



UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DEL PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA URBANIZACIÓN DE LA COLONIA MONARCA EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACÁN.

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Edgar Miguel Cerda Avila

Asesor: I.C. Guillermo Navarrete Calderón

Uruapan, Michoacán, 21 de Enero de 2015.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mi familia: por ser el mayor de mis apoyos, por motivarme a seguir adelante, por alentarme a construir mis sueños, y darme las alas para conseguir mis más anhelados deseos.

A mis asesores y maestros: por ayudarme a pulir este proyecto y guiarme por el camino adecuado para finalizar, por el esfuerzo realizado en cada etapa de la investigación, y por representar un ejemplo para mi superación profesional.

A mis compañeros y amigos: por brindarme su apoyo y su aprecio a cada momento y creer en mi potencial.

ÍNDICE.

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	3
Objetivos.	4
Pregunta de investigación.	5
Justificación.	5
Marco de referencia.	6

Capítulo 1.- Urbanización.

1.1. Concepto de urbanización.	7
1.2. Normativa para la urbanización.	7
1.3. Mecánica de suelos.	18
1.3.1. Suelos.	18
1.3.2. Agentes generadores de suelos.	19
1.3.3. Tipos de suelos.	19
1.3.4. Suelos en la naturaleza.	20

1.3.5. Fases del suelo.	21
1.3.6. Granulometría en suelos.	23
1.3.7. Curva granulométrica.	24
1.3.8. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).	25
1.3.8.1. Suelos gruesos.	25
1.3.8.2. Suelos finos.	25
1.3.9. Plasticidad.	27
1.3.10. Límite líquido.	27
1.3.11. Límite plástico.	28
1.3.12. Límite de contracción.	28
1.3.13. Consolidación.	29
1.4. Definición de topografía.	29
1.4.1. Clases de levantamientos.	29
1.4.2. Errores.	30
1.4.3. Poligonación.	31
1.4.4. Altimetría.	31
1.4.5. Nivelaciones.	32

Capítulo 2.- Pavimentos.

2.1. Concepto de pavimento.	33
2.2. Tipos de pavimentos.	34
2.3. Capas de los pavimentos flexibles.	36
2.4. Asfaltos.. . . .	37
2.5. Carpetas asfálticas.	39
2.6. Materiales pétreos para carpeta asfáltica.	39
2.7. Carpetas por el sistema de riegos.	42
2.8. Carpetas de concreto asfáltico.	43
2.9. Riego de sello.	43
2.10. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles.	44
2.11. Pavimentos rígidos.	47
2.12. Propiedades de la sub-base.	49
2.13. Losas de concreto hidráulico.	49
2.14. Agrietamiento del concreto hidráulico.	51
2.15. Juntas de contracción.	52
2.16. Juntas de dilatación.	53

2.17. Juntas de construcción.	54
2.18. Tipos de fallas en los pavimentos rígidos.	55
2.19. Control de calidad en pavimentos rígidos.	56

Capítulo 3.- Resumen de macro y microlocalización.

3.1. Generalidades.	57
3.2. Entorno geográfico.	58
3.3. Hidrología y clima.	60
3.4. Informe fotográfico	61

Capítulo 4.- Metodología.

4.1. Método empleado.	66
4.1.1. Método matemático .	68
4.2. Enfoque de la investigación. .	68
4.2.1. Alcance de la investigación.	69
4.3. Diseño de la investigación. .	69
4.4. Instrumentos de recopilación de datos. .	72
4.5. Descripción del proceso de investigación. .	73

Capítulo 5.- Cálculo e interpretación de resultados.

5.1. Volumen de tránsito.	74
5.1.1. Tipo de tránsito.	74
5.1.2. Aforo vehicular.	75
5.2. Valor Relativo de Soporte (VRS).	77
5.3. Diseño del pavimento rígido por el método PCA	79
Conclusión.	101
Bibliografía.	104
ANEXO.	

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

La creación de caminos es un signo de antigüedad a la par de la existencia de la humanidad. El deseo de trasladarse de un punto a otro, siguiendo una dirección en específico, dio paso al desarrollo de civilizaciones cuya fortaleza dependía del movimiento de mercancías y productos. Ciudades de viejos imperios como las de la cultura Azteca, los Incas, China, Egipto y Roma, dejaron una evidencia de la vasta red de vías y calzadas que conectaban a las poblaciones entre sí.

