ésto evitará zonas propicias para las filtraciones (fisuras), y planos de debilidad (juntas frías) que se producen cuando el concreto fresco se cuele sobre el concreto endurecido. El espesor de las capas dependerá de la altura de las cimbras.

Consolidación (enrasado, vibrado, picado, compactación, etc.).

La consolidación es el proceso que consiste en compactar al concreto fresco para amoldarlo dentro de las cimbras, a fin de eliminar los depósitos de piedras, los hundimientos y las cavidades de aire atrapado. La consolidación se obtiene por medio de métodos manuales o mecánicos. El método elegido dependerá de la consistencia de la mezcla, de las condiciones de colado y de la disponibilidad de equipo.

Las mezclas fluidas y trabajables se pueden consolidar por picado manual, es decir, introduciendo repetidamente una varilla apisonadora u otra herramienta

adecuada dentro del concreto y las mezclas duras se deben consolidar con equipo mecánico como los vibradores o reglas vibratorias.

La nivelación o enrasado.

Es el proceso que consiste en retirar el exceso de concreto de la superficie superior de una losa para dejarla en el nivel apropiado. El rasero que se utiliza en el método manual es una regla que puede tener el borde inferior recto o ligeramente curvo, dependiendo de los requisitos que deba satisfacer la superficie. Se deberá mover sobre el concreto con un movimiento de vaivén o de aserrado, avanzando una pequeña distancia en cada movimiento. Deberá existir exceso o sobre carga de concreto contra la carga frontal de la regla para ir rellenando las partes bajas a medida que la regla pase sobre la losa. Por ejemplo una losa de 16 cm de espesor necesita una sobre carga de aproximadamente 4 cm. Algunas veces las reglas están equipadas con vibradores que consolidan el concreto y ayudan a reducir el trabajo de enrasado, esas combinaciones se denominan reglas vibratorias. La nivelación y la consolidación deben terminarse antes de que el agua de sangrado se acumule sobre la superficie.

Inmediatamente después del enrasado, se debe usar una alisadora o llana con el propósito de eliminar los puntos altos o bajos de las losas e incrustar las partículas grandes de agregado. La alisadora de mango largo se utiliza en áreas demasiado extensas en donde no se pueda tener acceso con alguna alisadora de mango corto. Para los concretos sin aire incluido, se debe tener la precaución de no sobretrabajar el concreto, porque con eso se obtendrá una superficie menos durable.

La vibración.

Pone en movimiento las partículas en el concreto recién mezclado, reduciendo la fricción entre ellas y dándole a la mezcla las cualidades móviles de un fluido denso. La acción vibratoria permite el uso de una mezcla más dura que contenga una mayor proporción de agregado grueso y una menor proporción de agregado fino. Empleando un agregado bien graduado, entre mayor sea el tamaño máximo del agregado en el concreto, habrá que llenar con pasta un menor volumen y existirá una menor área superficial de agregado por cubrir con pasta, teniendo como consecuencia una cantidad menor de agua y de cemento. Con una consolidación adecuada, las mezclas más duras y ásperas

pueden ser empleadas, lo que da como resultado una mayor calidad y economía.

La vibración, ya sea interna o externa, es el método comúnmente más usado para consolidar concreto. Al vibrar el concreto, la fricción interna entre las partículas de agregado se destruyen temporalmente y el concreto se comporta como un líquido; se asienta en las cimbras por acción de la gravedad y los vacíos grandes de aire atrapados suben más fácilmente a la superficie. La fricción interna se restablece en el momento en que la vibración se detiene.

En las losas delgadas, el vibrador se deberá insertar con un ángulo casi horizontal de modo que se mantenga completamente sumergida la cabeza del vibrador. En las losas sobre el suelo, el vibrador no deberá entrar en contacto con la subrasante y un tiempo de inserción de 5 a 15 segundos dará normalmente una consolidación adecuada.

Los vibradores de superficie, tales como las reglas vibratorias, se emplean para consolidar el concreto en los pisos y en otros trabajos de superficies planas. Las reglas vibratorias proporcionan un control efectivo a las operaciones de nivelación y ahorran una gran cantidad de trabajo; sin embargo, este equipo no se debe usar para concretos con revenimientos mayores de 7.5 cm.

Acabado.

A las losas de concreto se les puede dar acabado de distintas maneras. Dependiendo del uso que vayan a brindar los pavimentos, se les puede aplicar los acabados de emparejado, pulido o escobillado.

Las cuadrillas de acabado deben ser lo suficientemente grandes para colar, acabar y curar correctamente las losas de concreto, tomando las debidas consideraciones de la temperatura del concreto, los efectos de las condiciones atmosféricas sobre su tiempo de fraguado y conforme el tamaño del colado por completar.

Aplanado.

Las operaciones precedentes al enrasado deben nivelar, amoldar y alisar la superficie, también pueden llegar a consumir una pequeña cantidad de pasta de cemento. Aunque a veces no se necesita un acabado posterior en la mayoría de las losas, el aplanado se complementa con alguna de las siguientes operaciones de acabado: bordeado, junteado, emparejado, alisado y escobillado. Se necesita que el concreto haya endurecido ligeramente antes de poder iniciar cualquiera de estas operaciones. Cuando el brillo del agua del sangrado haya desaparecido y el concreto sostenga la presión provocada por los pies de una persona hundiéndose solamente medio centímetro, se considerará que la superficie está lista para proseguir las operaciones de acabado.

Nota: Una de las principales causas de la existencia de defectos en la superficie de las losas de concreto, se debe a la aplicación del acabado mientras existe agua de sangrado en la superficie; ya que cualquier operación de acabado realizada en la superficie de cualquier losa de concreto mientras esté presente el agua de sangrado causará graves agrietamientos, levantamiento de polvos, y descascaramientos. Emparejar y alisar el concreto antes de que el proceso de sangrado se haya completado, podría también atrapar el agua de sangrado bajo la superficie terminada produciendo zonas debilitadas o vacíos que, ocasionalmente, acabarán en forma de desprendimientos laminares.

Bordeado y junteado.

El bordeado se debe efectuar a lo largo de todos los bordes de las cimbras y de las juntas de aislamiento y construcción en los pisos y en las losas exteriores, como son las losas de banqueta, calzadas y patios. El bordeado densifica y compacta el concreto cercano a la cimbra; en esos lugares, el aislado y el emparejado son menos efectivos, por lo que con el bordeado se proporciona una mayor durabilidad y una menor vulnerabilidad al descascaramiento y a la fragmentación.

En la operación de bordeado, se debe quitar de las cimbras hasta una profundidad de 2.5 cm haciendo uso de una cuchara de albañilería puntiaguda. Después, se deberá aplicar un rebordeador casi plano sobre la superficie y correrse con el frente ligeramente levantado para evitar que el mismo rebordeador deje una impresión demasiado profunda. Se puede necesitar rebordear después de cada operación de acabado subsecuente.

Las prácticas adecuadas de junteo pueden eliminar agrietamientos aleatorios (caprichosos) de mal aspecto. Las juntas de contracción se hacen con un ranurador manual (volteador) o insertando dentro del concreto aún sin endurecer, tiras de plástico, madera, metal (cercha), o algún material preformado para juntas de control, la losa deberá juntarse durante la operación de bordeado o justo después de ella. Las juntas de contracción también se puede hacer en el concreto endurecido utilizando una sierra.

Pulido.

Cuando se desea obtener una superficie densa, dura y lisa, al emparejado deberá proseguir el pulido metálico. El pulido no se deberá ejecutar en una superficie que no se haya emparejado previamente. Pulir después de solo haber aplanado, no es un procedimiento adecuado de acabado.

Al dar acabado a mano a las losas grandes, se acostumbra emparejar y alisar inmediatamente una zona antes de mover las tablas donde se hinca el trabajador. Estas operaciones se deben retrasar hasta después que el concreto haya endurecido lo suficiente, de tal suerte que el agua y el material fino no se desplacen hasta la superficie. Por supuesto que con un retraso demasiado prolongado se encontrará una superficie extremadamente dura para emparejar y pulir. La tendencia existente, sin embargo, es la emparejar y pulir demasiado pronto la superficie, lo que constituye un error, ya que el emparejado y el alisado prematuro pueden ser causa de descacaramiento, agrietamientos irregulares o levantamiento de polvos, produciendo a fin de cuentas, una superficie con una resistencia a la abrasión (desgaste) reducida.

El esparcir cemento seco sobre una superficie exageradamente húmeda para absorber el exceso de agua no es una práctica recomendada y puede provocar agrietamientos irregulares. Se debe evitar la aparición de tales excesos de humedad dentro de lo posible, realizando ajustes en la granulometría de agregado, en las proporciones de las mezclas, y en la consistencia. Cuando estos excesos llegan a ocurrir, las operaciones de acabado se deben retrasar hasta que el agua se evapore o se remueva con una barredora de goma para pisos o arrastrando cuidadosamente una manguera. Si la barredora de goma o la manguera se llegan a emplear, se debe tener cuidado de no remover cemento junto con el agua.

El primer pulido puede producir la superficie deseada libre de defectos. No obstante, la resistencia al desgaste, la densidad y la tersura de la superficie se

pueden mejorar con pulidos adicionales. Deberá transcurrir cierto tiempo entre los pulidos sucesivos para permitir que el concreto se vaya endureciendo.

