



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

Para obtener el título de:

Ingeniero Civil

TITULO

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas.

Caso: Morelia, Michoacán.

Por:

P. Ing. José Zavala Nolasco

Director de Tesis:

Dr. Ing. Mario Salazar Amaya

Mayo 2022

Contenido

PALABRAS CLAVE	5
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCION.....	7
CAPITULO I	10
CAPITULO II	21
II. TIPOS DE PAVIMENTOS EXISTENTES.....	21
CAPITULO III	28
III. CLASIFICACION DE SUELOS	28
CAPITULO IV	42
IV PROPUESTAS DE PAVIMENTACIÓN.	42
CAPITULO V	61
V. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	61
CAPITULO VI.....	76
VI. OBSERVACION DE OBRAS AUXILARES Y DE SERVICIOS	76
CONCLUSIONES.....	108
BIBLIOGRAFÍA.....	111

PALABRAS CLAVE

Pavimentos, Vialidades, Construcción, Servicios, Tránsito.

RESUMEN

Los beneficios que implica la pavimentación de las vialidades urbanas de una ciudad son muy importantes, ya que transforman la imagen de las ciudades impactando en las inversiones económicas y en la plusvalía de las viviendas o de los predios ubicados en el entorno de la vía, generando beneficios sociales, de salud, políticos, de mayor seguridad pública y en forma general de bienestar social. Los centros históricos de las Ciudades Coloniales con el de Morelia, presentan serias deficiencias en cuanto a su trazo para hacer eficiente el tránsito vehicular, de igual manera, el crecimiento anárquico con la cual se ha desarrollado la ciudad capital ha dado como resultado una mala red de calles y avenidas, esta falta de planeación urbana, ha ocasionado que un sinnúmero de pavimentos diseñados para tránsito ligero, se vean afectados por cargas muy superiores a las de proyecto, ocasionando con esto la falla y ruptura en dichos pavimentos y la consecuente aparición de baches. Así mismo, la apertura de cepas para la ampliación o reparación de servicios, aunada a la mala supervisión, ocasiona a diario serios daños en nuestros pavimentos, destruyendo nuestras vías de comunicación y peor aún, son por las que el ciudadano tiene que circular día a día. En este trabajo se presenta los diferentes tipos de pavimentos que existen en nuestra ciudad, sus características principales, las ventajas y desventajas entre

ellos, costos de construcción y algunos de los procedimientos de construcción más usuales.

ABSTRACT

The benefits implied by the paving of urban roads of a city are very important, since they transform the image of the cities, impacting the economic investments and the value of the houses or the properties located in the surroundings of the road, generating social benefits, health benefits, political benefits, greater public safety benefits and, in general, social welfare. The historic centers of the Colonial Cities like Morelia, present serious deficiencies in terms of their layout to make vehicular traffic efficient, in the same way, the anarchic growth which the capital city has developed has resulted in a poor network of streets and avenues, this lack of urban planning has caused a number of pavements designed for light traffic to be affected by loads much higher than those of the project, thus causing failure and rupture in the pavements and the consequent appearance of potholes. Likewise, the opening of strains for the extension or repair of services, added with poor supervision, causes serious damage to our pavements on a daily basis, destroying our communication routes and worse still, they are the ones that citizens have to circulate through day after day. This paper presents the different types of pavements that exist in our city, their main characteristics, the advantages and disadvantages between them, construction costs and some of the most common construction procedures.

INTRODUCCION

La pavimentación de calles y avenidas en cualquier localidad conlleva una enorme importancia, ya que la construcción de cualquier tipo de pavimento, independientemente del enorme beneficio que aportan a la ciudadanía, sirven como parámetro para determinar en forma objetiva, el desarrollo o grado de marginación en que se encuentra cualquier ciudad, pueblo o localidad.

Se puede decir que la pavimentación en sí, es la culminación de los trabajos de infraestructura urbana mínima necesaria que requiere una ciudad para su funcionamiento.

Es la última etapa del acondicionamiento urbano básico, el cual está conformado por la red para el suministro de agua potable, la red de alcantarillado sanitario, la red para el suministro de energía eléctrica, la instalación de alumbrado público y la construcción de banquetas y guarniciones. Las anteriores acciones de obra por lo general, no impactan visualmente a los habitantes de los lugares a donde llevan sus grandes beneficios, no así el pavimento, que transforma de una semana a otra, las polvosas, aparentemente sucias, intransitables y tristes calles de las poblaciones, en limpias y agradables nuevas vías de comunicación.

Los beneficios que conlleva esta importante actividad, impactan transformando la inversión económica y la plusvalía de las viviendas o predios

ubicados en su entorno, así como beneficios políticos, sociales, de mayor seguridad pública, de salud y en forma general de bienestar social.

Por otra parte, es importante mencionar que este tipo de obra es utilizado en los poblados y ciudades de la mayor parte de nuestro país, para encausar las aguas pluviales y llevarlas a los puntos más bajos, lo anterior obedece a la falta de infraestructura necesaria para tal fin.

Cabe señalar, que la pavimentación no solo conlleva beneficios a los pobladores de las localidades donde se construyen, ya que, desde el punto de vista ecológico, transforma, conjuntamente con los espacios habitacionales, un nuevo y diferente pequeño ecosistema, el cual es diferente del clima original de la localidad de que se trate, haciendo con esto que la temperatura del lugar se vea incrementada y los efectos de esto se hagan sentir sobre los habitantes. La pavimentación y la construcción de las ciudades en todo el mundo, ha ocasionado que, en las áreas ocupadas por las mismas, los mantos acuíferos no se recarguen en forma adecuada.

De igual manera, la poca o nula educación vial que las autoridades competentes en nuestro país han impartido, tanto a conductores como a peatones, ocasiona un número cada vez más elevado de accidentes de tránsito, los que, a su vez, lamentablemente se transforma en pérdidas humanas y económicas. Como se observa, esta actividad de la ingeniería tiene sus ventajas que son muchas, pero

también presenta algunas agravantes, mismas que pueden ser resueltas si existe voluntad y medios económicos suficientes para invertir y superarlas.

Al ingeniero civil se le presenta durante su vida profesional, un amplio campo en donde puede aplicar los conocimientos adquiridos durante el periodo de la enseñanza universitaria, uno de éstos es la construcción de pavimentos de todo tipo, por ello, decidí elaborar el presente trabajo, apoyándome en algunos años de experiencia adquirida al desarrollar esta actividad, misma que realicé en el municipio de Morelia básicamente.

En esta presentación, mencionaré los diferentes tipos de pavimento que existen en nuestra ciudad, sus características principales, las ventajas y desventajas entre ellos, costos de construcción y los procedimientos constructivos más usuales.

CAPITULO I

I. ANTECEDENTES

Morelia, es la ciudad modelo del estilo noble y señorial; sus edificios monumentales hacen eco de la época del virreinato, se conservan en toda su grandeza y quedan grabados por siempre en la memoria de quien los conoce; el trazo de sus calles funde diferentes épocas y estilos, conformando un conjunto arquitectónico que muestra la grandeza de un pueblo y constituye un patrimonio común de la humanidad.

Ilustración 1. Casa Natal de Morelos, Morelia, Michoacán.



Fuente: Propia octubre del 2021.

En la época prehispánica, el lugar donde se encuentra Morelia fue conocido como “Valle de Guyangareo “, estuvo habitado por los Pirindas o Matlazincas (INAFED,

2020), los cuales fueron aliados de los purépechas. A la llegada de los españoles se formó una pequeña Villa, pasado poco tiempo; un 27 de octubre de 1527, la Reina de España llamada Juana y apodada “La Loca” (Yanko, 2003), firmó cédula a petición del Virrey don Antonio de Mendoza, autorizándolo para fundar en el Valle de Guayangareo la Villa de Valladolid, ocurriendo ésta un 18 de mayo de 1521.

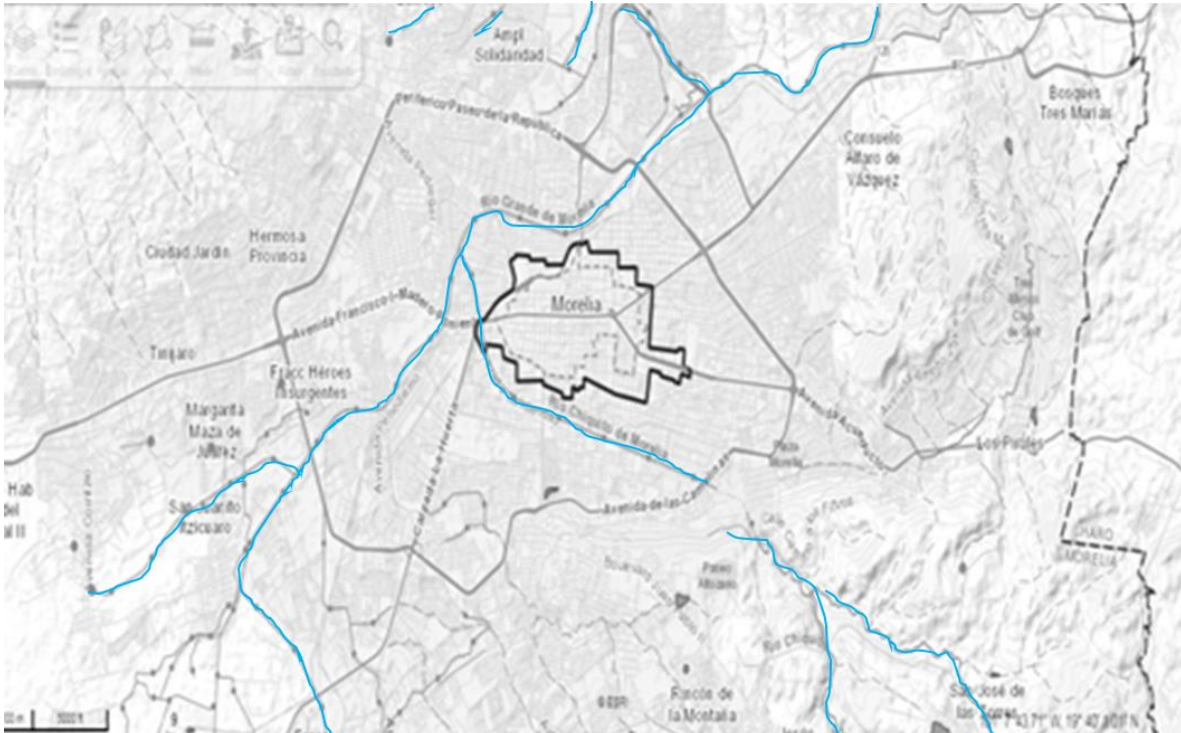
Debido al desarrollo económico y demográfico que alcanzó Valladolid, en el año de 1545 a la Villa le fue otorgado el título de ciudad. Después de la época de Independencia, se propuso cambiar dicho nombre, entre los proyectos presentados para el nombre de Valladolid figuraban: ciudad de Morelos, Guayangareo, Patria de Morelos, entre otros más.

Fue el señor diputado Silva quien propuso que se le llamase Morelia, en honor al héroe de la patria Don José María Morelos y Pavón, el cual nació en esta ciudad un 30 de septiembre de 1765 (Gutiérrez Escudero, 2008).

El municipio de Morelia se localiza al norte del estado de Michoacán, siendo sus coordenadas: 19 grados 42 minutos de latitud norte y 101 grados 11 minutos de longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1941 metros (EARTH, 2022).

Sobre los datos hidrológicos más relevantes hay que mencionar los Ríos Grande y Guayangareo; los Arroyos de Atécuaro, la huerta, el refugio; la presa de Cointzio, la cual se encuentra en el sur del municipio.

Ilustración 2. Cuencas de Morelia, Michoacán.



Fuente: IMPLAN, consultado abril 2022.

<https://sigmorelia.gob.mx/?v=bGF0OjE5LjY5NzkwLGxvbjotMTAxLjE4MjU0LHo6OSxsOmMxMDN8YzE3MDR8YzE3MDV8YzlwMXxjMjAyfGM5MDR8YzlwM3xjMjA1fHRjMTA2>

La precipitación pluvial media al año es de 796 mm³, con lluvias en verano (CONAGUA, 2022).

La temperatura oscila entre los 13 y 36 grados centígrados, caracterizándose por ser un clima templado sub húmedo.

Ilustración 3. Normales Climatológicas de Morelia, Michoacán.

GOBIERNO DE MÉXICO													Trámites
Michoacán													
SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS													
ESTADO DE: MICHOACÁN DE OCAÑO													PERIODO: 1951-2010
ESTACION: 00016081 MORELIA													
LATITUD: 19°41'19" N. LONGITUD: 101°10'34" W. ALTURA: 1,908.0 MSNM.													
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION													
NORMAL	18.8	9.3	9.8	14.2	46.3	141.7	183.0	166.8	140.6	55.4	12.1	5.6	803.6
MAXIMA MENSUAL	136.3	151.8	144.4	144.4	101.2	284.0	294.7	267.6	287.9	171.6	63.3	38.4	
AÑO DE MAXIMA	2003	2010	1959	1959	1956	2002	2010	2010	1998	1976	1952	1979	
MAXIMA DIARIA	51.5	63.5	46.1	46.1	59.0	85.3	75.4	66.3	66.0	51.7	38.5	21.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	24/1980	04/2010	21/1959	21/1959	31/2002	22/1964	09/1974	06/1998	04/1988	11/2001	01/1953	03/1979	
AÑOS CON DATOS	58	60	60	60	59	59	60	60	59	58	59	59	
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	23.8	25.6	27.9	30.0	30.6	28.4	26.1	26.0	25.5	25.5	25.3	24.2	26.6
MAXIMA MENSUAL	27.2	29.0	32.6	33.9	34.3	34.2	32.4	29.7	29.3	29.3	28.9	29.7	
AÑO DE MAXIMA	1986	1977	1977	2000	1983	1976	1982	1977	1977	1970	1993	1993	
MAXIMA DIARIA	35.0	33.0	39.0	36.5	38.0	38.5	34.5	32.0	33.0	34.0	38.3	33.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	12/1993	22/1993	20/1991	28/1972	27/1973	12/1976	01/1982	01/1977	22/1975	28/1975	13/1951	22/1993	
AÑOS CON DATOS	58	60	60	60	58	58	59	59	59	58	59	59	

Fuente. CONAGUA. Consultado abril 2022.

Su relieve orográfico lo constituyen el sistema volcánico transversal, la sierra de Acuitzio, la de mil cumbres y los Cerros del Tigre, Pico del Quinceo, Punhuato, de las Ánimas y los Cuates.

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario y cuaternario, corresponden principalmente a los grupos chernozem y podzolic, su uso es primordialmente ganadero y en menor proporción forestal y agrícola (INEGI, 2022).

Ilustración 4. Topo formas de Morelia, Michoacán.



Fuente. Elaboración propia con datos INEGO Topo formas 2022.

En la época en la cual se fueron trazando las ciudades como esta bella y colonial Morelia, nunca podría imaginarse que existiría en el futuro un medio común de transporte, con el cual prácticamente toda la población se desplazaría de un lugar a otro, con el propósito de satisfacer toda clase de necesidades. Y que sería este medio, parte importante en el desarrollo de las economías de las ciudades, los estados y en general de las naciones.

Debido a la anterior aseveración y al desconocimiento de lo que depara el futuro, los Centros Históricos como el de Morelia, presentan serias deficiencias en cuanto a su trazo para hacer expedito el tránsito vehicular, de igual manera, el crecimiento anárquico con el cual se ha desarrollado esta capital, acentuándose a partir de los años ochenta, ha tenido como resultado degenerativo una mala red de calles y avenidas, mismas que el ciudadano tiene que padecer todos los días.

Esta falta de planeación urbana, ha ocasionado que un sinnúmero de pavimentos diseñados para tránsito ligero, se vean afectados por cargas muy superiores a las de proyecto, ocasionando con esto la falla y ruptura en dichos pavimentos y la consecuente aparición de baches. Así mismo, la apertura de cepas para la ampliación o reparación de servicios, aunada a la mala supervisión, ocasiona a diario serios daños en nuestros pavimentos, destruyendo nuestras vías de comunicación. Sobre lo anterior, en capítulos posteriores se harán algunas recomendaciones para evitar en lo posible, que por falta de datos e información confiable se siga cayendo en esta lamentable falla.