A lo largo de la historia, la necesidad por aumentar el flujo de mercancías y disminución en los tiempos de traslado obligó al mejoramiento de las vías ya conocidas o la construcción de otras nuevas. La aparición de los vehículos de ruedas y su constante evolución hasta lo que hoy se conoce como automóviles y vehículos de carga, fueron motivo de inversión de recursos en materia de vías terrestres. Consideradas como parte esencial y fundamental en el desarrollo de los países, su constante mejora a favor de la creación de pavimentos para aumento en los niveles de seguridad, comodidad y tiempo de traslado, dependerá del uso al que serán sometidas estas vías durante su vida útil.

Un pavimento puede definirse como “la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendida(s) entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como

transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.” (Rico Rodríguez, Del Castillo; 1994; 99)

Acerca de lo que se conoce sobre el diseño de pavimentos, en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C., se encuentran las siguientes investigaciones: Tesis de diseño de la estructura de pavimento rígido para el boulevard industrial del Km 9+800 al 10+900 en la ciudad de Uruapan, Michoacán, por Joaquín Galván Sierra, 2012, cuyo objetivo era diseñar la estructura de pavimento rígido para las vialidades del fraccionamiento denominado Campestre Zumpimito Segunda Etapa, proyectada en la zona sur de la ciudad, llegando a la conclusión esperada donde se demostró cual es la mejor opción de pavimento rígido en cuestión de espesores propuestos y en base a análisis teóricos y constructivos; Como segunda opción también se tomo en cuenta la investigación denominada Diseño de la Estructura de Pavimento rígido para el Boulevard Industrial del Km 9+800 al 10+900 en la ciudad de Uruapan, Michoacán, investigación a cargo de Cristian Pérez Sepúlveda, donde el objetivo general, llevado en conjunto con el título de la investigación, tiene el propósito de cambiar la superficie de rodamiento existente, así como disminuir las constantes reparaciones que se le da al pavimento de la zona ya mencionada. En esta tesis quedan señaladas conclusiones tales como el concepto y los tipos de pavimentos, siendo el denominado de tipo rígido la opción más prometedora por tener una vida útil prolongada y duradera en comparación con las carpetas de asfalto. Como tercera opción se cuenta con la investigación titulada Alternativa de proyecto geométrico, obra de drenaje y pavimentación de la carretera Ciudad Hidalgo – Casas Pintas, del

Km 3+000 al Km 5+000, cuya autoría pertenece a Iván Manzo Ferrer y Martín Montaña Magaña. El propósito de esta obra tiene como objetivo general dar una alternativa de modernización a la carretera de los tramos antes mencionados determinando la opción de pavimento flexible más viable respecto a espesor y conformación de las capas. La otra iniciativa que se tomo, y como el título lo menciona, es definir un drenaje superficial y subterráneo. Establecer los tipos de drenaje longitudinal y horizontal óptimos a ser tomados en cuenta para el buen funcionamiento y desempeño de la obra. Se propuso una carretera de pavimento flexible de clasificación del tipo C con una velocidad de proyecto de 40 a 90 km/hr, que a su vez aumenta el confort y rapidez, por lo tanto, reduce el tiempo de traslado y se incrementa la longevidad del vehículo.

Planteamiento del problema.

El crecimiento acelerado de las ciudades requiere de la importante gama de soluciones a la necesidad de fijar espacios de infraestructura adecuados para el desarrollo y bienestar de la población. Una parte elemental de estas acciones es la creación de vías de comunicación para el traslado de mercancías, productos, bienes y servicios, seguridad, movimiento de personas y el mejoramiento de la economía, por ende, la ingeniería es una de las ciencias encargada de proyectar un panorama de funcionalidad a estructuras ya existentes o, como parte de una visión a futuro, crear nuevas opciones, modificar aquellas que no son favorables y pueden ser reutilizadas. Es importante mencionar que varios de estos planteamientos no podrían

ser posibles si se carece de obras de infraestructura en condiciones aceptables. Una calle, camino o carretera en mal estado repercute en problemas de vialidad y transporte para una ciudad y localidades circunvecinas, así como problemas de seguridad para los usuarios del sistema carretero. Por lo tanto, es necesario contar con un pavimento que garantice el bienestar, la confianza y la certeza de proporcionar la mejor calidad de traslado y comodidad, además de ser una superficie con una vida útil duradera y servicial.