Escobillado.

Se puede producir una superficie resistente contra patinamientos por medio del escobillado antes de que el concreto haya endurecido completamente, aunque debe estar lo suficientemente dura para tener la impresión del rayado. Un rayado tosco se puede obtener con un rastrillo, de cerdas de acero, o con un cepillo de cerdas de fibra gruesa y rígida: tal texturizado normalmente sigue al emparejado. Si se desea obtener una textura más fina, el concreto se debe emparejar y pulir hasta lograr una superficie tersa y, ya entonces, cepillar con una escoba de cerdas suaves. Se obtienen mejores resultados con escobas fabricadas especialmente para texturizar concreto. Las losas de piso comúnmente se rayan en dirección transversal a la dirección principal del tránsito.

Se puede utilizar una gran variedad de patrones y texturas para producir acabados decorativos. Los patrones se pueden formar con tiras divisorias de otros materiales, rayando en diferentes direcciones o estampando la superficie antes de que el concreto endurezca.

Tolerancias.

La tolerancia máxima permitida por diferencia de nivel en la superficie de un pavimento será de cinco milímetros en una distancia de tres metros. Esta se debe verificar durante la operación de emparejado del concreto aún fresco, colocando una regla horizontalmente y observando las diferencias que existan. Si éstas existen se debe añadir el concreto faltante o retirar el excedente antes de que se apliquen los trabajos de acabado.

En cuanto a trazo y dimensionamiento en cualquier tipo de pavimento o en las guarniciones no existirá tolerancia alguna.

Colados en climas extremosos.

El concreto se puede colar de manera segura durante los meses de invierno en climas fríos y los meses de verano en climas calurosos, si se toman ciertas precauciones para evitar los efectos nocivos del clima.

Colado en clima frío.

Definiremos al clima frío como el período en el que por más de tres días sucesivos la temperatura media diaria caiga por debajo de los cinco grados centígrados. Las prácticas de colado normal se deben efectuar una vez que la temperatura ambiente se encuentre por encima de diez grados centígrados durante más de medio día. Para efectuar trabajos de colado durante temperaturas muy bajas se debe hacer preparativos de protección del concreto, ejemplo; colocación de rompevientos, calentadores portátiles, mantas, etc., para preservar la temperatura del concreto. Cuando los trabajos de construcción de pavimentos son ejecutados por el sistema de auto construcción, no es recomendable que el concreto sea colado si las temperaturas ambientales son menores de los cinco grados centígrados.

Colado en clima caluroso.

Las condiciones ambientales de la obra, con clima caluroso. Con viento o calma, con clima seco o húmedo, pueden diferir de las condiciones del diseño de una mezcla hecha para una aplicación generalizada en condiciones óptimas. El clima caluroso puede crear ciertas dificultades para trabajar en el concreto fresco, como lo son:

- Una mayor demanda de agua.
- Pérdidas aceleradas de revenimiento.
- Rapidez del fraguado.
- Una mayor tendencia al agrietamiento plástico.
- La necesidad de un curado inmediato.

El hecho de agregar agua al concreto en la obra puede afectar adversamente las propiedades y la capacidad de servicio del concreto endurecido, teniéndose como efecto:

- Una resistencia reducida.
- Una durabilidad e impermeabilidad reducidas.
- Una apariencia no uniforme en la superficie.

➤ Una tendencia elevada a la contracción por secado.

El trabajo se podrá ejecutar con tranquilidad solamente si, anticipándose a las condiciones de los climas calurosos, se toman las precauciones necesarias para atenuar esas dificultades.

Aunque la temperatura más favorable y deseable para la colocación del concreto fluctúa entre 10 y 16 grados centígrados, esto no siempre es posible tenerlo y también resulta impráctico limitar la temperatura máxima. La poco recomendable práctica en la obra, de agregar agua sin agregar cemento, a efecto de contrarrestar la pérdida de revenimiento y manejabilidad del concreto, acaba disminuyendo, en consecuencia, la resistencia del concreto a cualquier edad y afectando adversamente otras propiedades del concreto endurecido. Esto se manifiesta sobre la resistencia del concreto a edades tardías, debido a la alta temperatura durante el fraguado, aún cuando no se hubiera agregado más agua. Pero siempre serán mayores los efectos si se agrega agua en exceso.

Para contrarrestar los efectos nocivos del clima caluroso es necesario bajar la temperatura de los materiales constituyentes antes de mezclarlos (cuando el concreto es hecho en obra). Se debe enfriar uno o más ingredientes, manteniendo el agua y los agregados lo más fresco posible. El agua puede almacenarse en depósitos que no estén expuestos directamente a los rayos del sol. Los agregados tienen un efecto pronunciado en la temperatura del concreto pues representan del 70 al 85 % del peso total del concreto. La forma más fácil de mantener los agregados fríos consiste en mantener los montones a la sombra y humedecerlos por aspersion. Como la evaporación es un proceso de enfriamiento, la aspersion es un método efectivo, especialmente cuando la humedad del ambiente es baja. Esta aspersion debe controlarse para evitar una variación excesiva en el contenido de humedad en los agregados, lo que a su vez provocaría una pérdida de uniformidad en el revenimiento.

La colocación de rompevientos y toldos que proyecten sombras sobre la superficie del concreto colado, es también una forma de bajar la temperatura del concreto fresco.

Nota: no se recomienda colocar concreto cuando las temperaturas ambientales sean superiores a los 28 grados centígrados y no se tome en cuenta las recomendaciones señaladas.

III.10 CURADO.

Todas las losas de concreto recién coladas y acabadas se deben curar y proteger contra un secado rápido, cambios violentos de temperatura y daños provocados por el tránsito y las construcciones subsecuentes.

El curado deberá comenzar lo más pronto posible después del acabado. El curado es necesario para asegurar la continua hidratación del cemento y el desarrollo de resistencia del concreto. Cuando el trabajo con el concreto continúa durante periodos en condiciones ambientales adversas, es necesario tomar precauciones especiales, por ejemplo:

- En los climas fríos, se deberán hacer arreglos anticipados para calentar, cubrir, aislar o tapar al concreto.
- El trabajo en climas calurosos podría requerir precauciones especiales contra secados y evaporaciones rápidas y contra temperaturas excesivamente altas.

El aumento de resistencia continuará con la edad mientras este presente algo de cemento sin hidratar, a condición que el concreto permanezca húmedo. La superficie de un piso de concreto que no ha tenido suficiente curado húmedo es una práctica común y debido a que la superficie del concreto se seca rápidamente, se debilita y se producen descascaramientos en partículas finas provocadas por el tránsito. Así mismo, el concreto se contrae al secarse, del mismo modo que lo hacen la madera, el papel y la arcilla. La contracción por secado es una causa fundamental de agrietamiento, y el ancho de las grietas está en función del grado del secado.

El curado consiste en mantener en el concreto un contenido de humedad y una temperatura satisfactoria durante un periodo definido inmediatamente después de la colocación y el acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas. Nunca se exagerará al enfatizar la necesidad de un curado adecuado. El curado tiene una gran influencia sobre las propiedades del concreto endurecido como son durabilidad, resistencia, hermeticidad, resistencia a la abrasión, estabilidad volumétrica y resistencia a la congelación y deshielo y a las altas sales para descongelar. Las superficies sujetas a severa exposición son especialmente sensibles al curado, pues el desarrollo de la resistencia en la superficie puede llegar a reducirse de manera importante cuando el curado es defectuoso.

Los objetivos del curado son por consiguiente:

- Prevenir (o reaprovisionar) la pérdida de humedad del concreto.
- Mantener una temperatura favorable en el concreto durante un período definido.

El método de mayor efectividad para curar el concreto depende de las circunstancias. Para la mayoría de los trabajos, el curado normal resulta adecuado, pero en algunos casos, como ocurre en los climas calurosos y en los climas fríos, se requiere de cuidados especiales.

Métodos y materiales de curado.

El concreto puede mantenerse húmedo (y, en ciertos casos, a temperatura favorable) con el uso de tres métodos de curado:

1. - Métodos que mantengan la presencia de agua de mezclado en el concreto durante el periodo inicial de endurecimiento. Entre éstos se incluye la inundación o inmersión, el rociado por aspersión y las cubiertas húmedas saturadas. Estos métodos proporcionan un cierto enfriamiento a través de la evaporación, lo cual es benéfico en climas calurosos.
2. - Métodos que evitan la pérdida del agua de mezclado del concreto, sellando la superficie. Esto se puede lograr cubriendo el concreto con papel impermeable o con hojas de plástico o aplicando compuestos de curado que formen membranas.
3. - Métodos que aceleran la ganancia de resistencia suministrando calor y humedad adicional al concreto. Esto se logra normalmente con vapor directo, serpentines de calentamiento, cimbras o almohadillas calentadas eléctricamente.

Curado con agua.

Inundación. - En las superficies planas tales como pavimentos y pisos, el concreto se puede curar por inundación. Se puede retener un tirante de agua por medio de bordos de arena o de tierra en el perímetro de la superficie de concreto. La inundación es un método ideal para evitar la pérdida de humedad y también es efectivo para conservar una temperatura uniforme en el concreto. El agua de curado no debe de estar 11° C más fría que el concreto, a fin de

evitar esfuerzos por temperatura que pudieran ser causa de agrietamientos. Como la inundación requiere de trabajo y supervisión considerables, el método solamente es empleado en los trabajos pequeños.