Durante la historia de la humanidad, con la invención de la rueda, el uso de los carruajes y posteriormente con la aparición de los vehículos automotores, el hombre tuvo y tiene la necesidad de poseer a su servicio más y mejores caminos por los cuales pueda transitar libre de obstáculos, de tal forma que ha tenido que buscar en base al ingenio la manera de construirlos lo más durable y económico posible.

Esta ciudad presenta a simple vista un campo rico para la construcción de pavimentos de todo tipo, ya que existen a la fecha (2010), según información proporcionada por el gobierno municipal: 22 825 000 m² de pavimentos, los cuales se encuentran clasificados en : 20 622 000 m² de pavimento hidráulico (pavimento rígido), 1 576 000 m² de pavimento asfáltico (pavimento flexible) y 627 000 m² de pavimento de adocreto (pavimento semirrígido), teniéndose además un déficit de pavimentación de 4 576 000 m² , el cual se incrementa en forma proporcional al crecimiento acelerado de la ciudad.

El problema principal para poder llevar a cabo dichas pavimentaciones, se basa principalmente en que son las zonas económicamente más pobres las que tienen la necesidad de hacerse llegar este servicio, aunado a lo anterior; los apoyos oficiales cada vez son más limitados, al punto de parecer pobres o desaparecer por completo, de tal suerte que es el propietario el que absorbe el total del gasto a efectuar.

Es importante señalar que el h. ayuntamiento de Morelia recibe miles de solicitudes por parte de los ciudadanos interesados en incorporarse a los programas federales como el llamado “Cemento “, el cual coordina la Secretaría de Desarrollo Social y el cual tiene por objetivo la pavimentación de calles, proporcionando a través del Gobierno Federal el Cemento necesario para la fabricación del concreto. La suma de las áreas a pavimentar en dichas solicitudes rebasa en mucho la capacidad de los gobiernos para apoyar estas acciones, incrementando con ello el déficit de pavimentación municipal. Menciono lo anterior, con el propósito de mostrar la oportunidad para que los ingenieros y

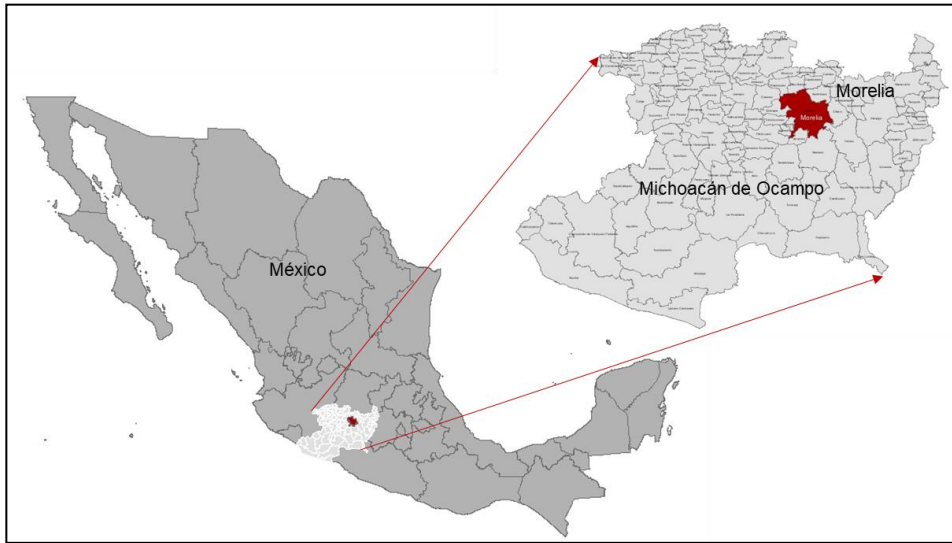
La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

compañías constructoras, tomen conciencia de la envergadura de esta situación y puedan ver que, en esta ciudad, que todos los días crece, existe un campo amplio para la aplicación de sus conocimientos y la inversión de capital que, aunado a un poco de talento pueden llegar a materializar en beneficio propio y de la sociedad en general.

Al tratar en este estudio sobre los procedimientos constructivos para la fabricación de pavimentos, no puedo dejar de pensar sobre la situación económica por la que atraviesa nuestra patria, por lo anterior creo con firmeza, que es mucha la responsabilidad del ingeniero para llevar a cabo la construcción de estas obras con la mejor calidad y al menor costo posible, debiendo tomar siempre en cuenta que son los beneficiarios los que de una forma u otra pagarán en su momento el importe de estos trabajos, lo anterior último, independientemente de que reciban o no apoyo de las diferentes instancias gubernamentales que se encuentran inmiscuidas en este proceso.

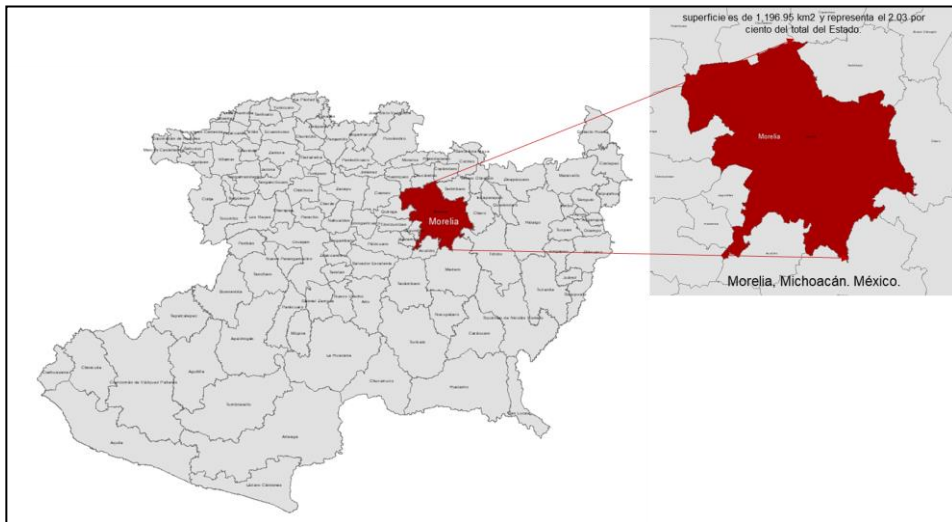
Nuestra ciudad está sometida a un fenómeno de crecimiento que requiere de más y mejores servicios y por consiguiente de una mayor cantidad de pavimentos de toda clase. Todos los días nos damos cuenta del nacimiento de nuevos Asentamientos Humanos que demandan las comodidades que una ciudad debe ofrecer, con esto reviste mayor importancia la conformación de más y mejores pavimentos, para que estos se puedan sumar a la cuadrícula vial ya existente.

Ilustración 5. República Mexicana.



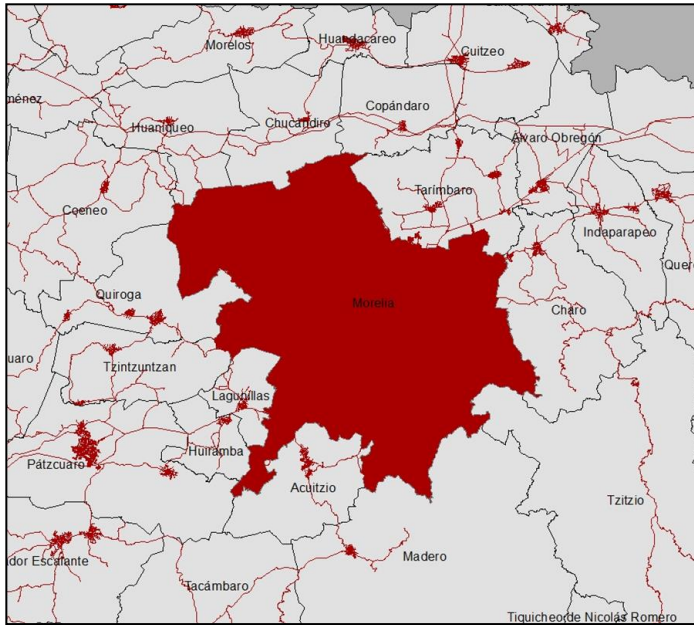
Fuente. Elaboración propia. Abril 2022.

Ilustración 6. Estado de Michoacán de Ocampo.



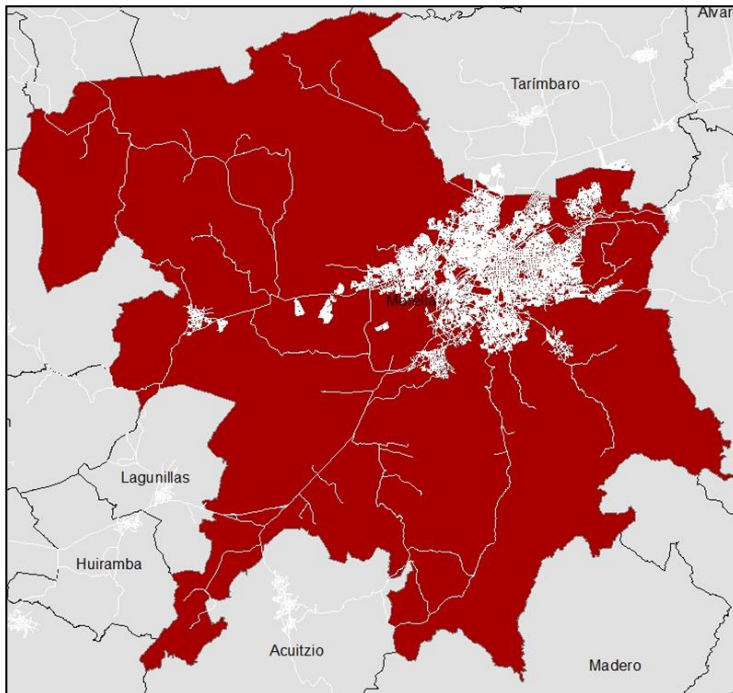
Fuente. Elaboración propia. Abril 2022.

Ilustración 7. Municipio de Morelia, Michoacán, México.



Fuente. Elaboración propia. Abril 2022.

Ilustración 8. Centro de Población de Morelia, Michoacán, México.



Fuente. Elaboración propia. Abril 2022.

CAPITULO II

II. TIPOS DE PAVIMENTOS EXISTENTES

Antes de comenzar a desarrollar este capítulo, es necesario conocer algunas de las definiciones de lo que es un pavimento.

De acuerdo con las normas y especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el pavimento es: “la capa o conjunto de capas comprendidas entre la sub rasante y la superficie de rodamiento y cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en ella”.

Ilustración 9. Pavimento en Carretera.



Fuente: Consultado abril 2022.

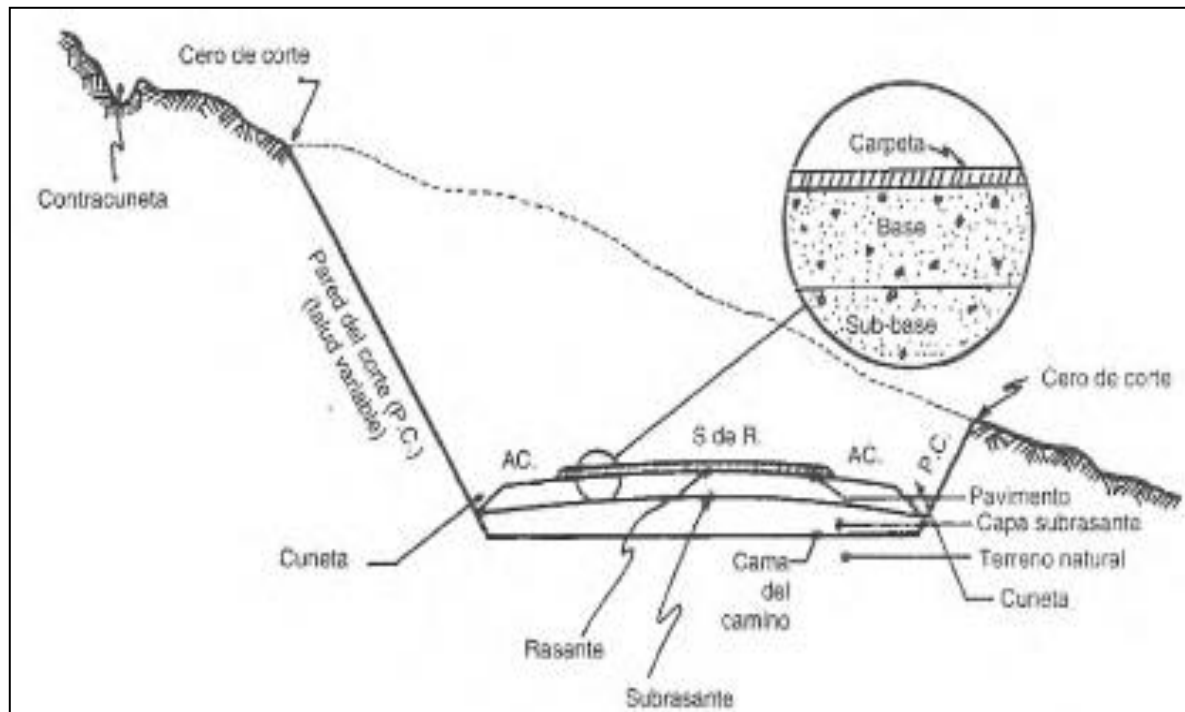
<https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manuales-2016/manual-atencion-ambiental-carreteras.pdf>

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

Por otra parte, Carlos Crespo Villalaz considera que es: “la adaptación de una faja sobre la superficie de la tierra que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido adaptado”.

En lo personal, puedo decir que el pavimento es: “Una capa o conjunto de capas, diseñadas para absorber los esfuerzos y cargas que transmiten los vehículos que por ella circulan, construyéndose con diferentes tipos de materiales clasificados, presentando una superficie final de rodamiento libre de obstáculos, resistencia al intemperismo y a la disgregación de sus partículas”.

Ilustración 10. Estructura del Pavimento.



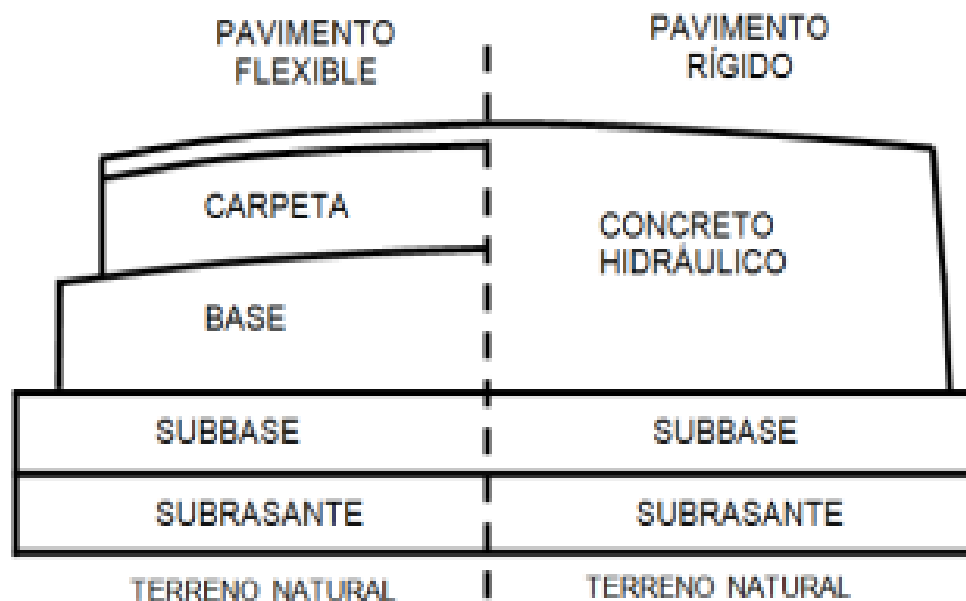
Fuente: Libro; Estructuración de vías terrestres- Fernando Olivera Bustamante Consultado abril 2022.

Independientemente del concepto de definición que se quiera adoptar, las funciones que desempeña el pavimento son varias, a continuación, enunciaré algunas de ellas:

- Los pavimentos se diseñan con el propósito de soportar las cargas de tránsito sin ocasionar deformaciones importantes, lo que se llama estabilidad.
- Por su composición resiste en forma aceptable los efectos del intemperismo (Gonzalo, 2017) (calor, frío, viento, agua, etc.), sin perder su estabilidad y conservando sus propiedades.
- Evita, por consecuencia de la cohesión entre sus partículas, la desintegración de la superficie de rodamiento.
- Ofrece una superficie adecuada para el desplazamiento de los vehículos con velocidad, seguridad y comodidad.
- Posee una superficie relativamente friccionante, pero a la vez cómoda y segura para lograr que los vehículos adquieran un control más seguro y efectivo, con esto se logra que los movimientos, giros o maniobras necesarios en su operación sean fáciles.
- Coadyuva con la salud pública, evitando la formación de polvaredas, charcos y lodos, de la misma forma, cambian el aspecto de las calles dando una imagen más decorosa y limpia.