La presente investigación ha sido realizada con la finalidad de aportar un diseño de pavimento adecuado, capaz de mantener un funcionamiento inmejorable, las condiciones para agilizar el tráfico vehicular y satisfacción para los usuarios que transiten sobre él.

Objetivos.

Objetivo general:

Diseñar la estructura de un pavimento rígido para las vialidades de la colonia Monarca en la ciudad de Uruapan, Michoacán, basándose en los principales métodos de diseño para este tipo de estructuras.

Objetivos específicos:

- a) Establecer el concepto de pavimento.
- b) Indicar el concepto de urbanización.
- c) Determinar cuáles son y como están conformados los tipos de pavimentos.
- d) Definir el concepto de pavimento rígido.
- e) Señalar la normativa para la urbanización.
- f) Mencionar las condiciones generales del sitio de estudio con respecto a la pavimentación del mismo.

Pregunta de investigación.

¿Qué estructura de pavimento rígido es la adecuada para las vialidades de la colonia Monarca en la ciudad de Uruapan Michoacán?

Justificación.

Por medio de esta investigación se pretende realizar un diseño apto de un pavimento rígido adecuado para las vialidades, con los reglamentos y normas necesarios para su correcta elaboración y desempeño, donde serán beneficiados los usuarios, prestadores de servicios y en general todos aquellos que transitarán por cada uno de los caminos de la zona de urbanización que se tiene proyectada. Permitted, además, condiciones para un tránsito seguro, uniforme, cómodo, con

las condiciones con las que fue propuesto para su vida útil, y como dato importante, garantizar un beneficio social y económico a largo plazo.

La presente investigación beneficiará a la comunidad estudiantil sirviendo como una base importante para nuevas generaciones de estudiantes que contarán con un proyecto que ha sido revisado, mostrando los puntos a seguir para su elaboración, y como referente para futuras investigaciones. También, la Universidad Don Vasco A.C. formará parte del beneficio que significará esta obra para aumentar la vasta colección con la que cuenta la biblioteca de dicho lugar antes mencionado en materia de documentos de consulta. Por último, la persona encargada de llevar a cabo la presente compilación de datos ampliará su conocimiento acerca de los objetivos que se han planteado.

Marco de referencia.

La colonia Monarca se localiza en la parte Este de la ciudad de Uruapan, cuyo acceso inicia partiendo del Libramiento Oriente por la avenida San Francisco rumbo al Hospital General de Uruapan “Dr. Pedro Daniel Martínez” y la carretera de nombre Camino a Tejerías.

Cuenta con vialidades de terracería y empedrado. La mayoría de las viviendas están hechas de material e inconclusas, mientras otras se encuentran en obra negra. El fraccionamiento cuenta con comercios de tiendas de abarrotes, fruterías, herrería, papelerías, estéticas, así como colectores de servicio de drenaje y parte de infraestructura de servicios de energía eléctrica.

CAPÍTULO 1

URBANIZACIÓN

En el presente capítulo, se hará mención sobre el concepto de Urbanización y la explicación del Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo, en su Título Segundo, que habla sobre los Desarrollos, sus especificaciones y normas para la construcción, además de los estudios necesarios de tipo topográficos y de mecánica de suelos.

1.1.- Concepto de urbanización.

“La urbanización es un proceso de transformación secular de las estructuras rurales en urbanas. Se caracteriza por el incesante desarrollo de la división social del trabajo, que transfiere la fuerza laboral agrícola hacia actividades secundarias y terciarias; por el cambio de proceso de producción; por la creciente diferenciación política, social, psicológica, ecológica, cultural, etc., entre el campo y la ciudad, y por dar origen a la ciudad, estimulando su crecimiento en número y tamaño.” (López Castro; 1991; 14)

1.2.- Normativa para la urbanización.