Rociado o aspersión. - La aspersión o rociado continuo con agua es un método excelente de curado cuando la temperatura ambiente queda suficientemente por encima de la congelación y cuando la humedad es muy baja. Se debe aplicar una llovizna muy fina de manera continua a través de un sistema de boquillas o rociadores. Los rociadores ordinarios para césped resultan efectivos si se logra una buena cobertura y si el volumen de descarga de agua no tiene demasiada importancia. Las mangueras para regar el suelo son útiles en superficies verticales o casi verticales. El costo del rociado puede ser una desventaja.

El método requiere de una amplia fuente de abastecimiento y de una supervisión cuidadosa. Si el rociado o aspersión se hace a intervalos, se debe evitar que el concreto se seque entre las aplicaciones de agua, por que los ciclos alternos de saturación y secado pueden ser causa de agrietamientos irregulares en la superficie. También se deben adoptar precauciones para evitar que se presente erosión en el concreto recién acabado, provocada por el agua.

III.11 JUNTAS.

Las juntas tienen como finalidad evitar fisuras debidas a las dilataciones y contracciones que sufre el concreto al variar la temperatura y se deben colocar en forma transversal y axial.

En la práctica es conveniente establecer juntas con una separación máxima de 4.5 m sobre cualquier superficie construida con concreto. Las dos causas básicas por las que se producen grietas en el concreto son:

- Esfuerzos debidos a cargas aplicadas y,
- Esfuerzos debidos a contracción por secado o a cambios de temperatura en condiciones de restricción.

Los esfuerzos provocados por las fluctuaciones de temperatura pueden causar agrietamientos, especialmente a edades tempranas.

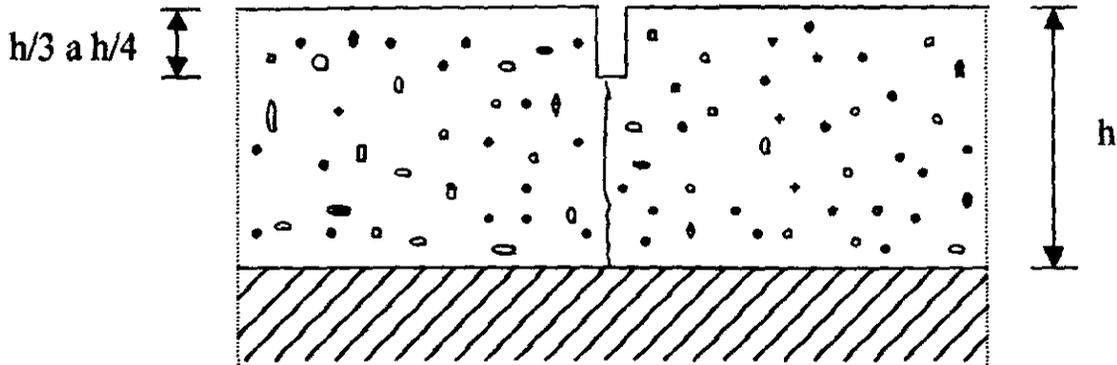
Las juntas son el método más efectivo para controlar los agrietamientos. Si una extensión considerable de concreto (una pared, losa o pavimento) no tiene juntas convenientemente esparcidas que alivien la contracción por secado y por temperatura, el concreto se agrietará de forma irregular y caprichosa.

Juntas de construcción.

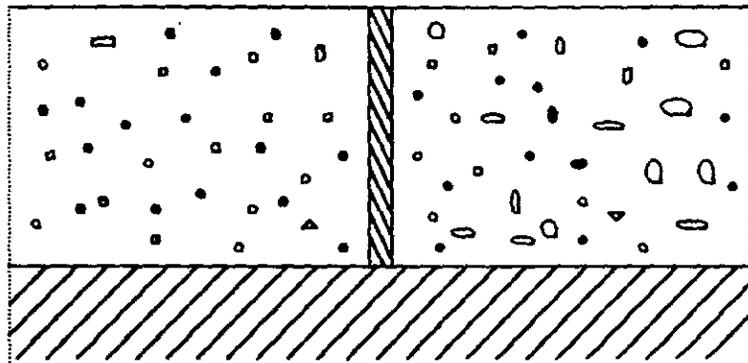
Las juntas de construcción se colocan en los lugares donde ha concluido la jornada de trabajo; separan áreas de concreto colocado en distintos momentos.

En las losas para pavimentos, las juntas de construcción comúnmente se alinean con las juntas de control o de separación, funcionan también como éstas últimas. Las juntas de construcción son lugares de paro durante el proceso de construcción. Una verdadera junta de construcción debe unir al concreto nuevo con el concreto existente y no debe permitir ningún movimiento. En las siguientes figuras se observan los tipos de juntas.

Junta de contracción



Junta de dilatación



Las barras de anclaje preformadas se emplean a menudo en las juntas de construcción para restringir los movimientos. Como se requiere de cuidados adicionales para formar una junta de construcción verdadera, usualmente se les diseña y construye para que funcionen como juntas de contracción o de aislamiento y se les alinea con ellas, y por lo tanto pueden hacerse desligadas a propósito. Como materiales desligantes se pueden utilizar aceites, pinturas y agentes para separar cimbras. En los pisos de gran espesor, para cargas grandes, se utiliza comúnmente juntas de construcción con barras pasajuntas

sin ligar; de otra manera, las juntas machihembradas resultan satisfactorias. Para las losas delgadas, bastará con una junta a tope de cara plana.

Juntas de contracción.

Las juntas de contracción permiten el movimiento en el mismo plano de la losa e inducen el agrietamiento de contracción causado por el secado y los cambios de temperatura en los sitios preseleccionados. Las juntas de contracción (en ocasiones también llamadas de control) deberán ser construidas para permitir la transferencia de cargas perpendiculares al plano de la losa. Si no se utilizan juntas de contracción o si quedan espaciadas demasiado alejadas en las losas sobre el terreno, ocurrirán agrietamientos caprichosos cuando la contracción por secado y la contracción por temperatura produzcan esfuerzos de tensión mayores que la resistencia a la tensión del concreto.

Las juntas de contracción en las losas sobre el terreno pueden hacerse de diversas maneras. Uno de los métodos más comunes consiste en aserrar una ranura recta continua en la parte superior de la losa sobre el concreto ya endurecido. Esto forma un plano de debilidad en el cual se va a formar una grieta. Las cargas verticales se transmiten a través de la junta por la trabazón de agregados entre las caras opuestas de la grieta siempre y cuando la grieta no sea demasiado ancha y que el espaciamiento entre juntas no sea demasiado grande.

Cuando las juntas de contracción sean fabricadas aserrando o marcando el concreto endurecido (en el método continuo), el material para las juntas podrá tener una profundidad de la mitad de la altura de la losa.

Sellado.

El sellado de las juntas en los pavimentos tiene como finalidad principal la de evitar el paso del agua a la sub-base o estructura de soporte de las losas y, por consiguiente el asentamiento, el agrietamiento y la ruptura de los mismos.

Las juntas de dilatación o de aislamiento en los pavimentos de circulación vehicular, deberán ser selladas con una emulsión asfáltica que garantice que el agua no pasará a la sub-base.

III.12 APERTURA AL TRANSITO.

La esperada apertura al tráfico se debe efectuar por etapas, pues es necesario que el concreto alcance toda su resistencia para evitar daños severos a los pavimentos. Los accesos a los pavimentos de deben bloquear con barricadas cuando los trabajos de acabado han finalizado y no se debe permitir el paso, excepto a quienes van a realizar alguna operación necesaria, como la aplicación de una membrana o cualquier otro material de curado. Respetando la siguiente recomendación los daños se minimizan o se eliminan: después de los tres primeros días, los pavimentos pueden ser abiertos al tránsito peatonal; después de 15 días, los pavimentos pueden ser abiertos al tránsito de vehículos ligeros como bicicletas, motocicletas y automóviles pequeños. Por último, al tránsito pesado podrá ser abierto después de que el pavimento cumpla un mes de edad. En los climas fríos el período de apertura se debe extender más allá del mencionado, tantos días como la temperatura haya estado por debajo del punto de congelación. Si se usa cemento de resistencia rápida, el intervalo de tiempo entre el acabado y la puesta en servicio se puede reducir a la mitad. También cuando se usa cemento puzolánico de resistencia tardía, los períodos de apertura recomendados se duplicarán.

III.13 MATENIMIENTO.

Cuando la construcción de los pavimentos a concluido y se han empleado en forma conveniente las buenas técnicas, el trabajo se reduce sólo a limpiarlo, aunque en forma eventual, se pueden suscitar reparaciones por un sin número de eventos.

Limpieza.

La limpieza de la superficie del pavimento de concreto se debe efectuar mediante un barrido normal con escoba, rociándola previamente con agua para evitar que el polvo se levante. Nunca se debe levantar a chorro abierto de manguera ni a cubetazos de agua. Esto es absolutamente innecesario pues se desperdicia el agua que es más indispensable en otras aplicaciones.

Averías en las instalaciones.