- Son factor importante en el crecimiento económico y auxilian para tener una mejor vigilancia por parte de las autoridades de seguridad pública.
- Comunican pueblos, ciudades y países.

Ilustración 11. Esquema de Pavimentos.



Fuente: Consultado abril 2022.

https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Catalogo_Pavimentos/Catalogo.pdf

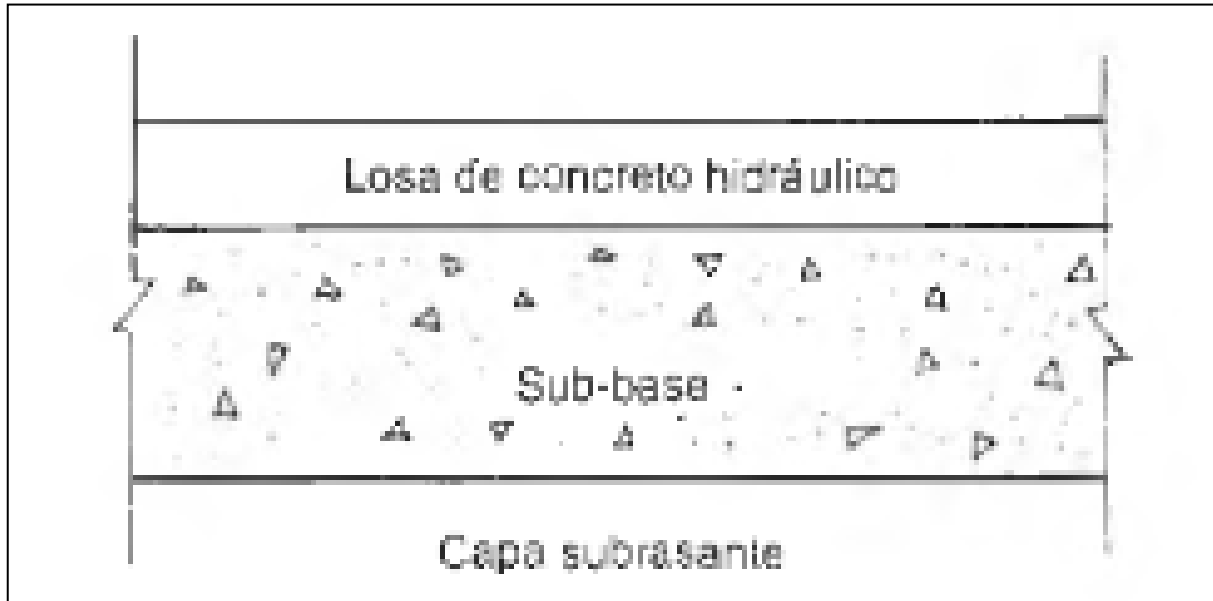
La fabricación de vehículos diseñados para todo tipo de necesidades, ha dado como resultado que las personas, mercancías, productos y en general la vida económica de las ciudades dependa de éstos. Los pavimentos proporcionan a los usuarios, seguridad en el transporte, rapidez en el traslado y comodidad en el tiempo de traslado.

De acuerdo a las decisiones tomadas en su momento por las autoridades competentes, algunas veces conjuntamente con los beneficiarios, considerando

además el aspecto económico que impacta a los ciudadanos que contratan este servicio, puedo decir que en esta ciudad existe todo tipo de pavimentos.

A continuación, y desde el punto de vista de la ingeniería, mencionaré los diferentes tipos de pavimento existentes y algún ejemplo manifiesto:

Ilustración 12. Esquema de Pavimentos Rígidos.



Fuente: Libro; Estructuración de vías terrestres- Fernando Olivera Bustamante (Pavimento Rígido)

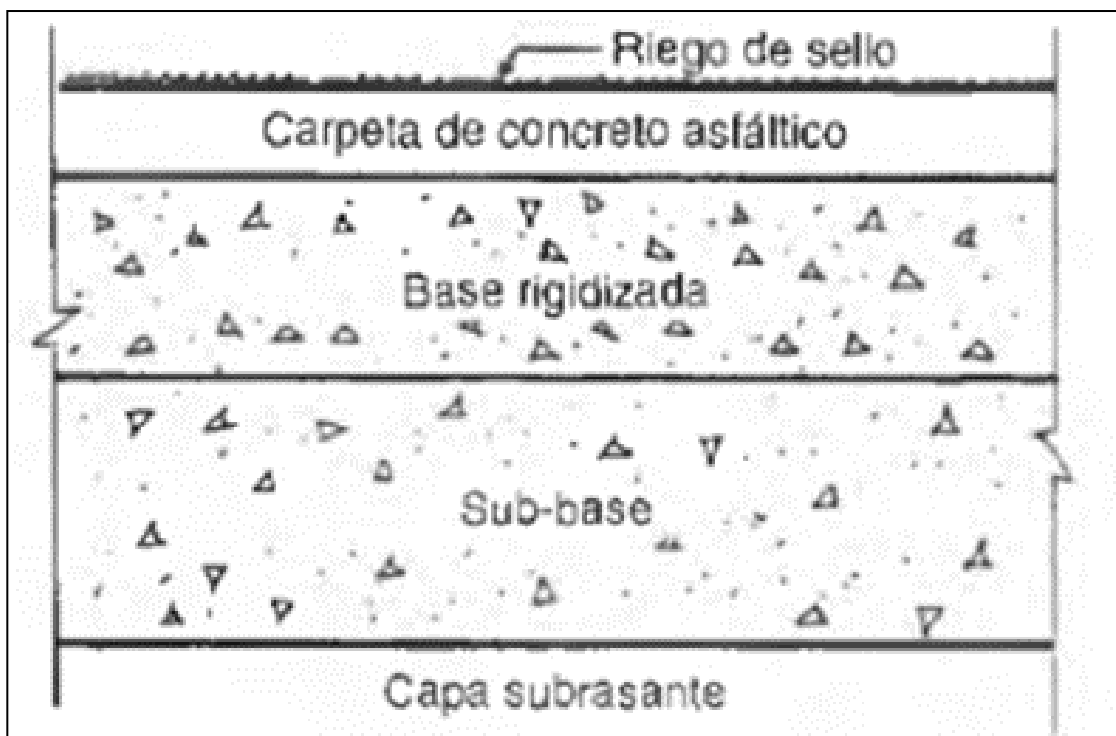
Tabla 1. Pavimentos en Colonias de la Ciudad de Morelia.

Concreto armado	Avenida madero
Concreto de 350 kg/cm ²	Av. Nocupetaro.
Concreto f'c= 300 kg/cm ²	Av. Solidaridad
Concreto f'c= 250 kg/cm ²	La mayoría de las calles.
Empedrado ahogado	Capula

SEMIRIGIDO:

Adocreto de 12 cm espesor	Calle Allende
Adocreto de 8 cm de espesor	Colonia las Margaritas
Empedrados	Atecuaro

Ilustración 13. Pavimento Semirrígido.



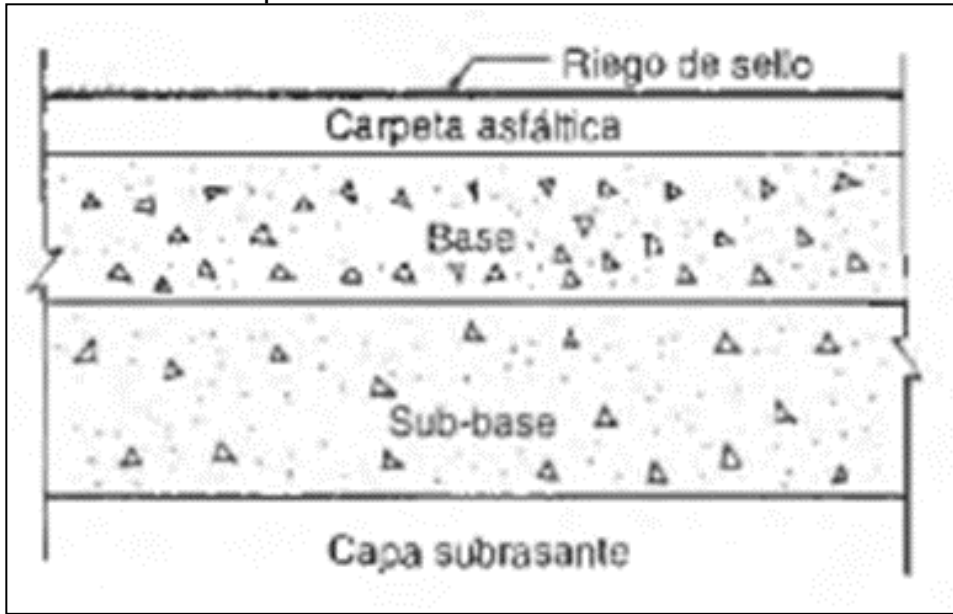
Fuente: Libro; Estructuración de vías terrestres- Fernando Olivera Bustamante (Pavimento semirrígido)

FLEXIBLE:

Tabla 2. Pavimento Flexible.

Concreto asfáltico	Libramiento de Morelia
Asfalto rebajado	Colonia Chapultepec Sur
Emulsiones asfálticas	Colonia Eduardo Ruiz

Ilustración 14. Esquema de Pavimento Flexible.



Fuente: Libro; Estructuración de vías terrestres- Fernando Olivera Bustamante (Pavimento Flexible)

Cada uno de estos pavimentos presentan entre si ventajas y desventajas, las cuales pueden ser económicas, de durabilidad, de mantenimiento, de rapidez en la construcción, de resistencia, etc. se expondrán estas por separado en capítulo posterior, así como el análisis de costo de los más comunes.

CAPITULO III

III. CLASIFICACION DE SUELOS

Para llevar a cabo la construcción de cualquier proyecto, es necesario conocer las propiedades mecánicas de los materiales que se utilizarán o que intervendrán en forma directa en la materialización del mismo, pero también es de suma importancia, el saber en qué tipo de terreno se desplantará nuestra estructura. Sobre esto último, debemos conocer que características posee el tipo de suelo en el que vamos a desplantar nuestro pavimento, así como sus propiedades, capacidad de carga y la composición de los materiales que lo integran. Algunas recomendaciones coinciden con la clasificación realizada por Narsilio y Santamarina.

Ilustración 15. Tipos de Suelo.



Fuente: Foto tomada en Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UMSNH.

Al hablar sobre el suelo o bien el subsuelo de esta capital, nos encontramos algunas veces con la creencia errónea, de que ésta, descansa en su totalidad sobre bancos de cantera (tobas riolíticas).

Ilustración 16. Suelos Arcillosos.



Fuente (SCT, Manual de Proyectos de Sistemas Inteligentes de Transporte ITS en Carreteras., 2022)

Existe por lo tanto un suelo firme y seguro para desplantarse, proyectando construir de esta manera solo una capa de “mejoramiento de terreno” y una base hidráulica intermedia entre el pavimento hidráulico y el terreno natural, previamente despalmado, nivelado y compactado, hasta obtener el nivel de proyecto, nada más errado ni falso que esto último anterior, ya que si bien es cierto que algunos puntos aislados de la ciudad tienen, por así decirlo, la cantera a “flor de tierra”, lugares en donde por cierto la introducción de los servicios subterráneos resultan costosos, debido al enorme esfuerzo que debe llevarse a cabo para lograr hacer las excavaciones necesarias, también es cierto, que existe una gran cantidad de zonas donde los suelos se nos presentan con varios metros

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

de profundidad de arcillas expansivas de muy variados colores, así como limos arcillosos.

Los estudios generales que se han llevado a cabo para conocer los componentes de los suelos de esta capital, nos muestran la existencia de gran cantidad de materiales finos o granulares, formando capas o estratos sin correspondencia alguna y sin orden geológico definido, esto es, que las capas que componen nuestro suelo varían con facilidad de un punto a otro en pocas distancias.

Ilustración 17. Suelo en la Col. Chapultepec Sur de Morelia, Michoacán.



Fuente: Foto tomada en Av. Acueducto y esquina con Juan Escutia.

Algunos de estos suelos están constituidos en forma general, primeramente, por una capa de arcilla de alta plasticidad, la cual incluso puede alcanzar varios metros de profundidad, como es el caso de las colonias Chapultepec Sur y oriente, seguida a esta capa de arcilla se pueden encontrar capas de materiales diversos, siendo común encontrar un material de muy baja resistencia debajo de otro de mejor calidad.

Con esto, se puede presumir que el terreno natural no resulta ser lo seguro ni firme que se piensa, por lo que es recomendable llevar a cabo sondeos y estudios apoyados en laboratorio.

No obstante que la práctica y el ejercicio de la profesión nos han proporcionado cierta experiencia y criterios en el desarrollo de los trabajos, es recomendable llevar a cabo los estudios de laboratorio y el estudio de mecánica de suelos para disponer de todos los elementos técnicos necesarios y estar en condiciones para proyectar y diseñar el pavimento que cumpla con el requisito que se ha trazado.

Ilustración 18. Pruebas de laboratorio Triaxial.



La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

Fuente: Prueba triaxial en suelos en el laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería civil UMSNH

Ilustración 19. Prueba de laboratorio con carga.



Fuente: Prueba triaxial en suelos en el laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería civil UMSNH

Debo señalar que a lo anterior, y en forma desgraciadamente común, existe la limitante de tipo económico, ya que siendo Morelia un municipio donde la necesidad y la demanda han rebasado la cantidad de servicios que pueden ser proporcionados, la construcción de servicios tales como el drenaje sanitario, se hace en la mayoría de las veces, con muchos años de anticipación al servicio de pavimentación, es por ello que se está imposibilitado para mejorar

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

sustantivamente los espesores de las capas de terracería, debido a que algunas de las obras de alcantarillado sanitario se encuentran construidas sin tener incluso la profundidad mínima necesaria, para evitar que el equipo pesado de pavimentación no afecte o destruya la tubería ya instalada.

Ilustración 20. Alcantarilla en Calzada Juárez, Morelia.



Fuente: Fotografía propia, abril 2022. Tomada Calzada Juárez, Morelia.

Ilustración 21. Alcantarilla lateral en Calzada Juárez, Morelia.



Fuente: Fotografía propia, abril 2022. Tomada Calzada Juárez, Morelia.

Lo ideal sería contar con los recursos necesarios suficientes para reconstruir los sistemas de drenaje, pero al no contarse con ello, debemos con ingenio y sin poner en riesgo la buena calidad de la obra, llevar a cabo nuestro trabajo.

Como ejemplo de la diversidad de los suelos expondré a continuación algunos tipos de ellos y la localización de estos:

Tabla 3. Tipos de Suelo.

Tipo de suelo	Ubicación
Mantos rocosos	Vicente guerrero
	Tanganxoan
Tobas riolíticas	Loma de Santa María
	Colonia Isaac Arriaga
	Centro Histórico
Tepetates consolidados	Central de Abastos
	Colinas del Sur
Arcillas de gran plasticidad	Colonias: Chapultepec Sur
	Del Empleado
Limos arcillosos	Colonias: Prados Verdes
	Ejidal Tres Puentes

Una vez identificado el tipo de suelo con el que se trabajará, los datos que proporcionan el laboratorio de materiales y el estudio del suelo, estaremos en condición para tomar el criterio de diseño del pavimento.

Son varios los métodos que se utilizan para proyectar un pavimento, a saber y de acuerdo a los vistos en Morelia puedo mencionar los siguientes¹:

1). Método empírico.

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

En este método no se lleva a cabo ningún tipo de ensaye sobre la resistencia del suelo, se aplica básicamente por la experiencia vivida, deduciendo la comparación de los resultados obtenidos durante la practica en la construcción de los pavimentos.

Es, sin lugar a dudas, el más utilizado en nuestro municipio, ya que existe una gran cantidad de constructores que durante años se han ocupado de llevar a cabo la realización de este tipo de obras.