A continuación, del Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo, en su Título Segundo sobre Los Desarrollos, se cita la clasificación siguiente:

ARTÍCULO 289.- Los tipos de Desarrollos que establece este Código atenderán a la densidad de población y de construcción; a la superficie del lote mínimo y de sus frentes; a su ubicación; al alineamiento y compatibilidad urbanística; a las especificaciones de construcción; a la infraestructura, equipamiento y servicios que éstos requieran y al uso o destino del suelo previsto en los programas de desarrollo urbano aplicables.

ARTÍCULO 290.- Los Desarrollos que se autoricen en el Estado, se clasificarán en los tipos siguientes:

I. Habitacionales Urbanos:

- Residencial;
- Medio;
- Interés social;
- Popular; y,
- Mixto;

II. Habitacionales Suburbanos:

- Campestre; y,
- Rústico tipo granja;

III. Comerciales:

- Venta al detalle; y,
- Venta al mayoreo y/o bodegas;

IV. Industriales:

- Contaminantes; y,
- No contaminantes;

V. Cementerios.

ARTÍCULO 291.- Las normas técnicas del proyecto, las obras de urbanización y construcciones en los Desarrollos y desarrollos en condominio, deberán ajustarse a lo dispuesto en este Código, en los reglamentos de construcciones, en los programas y declaratorias de desarrollo urbano y en las autorizaciones respectivas; así como a los lineamientos técnicos que para el efecto dicte el Ayuntamiento.

ARTÍCULO 292.- Los proyectos, las obras de urbanización y construcción en los Desarrollos, deberán sujetarse a las normas técnicas siguientes:

- I. De diseño urbano;
- II. De sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial;
- III. De vialidad; y
- IV. De electrificación y alumbrado público.

ARTÍCULO 293.- Las normas de diseño urbano son las que regulan el proyecto de los Desarrollos y desarrollos en condominio, en cuanto a la zonificación, dimensiones

de lotes y manzanas, densidades de población y construcción, equipamiento urbano, áreas verdes y de donación.

ARTÍCULO 294.- Cuando en un predio por fraccionar existan obras o instalaciones de servicio público, el fraccionador evitará la interferencia de sus propias obras o instalaciones con las existentes.

En caso de que cause daño o deterioro a las obras o instalaciones existentes, el fraccionador será responsable de reparación; para ello, el Ayuntamiento fijará un plazo perentorio, según la naturaleza del daño causado y la urgencia de repararlo, a fin de que la obra conducente quede debidamente ejecutada a tiempo. Si vencido el plazo no se hubiere concluido la reparación, ésta se ejecutará por el Ayuntamiento a cuenta del fraccionador.

Lo dispuesto en este artículo, no exime al fraccionador de las responsabilidades, e infracciones en que hubiere incurrido por la falta de prestación del o los servicios públicos afectados.

ARTÍCULO 295.- Queda prohibido el establecimiento de Desarrollos o desarrollos en condominio, en lugares no aptos para el desarrollo urbano, según las normas que establecen los diversos programas de desarrollo urbano, o en zonas alejadas de las redes de los servicios públicos, insalubres y en general, vulnerables, a menos que se

realicen las obras necesarias de saneamiento o protección a costa del fraccionador, con autorización del Ayuntamiento correspondiente.

En todo caso, será responsabilidad del fraccionador la construcción previa de la vía de enlace del Desarrollo o desarrollo en condominio con la zona urbanizada inmediata y de las obras necesarias para llevar los servicios públicos.

ARTÍCULO 296.- La construcción de vivienda multifamiliar o edificios habitacionales dentro de algún Desarrollo Habitacional Urbano, sólo podrá ejecutarse en las zonas y de acuerdo a las densidades que para tal efecto hayan sido autorizados por el Ayuntamiento.

Las construcciones en los desarrollos en condominio, además de cumplir con lo dispuesto en el párrafo anterior, deberán respetar lo previsto en este Código, en cuanto a las densidades y características de las obras, continuidad de vialidades existentes y las previstas en los programas de desarrollo urbano, así como a la extensión de las áreas libres, de estacionamiento y de uso común.

ARTÍCULO 297.- Las áreas de donación en los Desarrollos o desarrollos en condominio podrán ser objeto de enajenación, salvo en los casos previstos en este código.

El cincuenta por ciento deberá destinarse para áreas verdes, parques o plazas públicas, en los cuales el fraccionador tendrá la obligación de equiparlas para tales

efectos y el otro cincuenta por ciento, se destinará para la construcción del equipamiento educativo público del nivel básico, áreas deportivas o recreativas e instalaciones de comercio, salud y asistencia públicas.