Cuando se presente una avería en las instalaciones que están sepultadas debajo de los pavimentos, como las tuberías de agua potable o drenaje, los cortes en los pavimentos se deben hacer rectos formando en el área a excavar una figura regular como un cuadrado o un rectángulo. Después de efectuar la reparación necesaria se debe restituir el relleno y la sub-base en las condiciones óptimas. La zanja se debe rellenar en capas de 15 cm como máximo y se agregará agua mientras se compacta. La restitución del pavimento se debe hacer con un concreto de las mismas características del demolido, protegiéndolo del tránsito de vehículos y peatones mientras se encuentre fresco y durante su período de curado.

Reparación por bacheo.

En un pavimento bien construido, en donde se observaron todas las recomendaciones señaladas, es prácticamente improbable que se presenten problemas de baches, si esto sucediera se tendría que restituir el pavimento.

III.14 Cálculo de volúmenes y precios unitarios por calle.

En la siguiente tabla tenemos el nombre, área, espesor de la sub-base y el costo de la sub-base por cada una de las calles. De acuerdo a los estudios realizados a la terracería se determinó que el espesor de la sub - base sea de 10 cm y el espesor de la losa de concreto de 13 cm.

Nombre de la calle	Area en m ²	Sub-base en m ³ . 10 cm De espesor	Costo por m ³ =70.35 pesos
Ursulo Galván	3500	350	24622.5
Camino Vecinal	4160	416	29265.6
Emiliano Zapata	4400	440	30954.0
Manuel Avila Camacho	4080	408	28702.8
Marte R. Gómez	3440	344	24200.4
Lázaro Cárdenas	2960	296	20823.6
Venustiano Carranza	1120	112	7879.2
José María Morelos	700	70	4924.5
Adolfo López Mateos	3100	310	21808.5
Belisario Domínguez	2320	232	16321.2
Benito Juárez	3100	310	21808.5
José María Pino Suárez	2900	290	20401.5
Francisco I. Madero	2520	252	17728.2
Miguel Hidalgo	4600	460	32361.0
Total	39680	4290	301801.5

En esta pavimentación se considera la sub - base, es decir si se desea que las calles lleven esta parte estructural del pavimento se coloca , pero si se desea ahorrar no se coloca, ya que la terracería es regular y la construcción de la sub - base se puede omitir.

Por lo anterior la construcción de las losas de concreto se puede realizar directamente sobre la sub - rasante, una vez que ésta se halla nivelado.

En la siguiente tabla tenemos la cuantificación de la losa de concreto fabricado en obra, con cemento de resistencia normal para losas incluyendo acarreo, muestreo, colado, vibrado, curado, desperdicio y equipo.

Vialidades primarias.

Nombre de la calle	Area en m ²	Losa de concreto de 13 cm de espesor	Costo por m ³ =721.65 pesos
Ursulo Galván	3500	455	328350.75
Camino Vecinal	4160	540.8	390268.32
Emiliano Zapata	4400	572	412783.80
Manuel Avila Camacho	4080	530.4	382763.16

Vialidades secundarias

Nombre de la calle	Area en m ²	Losa de concreto de 13 cm de espesor	Costo por m ³ =721.65 pesos
Marte R. Gómez	3440	447.2	322721.88
Lázaro Cárdenas	2960	384.8	277690.92
Venustiano Carranza	1120	145.6	105072.24
José María Morelos	700	91	65670.15
Adolfo López Mateos	3100	403	290824.95
Belisario Domínguez	2320	301.6	217649.64
Benito Juárez	3100	403	290824.95
José María Pino Suárez	2900	377	272062.05
Francisco I. Madero	2520	327.6	236412.54
Miguel Hidalgo	4600	598	431546.7
Total	39680	5577	4024642.05

El concreto es fabricado para un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y con un tamaño máximo del agregado de 40 mm.

El costo total de la obra tiene un valor de \$ 4,326,443.05, que dividido entre dos es igual a \$ 2,163,221.525 y dividiendo esta cantidad entre el número de habitantes que van a cooperar que son 1000, la cantidad por pagar cada uno es de \$ 2,163.3. Esta cantidad de dinero se puede realizar en pagos consiguiendo crédito con el los bancos debido a que mucha gente no cuenta con tal cantidad para pagar al contado.

C

A

P

I

T

U

L

O

IV

PAVIMENTOS A BASE DE ADOQUIN

IV.1 INTRODUCCION.

La utilización de adoquines para la pavimentación de caminos es muy antigua, los romanos hicieron sus "vías" utilizando adoquines.

Hoy en día el uso de adoquines de piedra labrada ha sido sustituido por el uso de adoquines de concreto, los cuales por su facilidad de fabricación resultan económicos para pavimentar un área o camino.

La aplicación de adoquines de concreto se usa en infinidad de lugares, por ejemplo en fraccionamientos o en conjuntos residenciales, en fábricas o en lugares donde el tránsito de vehículos pesados es notorio, como en patios de maniobras.

Los adoquines de concreto utilizados como pavimento, satisfacen la definición que se dio a éste, ya que constituyen una capa que recibe el tránsito y transmite adecuadamente a las capas inferiores los esfuerzos originados por éste; también proporciona una calidad rodante conveniente para vehículos que transiten a velocidades de 50 a 60 km./h, que son las que se dan como máximo en fraccionamientos, zonas residenciales y fábricas.

La utilización de adoquines de concreto representa ventajas tales como: durabilidad, buena apariencia, colocación sencilla y barata, aunque la inversión inicial es relativamente elevada en la adquisición del material, su construcción es barata y mas barato aún es su mantenimiento, ya que puede volver a utilizarse en el adoquín para hacer reparaciones, además de tener una vida útil de alrededor de 25 a 45 años.

Otra de las ventajas de los adoquines de concreto es su gran dureza y su alta resistencia al impacto y no sufren daños estructurales a causa de los derrames de aceite.

En áreas propensas a hundimientos diferenciales del terreno como lo es en la antigua zona lacustre de la ciudad de México es recomendable colocar adoquines, y como la colonia que se va a pavimentar está localizada dentro de la zona lacustre es recomendable adoquinar, los adoquines de concreto tienen la ventaja de que si es muy grande el hundimiento, se puede levantar y volver

a nivelar la terracería, corregir la falla y volver a colocarlos: Así prácticamente las operaciones de bacheo se realizan con el mismo material.

El acceso a las instalaciones de drenaje y agua potable que generalmente están debajo de las calles, se realizan más rápidamente ya que sólo se necesita levantar los adoquines y las capas inferiores del pavimento, para llegar a la instalación que se busca, realizar el trabajo y después volverlos a colocar, logrando transitar los vehículos inmediatamente después de terminar la reparación, quedando prácticamente imperceptible el arreglo.

El uso de adoquines de concreto se ha generalizado en el Continente Europeo a partir de la década de los cincuentas. En nuestro país, el uso es limitado, quizás por la falta de información que se tiene al respecto; es por eso que el presente trabajo explica las ventajas y desventajas que se tiene al construir calles de adoquín. Se ha visto que en México lo utilizan más en los estacionamientos industriales, aunque podemos decir que resiste mas una losa de concreto de veinte centímetros de espesor doblemente armada, que un pavimento para tránsito pesado de adoquín de concreto pero su costo es mucho mayor.

No obstante existen algunos fraccionamientos residenciales que han hecho uso del adoquín de concreto más por su apariencia que por su economía o su funcionalidad, pero con el paso del tiempo se ha observado que además de la característica buscada de apariencia sus costos de mantenimiento son mínimos y sus características de finalidad son mejores.

Este trabajo pretende dar a conocer la manera en que un pavimento hecho a base de adoquines de concreto, puede resultar mas económico y duradero, para construir pavimentos en comunidades urbanas pequeñas.

También se debe de tomar en cuenta que la comunidad en que se desea colocar el adoquinado, no tiene drenaje pluvial y la red de agua potable ya tiene bastantes años en uso y está próxima a ser cambiada, por lo tanto es más conveniente colocar adoquín, por ser más práctico en caso de que se necesite excavar.

Otra característica que se debe de tomar en cuenta es que la comunidad esta creciendo muy rápidamente por ello es conveniente utilizar este tipo de pavimento, debido a que constantemente se van a solicitar tomas de agua potable y los servicios de drenaje sanitario.

IV.2 SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE UN PAVIMENTO A BASE DE ADOQUIN DE CONCRETO.

De acuerdo al tipo de carga que van a soportar los pavimentos de adoquín a lo largo de su vida, se pueden dividir en:

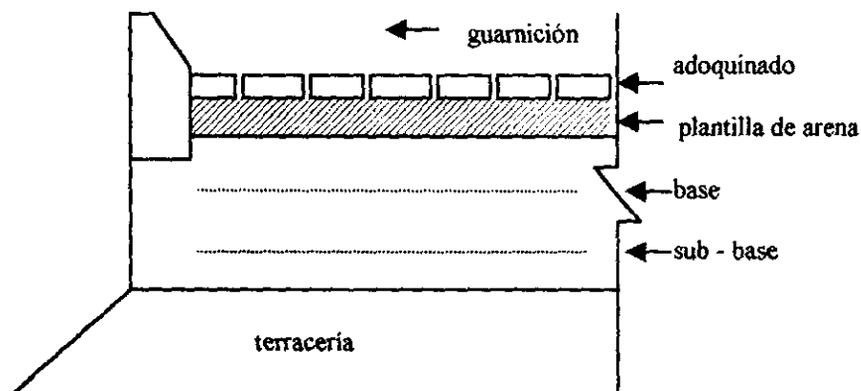
- a) Pavimentos para tránsito ligero o urbano.
- b) Pavimentos para tránsito pesado o industrial

Nota: En este trabajo solo estudiaremos los pavimentos del inciso a.