Es importante señalar, que no todos estos constructores tienen la experiencia y capacidad para poder aplicar con buen criterio un diseño adecuado de pavimento. Al carecer algunos de estos constructores de conocimientos técnicos, han tomado un mismo tipo de proyecto de pavimentación para cualquier punto de la ciudad, construyendo de esta manera calles que presentarán serios problemas en un futuro.

2). Método con un ensaye de resistencia de suelo.

A este grupo pertenece el más usado actualmente y que es el del valor relativo de soporte (V.R.S.) para pavimentos flexibles, este método se basa en un ensaye de penetración, se aplica como método de comparación para obtener el espesor del pavimento, esto se hace según la experiencia para suelos que dan los mismos valores de resistencia.

Ilustración 22. Ensayo por Penetración.



Fuente: Prueba CVR ó VRS

Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UMSNH. Abril 2022.

Ilustración 23. Ensayo por Penetración con medición.



Fuente: Prueba CVR ó VRS

Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UMSNH. Abril 2022.

Ilustración 24. Prueba del ensayo por Penetración.



Fuente: Prueba CVR ó VRS

Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil UMSNH. Abril 2022.

La prueba consiste en medir la resistencia a la penetración en especímenes de material compactado por medio de cargas aplicadas con una máquina de

compresión, para reproducir los pesos volumétricos correspondientes a diferentes grados de compactación, empleando humedades que se especifican de acuerdo al procedimiento mismo de la prueba.

Los pasos son los siguientes:

- a). preparación de la muestra.
- b). determinación de las humedades de prueba para diferentes grados de compactación en función de la humedad óptima y de acuerdo al tramo en estudio desde el punto de vista pluvial.
- c). cálculo de la cantidad de agua que es necesario incorporar al suelo para que este adquiera la unidad de prueba en cada uno de los grados de compactación deseados.
- d). cálculo de la cantidad de material que deberá emplearse para reproducir cada uno de los pesos volumétricos secos correspondientes a los diferentes grados de compactación considerados.
- e). incorporación del agua y compactación del material con carga estática para reproducir el peso volumétrico correspondiente.
- f). medición de la resistencia a la penetración ofrecida por el suelo, para las diferentes condiciones obtenidas en el punto e) señalado anteriormente.

3). Método teórico práctico.

Conocido y aplicado es el método Westergaard para pavimentos rígidos, básicamente consiste en determinar las propiedades esfuerzo-deformación de las terracerías, los resultados se emplean aunados a una teoría modificada de la distribución de presiones.

4). Métodos teóricos.

En este método se analiza desde el punto de vista matemático los esfuerzos-deformaciones de las terracerías y el pavimento, así como las características de la función esfuerzo-deformación de los materiales que intervienen.

CAPITULO IV

IV PROPUESTAS DE PAVIMENTACIÓN.

Cuando se va a llevar a cabo la construcción de un pavimento dentro de cualquier localidad, deberán considerarse diferentes aspectos, como son los que a continuación expongo:

A). Transitabilidad;

Este aspecto reviste suma importancia, ya que la durabilidad de la vía depende en gran medida de las cargas y uso que a futuro deberá soportar ésta durante su servicio.

Para lo anterior, deberá hacerse llegar la mayor cantidad de información posible, de igual manera, inspeccionar y conocer en su conjunto las calles o avenidas que componen la cuadrícula vial, en donde se pretende llevar a cabo la construcción del nuevo pavimento. Una vez hecho lo anterior, se está en condiciones de tener un criterio más confiable y se podrá “suponer “el futuro tránsito de esta nueva arteria.

Son conocidas por todos, la gran cantidad de calles y avenidas que, con el paso del tiempo y la costumbre, se han convertido en arterias principales de circulación vehicular y de tránsito pesado, lo que ha ocasionado que la mayoría de éstas, tengan que soportar cargas superiores a las de proyecto.

Lo anterior, ha dado como resultado, la falla y ruptura de los pavimentos, con la consecuente aparición de “baches” o grietas.

De igual manera, algunas calles, mismas que por su ubicación al momento de tomar la decisión de ser pavimentadas, no representaban ser las principales vías de esa nueva cuadrícula, ya que de acuerdo al proyecto de lotificación y vialidad se consideraban secundarias, se convierten, en el momento de la pavimentación, en los ejes viales más transitados por los conductores y operadores de diferentes tipos de vehículos, ya que la falta de pavimentación de otras calles así lo exige.

Esto último anterior es muy común, ya que los principales ejes de una colonia, tardan más tiempo en ser pavimentados, debido principalmente al aspecto económico, ya que como dije anteriormente, son los beneficiarios directos los que pagan este servicio.

Por lo tanto, es de mucha importancia que las autoridades competentes, otorguen mayor importancia a la construcción de estas vías y den prioridad a estos proyectos.

B). Económicos.

Desgraciadamente, este es el aspecto que más influye para la toma de una decisión relacionada a una propuesta de pavimentación.

Siendo Morelia un municipio en donde no existen los recursos económicos necesarios para cubrir las demandas sociales de nuestra población, aunado lo anterior a la poca participación económica federal que recibe anualmente y a la casi nula participación estatal, es el beneficiario directo el que, con su aportación, absorbe el mayor porcentaje del costo de este trabajo, si no es que el costo total del mismo.

Considerando, además, que son las personas de escasos recursos económicos, las que habitan las zonas donde se requiere construir este tipo de servicio y aunado a las interminables crisis económicas y a la enorme cantidad de desempleo, vemos la imposibilidad de que estos ciudadanos puedan pagar el mejor de los pavimentos propuestos.

Con lo anterior, caemos en la cuenta de que nuestra propuesta de pavimentación deberá hacerse apegada a un presupuesto limitativo, mismo que no deberá afectar en forma sustantiva la economía de las familias, pero que a la vez esta inversión deberá garantizar la buena calidad de la obra.

Si logramos conocer un procedimiento constructivo económico, cuyo producto sea duradero y que cumpla con las especificaciones vigentes, podremos ofrecer un buen pavimento, el cual beneficiará a la población en general, al mismo tiempo que tendremos la oportunidad de cumplir con un compromiso social, mismo que hemos heredado durante la enseñanza recibida en nuestra universidad.

C). Estéticos.

Debo señalar también, que nacen en Morelia cada año, fraccionamientos llamados medios o residenciales, en donde se puede y se construyen diferentes tipos de pavimento, ya que sus propietarios están en condiciones de pagar los mismos, con el propósito de hacer más atractiva el área en venta.

Estos pavimentos contruidos generalmente con concreto prefabricado (adocreto), de diferentes formas, colores y espesores, rompe con la monotonía de las losas

de concreto o de las carpetas asfálticas, dando un toque de elegancia y distinción a las calles que se construyen con estos materiales.

Además, es ideal para las calles y avenidas que conforman nuestro centro histórico, pero sea cual sea el acabado de nuestro pavimento, no se puede negar el cambio visual que se percibe después de haber llevado a cabo los trabajos de pavimentación, los cuales muchas veces se complementan con la construcción de jardineras, plantación de árboles y la construcción de banquetas y guarniciones.

D). Topográficos.

Este aspecto se debe considerar en forma especial en las zonas donde existen pendientes considerables, ya que durante el tiempo de lluvias y debido a la falta de drenaje pluvial, las calles que se construyen en estas áreas, conducen las aguas producto de la precipitación pluvial a los puntos topográficos más bajos, alcanzando estas aguas volúmenes y velocidades considerables.

Para estos casos, no es recomendable construir pavimentos asfálticos, ya que éstos tienden a perder con mayor facilidad la cohesión entre sus partículas, debido a la acción conjunta del agua y la velocidad que ésta logra alcanzar.

Si consideramos además de lo anterior, el poco mantenimiento a que son sujetos, se estará construyendo una superficie de rodamiento con un alto riesgo de deterioro.

Una vez que se han establecido algunos aspectos generales, estoy en condiciones de presentar algunas de las características principales, mismas que reúnen las propuestas de pavimentación más usuales en este municipio y en

forma muy personal, las ventajas y desventajas que se manifiestan en cada una de ellas.

Pavimentos rígidos:

A). Pavimento de concreto hidráulico.

Por sus características, popularidad, costo y apoyos gubernamentales, durabilidad y ventajas, ha sido el tipo de pavimento más utilizado en nuestra ciudad. Para ello se determinan evaluaciones del estado mediante diferentes metodologías como la publicada por AH Mendoza, sin embargo en el municipio se determinan como se muestra a continuación. De este pavimento resalta lo siguiente:

Las losas de concreto absorben una gran cantidad de esfuerzo, transmitiendo solo parte de éste a las siguientes capas.

Por su conformación, evitan con mayor eficiencia que no exista filtración de agua a la capa inferior o base.

En comparación con los otros dos tipos de pavimento, y durante el proceso constructivo, se realiza éste considerando una menor cantidad de capas de mejoramiento, con espesores también menores, lo anterior, con el propósito de mejorar la capacidad de carga del terreno, por lo tanto, se utiliza menor tiempo el equipo pesado de pavimentación.

Debido al procedimiento constructivo que generalmente se lleva a cabo, genera gran cantidad de empleo, llevando así una derrama económica que beneficia a muchas familias, en algunos casos los mismos beneficiarios pueden llevar a cabo

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

el colado de losas, con esto, disminuye en parte el costo por metro cuadrado de construcción que los vecinos deben pagar por el servicio.

El mantenimiento posterior para este tipo de obra es casi nulo, ya que únicamente requiere de “calafateo” cada tres o cinco años.

Es resistente al desgaste por fricción y resiste en gran medida los escurrimientos veloces de las aguas de lluvia.

Puede llevarse a cabo su construcción por etapas bien determinadas, recomendándose únicamente que la base hidráulica se proteja con algún producto asfáltico, lo anterior cuando se suspenda el procedimiento constructivo por varios meses.

Su construcción es relativamente fácil y rápida, no requiere de excesiva mano de obra especializada. Como se ve, este tipo de pavimento presenta varios atractivos para su aplicación, mencionaré a continuación, solamente algunas observaciones personales, mismas que he considerado y que puedo llamar como “desventajas”, haciendo la comparación con los otros tipos de pavimento:

Desde el punto de vista estético, me parecen menos atractivos que los pavimentos elaborados con adocreto, aunque es preciso señalar que a la fecha y sobre todo en el norte de nuestra república, se vienen construyendo pavimentos de concreto hidráulico, con un acabado superficial que representa el de un pavimento semirígido, utilizando para ello colores varios y moldes con dibujos que dan la apariencia de empedrados, losas de cantera, adocreto, etc. en Morelia existen algunas calles en las que se utilizó esta técnica, aunque sin llegar a obtener la calidad necesaria que se requiere en la actualidad, tal es el caso de la

av. del campestre en el tramo ubicado entre la av. camelinas y el mismo club campestre, así como el fraccionamiento “ el dorado “ ubicado en la av. madero poniente.

Ilustración 25. Pavimento de concreto hidráulico.



Fuente: Libro; Diseño y control de mezclas de concreto: Kosmatka, Steven H. and Wilson, Michelle L., Design and Control of Concrete Mixtures, EB001, 15th edition, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 2011, 460 pages.

Algo que es importante señalar, es la demolición que debe llevarse a cabo de las losas de concreto, cuando por necesidad deben llevarse a cabo trabajos de reparación, debido a alguna falla ocurrida en los servicios subterráneos.

Esto representa el desperdiciar el producto de la demolición ya que a diferencia del pavimento semirígido no es posible recuperar nada de lo demolido.

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

desafortunadamente esto es muy común verlo en la ciudad y las personas encargadas de rehabilitar estas zanjas no llevan a cabo el trabajo con la responsabilidad que se requiere, por lo tanto y pasado algún tiempo, la aparición de baches y la fractura de las losas no se hacen esperar.

B). Empedrado ahogado en concreto.

Siendo un pavimento rígido, posee las mismas cualidades que el anterior, empero, para su correcta construcción es necesaria la contratación de mano de obra especializada.

Si hacemos referencia a la velocidad de traslado, incrementa el tiempo de éste, por lo que desde el punto de vista de la seguridad del conductor y los peatones es positivo, pero esto mismo, disminuye la efectividad para resolver los problemas de vialidad.

Es pues, un pavimento que deberá utilizarse en áreas donde el tránsito no sea excesivo, como puede ser en privadas, calles de clubes o asociaciones y en cualquier parte donde se pueda controlar el tránsito.

Es ideal para poblaciones del medio rural, en donde se pretenda hacer resaltar el aspecto típico de las construcciones, ya que coadyuvan a proporcionar un aire tradicional, armonizando el entorno urbano con la naturaleza.

Sobre esto último, he de señalar la responsabilidad de los ingenieros en el cuidado y preservación de nuestros valores históricos y culturales, ya que varias poblaciones aledañas a nuestra capital se han visto agredidas por la construcción

de losas de concreto en calles y alrededor de plazas, disminuyendo con esto la belleza característica de estos centros de población.

Cabe señalar en este espacio, que la secretaría de desarrollo social, en un programa federal denominado “cemento”, repartió por toda la geografía nacional, miles de toneladas de este producto, con el objeto de mejorar las condiciones de vida de los mexicanos, no entraré en debate sobre si cumplió o no con el objetivo social que se trazó, pero si deseo subrayar que muchas poblaciones perdieron parte de su atractivo visual, al no haberse proporcionado normas o condicionantes constructivas para su aplicación.

Ilustración 26. Características constructivas del Empedrado ahogado en concreto.



Fuente: Fotografía tomada en estacionamiento de las yacatas de Tzintzuntzan 2022.

Por último, es importante señalar que, en este municipio, existen numerosos bancos de piedra de muchos tipos y con la suficiente calidad para con ellos poder llevar a cabo los pavimentos de piedra ahogada.

C). Pavimento flexible. Asfáltico

Con este tipo de pavimento, el gobierno estatal ha dado respuesta a las demandas de la ciudadanía, heredando la responsabilidad del mantenimiento al gobierno municipal, los vecinos beneficiados ven con tristeza, como al paso de los años y por la falta de mantenimiento, las calles se han deteriorado, al grado de quedar algunas de ellas intransitables, lo anterior se acentúa de manera notable durante el periodo de lluvias.

Por la dinámica del procedimiento constructivo, esta pavimentación puede llevarse a cabo con avances significativos en periodos de tiempo cortos.

El estado de Michoacán es cuna de muchos y buenos constructores de caminos, lo que facilita la contratación de personal calificado y se garantiza la ejecución de un buen trabajo, existen ingenieros civiles, operadores de maquinaria, sobrestantes y cabos que conocen este ramo de la construcción.

Aprovecho este espacio para hacer mención, de que, a nivel nacional, son reconocidos por las empresas particulares y el gobierno en general, los ingenieros civiles egresados de la universidad michoacana, quienes han demostrado eficiencia y conocimiento en este ramo de la construcción.

Otra ventaja que puedo mencionar en favor de los pavimentos asfálticos construidos en Morelia, estriba en la corta distancia que hay entre la ciudad y los

centros de producción de los distintos productos asfálticos, como son las ciudades de Irapuato y Salamanca Guanajuato.

Así mismo, a corta distancia de esta capital, existen los bancos de materiales pétreos que cumplen con las especificaciones de la secretaria de comunicaciones y transportes para la elaboración de mezclas asfálticas.

Existe el material pétreo adecuado, los productos asfálticos necesarios para la elaboración de las mezclas, el personal capaz y la maquinaria que se requiere, pero como señalamos en un principio, este tipo de obra requiere de un mantenimiento permanente llamado “riego de sello”, el cual debe llevarse a cabo periódicamente durante su vida útil.

Este tipo de mantenimiento representa una fuerte carga económica para el erario municipal, motivando con esto que no sea posible hacerlo en la totalidad de las calles y dejando al descuido las mismas.

Basta mencionar, por ejemplo, los carriles laterales de las avenidas madero orienten y poniente (salida a México vía Mil Cumbres y salida a Guadalajara), se construyeron en el año de 1988 y fue hasta 1998 que recibieron el primer mantenimiento preventivo, pudiéndose apreciar a diez años de su construcción, la aparición de algunos baches aislados, mismos que con el paso del tiempo pueden llegar a ocasionar que los carriles sean intransitables.

Este pavimento además es altamente sensible a los cambios de temperatura y a la humedad.

D). Pavimento semirrígido.

D.1). Con adocreto.

Este tipo de pavimento es el menos utilizado en nuestra capital, no obstante que para muchas personas es el más estético y apropiado para una ciudad colonial como Morelia.