Las características que deberán cumplir las áreas de donación para equipamiento urbano son las siguientes:

- I. Ubicarse dentro del Desarrollo o desarrollo en condominio;
- II. Integrar un solo polígono, cuando la superficie no rebase los 5,000.00 metros cuadrados, y en caso de ser mayor, se determinará por la Dependencia Municipal en función del uso que se le pretenda dar por el Ayuntamiento, para lo cual deberá observar:
 - Las disposiciones de los programas de desarrollo urbano de la zona en que se localice.
 - Las necesidades de equipamiento urbano de la población que habitará en el Desarrollo, desarrollo en condominio o de la zona en donde se ubique;
 - Las determinaciones técnicas del Sistema Normativo de Equipamiento Urbano;
- III. Preferentemente al centro geométrico del Desarrollo o desarrollos en condominio;
- IV. Con un mínimo de dos frentes a vialidades públicas;
- V. Las vialidades que las circunden deberán estar totalmente urbanizadas;
- VI. Proporción del predio (ancho/largo) de 1:1 a 1:2;
- VII. Pendiente máxima del diez por ciento; y,

VIII. La posición en relación a la manzana, deberá ser preferentemente en la cabecera, media manzana o manzana completa, de conformidad a la superficie y el uso que se le pretenda dar por parte del ayuntamiento.

(DEROGADO ÚLTIMO PÁRRAFO, P.O. 24 DE MAYO DE 2011) Derogado.

ARTÍCULO 298.- En los Desarrollos o desarrollos en condominio la caseta de vigilancia será considerada como parte de la superficie que el fraccionador está obligado a donar al Ayuntamiento, adicional a los porcentajes o cantidades previstas para tal fin, en el presente Código. El Ayuntamiento fijará sus especificaciones, dimensiones y ubicación. Es obligación del fraccionador construir la caseta.

ARTÍCULO 299.- Las normas de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial, serán determinadas por el Organismo y regularán el proyecto, cálculo y construcción de las redes así como las descargas de las aguas residuales.

ARTÍCULO 300.- El Organismo podrá conectar un Desarrollo o desarrollo en condominio a la red municipal de agua potable, cuando se garantice previo dictamen de factibilidad, la suficiencia de este servicio.

ARTÍCULO 301.- Las normas de vialidad son las que regulan el proyecto de un Desarrollo o desarrollo en condominio, en cuanto a las características, especificaciones y dimensiones de las vialidades y andadores, pavimentos, banquetas y guarniciones, así como a la nomenclatura y circulación en las mismas.

ARTÍCULO 302.- Las vialidades de un Desarrollo o desarrollo en condominio, se construirán de acuerdo con lo previsto en este Código y sus características estarán determinadas por la función principal de cada una de ellas, conforme a la siguiente clasificación:

- I. Vialidades colectoras. Son las destinadas para interconectar las diversas zonas de un centro población en forma fluida y con el menor número de obstrucciones. Las características de este tipo de vialidades las determinará el Ayuntamiento;
- II. Vialidades principales. Son aquellas destinadas a conducir el tránsito de las calles locales hacia otras zonas del desarrollo o del centro de población, o hacia las vialidades colectoras. Este tipo de vialidades nunca podrán ser cerradas y darán acceso a los lotes, departamentos, viviendas, locales o unidades; y,
- III. Vialidades secundarias. Son aquellas destinadas principalmente a dar acceso a los lotes, viviendas, departamentos, locales o unidades de un Desarrollo o desarrollo en condominio;

ARTÍCULO 303.- Las vialidades colectoras en los Desarrollos o desarrollos en condominio deberán estar orientadas en función de los puntos cardinales y tener una longitud mínima en relación al largo total de calles, de acuerdo con los porcentajes siguientes:

- I. De tipo residencial, el veinte por ciento;
- II. De tipo medio, el quince por ciento; y,
- III. De interés social o tipo popular, el diez por ciento.

La Dependencia Municipal determinará cuando por la dimensión de un Desarrollo o desarrollo en condominio, no se requiera la construcción de vialidades colectoras o

se pueda variar la orientación de estas, solo por excepción en los casos en que la estructura urbana principal de la ciudad sea diversa a esta disposición.