Un pavimento de adoquín de concreto está formado en su sección transversal por las siguientes partes:

- 1) sub-base.
- 2) Plantilla: una capa de cinco centímetros de arena fina.
- 3) Adoquinado.
- 4) Guarnición: borde firme que evita el desplazamiento de los adoquines.

La sección típica de un pavimento de estas características, la podemos observar en la siguiente figura.



Sección típica de un pavimento de adoquín para tránsito

IV.3 DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS A BASE DE ADOQUIN DE CONCRETO

INTRODUCCION.

Para poder diseñar un pavimento de adoquín de concreto, se puede utilizar cualquier método para el diseño de pavimentos flexibles. En este trabajo nos apoyaremos en el método que describe el Manual de Pavimentos de Jesús Moncayo V., (que está basado en el elaborado por el ingeniero Padrón o de la Porter modificada).

Para fines de diseño los pavimentos de adoquín de concreto se dividen en dos grupos de acuerdo al tránsito al que van a ser sometidos:

- a) Pavimentos ligeros, serán los que a lo largo de su vida soportan un tránsito acumulado de hasta 1.5 millones de ejes estándar.
- b) Pavimentos pesados, serán los que soportan más de 1.5 millones de ejes estándar durante su vida de diseño.

Un eje estándar se define, como un eje sencillo con ruedas sencillas, soportando una carga total de 8200 kilogramos.

Así para conocer el tránsito acumulado durante la vida de diseño de un camino, es preciso conocer primero el número y tipo de vehículos que transitarán por el camino y luego transformarlos a ejes estándar utilizando coeficientes de equivalencia como los dados por la AASHO.

Diseño de los pavimentos de adoquín para tránsito ligero.

Para el caso de pavimentos que vayan a soportar un tránsito ligero se presentan cuatro tipos de caminos, los cuales estarán en función del uso al cual van a ser sometidos:

Camino I	Banquetas plazas y andadores
Camino II	Calles para peatones
Camino III	Calles residenciales y estacionamiento para autos
Camino IV	Calles residenciales alimentadoras y pocos autos

Tomando en cuenta este tipo de caminos se puede diseñar el pavimento.

Elementos que presenta un pavimento de adoquín de concreto para el tránsito ligero.

- a) Sub – base
- b) Plantilla de arena.
- c) Adoquinado.
- d) Guarnición.
- e) Diseño de detalles.

A) SUB - BASE.

Según estudios, un pavimento hecho a base de adoquín de concreto presenta un comportamiento similar al de un pavimento formado por una base hecha con mezcla asfáltica de 9 cm de espesor y una carpeta de 7 cm., Hay que tener en cuenta que este pavimento sustituye a los adoquines y a la cama de arena, por lo cual, la capa a diseñar para este tipo de pavimento será la sub- base.

De acuerdo a las pruebas realizadas en el laboratorio a la terracería, la sub- base se calculó de acuerdo al Manual de Pavimentos en la siguiente tabla. Tomando en cuenta de la tabla anterior el camino tipo IV.

CALLES RESIDENCIALES ALIMENTADORAS Y POCOS AUTOBUSES						
Capa	Buena		Regular		Pobre	
Adoquinada	10		10		10	
Asiento	3		3		3	
Base granular	15	-	15	15	-	
Base suelo-cemento	-		-		-	12
Sub - base granular	-		-		15	10
Espesor total en cm.	28	23	28	43	35	

Como la terracería del lugar donde se desea adoquinar es regular, la capa de adoquín tendrá que ser de un espesor de 10 cm., la capa de arena de 3 cm, y la sub - base de 15 cm, dando un espesor total de 28 cm.

B) PLANTILLA DE ARENA

La arena que se utilice tendrá no más del 3 % de sedimentos de arcilla por peso, ni más del 10 % retenida en la malla del número cuatro. El perfil de la arena no compactada deberá ser similar al requerido por el camino terminado. Deberá emparejarse hasta alcanzar el nivel necesario y tener 3 cm de espesor ya compactada.

Su función será la de recibir el adoquinado y darle una sustentación a éste, además la arena al momento de ser compactada con el adoquín se introducirá

a las juntas entre adoquín y adoquín, evitando así su desplazamiento. También la delgada capa de asiento, tiene la función de proporcionar un medio para corregir las irregularidades de la sub – base y de los adoquines así como para servir de colchón para compactar la capa adoquinada.

Algunas precauciones que debemos de tener en cuenta, es la de no mezclársele cemento ni cal, no debe de ser rígida. Esto es para que no se quiebre y cuando se tengan que levantar algunos adoquines deberán quedar separados entre sí 4 mm o más o menos.

C) ADOQUINADO.

Los adoquines de concreto serán de forma rectangular o patentada como se muestra en las siguientes figuras:

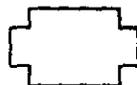
Hexagonal



De cruz



Betone



Rectangular

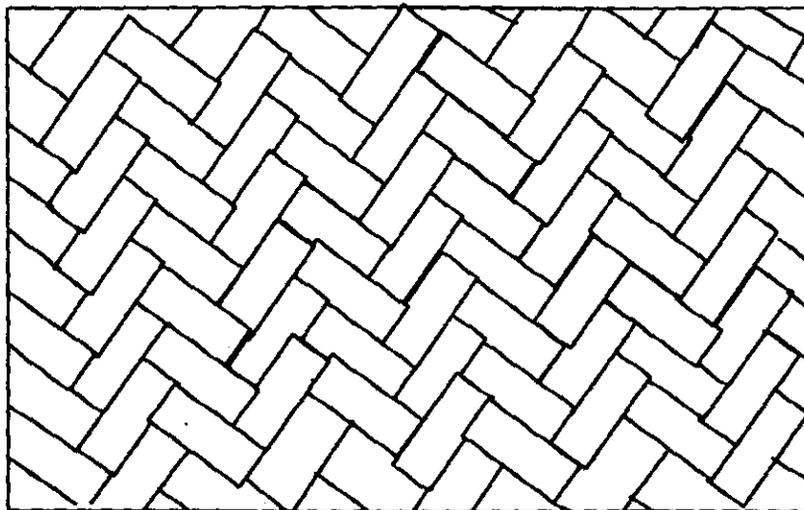


NOTA: Los adoquines de concreto deberán cumplir con las normas del país

La colocación de los adoquines requiere mucho cuidado, para alinear y nivelar perfectamente las hileras de adoquines. Al colocar los adoquines, el obrero tiene que ir pisando sobre los adoquines ya colocados. Debe de tenerse cuidado para no pisar la capa de asiento, para alinear los adoquines perfectamente se coloca hilos a reventón y se nivelan dándoles golpes leves con un marro ligero. Los adoquines deberán quedar separados entre sí 4 mm más o menos.

Los adoquines deberán ser colocados de tal manera que se origine un cuatrapeo que evite que éstos se desplacen en relación con los adoquines adyacentes.

Se deberán utilizar juntas horizontales para evitar el desplazamiento horizontal de los adoquines; éstas podrán hacerse colocando los adoquines en forma de petatillo, es decir, con el eje longitudinal del adoquín adyacente perpendicular, como se muestra en la siguiente figura:



Adoquines rectangulares colocados en forma de petatillo

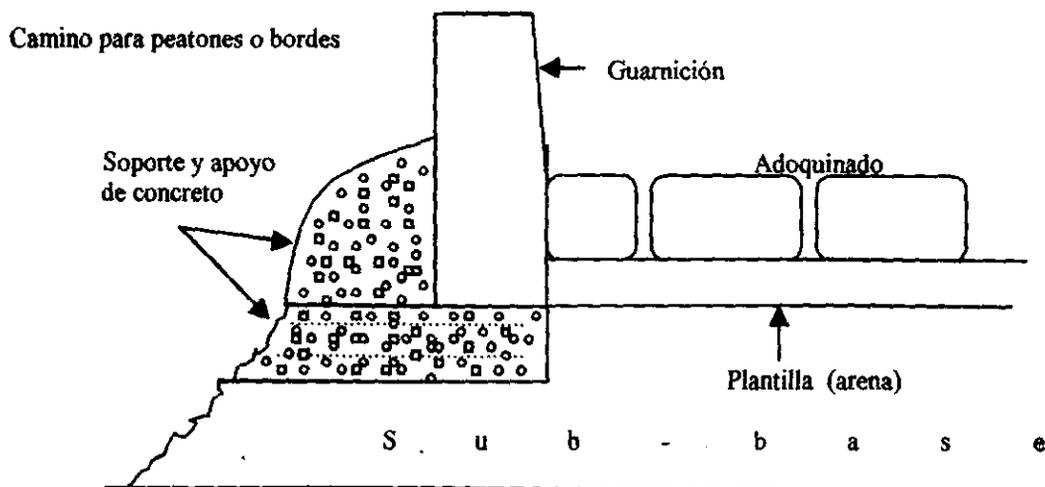
El nivel de la superficie terminada deberá estar en tolerancia de ± 1 cm. Del nivel de diseño, el nivel de adoquines adyacentes no deberá de diferir en más de 0.2 cm.