Las ventajas que presenta este pavimento, aparte de la visual que proyecta con sus colores y formas variables son:

al aparecer baches ocasionados por las fallas en las terracerías, mismos que son generalmente producidos por la ruptura de los servicios subterráneos, las piezas que conforman el pavimento se recuperan y pueden ser reutilizadas una vez más, lo anterior, después de corregirse las fallas de origen.

al hacer referencia a la derrama económica, se puede decir, que tanto en la fabricación del adocreto, el acarreo del mismo y la colocación, se emplean una buena parte de personas, tanto especializadas como ayudantes en general, generando con esto empleo y derrama económica.

Como desventaja ante sus competidores, se puede mencionar básicamente el tiempo que es necesario emplear, para la colocación del mismo.

El mantenimiento adecuado que debe hacerse a éste, una vez cada año, lo anterior con el propósito de rellenar las juntas entre cada una de las piezas que lo componen. Este mantenimiento es muy sencillo, solo basta esparcir primeramente sobre la superficie de la calle, el material apropiado, para posteriormente barrer el sobrante que no penetró a los espacios existentes entre piezas.

Como dato curioso, deseo mencionar que existen reportes de torceduras y fracturas de tobillo en algunas mujeres, las cuales desgraciadamente, metieron

alguno de los tacones de sus zapatos, dentro de las juntas que existen en las piezas de adocreto colocadas.

D.2). Empedrado en seco.

Para el caso de la ciudad, es poco probable que existan personas que deseen este tipo de pavimento y existen además pocos espacios que han adoptado esta alternativa.

Aunque es necesario señalar que en algunos casos se han combinado diferentes tipos de piedra y utilizado éstas conjuntamente con adocreto, el cual se coloca sobre la huella vehicular.

Esta solución representa una forma económica y efectiva, que puede ser utilizada por poblaciones aledañas a nuestra ciudad.

Al existir en el municipio diferentes tipos de piedra, pueden llevarse a cabo empedrados de buena calidad.

Lo anterior se logrará si se construyen buenas bases de pavimentación, mismas que deberán contar con el material, la humedad y el equipo adecuado.

Un empedrado en seco bien colocado, puede soportar cargas de gran peso.

Lo anterior es posible corroborarlo en el estado de Michoacán, en donde existen varias poblaciones con empedrados expuestos a las cargas de vehículos pesados, manteniéndose estos pavimentos hasta la fecha inalterable y sin sufrir deformaciones de consideración.

Menciono como ejemplo de lo anterior a la población de Patamban, la cual conserva empedrados contruidos por los años de 1930. Así mismo y dentro del

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

municipio de Morelia, las localidades de Capula, Teremendo de los Reyes, San Nicolás Obispo, Jesús del Monte, etc. en todas éstas, sus calles han conservado este singular tipo de pavimentación.

Ilustración 27. Sistema constructivo del Empedrado en seco



Fuente: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_strat/---emp_invest/documents/instructionalmaterial/wcms_430603.pdf

E. Procedimiento constructivo. Bases y sub-bases:

Como se manifestó anteriormente, existen en el municipio de Morelia bancos de materiales pétreos, los cuales han sido estudiados por los laboratorios de varias dependencias gubernamentales y empresas privadas, lo anterior con el propósito de conocer si este material cumple o no, con las especificaciones de construcción vigentes para cada uno de los diferentes usos a que se destine.

Para dar inicio a este tema, deseo comenzar primeramente con una introducción generalizada de los materiales pétreos para bases y sub-bases:

E.1. Materiales pétreos para base y sub-base:

Los materiales pétreos que se emplean en la construcción de pavimentos, constituyen uno de los aspectos principales para lograr que estas estructuras, proporcionen con eficiencia el servicio y duración que se espera de ellas, dentro de las condiciones previstas en el proyecto.

La localización de los bancos adecuados, influye en el costo y calidad de los trabajos. Estos bancos de material deberán proporcionar un buen producto y contar con un fácil y rápido acceso, así también, debe existir la capacidad en la explotación y una cantidad de volumen siempre disponible.

Morelia cuenta con muchos y muy variados bancos de materiales, muestra de ello son los bancos de “Joyitas” y “Cerritos” para material pétreo, “Torreón nuevo” y “ciudad industrial” para cementantes, los cuales cumplen con las especificaciones en cuanto a calidad de sus agregados para la elaboración de bases y sub-bases.

Las pruebas de laboratorio a que son expuestos principalmente estos agregados, se dividen en tres diferentes tipos y son: las de clasificación, las de calidad y las de diseño:

Tabla 4. Clasificación de Suelos.

a.) clasificación	Límites de plasticidad
	Granulometría
b.) calidad	Peso volumétrico máximo
	Valor relativo de soporte
	Equivalencia de arena
	Expansión
c.) diseño	Pruebas de hueen ó triaxiales

Las condiciones de uso que deben reunir estos materiales son:

- 1). Ser de características más uniformes y de mejor calidad que los materiales de las terracerías, salvo en casos especiales.
- 2). Tener el acuíñamiento, la cementación y el porcentaje de vacíos adecuados una vez compactado.
- 3). Tener capacidad para soportar las cargas impuestas por el tránsito.
- 4). Resistir en cierta medida la acción de los agentes atmosféricos.

Ilustración 28. Material bancos de “Joyitas” y “Cerritos”



Fuente: Fotografía tomada en banco de material joyitas.

Ilustración 29. Material bancos 1 de “Joyitas” y “Cerritos”



Ilustración 30. Material bancos 2 de “Joyitas” y “Cerritos”



Fuente: Fotografía tomada en banco de material cerritos.

Estas pruebas de laboratorio ya han sido llevadas a cabo en los materiales de los bancos mencionados, aunque es necesario continuar practicándolas, ya que la calidad de los agregados cambia en una manera significativa de un frente a otro en cada banco, sin embargo, podemos afirmar sin temor alguno, que existen excelentes frentes para extraer los materiales que se requieren en la elaboración de nuestras capas de pavimentación.

Los pasos que deben seguirse en el procedimiento de construcción para estas capas del pavimento son los siguientes:

- 1). Levantamiento topográfico.
- 2). Trazo y nivelación.
- 3). Corte.

- 4). Escarificación y compactación.
- 5). Tendido y compactación.
- 6). Afine de la base.
- 7). Comparativo entre el volumen proyectado y realizado.

CAPITULO V

V. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

1). Levantamiento topográfico.

Utilizando el equipo de topografía, se procede a levantar en sentido longitudinal la calle que se pretende pavimentar, tomando en cuenta las secciones transversales a cada 10 o 20 metros preferentemente y de acuerdo a la conformación que se tenga en ese momento.

Al mismo tiempo que se hace el trabajo de levantamiento topográfico, es recomendable revisar el sistema de drenaje sanitario y de agua potable, lo anterior para proponer las mejoras en caso de que estos sistemas presenten deficiencias y poderlas corregir en tiempo.

Una vez que se tienen los datos topográficos, se procede a elaborar el proyecto y presupuesto de la obra, considerando, además, los arreglos a los servicios de drenaje y agua.

En el estudio topográfico se deberá considerar también el nivel que guarda el frente de cada uno de los predios o casas ya existentes y el nombre del propietario.

Lo anterior con el propósito de presentar el presupuesto individual, ya que generalmente las aportaciones se manejan de esta forma. Cabe señalar que los propietarios de esquina cubren fuertes cantidades por tal concepto, por lo tanto,

es más justo que los presupuestos se elaboren en forma proporcional al área que tenga cada uno de los predios beneficiados.

Con los datos obtenidos se está en condiciones de proyectar las obras de drenaje pluvial o la dirección de los escurrimientos de lluvia.

2). Trazo y nivelación.

Una vez que se ha llevado a cabo el convenio o contrato de obra respectivo y donde se debe tener cuidado en especificar con claridad los conceptos de obra, calendario de ejecución, supervisión y forma o tiempos de pago, se procede a realizar el trazo y nivelación del terreno. Esto se logra apoyado por el equipo de topografía y con la ayuda de estacas de madera de 60 a 70 cm. de longitud.

Las estacas se colocan a 30 cm. del hombro de la calle para evitar que sean movidas por la maquinaria en operación, marcándose en ellas los niveles de corte y el de las capas de pavimentación. se deberá tener el cuidado de checar permanentemente estos niveles ya que las personas, el equipo o los camiones de volteo pudieran afectar durante la construcción estas referencias.

Algunos constructores han cambiado las estacas de madera por trozos de varilla de 1/2" que han conservado de los sobrantes de alguna obra, argumentando que pueden ser recuperables y reutilizables, en mi opinión esto no es recomendable ya que se dan casos en que los operadores del equipo de pavimentación y los de los camiones volteo han tenido la desgracia de estropear alguno de los

neumáticos de sus unidades ocasionando con esto la pérdida económica que conlleva la reposición de los mismos.

3). Corte.

Se utiliza generalmente para esto un bulldozer, un cargador frontal y camiones de volteo para retirar el material producto del mismo. En casos aislados es necesario el apoyo de un compresor o de algún martillo neumático para rebajar algunas piedras que puedan sobresalir al nivel proyectado de pavimento terminado.

Es muy común en este municipio, el utilizar únicamente un trascabo y los camiones de volteo, ya que el material es fácilmente extraído.

La capa de corte a la que hago referencia esta manifiesta en el proyecto y es la necesaria para alojar posteriormente las capas de pavimentación, es importante señalar que aun y cuando exista la profundidad necesaria para alojar dichas capas, se deberá despallar cuando menos la capa vegetal o contaminada superficial.

El operador se guiará por medio de las estacas previamente colocadas y se cargará, retirará y depositará en un sitio previsto el producto del corte, este sitio deberá ubicarse lo más cercano posible a la obra y la distancia de acarreo deberá previamente ser considerada en el presupuesto.

Cuando se tienen camiones propios resulta económico también, el aprovechar la ruta hacia los bancos de material pétreo para que en algún terreno que su

propietario lo permita, depositar el producto de este corte y traer a la obra material que se utilizará en corto plazo.

4). Escarificado y compactación del terreno.

Después de que se ha cortado el terreno es recomendable escarificar con la moto conformadora 15 cm. de suelo inalterado, a este material se le deberá agregar la humedad optima necesaria para que una vez conformado y compactado, alcance el 90% del peso volumétrico máximo. Esto pudiera variar en caso de un proyecto específico o de la necesidad de estabilizar algún suelo que presentara dificultades en su comportamiento.

En el municipio de Morelia es raro que aparezcan suelos con dificultades que ameriten la estabilización con cemento, cal u otro producto,

La compactación es la densificación de un suelo o aumento de su peso volumétrico por medios mecánicos, lo que incrementa su poder soportante al disminuir los vacíos, reduce la permeabilidad y la capacidad para los cambios volumétricos.

Esta compactación se logra generalmente con un rodillo liso o aplanadora de 12 ton. Que puede ser un vibocompactor o un duo-pactor, la forma en que se procede es la siguiente: una vez que la motoconformadora extendió el material escarificado y que se le ha incorporado la humedad optima por medio de una pipa con “peine”, el equipo de compactación deberá trabajar de las orillas hacia el centro, teniendo siempre el cuidado de que el operador borre la huella que dejo en

la anterior pasada, y evitando la formación de lodos que se pudieran pegar al rodillo.

Ilustración 31. Vibocompactador o un duo-pactor,



Fuente: SCT, CDMX

5). Tendido y compactación de las capas.

Es común que en el proyecto para la construcción de pavimentos semirrígidos y flexibles se recomiende la colocación primeramente de una capa de 15 a 20 cm. de espesor de material de filtro. este material pétreo tiene unas dimensiones que varían de las 2 1/2" a 4", el material es colocado por los camiones de volteo y es tendido por la moto conformadora, debiéndose colocar de manera preferente con un espacio tal que el equipo no tenga que sobre acarrear en lo más mínimo posible, deberá también evitarse que los viajes de material se acumulen en

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

demasiada ya que el tendido se dificulta de sobremanera y la maquinaria tiende a trabajar al máximo de su capacidad, ocasionando con esto la sobrepresión en el equipo hidráulico.

Una vez extendido el material se procede a la compactación de este, utilizando para ello un vibrocompactador de 12 a 14 ton., se trabaja en forma inicial al pasar sobre éste con el equipo únicamente en tránsito y de las orillas hacia el centro en dos o tres ocasiones, con el propósito de acuñar el material, posteriormente se utiliza el equipo de vibración para lograr un mejor acomodo en sus partes, pasando sobre el material en dos ocasiones.

Cuando no se logra la compactación adecuada se puede colocar de manera superficial material pétreo clasificado de 3/4" a 1 1/2" para facilitar el acuñamiento, se recomienda que este material no rebase los 50 lts. por m².

En esta etapa de pavimentación así como en las sub-secuentes, se deberá observar permanentemente la huella que deja el rodillo compactador y de sobremanera la posible aparición de movimientos en la capa que se está trabajando, si esto sucede, deberá analizarse el porqué de las marcas del rodillo o el movimiento expansivo e incompactable de un punto específico de la capa. Lo anterior se puede presumir la posible aparición de baches que tendrán que tratarse de manera particular y que generalmente suceden por el exceso de humedad en cualquiera de las capas, a este fenómeno se le denomina en los medios camineros como "aguachinamiento", y se puede solucionar de varias formas como son: retirar el material saturado y sustituirlo con material óptimo en humedad, abrir "caja" y extender el material para que el calor del sol evapore el

exceso de humedad, aprovechando posteriormente este mismo material para volverlo a colocar (nada recomendable en tiempos de lluvia) y por último si el proyecto lo permite, incorporar material seco al material saturado y mezclar, para esto se requiere la experiencia de un buen operador y la seguridad de parte del responsable constructor de que la proporción que se utilizará sea la adecuada, en caso de que no sea así las consecuencias económicas no se harán esperar.

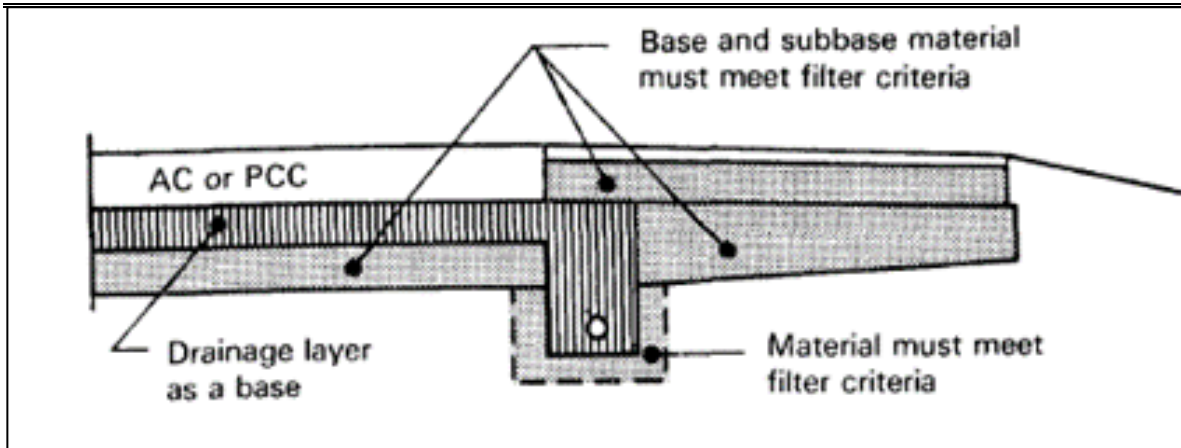
Las capas de sub-base y base varían en el procedimiento constructivo a la capa anterior, ya que deberá elaborarse el mezclado en seco y posteriormente se incorporará la humedad óptima requerida. El procedimiento es el siguiente:

Para la constitución de las capas de sub-base y base hidráulicas (también las subrazantes), se emplearán materiales pétreos granulares los cuales deberán cumplir con las especificaciones de construcción vigentes, estos pétreos podrán compactarse sin adicionarse material cementante alguno.

Para el caso particular de Morelia, se ha comprobado que los bancos de material pétreo existentes presentan dificultades para lograr esta compactación, por lo tanto, se recomienda la incorporación de material cementante (tepetate) en una proporción de 90-10 para sub-bases y de 80-20 para las bases hidráulicas.