ARTÍCULO 304.- Las vialidades cerradas sólo se permitirán por excepción y sólo en los casos en las condiciones físicas del predio por fraccionar lo justifiquen, o cuando se trate de vialidades de un desarrollo en condominio y que no afecte la estructura vial principal existente en la zona en donde se ubique o que este prevista en los programas de desarrollo urbano, para lo cual deberán atender lo siguiente:

- I. Tendrán un arroyo vehicular de un mínimo de 10 metros en doble sentido de circulación, y su sección transversal de paramento a paramento será de 13 metros y una longitud máxima de 120 metros y un retorno de 20 metros de diámetro como mínimo, medidos de guarnición a guarnición.
- II. En los Desarrollos Industriales tendrán un arroyo vehicular mínimo de 12 metros en doble sentido de circulación, su sección transversal será de 16 metros y una longitud máxima de 120 metros y un retorno de 32 metros de diámetro como mínimo de guarnición a guarnición.

ARTÍCULO 305.- Las vialidades que conformen un sistema vial alternativo tendrán las características siguientes:

- I. Andadores:
 - Son aquellos que servirán exclusivamente para el tránsito de peatones; debiendo quedar cerrados al acceso de vehículos por medio de obstrucciones materiales;

- No podrán ser tomados como áreas verdes; áreas de estacionamiento, áreas privativas o libres en un desarrollo en condominio, ni tampoco como áreas de donación en los Desarrollos; y,
- Su longitud máxima será de 90 metros, se podrán intercalar hasta dos andadores entre dos vialidades.

II. Ciclo vías:

- Tendrán una sección transversal mínima de 1.50 metros por sentido de circulación;
- Podrán ubicarse dentro de parques públicos o restricciones de ríos y arroyos;
- Cuando se ubiquen dentro del sistema vial primario, deberán estar sobre camellones, y,
- Cuando se ubiquen dentro del sistema vial secundario, deberán estar sobre camellones o colindantes a las banquetas.

ARTÍCULO 306.- Cuando las autoridades competentes proyecten una arteria de alta velocidad o ésta ya exista a través de un Desarrollo, los lotes de éste, no podrán tener acceso directo a ella, en este caso, se tendrá que proyectar un carril lateral de baja velocidad y de estacionamiento.

ARTÍCULO 307.- Ninguna de las vialidades de un Desarrollo o desarrollo en condominio en proyecto, que sea prolongación de otra de un desarrollo contiguo o de cualquier vialidad del centro de población, podrá tener una anchura menor que aquélla, y si vialidad que se continúa fuera menor de los mínimos señalados por este

Código, la prolongación que constituya la nueva obra deberá tener siempre la anchura mínima señalada en este ordenamiento.

ARTÍCULO 308.- El proyecto de diseño urbano de un Desarrollo o desarrollo en condominio, se deberá respetar la estructura vial existente en los desarrollos colindantes y la establecida en los programas de desarrollo urbano.

Así mismo se deberá considerar una longitud máxima de 150 metros lineales para las manzanas, con excepción de los fraccionamientos habitacionales suburbanos campestres y rústicos tipo granja e industriales, en los que se podrán tener manzanas con una longitud máxima de 300 metros lineales. No se exigirá la continuidad de vialidades ni la longitud de las manzanas cuando exista un elemento físico o natural lo impida.

ARTÍCULO 309.- Cuando cualquiera de los tipos de vialidades a que se refiere este Código tenga cruzamiento o entronque con una arteria de alta velocidad, carretera, vía de ferrocarril, con un canal de riego o corriente de agua, requerirán de un proyecto especial que deberá contemplarse en el proyecto de urbanización del Desarrollo o desarrollo en condominio.

ARTÍCULO 310.- Cuando por interés público a juicio del Ayuntamiento o por lo dispuesto en los programas de desarrollo urbano, se requieren vialidades con una sección superior a 26 metros, las superficies que excedan a esa extensión, podrán ser descontadas de aquellas que el fraccionador deba donar al Ayuntamiento por concepto de área de donación.

ARTÍCULO 311.- La postería de la red electrificación, alumbrado público, teléfonos, señalamiento, indicadores, letreros o cualquier otro tipo similar, deberán ubicarse en su caso, en el área jardinada de las banquetas, sin interferir el área de circulación de peatones.