Cuando se tenga un área adecuada de adoquines, se procede a compactarlos, usando una aplanadora ligera, de 1000 Kg de peso total. Esta compactación se hace de acuerdo al buen criterio del ingeniero. Cuando la capa adoquinada esté compactada en forma adecuada, se procede a sellar las juntas de los adoquines, usando arena limpia cribada en la malla del No. 10, depositando este material y simultáneamente compactando los adoquines para llenar por completo las juntas. Estando el pavimento de adoquines compactado y sellado,

se barre la superficie perfectamente y la arena sobrante servirá para llenar por completo las juntas.

D) LA GUARNICION.

La guarnición es de gran importancia para evitar que los adoquines se desplacen, que las juntas se abran y que el cuatrapeo se destruya. En la siguiente figura se muestra el uso de guarniciones colocadas previamente, para proporcionar la contención.



Adoquinado que colinda con la guarnición

El cortar los adoquines para que se ajusten contra un canal o contra una guarnición a nivel, es más rápido que cortarlos para que se ajusten a una guarnición vertical, ya que el obrero que coloca los adoquines puede ver fácilmente dónde se deben efectuar los cortes; en cambio, cuando los adoquines se colocan contra la guarnición vertical, es necesario hacer modificaciones, lo cual provoca atrasos en el ritmo de trabajo. La guarnición se obtiene por detalles típicos de borde y se puede utilizar cualquier tipo de guarnición, siempre tomando en cuenta que sea lo suficientemente resistente para soportar los daños ocasionales que le provoquen el tránsito de vehículos; es recomendable utilizar en las calles principales guarniciones que ya se encuentran cimentadas dentro de la sub - base; en éste caso ya no son necesarias las guarniciones, ya que las calles de comunidad las tienen construidas.

E) DISEÑO DE DETALLES

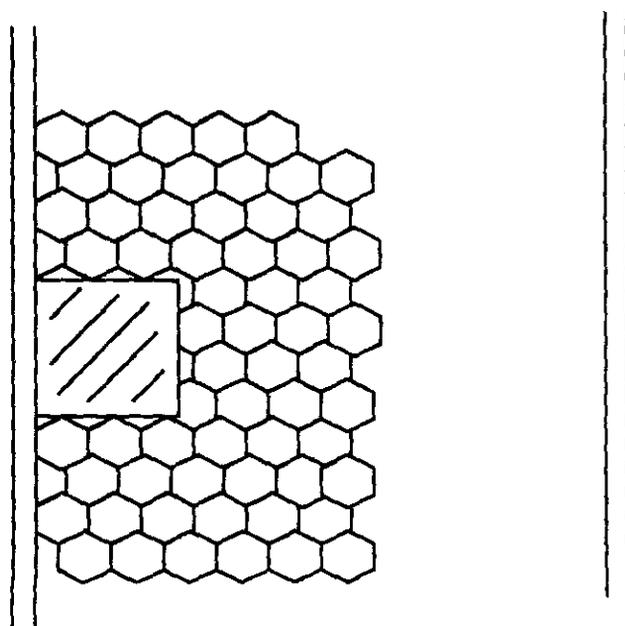
1) Drenaje.

Cuando el pavimento de adoquines este en servicio durante poco tiempo, se sellan las juntas que se encuentran entre los adoquines. Por lo tanto se deberá proporcionar un drenaje superficial.

Por otra parte, con el fin de prevenir la formación de charcos, se recomienda que la pendiente tenga una inclinación mínima de 1:40. Cuando la pendiente por bombeo del camino sea menor de 1:40, son recomendables también los canales de drenaje frente a las guarniciones. Estos canales pueden construirse con unidades estándar de concreto prefabricado.

2) Detalles de las alcantarillas y de las tapas para inspección.

Siempre que existan obstáculos, los adoquines pueden cortarse para que encajen perfectamente. En las siguientes figuras se muestran los detalles característicos para colocar los adoquines alrededor de una rejilla de alcantarilla, y de las tapas de inspección. El corte se podrá hacer con un cincel y martillo o con una prensa hidráulica o con una cortadora de disco, dándole la forma necesaria al adoquín para que se amolde a la forma de la alcantarilla o del pozo de visita



3) Diseño geométrico.

Los cambios en lo ancho de los caminos, las curvas y las uniones, no presentan serias dificultades, debido a que los adoquines son pequeños, y se pueden colocar fácilmente para adaptarse a cualquier disposición del camino.

4) Líneas y otras marcas.

Con el empleo de adoquines de diferentes colores, se pueden diseñar marcas permanentes en un pavimento, para indicar las paradas de autobuses, las áreas de estacionamiento para automóviles, los pasos para peatones y los carriles de tránsito.

IV.4 CONSTRUCCION.

Generalidades.

En esta parte se describen brevemente las técnicas que tienen una mayor aceptación y los estándares que se pretenden lograr para la colocación de los adoquines. Por otra parte, una información más detallada la podemos encontrar en cualquier libro de pavimentación a base de adoquines de concreto. En estos libros también se estudia la organización de la obra, aunque ésta no tiene ningún efecto directo sobre la apariencia o el comportamiento de la pavimentación con adoquines de concreto. Hay que tener en cuenta que una buena planificación y un trabajo bien organizado, mejorarán en parte el ritmo de colocación de los adoquines y, por consiguiente, se reducirán los costos.

Preparación de la sub – base, con el propósito de colocar la plantilla.

Es muy frecuente que la plantilla y el adoquinado, no se coloquen sino hasta que las operaciones de construcción de las casas estén terminadas, a fin de evitar que los adoquines se manchen con los desechos y los desperdicios de los constructores. Ahora bien hay que tener en mente que, antes de colocar la plantilla, la superficie de la sub – base deberá limpiarse, y se deberá reparar cualquier área defectuosa.

Construcción de la plantilla.

El espesor requerido de la arena no compactada para la plantilla, dependerá del contenido de humedad, de la granulometría y del grado de compactación previa. La arena de la plantilla necesita extenderse a una altura mayor que la de la capa compactada de 5 cm.

Ahora bien, la cantidad de sobre carga será aproximadamente de 1.5 cm, pero es mejor determinar el valor exacto por medio de experimentos. Es sumamente útil mantener constante la granulometría y el contenido de humedad de la arena, a fin de evitar el tener que ajustar la sobrecarga durante la construcción. Por otra parte, es necesario asegurarse de que el espesor de la arena no compactada, se mantenga correcto, haciendo varias revisiones periódicas del nivel de la superficie del pavimento.

Una vez esparcida la arena, ésta se debe emparejar con una regla, hasta obtener el nivel deseado. Para caminos con un ancho menor de 4.5 m, se podrán utilizar las guarniciones como guías de enrase, pero en caminos más anchos, es necesario colocar rieles temporales de enrase, para así nivelar la plantilla.

Durante el esparcimiento de la arena y el enrase, los trabajadores no deberán de pararse sobre la arena, ya que se presentaría una compactación previa irregular, causando con ello imperfecciones en la superficie final del camino. También es recomendable evitar enrasar grandes distancias de arena frente a la cara de los adoquines, para así reducir el riesgo de que se presente alguna alteración.

Construcción del adoquinado.

La construcción del adoquinado comprende tres etapas: la colocación de los adoquines, el corte de los mismos en los bordes de las avenidas y, finalmente, el vibrado del área terminada. Las recomendaciones que aquí se dan, se aplican solamente a la forma más sencilla de colocación, en la que todos los adoquines tienen la misma forma. Donde se usen formas especiales, como los adoquines para bordes o para formas radiales, se deberán seguir las instrucciones del fabricante.

Las primeras hileras de adoquines se deben colocar con sumo cuidado, para evitar que se desplacen los adoquines ya colocados. Una vez que las primeras hileras hayan sido colocadas, las otras se podrán colocar rápidamente y con firmeza. Hay que tener en cuenta que en esta etapa, no se debe tratar de cortar los adoquines, para ajustarlos a los bordes. La persona que coloca los adoquines debe trabajar partiendo de los adoquines ya colocados, y debe evitar alterar tanto la arena enrasada, como la última hilera de adoquines ya colocada. Asimismo, debe verificar, paso a paso, que los adoquines encajen perfectamente. Por su parte, las áreas con aberturas anchas se deberán quitar y volver a colocarse.

A las formas difíciles de manejar en los bordes, se les debe dar un acabado partiendo los adoquines con una cortadora, o con un cincel o martillo. Por otra parte, se debe evitar el uso de adoquines muy pequeños o delgados, ya que es probable que se destruyan durante el vibrado.

Las rejillas de las alcantarillas, las tapas de acceso y las de inspección, deben tratarse de manera similar con respecto a los bordes, teniendo especial cuidado de asegurarse que los adoquines, al ser compactados, queden ligeramente más arriba (3 mm aproximadamente) que cualquier entrada de drenaje. Algunas tapas de inspección y entradas de las alcantarillas, se fabrican con fierro fundido, reforzadas con perfiles verticales salientes. La colocación de los adoquines para trabajo con fierro fundido, se simplificará si se efectúa un colado de concreto, reforzado unos días antes de la colocación de los adoquines, a fin de cubrir los perfiles. También se deben evitar las alcantarillas con goteras laterales, ya que es posible que con el vibrado, la arena de la plantilla penetre en la alcantarilla, a menos que se tomen medidas especiales.