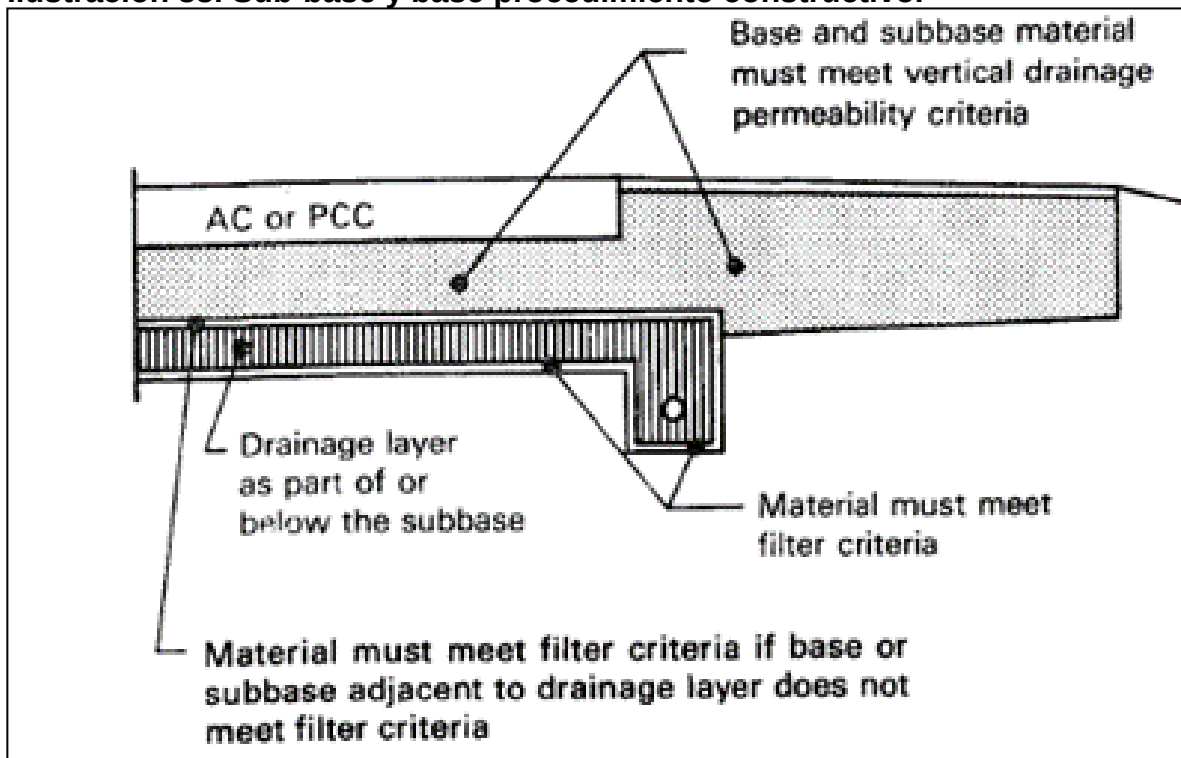
Como primer paso se deberá calcular el volumen de material que será necesario acarrear al tramo de calle a pavimentar, para esto se tomarán en cuenta los datos de proyecto y se deberá considerar el volumen de abundamiento.

Ilustración 32. Capas de sub-base y base en el procedimiento constructivo.



Fuente: AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES, 1993-

Ilustración 33. Sub-base y base procedimiento constructivo.



Fuente: AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES, 1993

Una vez con estos datos se ordenará el suministro de material pétreo, primeramente, con el objeto de que la motoconformadora lo “acamellone” para

poder obtener una volumetría más precisa, ya que los viajes de material no siempre cumplen con el volumen contratado, se continua con la extensión del material procurando que este forme una “cama” para poder transitar sobre él y colocar el material cementante necesario para logra la compactación deseada.

Después de esto, la motoconformadora procederá a mezclar los materiales tratando de hacerlo en las menos vueltas posibles para evitar que el material se “clasifique” y los agregados más gruesos sean depositados en las puntas y las orillas de los camellones. Es recomendable que durante esta operación exista personal (“paperos”) que estén al cuidado de retirar los agregados mayores de 2 1/2”.

Ilustración 34. Motoconformadora procederá a mezclar los materiales.



Fuente: SCT

Ilustración 35. Motoconformadora en proceso.



Fuente: SCT

Una vez mezclado el material se procede a abrir nuevamente una “cama”, esta vez con la finalidad de que la pipa con agua transite por encima de ésta y distribuya el agua necesaria en forma uniforme, evitando hacer charcos y esparciéndola a todo el material a tratar.

Algunos constructores transitan la pipa por un costado del material extendido, utilizando manguera y la bomba de la misma pipa, esto es válida siempre que se tomen en cuenta las precauciones debidas y se tenga personal con experiencia en este trabajo.

Ilustración 36. Pipa por un costado del material extendido, utilizando manguera.



Fuente: Fotografía tomadas en Ayuntamiento de Tacámbaro.

Ilustración 37. Material extendido, utilizando manguera.



Fuente: Fotografía tomadas en Ayuntamiento de Tacámbaro.

Ya lograda esta etapa, se procede a extender el material en toda la calle, las capas de material suelto se recomiendan no sobrepasen los 20 cm de espesor para lograr una buena compactación, el operador deberá ser diestro en este tipo de trabajo ya que los niveles marcados en las estacas deberán respetarse sin error alguno.

Las calles tendrán una pendiente transversal mínima (2%) llamado “bombeo”, la compactación se llevará a cabo de la siguiente forma:

El equipo de compactación pasará por todo lo ancho de la calle partiendo de las orillas hacia el centro, procurando borrar la huella de la anterior pasada, la velocidad de la maquina será lo más lento posible para evitar desplazar el material suelto hacia los costados. En seguida el compactador deberá pasar de nuevo a una velocidad un poco mayor pero esta vez el rodillo tendrá que pasar por la mitad del ancho de la huella ya compactada.

Se deberá tener cuidado en que la superficie en la que se trabaja no pierda la humedad, en caso necesario se podrá dar un riego ligero utilizando la pipa, teniendo cuidado de no encharcar el agua.

6). Afine de base.

Ya tendida y compactada la base, se debe llevar a cabo el último chequeo de pendientes y bombeo para indicarle al operador de la moto conformadora las correcciones últimas que deberá hacer a esta capa, a esta acción se le denomina “afine”.

Después de que se afinó la capa se lleva a cabo la última etapa de la compactación. Esta se realiza a velocidad media y procurando borrar la marca que dejó el rodillo en su pasada anterior.

Después de esto último es recomendable no hacer correcciones diferenciales en la base, ya que el material removido podría quedar suelto o se pudiera “encarpetar” provocando con esto problemas a futuro.

De manera general se requieren de tres a cinco pasadas para lograr la compactación adecuada (90% en sub-bases y 95% en bases generalmente), cuando esto no sucede debemos buscar las causas por las cuales el material no logra la compactación de proyecto. estas pueden ser por la mala granulometría del material empleado, exceso de humedad en el material tratado, la humedad no se distribuyó en forma uniforme, el material cementante no está cumpliendo con su función, ya sea por falta de calidad o por la necesidad de incorporar un poco más de éste al material pétreo, por último pudiera ser que los materiales durante el mezclado se hayan “clasificado”, provocando la compactación en ciertas áreas y la imposibilidad de hacerlo en las zonas en donde se aislaron los agregados más gruesos.

estos imprevistos llevan a veces a tomar la errónea decisión de querer compactar haciendo pasar en repetidas ocasiones el rodillo, lo cual genera el que la capa tratada se “encarpete” y se deteriore todo el trabajo realizado. El “encarpetamiento” que es la sobrecompactación en un área determinada de la capa, misma que se fractura al paso de los vehículos.

Ilustración 38. Encarpetamiento” que es la sobrecompactación.



Fuente: Fotografía tomadas en Ayuntamiento de Tacámbaro.

Ilustración 39. Encarpeta miento terminado.



Fuente: Fotografía tomadas en Ayuntamiento de Tacámbaro.

7). Verificar volúmenes proyectados y realizados.

Algo poco común cuando se lleva a cabo una pavimentación es el checar o comparar los volúmenes proyectados con los volúmenes ejecutados realmente, esto lo menciono ya que cuando se dedica tiempo a este tipo de construcción, se percata de las variaciones en volumen suelto adquirido con el volumen compactado.

Esto puede sucederse por varias y diferentes causas, las cuales debemos averiguar y conocer para poder ajustar constantemente los precios unitarios que aplicamos a nuestros conceptos o para corregir las fallas o fugas que pudieran existir en nuestra obra.

CAPITULO VI

VI. OBSERVACION DE OBRAS AUXILARES Y DE SERVICIOS

En este capítulo se tratará sobre la importancia que tiene el observar la construcción de algunas obras auxiliares y de servicios durante los trabajos de pavimentación, estas obras servirán en teoría para que los pavimentos terminados no sean destruidos en un futuro inmediato por los diferentes organismos gubernamentales o empresas privadas, que se encargan de proporcionar los servicios a la ciudadanía.

Hago con escepticismo este comentario ya que en la realidad es muy difícil lograr que las dependencias de gobierno actúen con responsabilidad y en equipo multidisciplinario, esto sucede por la falta de sentido común que debe aplicarse a algunas decisiones o por las limitantes presupuestales que la dependencia involucrada tenga en ese momento.

En repetidas ocasiones hemos visto con tristeza como calles o avenidas de la ciudad han tenido que ser reconstruidas, por que previamente las losas de concreto con que fueron formadas debieron demolerse para reparar, corregir o incrementar algún tipo de servicio en particular.

No obstante que el ingeniero constructor haya tenido la precaución de checar físicamente los servicios subterráneos de la calle a pavimentar, surgen a veces,

en muy corto tiempo la necesidad de destruir el trabajo realizado para llevar a cabo la ampliación de los servicios de alcantarillado, agua potable, teléfono, etcétera, o algún drenaje pluvial que es necesario construir en otra área y que se proyecta hacer pasar por nuestra calle.

Esta observancia de obras auxiliares y de servicios trata pues de hacer que los constructores responsables acudan a las dependencias u organismos operadores para verificar si existe algún proyecto que ponga en riesgo la futura ruptura de nuestro pavimento.

Resulta a veces decepcionante llevar a cabo este tipo de visitas, ya que son pocas las dependencias que tienen en su poder un verdadero plan de desarrollo y menos aun las que le dediquen tiempo o importancia a la solicitud llevada.

Aun así y con estos inconvenientes, se deberá buscar la manera de tener a la mano la información adecuada para que en caso de que exista algún proyecto a futuro, involucrar a las dependencias que tengan que ver con el proyecto e informar a los interesados para que conjuntamente se lleven a cabo las medidas necesarias preventivas en el tramo a trabajar.

Tomo como ejemplo la construcción de varias de las calles que colindan con la av. solidaridad ("Rio Chiquito"), estas calles se construyeron con un nivel muy inferior al bordo de las márgenes del rio, de igual manera la diferencia de niveles entre la

calle y el n.a.m.e. Evita que las aguas de lluvia salgan por los drenajes que se proyectaron inicialmente.

Ilustración 40. Calles que colindan con la Ave. Solidaridad (“Rio Chiquito”).



Fuente: fotos tomadas en Calzada Juárez esquina con Av. Solidaridad (Este).

Ilustración 41. Intersección Ave. Solidaridad con Río Chiquito.



Fuente: fotos tomadas en Calzada Juárez esquina con Av. Solidaridad (Oeste).

Ilustración 42. Esquina Ave. Solidaridad con Río Chiquito.



Fuente: fotos tomadas en Cuautla y esquina con Av. Solidaridad (Oeste)

Por lo tanto, se ha tenido la necesidad de construir drenajes pluviales adecuados que alivien el problema, esto ha ocasionado la demolición de varios metros cúbicos de concreto para llevar a cabo la excavación de cepas y el alojamiento de lo tubería necesaria, con la consecuente reposición de los mismos y los gastos que esto representa.

Desde la aparición de los programas federales de pavimentación, se ha marcado como requisito a los beneficiarios que antes de proporcionarles el apoyo ofrecido, deberán contar con un dictamen favorable expedido por el organismo operador de agua potable y alcantarillado de la localidad, pero como se mencionó anteriormente, estos organismos muchas veces no cuentan con un proyecto de desarrollo, por lo que solo constatan la existencia de las redes de agua potable y drenaje sanitario, el problema de las aguas pluviales lo resuelven llevándolas por sobre la superficie de los pavimentos a los puntos más bajos, en donde en algunos casos existen bocas de tormenta.

Ilustración 43. Drenaje Pluvial.



Fuente: Calzada Juárez esquina con Av. Solidaridad.

Seguro estoy de la importancia que tiene para una ciudad la construcción de un buen drenaje pluvial, pero también es cierto que el costo actual para llevar a cabo esta demanda sobrepasa en mucho los presupuestos del municipio, basta decir que para el año de 1996 el h. ayuntamiento de Morelia ejerció un presupuesto anual en obra de 400 millones de pesos y el presupuesto para la construcción del drenaje pluvial que beneficiaría al 70% de la población ascendía a los 320 millones de pesos.

Ilustración 44. Tapa el drenaje pluvial.



Fuente: Calzada Juárez esquina con Av. Solidaridad

Procedimiento constructivo para pavimento:

- a). Hidráulico.
- b). Asfáltico.
- c). Adocreto.
- d). Empedrado en seco.
- e). Empedrado ahogado en concreto.

Ilustración 45. Procedimiento constructivo para pavimento.



Fuente: Foto tomada del distribuidor vial salida Salamanca (pavimento hidráulico)

Ilustración 46. Tendido de Pavimento Asfáltico.



Fuente: Fotografía tomada en Ayuntamiento de Tacámbaro. (Pavimento asfáltico)

Ilustración 47. Adocreto.



Fuente: Fotografía tomada Av. Calzada Juárez

a). Pavimento hidráulico:

Para llevar a cabo la construcción de un pavimento hidráulico se deberá tomar en cuenta la calidad de los agregados y el agua, la marca y calidad del cemento que se utilizará, el equipo y herramienta necesaria y por último, pero muy importante el factor humano.

Se debe conocer con certeza la dosificación del concreto, lo anterior apoyados por un laboratorio de materiales, el cual elaborará muestreos del material pétreo a utilizar, una vez elaborada esta dosificación no deberá cambiarse al arbitrio el banco o el frente del banco en donde se adquieren los materiales, ya que esto último podría causar una variación en la resistencia de proyecto del concreto.

Deberá pedirse la mejor calidad de agregados que exista en el mercado, ya que esto nos proporciona la seguridad competitiva al contar con el consumo ideal de cemento, representando un ahorro considerable en el producto terminado.

para este fin, en este municipio se utilizan el banco denominado “joyitas” para el suministro de las arenas y por otro lado el banco llamado “cerritos” para las gravas, pero existen en ambos bancos materiales pétreos que cumplen con las especificaciones oficiales y que pueden proveer los dos tipos de agregados. También no podemos descartar los agregados triturados ubicados en el municipio de Tarímbaro, los cuales han demostrado ser de gran calidad.

La limpieza, calidad y factibilidad de contar con la necesaria cantidad de agua en nuestra obra, debe ser para esta etapa de la pavimentación un aspecto al que debemos darle la importancia que se merece.

Se deberá buscar que el suministro de buena agua no falle al momento de llevar a cabo nuestro trabajo, ya que esto implicaría la disminución de la resistencia de nuestro concreto o la pérdida de horas hombre por la ausencia de este líquido.

Es conveniente que para la dosificación de nuestro concreto contemos con la marca de cemento que se utilizará, ya que la calidad de estos productos varía de acuerdo a la fábrica que lo produce.

Existen actualmente diferentes marcas de cemento y existen así también, algunas de ellas que dejan mucho que desear en cuanto a su calidad, estos malos cementos son más económicos pero las consecuencias al utilizarlos se aprecian en la calidad de los concretos elaborados.

Se tendrá en la obra el equipo, cimbra y herramienta adecuada para facilitar y optimizar el esfuerzo humano, durante los trabajos de cimbrado, colado, colocado y curado del concreto.

Este equipo podrá comprender: revolvedoras, de acuerdo a el número de brigadas de coladores, carretillas para el acarreo del concreto, cimbra preferentemente metálica y con un ángulo soldado con el que se formará la figura de “machihembrado”, vibrador para concreto, reglas metálicas, algunas vigas, aspersor para aplicar la membrana de curado, botes, palas, cucharas para albañilería, hilos, manguera de nivel, tambos para agua, etc.

La capacidad y conocimiento que sobre la materia deberán tener los integrantes de nuestro equipo de trabajo será amplia y reconocida, ya que un personal que no conozca este tipo de trabajo podría ocasionarnos serios problemas en la calidad y rendimiento de nuestra obra.

Como primer paso se deberá colocar la cimbra, esta deberá estar limpia y se tratará previamente con un producto anti adhesivo (diésel, aceite quemado, etc.), se colocará tomando como referencia los niveles que se han marcado previamente en las estacas con el equipo de topografía, durante el procedimiento de cimbrado se pasarán niveles con la manguera para detallar al máximo la colocación de la misma.

Deberá evitarse el relleno con material de base, tepetates o gravas en los huecos que pudieran aparecer por la deficiencia en el tendido de la base.

La cimbra se colocará de una manera firme, utilizando para ello tramos de varilla de 3/4" de ser posible, troquelados con alambre recocido.

Pueden hacerse tramos de cimbra con una "oreja" soldada por donde se pasa la varilla y rigidiza la cimbra al clavarse la varilla dentro de la base.

Ya colocada la cimbra y checado los niveles se procede a dar inicio al "colado".

Los materiales pétreos, el agua, el cemento y las revolvedoras se colocan en un lugar estratégico tal, que permitan las maniobras y no estén muy alejados del lugar en donde se depositará la mezcla.

La brigada para alimentar la revolvedora puede constar de seis personas, una de ellas se encarga de operar la máquina y adicionar el agua, otra vacía el cemento y algún producto que sea necesario para, de acuerdo al proyecto, cambiar el tiempo de fraguado en el concreto.

Dos más se encargan de suministrar la arena y otros dos proporcionan la grava. El operador de la revolvedora será el responsable de que el concreto fabricado tenga un revenimiento adecuado (7cm. maximo 5 cm. minimo) y se debe estar al pendiente de esto para cuidar la relación agua -cemento.

La velocidad de operación de la máquina debe ser la normal para lograr un buen mezclado, se debe evitar que esta velocidad se incremente ya que el equipo se deteriora con suma facilidad y el producto no se mezcla convenientemente.

En lo personal, recomiendo que sean dos las personas encargadas de acarrear en carretilla el concreto fabricado al tramo en donde se está colocando, ya que con esto se agiliza la producción.

La base en donde se coloca el concreto deberá estar húmeda, por lo que se debe esparcir sobre ella agua cada vez que sea necesario, procurando que no se formen charcos.

Una vez que se ha colocado el concreto se procede a vibrarlo para lograr un mejor acomodo de los agregados y extraer el aire que pudiera contener la mezcla.

Como sugerencia debe tenerse a la mano equipo de repuesto (revolvedoras y vibradores) para evitar que por una falla mecánica se paralice nuestra operación.

Con la ayuda de una regla metálica de 3" o 4" y apoyándola sobre la cimbra se pasa ésta por encima del concreto ya vibrado, desplazando el sobrante que éste por arriba de nuestro nivel de cimbra hacia la parte donde se continúa recibiendo más concreto.

Ya colocado el concreto, otra persona será la encargada de hacer que una poca de lechada de cemento suba a la superficie, esto se logra golpeando la superficie del concreto con una cuchara para albañil y se esparce sobre la superficie cemento seco a razón de un litro por metro cuadrado, posterior a esto último se raya el concreto de manera transversal para provocar la grieta y se "escobilla" la superficie total de las losas para dar un acabado menos liso.

Es importante señalar que con un volteador para concreto se puede, con éxito; lograr que el concreto al momento de fraguar reconozca esta línea y se produzca

la junta transversal, pero esto solo se da para concretos de hasta 16 cm de espesor.

Para concretos de mayor espesor es necesario cimbrar transversalmente o cortar el concreto con una maquina diseñada para tal fin. El disco que produce tal corte deberá introducirse por lo menos $\frac{1}{3}$ del espesor total de la losa.

Es de mucha utilidad esparcir sobre la superficie de las losas de concreto ya escobilladas un poco de cemento seco para evitar la aparición de pequeñas grietas.

Por último, se deja que el concreto comience la reacción propia del fraguado y endurezca un poco para proporcionarle algún método de curado. Es hasta las 24 hrs. siguientes que la cimbra deberá ser retirada, nuevamente limpiada y engrasada para volverse a utilizar, repitiendo el ciclo de trabajo anterior, a menos que se use algún acelerante.

La cimbra que presente deterioro marcado deberá ser reemplazada por nueva, ya que al estar deteriorada ocasiona la aparición de charcos, al pasar sobre estas las reglas metálicas en el proceso constructivo.

Las juntas transversales y longitudinales se deberán “calafatear” con algún producto asfáltico para evitar que por medio de ellas las aguas pluviales penetren a la capa inmediata inferior.

El curado de las losas se deberá llevar a cabo con sumo cuidado, existen en el mercado diferentes marcas para curar el concreto, pero si por razones presupuestales no es posible adquirir alguno de estos productos, se podrá realizar de la manera tradicional o sea con agua en abundancia cada vez que la superficie del pavimento lo requiera y por un término no menor de dos días.

El pavimento deberá abrirse al tránsito vehicular hasta que el concreto alcance la resistencia de proyecto (28 días).

b). Pavimento asfáltico.

La utilización de los productos asfálticos han contribuido a resolver en gran medida las demandas de pavimentación, muestra de ello son las carreteras federales y estatales que conforman la red vial nacional.

En la ciudad de Morelia existen los libramientos y accesos a la ciudad que se encuentran a cargo de dependencias federales y estatales para su conservación y mantenimiento.

Dentro de la ciudad, también existen calles y avenidas a las cuales le corresponde al municipio conservar en buen estado, es por esto último anterior que los ayuntamientos que han gobernado la ciudad, han evitado en lo posible llevar a la práctica la construcción de este tipo de pavimento, ya que el costo para el mantenimiento que debe aplicarse, obliga al gasto de buena parte del raquíctico presupuesto municipal.

No obstante, lo anterior, se continúan haciendo calles con este producto, llevándose a cabo generalmente el siguiente procedimiento constructivo:

Una vez que las capas de pavimentación (sub-razante, sub-base y base hidráulica) se han concluido de acuerdo a lo visto anteriormente en el capítulo respectivo, se procederá a aplicar un riego de impregnación con el propósito de proteger la base y lograr que esta conserve la humedad y compactación óptimas.

Para poder tirar este riego se requiere previamente barrer la superficie por tratar, esto puede hacerse con una barredora mecánica jalada por un camión volteo, por un pequeño tractor agrícola o utilizando las especialmente diseñadas de fábrica para tal fin.

Cuando no es posible contar con este equipo y la superficie no sea muy grande, el barrido puede hacerse a mano, depositando el producto de este material suelto en camiones volteo para su retiro.

cuando la superficie que ocupa la base hidráulica se encuentra limpia de polvo, basuras, hojas y materiales diversos, se procede a regar la superficie a tratar, de preferencia con emulsión asfáltica de rompimiento medio a razón de 1.5 litros de asfalto por metro cuadrado.

El riego deberá dejarse trabajar durante dos días con el objeto de que seque y penetre el máximo posible.

Cuando exista la necesidad inmediata de transitar por encima de alguno de los puntos de la calle o por toda esta, se podrá esparcir sobre el riego de impregnación una delgada capa de arena para evitar que los vehículos se lleven entre las ruedas el asfalto previamente colocado, a esta actividad se le denomina “poreo”.

Para el riego de impregnación se utiliza una petrolizadora con aspersor, el asfalto deberá estar caliente a una temperatura tal que sea fácilmente manejable (60 a 75 grados centígrados).

Por lo general al inicio y final de la operación se escurre material ocasionando “charcos de asfalto”, deberán éstos ser esparcidos manual y de manera uniforme para reducir la capa existente, evitando así que la carpeta se corra en estos puntos. El riego se efectúa recorriendo con la petrolizadora a una velocidad uniforme el tramo a tratar y abriendo los aspersores para que éstos depositen la emulsión asfáltica sobre la base, calculando el volumen de proyecto por metro cuadrado.

Las partes que por alguna razón no fueron cubiertas por el peine aspersor, se detallan con el llamado “bachador”, el cual es un aspersor manual, mismo que forma parte del equipo de la petrolizadora.

Cuando la base se encuentra ya impregnada, se vuelve a repetir el procedimiento de barrido solo en caso necesario, lo anterior para preparar el paso siguiente, el cual consiste en colocar la carpeta previo el riego de liga, éste último se lleva a cabo con emulsión asfáltica de rompimiento rápido, este riego se aplica utilizando la petrolizadora a razón de 0.5 litros por metro cuadrado, teniendo cuidado de no excederse o formar charcos ya que lo anterior ocasionaría que la carpeta asfáltica al momento de ser colocada y compactada se mueva o recorra por el exceso de asfalto.

Tanto en este riego como en el anterior las zonas que no puedan ser cubiertas con el aspersor trabajando en forma normal, deberán ser tratadas en forma independiente utilizando para ello el dispositivo llamado “bachador”, que no es más que un aspersor de una sola salida.

El riego de liga sirve para adherir a la base impregnada la mezcla asfáltica ó carpeta, misma que deberá colocarse a la brevedad, es por ello que únicamente ligaremos la superficie que se alcanzará a encarpetar durante esa jornada de trabajo.

Ya ligado el tramo en operación se procederá a tender la carpeta asfáltica previamente elaborada ya sea en planta o en el lugar, esta carpeta se extenderá de preferencia con una máquina expandidora o colocadora conocida comúnmente por la marca finisher, la cual deberá colocar la mezcla asfáltica con el espesor de

proyecto suelto para lograr con la compactación el espesor final. Este espesor en forma regular se maneja de 8cm. para tránsito pesado y 5 cm. para tránsito ligero.

Algunos operadores de moto conformadora son muy diestros para tender la carpeta asfáltica, pero debe tenerse cuidado al evitar que el material se clasifique y los agregados gruesos sean depositados en las orillas ya que ocasionaríamos una zona con alta permeabilidad y rápida desintegración.

El contenido asfáltico de la carpeta deberá ser proporcionado por un laboratorio de materiales ya que la falta o exceso de asfalto ocasiona la desintegración prematura de la carpeta o el ondulado de la misma respectivamente.

Por lo general las carpetas asfálticas de esta ciudad se tienden con extendedoras y rara vez con motoconformadoras, compactándose de las guarniciones al centro con un rodillo liso de 6 a 8 toneladas, con un sistema para humedecer los rodillos, posterior a esto se utiliza el equipo neumático. Las compactaciones se hacen en el sentido longitudinal a una velocidad de 5 km/hora.

Si la carpeta no cumple con la permeabilidad adecuada se deberá llevar a cabo de inmediato el primer riego de sello.

Estos riegos deberán efectuarse cuando menos cada dos años para evitar el desgaste de la carpeta y para ofrecer una superficie de rodamiento más segura.

c). Pavimento con adocreto.

La construcción de las sub-rasantes, sub-bases y bases para este tipo de pavimento semirrígido se diseñan y ejecutan de forma similar a las del pavimento flexible (asfáltico), la diferencia en costo, durabilidad, mantenimiento, estética y procedimiento constructivo del pavimento hacen de este pavimento otra de las opciones que se pueden tomar a la hora de decidirse en cualquier propuesta de pavimentación.

Para el procedimiento constructivo se debe considerar el poder contar con mano de obra que tenga experiencia en la colocación de pisos.

Como primer paso se deberá nivelar la base hidráulica ya terminada en el sentido longitudinal al eje de la calle y colocando estacas a cada 20 mts de preferencia, esto lo logramos apoyados por el equipo de topografía y utilizando los datos de pavimentación que se emplearon durante el procedimiento del tendido de las capas de mejoramiento.

Estos niveles se deberán checar conjuntamente con los marcados en las estacas laterales.

Cabe señalar que deberá checarsse de forma permanente el bombeo transversal durante la construcción de los trabajos.

una vez pasados los niveles, se coloca sobre la base una capa de asiento, esta capa será de arena limpia, evitando en lo posible que contenga arcillas o cualquier otro cementante o aglutinante que pueda influir para transformar las propiedades físico-mecánicas de este agregado, esto evitará que esta capa pudiera rigidizarse

y ocasionara la ruptura de las piezas que sobre ella se colocan o que también se pudieran adherir a las piezas de adocreto dificultando la operación de levantar las piezas cuando esto fuera necesario.

La capa de asiento sirve para poder absorber las posibles irregularidades de la base y de las piezas prefabricadas, el espesor de esta capa será de un tercio del espesor de adocreto a colocar.

Se debe tener cuidado de que este espesor no rebase lo indicado, ya que de hacerlo se corre el riesgo de que aparezcan asentamientos causados por la consolidación de la arena.

Para la colocación de la capa, esta se lleva a cabo simultáneamente con la colocación de las piezas de adocreto, ya que el colocador del piso deberá estar checando, apoyado por la manguera de nivel y los testigos los espesores que requiere para asentar las piezas.

Las piezas de adocreto son elaboradas con concreto hidráulico en diferentes dimensiones, formas, resistencias, colores, texturas y espesores. Dentro de las pruebas de laboratorio que es necesario aplicar a este producto para conocer su calidad se pueden señalar tres principalmente y que son: resistencia al desgaste, a la flexión y a la compresión.

El adocreto se coloca en forma manual, ayudados por hilos para lograr un perfecto acomodo de las piezas, el colocador deberá estar trabajando sobre el adocreto ya instalado para evitar estropear la capa de asiento que se está colocando en el mismo momento.

Es importante hacer notar que, a diferencia de los otros pavimentos, en este caso se deberán construir las guarniciones antes de colocar el pavimento ya que la colocación de las piezas se efectúa del centro hacia los costados y se remata en las guarniciones.

Las piezas que deben cortarse para lograr este detalle se harán con cortadora para concreto (disco), evitando hacerse a golpe de marro, con el objeto de no fracturar las piezas.

Durante la colocación se debe golpear con un marro de 4 lbs. Y en forma ligera la parte superior de la pieza para asentarla sobre la capa, la separación entre juntas no debe ser mayor de 4mm.

Cuando se ha terminado de colocar el adocreto en toda la superficie de la calle, se procede a pasar sobre éste un compactador neumático de 2 a 4 ton. O un camión volteo de la misma capacidad, el propósito de lo anterior es el de poder apreciar alguna posible deformación y el de ayudar en el pequeño reacomodo que sufren las piezas con las primeras cargas expuestas.

Las juntas entre las piezas de adocreto se deben sellar, para esto es necesario esparcir sobre toda la superficie arena limpia que pase la malla número 10. Existe en Morelia el banco llamado “Joyitas” que tiene este tipo de arenas finas, también es utilizada la llamada “Tierra de Acambaro”, con la que se han obtenido buenos resultados.

Para terminar, se deberá barrer la superficie y el material producto de este barrido se carga y acarrea fuera de la obra, el tránsito vehicular puede comenzar a utilizar esta nueva calle en cuanto se desee ya que no es necesario esperar ningún tiempo para ello.

d). Empedrado en seco.

Hace muchos años estos pavimentos se utilizaron como “mata polvo”, su construcción se lleva a cabo únicamente en las comunidades rurales y es utilizado como en el pasado, pero habría que agregar que en la actualidad evita que en algunas partes se “atasquen” los vehículos en circulación. Son pavimentos muy hermosos y en algunas partes del país se utilizan para dar un toque más turístico a calles, estacionamientos de lujosos hoteles, andadores, etc.

Pudiera mencionarse un procedimiento constructivo que hiciera que este empedrado fuera de una gran durabilidad, pero cuando se piensa en invertir para

un pavimento moderno, las opciones se inclinan a los ya descritos con anterioridad.

Por lo tanto, me limitare a exponer cual es el procedimiento constructivo que se sigue para lograr construir este tipo de pavimento, dejando para el siguiente capítulo una idea más profesional para obtener un pavimento de mejores características.

Generalmente en las localidades en donde se aplica, se despalma a mano o con ayuda de una moto conformadora el terreno natural en un promedio de 15 a 20 cm., el producto de este corte es depositado a un costado de la calle, dentro de los solares o parcelas.