Una vez que se haya completado un tramo de camino, incluyendo a los bordes, los adoquines se deberán vibrar con una placa vibradora, el número de veces que se deberá pasar la placa, dependerá de varios factores y se precisará por medio de experimentos en la obra. El número de veces determinado deberá ser suficiente, para proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, y así evitar que los vehículos provoquen una mayor compactación. Normalmente será suficiente usar la placa vibradora dos o tres veces.

El vibrado no se deberá llevar a cabo en un metro aproximadamente en los adoquines sueltos; por otra parte, durante la noche, se debe dejar sin vibrar la menor cantidad posible de adoquinado.

Por último, se cepillará la arena sobre la superficie y la placa vibradora se pasará sobre ésta, dos o tres veces, para así terminar el cuatrapeo, y rellenar

las juntas. Una vez terminado el vibrado, podrá hacerse uso del camino. Las pequeñas aberturas que quedan en los bordes de la avenida, o alrededor de las entradas de las alcantarillas y en las tapas de acceso, se pueden llenar con un mortero de cemento – arena de 1:4, siempre que sea necesario.

IV.5 ORGANIZACIÓN EN LA OBRA.

Planificación.

La colocación de los adoquines puede efectuarse con rapidez y con muy poco equipo, siempre y cuando el trabajo se haya planificado en forma correcta, para evitar manejos innecesarios. En esta parte, sólo es posible indicar los principios básicos de la organización en la obra. Estos principios podrán modificarse, de acuerdo a las características propias de la obra.

La pavimentación con adoquines de concreto se puede abrir al tránsito, inmediatamente después del vibrado. Esto permite el acceso de los camiones, prácticamente hasta el lugar de la colocación, con el fin de transportar más adoquines, reduciendo así su manejo. A su vez, el trabajo se deberá planear muy bien, para aprovechar esta posibilidad.

Se deben aplicar cantidades suficientes de arena, que quede frente al lugar de colocación, de preferencia un poco antes de iniciar la instalación de adoquines, de tal manera que se permita que la pila de arena alcance un contenido constante de humedad. Como una ayuda adicional para reducir la variación en el contenido de humedad, se deberá cubrir las pilas de arena. Esta serie de precauciones proporciona una valiosa ayuda en las etapas de colocación y de enrase.

Enrasado.

En una pavimentación, la operación del enrasado requerirá el trabajo de tres hombres, dos de ellos llevando la regla de enrase y otro ayudando a rastrillar la arena (además del chofer del camión de volteo). Si estos tres hombres forman el equipo de colocación, emplearán entre un 10 y un 15 % de su tiempo, para esparcir y enrasar la arena. Este tiempo variará de acuerdo a la complejidad de la obra.

Suministro de los adoquines frente al lugar de la colocación.

Los fabricantes pueden entregar los adoquines sobre tarimas, atados o empaquetados. Hay que considerar que si los adoquines se descargan, esto puede afectar, considerablemente los costos de traslado de los adoquines en la obra, y sobre todo, se pueden dañar algunos de ellos.

Las entregas diarias, a su vez, se deben planificar de tal manera, que el camión del fabricante se acerque lo más posible al frente del lugar de la colocación, permitiendo con ello que se reduzca la distancia de movimiento, tanto de los adoquines como de los hombres del equipo de construcción. Si se entregan varias cargas al mismo tiempo, se perderá en gran parte esta ventaja, excepto en aquellos casos en que el frente del lugar de la colocación sea amplio.

Transportación de los adoquines en la obra.

La transportación de los adoquines desde las tarimas hasta el frente del lugar de la colocación, puede representar más del 40 % del tiempo de trabajo del equipo de colocación y, con frecuencia, es el factor principal para controlar el rendimiento de un hombre en un día.

El trabajador necesitará tener los adoquines cerca de él y a lo largo del frente del lugar de la colocación, depositándolos sobre los adoquines ya colocados. Es obvio que su rendimiento bajará, si se ve obligado a alcanzar los adoquines; tampoco podrá trabajar adecuadamente, al tomar los adoquines que están apilados en las tarimas. Por lo tanto, se necesitará de otro hombre, para que lleve los adoquines desde las tarimas hasta donde está el trabajador encargado de colocarlos.

Ahora bien, para distancias hasta de dos metros aproximadamente, los adoquines pueden ser transportados por un solo hombre, pero para distancias mayores, es necesario emplear transportación mecánica .

El método más sencillo de transporte, consiste en utilizar unas tablas de dos metros de largo, y capaces de transportar dos hileras de adoquines. Un hombre coloca los adoquines en las tablas desde las tarimas, mientras que otro transporta dichas tablas sobre una carretilla, hasta donde está el trabajador que coloca los adoquines, y regresa con las tablas vacías hasta el lugar de carga.

Este sistema de transporte, permite que los adoquines se depositen cerca del trabajador que los coloca. Esto es sumamente práctico para distancias aproximadas de 30 m. Cuando no es posible evitar distancias mayores, se puede usar un montacargas, para así acelerar el transporte de los adoquines; de

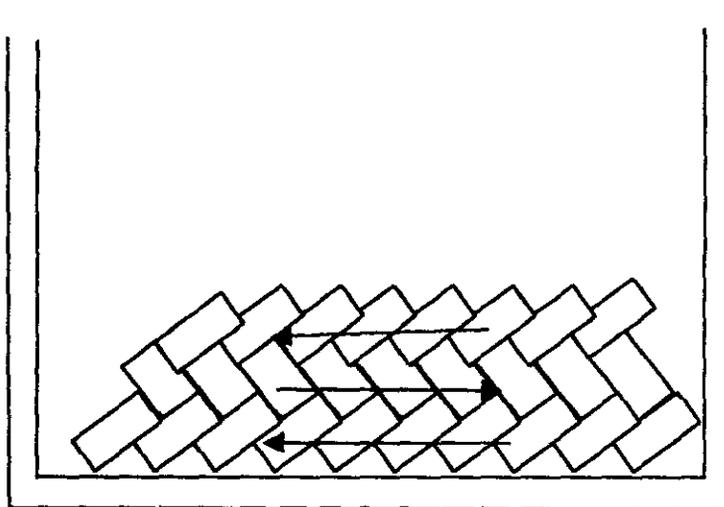
cualquier forma, este sistema se puede utilizar para descargar el camión de suministro.

El transporte de adoquines sobre una superficie que no haya sido vibrada, causará algunas irregularidades en el pavimento, debido a que algunos de los adoquines ya colocados, presionarán desigualmente sobre la plantilla. Esta irregularidad desaparecerá, una vez que la superficie recibe el vibrado por última vez.

Colocación de los adoquines.

Usualmente, un solo hombre trabaja a la vez en la colocación de adoquines, ayudado por otros dos que, en un momento dado, lo pueden sustituir. El equipo de trabajo deberá rotarse constantemente, para así reducir el cansancio.

Por otra parte, la siguiente figura muestra el proceso de construcción con un modelo de petatillo, en el cual la dirección de la colocación se alterna en cada hilera. Es preciso destacar que con este método, sólo es posible que trabaje un hombre en el frente del lugar de la colocación. Si se adopta este método, los adoquines se colocan por pares y, como la dirección del trabajo no cambia de una hilera a la otra, entónces podrá trabajar más de un hombre al mismo tiempo. Esto puede traer como consecuencias, enormes ventajas en un área extensa, la cual permite que los adoquines se coloquen en un frente amplio.



Ajuste perfecto de los bordes.

No es necesario hacer el corte de los adoquines para que ajusten en los bordes, hasta que no se haya cubierto un área extensa, pero es preciso que los adoquines cortados sean colocados antes de que se efectúe el vibrado. Cabe la posibilidad de necesitar más hombres cuando, en caminos estrechos, el corte para los bordes sea grande en relación con el área total.

El vibrado.

El vibrado es un trabajo en el cual no se invierte mucho tiempo; por lo general, sólo se requiere pasar dos o tres veces una placa de acero, para fijar completamente los adoquines. El vibrador debe mantenerse alejado de los lados que no tienen apoyo y de los extremos en las áreas cubiertas, de manera que los adoquines no se desplacen en estas áreas.

Ahora bien, después del vibrado inicial, se pasará el vibrador dos o tres veces más, durante las cuales se cepilla la arena que está sobre los adoquines para llenar las juntas. Una vez hecho ésto, será posible abrir el camino al tránsito.

Productividad.

Como se dijo anteriormente, para alcanzar en índice máximo de productividad, se requiere de una buena planificación y de una amplia cooperación entre los miembros del equipo de trabajo. Para la pavimentación de caminos, se obtiene una productividad de 25 a 50 m²/hombre-día. Por lo general el equipo esta formado por tres hombres, salvo en el caso de que el enrase sea complejo. En áreas extensas de pavimentación sencilla, como es el caso de la comunidad en que se desea adoquinar el equipo de trabajo tienen que lograr una productividad mínima de 50 m²/hombre – día.

IV.6 REINSTALACION DEL ADOQUINADO

GENERALIDADES.