Se recolecta piedra en los ríos, bancos, o en el llamado “Mal País” que son extensiones de tierra en donde abunda en forma superficial rocas y piedras de diferentes tamaños. Esta piedra es llevada a las poblaciones por medio de camiones, tractores agrícolas, carretas o cualquier otro medio de transporte. Existen en nuestro municipio varios bancos de tepetates, tobas riolíticas, etc. de estos bancos son sustraídos los materiales con los cuales se asentará la piedra. Muchas de las veces la piedra es asentada sobre el terreno natural, adivinando con esto lo que pasa a futuro en cuanto aparecen las primeras lluvias.

La colocación de las piedras la llevan a cabo los lugareños provocando con esto una deficiente mano de obra.

Por todo lo anterior, la propuesta de pavimentación que a continuación expongo es con el propósito de hacer de este tipo de pavimento una noble opción para incorporar a más poblaciones a los beneficios que trae consigo esta actividad y sin perder de vista la situación económica que prevalece en nuestra patria.

Como punto número uno se debe considerar a este pavimento como semirrígido, construyendo las capas de pavimentación con el equipo y las especificaciones que se llevan a cabo para este tipo, pero tomando muy en cuenta que los vehículos que sobre estas calles transitan son pocos y de menor tonelaje que en la ciudad, con este criterio, se puede diseñar una capa de mejoramiento de menor espesor y costo que el de un pavimento asfáltico.

Ya construida la base se procede a colocar la piedra, esta piedra deberá ser clasificada por una persona que conozca sobre empedrados, evitando las piedras fracturadas, con salientes pronunciadas, con formas que no garanticen una buena área de asiento y deberán tener un tamaño de 6 a 8" para interiores y de 10 a 12" para cadenas.

La buena colocación de un empedrado es sin exagerar un arte, los empedradores son gente con experiencia en este ramo y aunque parezca discriminatorio, no todos los albañiles logran tener el talento para colocar en forma adecuada y estética un empedrado.

Los michoacanos nacidos en la ribera del lago de Pátzcuaro poseen ese arte de poder buscar y colocar con paciencia las piedras que conforman y estructuran con eficiencia un buen empedrado, es pues recomendable que cuando se vaya a llevar a cabo este tipo de construcción se busque a estos empedradores para lograr tener éxito en este cometido.

Ya clasificada la piedra se procede a asentarla sobre tepetate, colocándola de la misma forma que como se coloca el adocreto, apoyándose en la manguera de nivel y en los hilos para lograr que las cadenas queden lo más nivelado posible.

Estas cadenas son las primeras en colocarse y se harán de tal forma que el eje de las mismas sea lo más centrado posible, entre las cadenas se colocan las piedras de menor diámetro, se procura que el bombeo transversal sea de 3 o 4% para que el agua corra más rápido hacia la parte lateral de la calle, evitando así la filtración.

Durante la colocación de la piedra se evitará al máximo la colocación de cuñas por debajo de las piedras. Debe tenerse cuidado en no permitir que exista demasiada separación entre las juntas y deberá observarse que las piedras sienten sobre un área de contacto que no permita que esta se clave dentro de la base al momento de ser expuestas a las cargas del tránsito.

Ya colocado el empedrado se procede a taponear con tepetate las juntas y a barrer, cargar y retirar el material sobrante de esta acción.

Este pavimento se puede utilizar de inmediato y si se hace de acuerdo a las especificaciones de construcción su durabilidad y eficiencia pueden competir, considerando el costo y la ubicación de donde se construye, con cuales quiera de los otros.

e). Empedrado ahogado en concreto.

Existe la diferencia entre este pavimento y el anterior en su comportamiento estructural, ya que para algunos ingenieros este tipo de pavimento ahogado en concreto tiene un comportamiento que deberá diseñarse como flexible, en mi opinión considero que puede ser tratado como rígido ya que el concreto en que se asienta la piedra se comporta como una losa que transmite las cargas en forma uniforme a la base. Por su adherencia entre la piedra y el concreto las cargas de tránsito no deberán flexionar o deformar la capa de asiento ya que esto ocasionaría la ruptura y separación entre piedra y concreto.

Ilustración 48. Empedrado ahogado en concreto.



Fuente: Fotografía tomada en el estacionamiento de las Yácatas de Tzintzuntzan, 2022.

Con este criterio y tomando en consideración que este tipo de pavimentos se emplea en lugares de poco tránsito vehicular y está expuesto a cargas no muy considerables, se puede diseñar como si fuese un pavimento rígido, pero tomando un criterio de diseño que permita mejorar sustantivamente las condiciones del terreno natural.

Para la selección de la piedra se deberá retomar las observaciones que se hicieron para el empedrado en seco, al igual que para obtener una buena imagen del pavimento terminado se debe seleccionar el personal adecuado.

Cabe señalar que en este tipo de pavimento la mano de obra no necesariamente deberá ser de lo mejor ya que por estar pegada la piedra con el concreto, los espacios entre piedras son rellenados por la mezcla, evitando con esto la filtración de agua a la capa inferior.

El procedimiento para la construcción de este pavimento es el mismo que se sigue para un empedrado en seco, pero se deberán observar además las siguientes recomendaciones:

La piedra se deberá limpiar de polvos e impurezas por medio de un cepillo con cerdas de alambre, deberá también estar húmeda antes de ponerla en contacto con el concreto que sirve de cama de asiento cuyo espesor varía de 6 a 10 cm o de un tercio del espesor de la piedra que se colocará.

Antes de colocar la cama de asiento (concreto de 100 kg/cm² o de 150 kg/cm²) la base deberá ser mojada para evitar que el agua del concreto sea absorbida por la capa de base.

En algunos empedrados se puede colocar como base de asiento una mezcla de mortero de cemento-arena en proporción de 1:5, esta base generalmente tiene un espesor promedio de 8 a 10 cm.

Es de criterio y a base de experiencia que es posible tomar la decisión sobre el tipo y resistencia que deberá cumplir esta base de asiento ya que la calidad de la piedra y la adherencia que tenga con el mortero o el concreto son factores que también influyen en la toma de la decisión.

Como ya se dijo, la colocación de la piedra se sigue de la misma manera que para un empedrado en seco, pero al finalizar la colocación se deberá lecharear los espacios entre piedras, esto con mucho cuidado y evitando al máximo posible manchar las piezas ya colocadas.

Ilustración 49. Empedrado en Seco.



Fuente: Fotografía tomada en Av. las Yácatas, de Tzintzuntzan, Mich.2022.

Como recomendación personal creo que el lechareado debe quedar lo más discreto posible, evitando que llegue el cemento hasta la parte superior de las piedras ya que demerita la imagen en su conjunto del pavimento terminado, el dejar la lechada de cemento de 1cm. a 2cm sin ahogar la piedra hace que esta luzca en toda su dimensión y de la apariencia de un empedrado en seco.

Este pavimento al ser construido con concreto hidráulico debe ser curado para evitar la que la reacción química del concreto provoque grietas o separaciones por donde se pudiera posteriormente filtrar el agua, o que se comenzara a desprender las piezas al momento de ser expuesto a las cargas vehiculares.

Por lo general se recomienda que 12 hrs después de ser colocadas las piezas el pavimento sea constantemente humedecido por espacio de 2,3 y hasta 4 días, llevando a cabo esta acción las veces que las condiciones meteorológicas así lo requieran.

Cuando se ha finalizado esta última acción de curado, el pavimento no podrá ser utilizado hasta después de los 28 días, tiempo normal para que el concreto alcance su resistencia normal.

CONCLUSIONES

La pavimentación en sí, es la culminación de los trabajos de infraestructura urbana necesaria que requiere una ciudad para su funcionamiento y es la última etapa del acondicionamiento urbano básico para garantizar el bienestar social.

El Ing. Civil, debe participar en todas las fases que involucra el desarrollo de vialidades, desde la factibilidad socio/económica, su diseño, construcción e incluso hasta la conservación de vialidades existentes si se da el caso. En ese sentido este trabajo procuró ilustrar el caso de la pavimentación en una ciudad colonial como lo es Morelia.

De manera general, existen puntos importantes que se deben de considerar para lograr que un pavimento cumpla sus funciones para las que fue construido:

- Estudios de factibilidad, que son esenciales para saber si las propuestas de pavimento son viables desde el punto de vista económico, técnico y medioambiental, buscando siempre un equilibrio entre ellas.
- En el caso de obras públicas, el financiamiento es uno de los aspectos más importantes para un buen proceso de pavimentación.
- Si es que la pavimentación se realiza mediante una licitación es vital dejar en claro todos los aspectos técnicos, así como proporcionar respaldo en ciertos aspectos que tienen que ver con la apertura o aceptación social hacia la obra.

- Previo a la construcción del proyecto de infraestructura se deben establecer los estándares de calidad, a modo de que las partes involucradas estén enteradas y realicen una buena obra pública.

- En lo que se refiere al diseño es fundamental definir qué tipo de suelo se tiene en la zona, esto es fundamental sobre todo para elegir qué tipo de pavimentación se aplicará: rígida, semirrígida o flexible. Nunca debe de faltar un estudio de mecánica de suelos. De igual forma es importante definir qué tipo de cargas (tránsito) soportara el pavimento que se está proyectando.

- Otra parte importante son los estudios de Topografía, tanto para determinar pendientes del pavimento, sino también es fundamental para considerar posibles escurrimientos de la zona y proponer las obras de drenaje necesarias y suficientes evitando encharcamientos en el pavimento.

- Durante la etapa constructiva, es muy importante garantizar el suministro de materiales adecuados, maquinaria pertinente y suficiente, así como los

recursos humanos necesarios para llevar a cabo un buen proceso constructivo.

- Otro aspecto muy importante dentro del proceso constructivo, es el control de calidad tanto de los materiales como del proceso mismo, verificación que es muy importante para garantizar el desempeño o la vida útil considerada del pavimento.

Finalmente considero que es importante mencionar que al ingeniero civil se le presenta durante su vida profesional, un amplio campo de trabajo en donde puede aplicar los conocimientos adquiridos durante el periodo de la enseñanza universitaria, uno de éstos es la construcción de pavimentos de todo tipo, los cuales como he mencionado son la infraestructura que más detona el desarrollo social y económico de las comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. Vol. 1.

Carlos, C. V. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México: Limusa S.A.

de C.V. Obtenido de

<https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>

CASAGRANDE, A. (1948). *Classification and identification of soils, American Society of Civil*. Vol. 113, 901-991.

CONAGUA. (2022). *Normales climatológicas de Morelia*. Obtenido de

<https://smn.conagua.gob.mx/es/>

DGST, S. (s.f.). *Catálogo de secciones estructurales de pavimentos para carreteras de la República Mexicana*. Obtenido de

https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Catalogo_Pavimentos/Catalogo.pdf

EARTH, G. (2022). *Localización*. GOOGLE.

Gonzalo, D. E. (2017). *Manual de Geología para Ingenieros*. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3145/intemperismoometeorizacion.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Gutiérrez Escudero, A. (2008). *José María Morelos: El siervo de la nación mexicana (I)*.

IMPLAN, m. (03 de abril de 2022). *Mapa Interactivo de Morelia*. Obtenido de

<https://sigmorelia.gob.mx/>

INAFED. (2020). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*.

Obtenido de

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16053a.html#:~:text=En%20el%20siglo%20VII%20de,los%20gobernantes%20tarascos%20de%20Tzintzuntzan.>

INEGI. (2022). *Mapa Digital*. Obtenido de

<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIzLjMyMDA4LGxvbjotMTAyLjE0NTY1LHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>

Kosmatka, S. y. (2011). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Portland Cement Association.

LD Bayer, W. G. (1972). *Física de Suelos*. México: Union Tipografica Sidalc.net.

LEONARDS S, G. A. (2000). *Description and identification of soils: The engineering significance of*. reimpreso por Dr. Scott M. Merry en la Universidad de Arizona: Universidad de Arizona.

Mendoza Huamán, A. H. (2019). *Evaluación del estado del pavimento rígido mediante la metodología del PCI de la avenida La Paz*.

Narsilio A. Guillermo, S. J. (s.f.). *Clasificación de Suelos: Fundamentos Físico, Prácticas Actuales y Recomendaciones*. Atlanta, GA. 30332. USA: Georgia Institute of Technology. Obtenido de <http://materias.fi.uba.ar/6408/santamarina.pdf>

Olivera, B. F. (2009). *Estructuración de Vías Terrestres*. México: Patria.

SCT. (2016). *Manual para estudios, gestión y atención ambiental en carreteras*.

Obtenido de

<https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manuales-2016/manual-atencion-ambiental-carreteras.pdf>

SCT. (03 de enero de 2022). *Manual de Proyectos de Sistemas Intekigentes de Transporte ITS en Carreteras*. Obtenido de

<https://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/normativa/manuales/>

Yanko, A. (2003). *Los silencios de Juana la Loca (Vol. 12)*. Grupo Editorial Norma.

Tablas:

Tabla 1. Pavimentos en Colonias de la Ciudad de Morelia.....	25
Tabla 2. Pavimento Flexible.	26
Tabla 3. Tipos de Suelo.	34
Tabla 4. Clasificación de Suelos.	57

Tabla de Ilustraciones.

Ilustración 1. Casa Natal de Morelos, Morelia, Michoacán.	10
Ilustración 2. Cuencas de Morelia, Michoacán.....	11
Ilustración 3. Normales Climatológicas de Morelia, Michoacán.	12
Ilustración 4. Topo formas de Morelia, Michoacán.....	13
Ilustración 5. República Mexicana.....	18

La pavimentación en vialidades urbanas, consideraciones técnicas. Caso: Morelia, Michoacán.

Ilustración 6. Estado de Michoacán de Ocampo.....	18
Ilustración 7. Municipio de Morelia, Michoacán, México.	19
Ilustración 8. Centro de Población de Morelia, Michoacán, México.	19
Ilustración 9. Pavimento en Carretera.....	21
Ilustración 10. Estructura del Pavimento.....	22
Ilustración 11. Esquema de Pavimentos.	24
Ilustración 12. Esquema de Pavimentos Rígidos.....	25
Ilustración 13. Pavimento Semirrígido.....	26
Ilustración 14. Esquema de Pavimento Flexible.....	27
Ilustración 15. Tipos de Suelo.....	28
Ilustración 16. Suelos Arcillosos.....	29
Ilustración 17. Suelo en la Col. Chapultepec Sur de Morelia, Michoacán.....	30
Ilustración 18. Pruebas de laboratorio Triaxial.	31
Ilustración 19. Prueba de laboratorio con carga.....	32
Ilustración 20. Alcantarilla en Calzada Juárez, Morelia.....	33
Ilustración 21. Alcantarilla lateral en Calzada Juárez, Morelia.	33
Ilustración 22. Ensayo por Penetración.....	36
Ilustración 23. Ensayo por Penetración con medición.	37
Ilustración 24. Prueba del ensayo por Penetración.....	38
Ilustración 25. Pavimento de concreto hidráulico.....	48
Ilustración 26. Características constructivas del Empedrado ahogado en concreto.	50
Ilustración 27. Sistema constructivo del Empedrado en seco	55

Ilustración 28. Material bancos de “Joyitas” y “Cerritos”	57
Ilustración 29. Material bancos 1 de “Joyitas” y “Cerritos”	58
Ilustración 30. Material bancos 2 de “Joyitas” y “Cerritos”	58
Ilustración 31. Vibocompactor o un duo-pactor,	65
Ilustración 32. Capas de sub-base y base en el procedimiento constructivo.	67
Ilustración 33. Sub-base y base procedimiento constructivo.	68
Ilustración 34. Motoconformadora procederá a mezclar los materiales.	69
Ilustración 35. Motoconformadora en proceso.	69
Ilustración 36. Pipa por un costado del material extendido, utilizando manguera.	70
Ilustración 37. Material extendido, utilizando manguera.	71
Ilustración 38. Encarpetamiento” que es la sobrecompactación.	73
Ilustración 39. Encarpetamiento terminado.	74
Ilustración 40. Calles que colindan con la Ave. Solidaridad (“Rio Chiquito”).	78
Ilustración 41. Intersección Ave. Solidaridad con Río Chiquito.	78
Ilustración 42. Esquina Ave. Solidaridad con Río Chiquito.	79
Ilustración 43. Drenaje Pluvial.	80
Ilustración 44. Tapa el drenaje pluvial.	82
Ilustración 45. Procedimiento constructivo para pavimento.	82
Ilustración 46. Tendido de Pavimento Asfáltico.	83
Ilustración 47. Adocreto.....	84
Ilustración 48. Emparedado ahogado en concreto.....	103
Ilustración 49. Empedrado en Seco.	106