La principal ventaja de los adoquines de concreto, comparados con otros materiales modernos usados en la pavimentación, consiste en que se pueden recuperar para volverse a usar en áreas donde hayan ocurrido hundimientos locales, que son el resultado de zanjas rellenadas en forma inadecuada, o por otras causas. También las áreas manchadas con mortero o con aceite derramado, pueden cambiarse con facilidad, y una vez hecha la reinstalación, las reparaciones serán prácticamente invisibles. Incluso es posible reemplazar los adoquines en forma individual; por ejemplo, para modificar los lugares en los estacionamientos, identificándolos con adoquines de color.

Ruptura de los adoquines.

Las juntas entre los adoquines, después de estar colocados algún tiempo, quedan sellados, lo que dificulta la remoción de los adoquines; por esta razón no pueden extraerse los adoquines con herramientas manuales. Será preciso romper algunos de ellos, para permitir que los adoquines adyacentes se levanten y se recuperen para ser utilizados de nuevo en la reinstalación misma.

Ahora bien, el número de adoquines individuales, que será necesario extraer o romper, dependerá propiamente de la manera en que se lleve acabo la reparación. Por ejemplo, en una pequeña zanja puede resultar más económico romper una hilera de adoquines, aproximadamente en el centro de dicha zanja. Por otra parte, para una depresión local del terreno, que puede deberse a una falla parcial de la subrasante o de la sub – base será necesario romper de cinco a seis adoquines en el centro de la depresión.

Cambio de los adoquines y de la plantilla.

Una vez que se hayan quitado algunos adoquines, la abertura puede aumentar de tamaño, si se levantan más adoquines. Uno de los métodos utilizados para levantar adoquines, consiste en utilizar un zapapico que se clava hasta la plantilla. A las caras laterales de los adoquines, se adherirán algunos desperdicios, que será preciso quitar antes de apilar los adoquines para volverlos a usar. Los raspadores de pintura y los cepillos de alambre son

herramientas apropiadas para la limpieza. A menos que se limpien perfectamente los adoquines, no será posible volverlos a usar.

Después de levantar los adoquines, la arena de la plantilla se puede traspalear y, en caso necesario, se almacena la arena para volver a usarla. Es obvio que en esta operación se perderá parte de la arena, por lo cual se necesitará agregar más.

Excavación y reinstalación de la sub – base y de la subrasante.

Se debe adoptar una técnica práctica y de fácil aplicación, utilizando, siempre que sea posible, el material obtenido de la excavación como relleno, siempre que éste se compacte totalmente. Cuando existan dificultades en la compactación, se podrá utilizar concreto de baja resistencia, como una posible opción.

Los materiales de relleno compactados deficientemente, se colocarán debajo de los adoquines, como se haría con cualquier otro material flexible de recubrimiento. Si esto ocurriera, se podría levantar y colocar de nuevo los adoquines; pero es preferible descartar esta última alternativa, asegurando una buena compactación del relleno, tanto en el nivel de la subrasante como en el de la sub – base.

En aquellas áreas donde se presenta un asentamiento local, la causa principal de la falla deberá conocerse y, si es necesario, la profundidad de la sub – base deberá ser aumentada para prevenir que vuelva a surgir este problema. El nivel de la superficie de cualquier sub – base reinstalada, deberá coincidir con los niveles de la sub – base más próxima.

Reinstalación de la plantilla.

Este procedimiento se lleva a cabo, como si fuera una nueva construcción. Se puede enrasar la arena de la superficie del camino existente, utilizando para ello una regla de madera. Las áreas que no se puedan alcanzar con la regla, podrán enrasarse hasta emparejarlas, con una llana.

Reinstalación de los adoquines.

Este proceso como el anterior se lleva a cabo en la misma forma, como si fuera una nueva obra; pero tomará más tiempo, por que al final de cada hilera, es

posible que sea necesario forzar un adoquín para colocarlo en su posición normal.

Cualquiera de los adoquines, que se encuentra en los bordes y que se han aflojado, deberá quitarse, limpiarse y volverlo a colocar a medida que avanza el proceso de reinstalación. Ahora bien, si los adoquines han sido limpiados apropiadamente, su reinstalación será relativamente sencilla. A continuación se vibran los adoquines hasta que llegan al nivel normal, y se rellenan las juntas. Una vez efectuada esta operación, se podrá permitir el acceso al área reparada.

IV.7 REQUISITOS

Generalidades.

Los adoquines de concreto, usados en la construcción de caminos, deben ser de buena calidad para resistir el daño originado por el tránsito y por las variaciones de temperatura; el efecto nocivo de las heladas sobre cualquier superficie pavimentada, aumenta considerablemente con el uso de las sales descongelantes.

El concreto de buena calidad para pavimentaciones, debe tener una resistencia característica a los 28 días, obtenida en un cubo de prueba de 30 N/mm^2 y con un contenido aproximado de 4.5 % de aire retenido, que lo hace resistente a los efectos nocivos de las sales descongelantes. Pero el concreto utilizado para adoquines de pavimentación debe tener, a fin de asegurar su durabilidad, un contenido alto de cemento, ya que los adoquines se fabrican en prensas vibradoras, a partir del concreto demasiado seco, para poder detener el aire.

Ahora bien, para asegurarse que la superficie no se desgaste, si no que conserve una micro textura, que le proporcione una resistencia aceptable a los deslizamientos a baja velocidad, no deberán usarse arenas que contengan más del 25 % de materiales solubles en ácido.

Por otra parte para asegurar el cuatrapeo entre los adoquines, éstos deberán fabricarse con medidas exactas, lo que permite colocarlos con espacios sumamente pequeños entre las propias juntas.

Especificaciones.

En la actualidad, no existen **Normas Británicas** para los adoquines de concreto, pero algunas se encuentran en preparación. Las normas que hasta ahora se utilizaron fueron las siguientes: BS 12, BS 146 y BS 4027.

Materiales.

En las especificaciones citadas con anterioridad, no se establece prácticamente ninguna restricción en cuanto a la forma del adoquín; pero se persigue asegurar que el adoquín pueda ser levantado con una mano y que, cuando se coloque en forma correcta, ajustará perfectamente en el otro. Es conveniente que la relación longitud - ancho sea igual a 2; pero para permitir a los fabricantes una cierta libertad de diseño de la forma, las especificaciones permiten que la relación oscile entre 1.5 y 2.5. Por otra parte, la uniformidad del tamaño es de primordial importancia en el desarrollo posterior del cuatrapeo, y también se establecen los requisitos para la desviación máxima que se permite, de acuerdo a los tamaños estipulados. Como las especificaciones se enfocan a la fabricación de adoquines para diversos tipos de áreas pavimentadas, no se estipula ningún espesor determinado. Ahora bien, para la mayoría de los caminos residenciales, se recomienda un espesor de 8 cm.

Requisitos de resistencia

La resistencia característica de los adoquines, una vez entregados y aprobados no deberá ser menor de 50 N/mm^2 .

CONCLUSIONES

En este trabajo se describen los procedimientos de diseño y construcción para los diferentes tipos de pavimentos. Teniendo como principal objetivo, definir cual de ellos satisface los siguientes conceptos; tener menor costo de construcción, mantenimiento y operación.

Actualmente en el país la situación económica es crítica debido a ello los presupuestos otorgados a los municipios son mínimos, es por ello que se deben buscar estrategias de financiamiento para la construcción de obras públicas. El plan utilizado en el presente trabajo es la siguiente se llegará a un acuerdo con el municipio que el 50% de la obra sea financiado por este y el restante por la comunidad. Para poder determinar el tipo de estructura con que se va a pavimentar la colonia se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Como podemos observar de acuerdo a las fallas que puede tener cada uno de los pavimentos y de acuerdo a la inversión que se debe hacer para cada tipo de pavimento la elección es fácil.

En cuanto al aspecto económico en el pavimento flexible se requiere menos recursos económicos por lo que la colonia será pavimentada con este tipo de carpeta.

Aunque el costo del pavimento adoquinado es mayor que el flexible se recomienda que la colonia se pavimente con adoquín debido a que sufre casi las mismas fallas que la carpeta asfáltica, una ventaja que se presenta es su reinstalación no es perceptible y es económica, además de proporcionar una mejor estética para la comunidad.

BIBLIOGRAFIA

- Jesus Moncayo V. Manual de Pavimentos, Cia. Editorial Continental, S.A. de C.V., México.
- A.A. Lilley, Adoquines de Concreto, Instituto Mexicano del Cemento Y del Concreto, A.C.
- Gustavo G. Mendez Fragoso, Pavimentos de Concreto, Instituto Mexicano del Cemento Y del Concreto, A.C. , 1992
- Fernando Olivera, Estructuración de Vías Terrestres. Editorial CECSA.
- Tabulador General de Precios Unitarios, Coordinación Sectorial de Normas Especificaciones Y Precios Unitarios, Ciudad de México, Secretaría de Obras y Servicios.
- Manuel Velazquez, Manual del Asfalto. Urmo, S.A: Ediciones.
- Alfonso Rico, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Editorial Limusa.
- Julian Losa, Caminos Económicos, Ediciones Mund-Prensa 1979.
- Celia Martínez Rayón, Manual de Prácticas de Estructuras de Pavimentos, UNAM ENEP Aragón.
- Inventario de Bancos de Materiales del Estado de México. Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaria de Infraestructura.