ARTÍCULO 312.- Las normas de electrificación y alumbrado público son las que regulan el proyecto de un Desarrollo o desarrollo en condominio, en cuanto a las características, especificaciones, capacidad y calidad de la red, equipamiento eléctrico y de alumbrado público que determine la Comisión Federal de Electricidad y la Dependencia encargada de los servicios municipales del Ayuntamiento, respectivamente.

1.3.- Mecánica de suelos.

La mecánica de suelos estudia la aplicación de las leyes de la mecánica e hidráulica a los problemas de ingeniería que trata con sedimentos y otras acumulaciones no consideradas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de que contengan materia orgánica.

1.3.1.- Suelos.

De acuerdo con Arias Rivera (2007), los suelos son una acumulación heterogénea de partículas minerales no cementadas y vacíos (los cuales pueden o no estar ocupados por agua), producto de la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas lo que da como resultado una inmensa

variedad de tipos de suelo cuyo comportamiento será diferente en cada una de las solicitudes a que se someta.

1.3.2.- Agentes generadores de suelos.

La corteza terrestre es atacada principalmente por elementos como el aire y el agua, siendo los medios de acción estas sustancias sumamente variadas. Sin embargo, en análisis posteriores, todos los mecanismos de ataque pueden incluirse en dos grupos:

Desintegración Mecánica:

- Congelación de agua.
- Cambios de temperatura.
- Efectos de los organismos.
- Esfuerzos tectónicos.
- Efectos abrasivos del agua y el viento.
- Efectos telúricos.
- Efectos de la gravedad; y

Descomposición Química: Ocurre en presencia de agua y otras sustancias naturales lo que da lugar a suelos finos.

1.3.3.- Tipos de suelos.

Los suelos se pueden dividir en Suelos Residuales, que son aquellos que permanecen en el sitio donde fueron formados; y Suelos Transportados, aquellos formados por los productos de alteración de las rocas removidos y depositados en

otro sitio diferente al de su origen siendo los principales agentes de transporte el agua, el viento, los glaciares, la gravedad etc.

1.3.4.- Suelos en la naturaleza.

Los diferentes tipos de suelos que se encuentran en la naturaleza son los siguientes:

- **Gravas y Arenas:** Son producto de desintegración mecánica, existiendo infinidad de formas y tamaños en su composición, los suelos gruesos cuando carecen de finos son permeables, a medida que una arena se hace más fina y uniforme, sus características se aproximan a las de los limos con el correspondiente decremento en permeabilidad.
- **Limos:** Son los finos no plásticos. Son inherentemente inestables en presencia de agua y tienen la tendencia a ponerse en suspensión cuando se saturan. En seco los limos pueden pulverizarse fácilmente. Mientras más alto es el límite líquido en un limo, éste es más compresible.
- **Arcillas:** Son los finos plásticos. tienen baja resistencia a la deformación cuando están húmedas, son impermeables, difíciles de compactar cuando están húmedas, mientras mayor sea su límite líquido mayor será su compresibilidad, mientras más alto sea el índice plástico la arcillas serán más cohesivas.

En los suelos la forma de una partícula puede ser orgánica o inorgánica. Cuando los suelos se encuentran formados totalmente por partículas orgánicas se le

denomina como Turba; mientras que, el limo orgánico contiene algunas partículas orgánicas y algunas inorgánicas. Generalmente las partículas de arena y limo suelen ser aproximadamente equidimensionales y las de arcilla son de forma aplanada. Las formas equidimensionales se dividen en muy redondeadas, redondeadas, subredondeadas, sub-angulares y angulares. En suelos con partículas angulares existe mayor trabazón entre partículas, lo cual hace posible una mayor resistencia.

A continuación se muestra la tabla 1.1 de la clasificación de tamaños de las gravas y arenas.

NOMBRE	LIMITE DE TAMAÑO	COMPARACION
Boleo	305 mm o Mayores	Mayor a una pelo de baloncesto
Canto Rodado	76 mm - 305 mm	Toronja
Grava Gruesa	19 mm - 76 mm	Limon o naranja
Grava Fina	4.76 mm - 19 mm	Chicharo o uva
Arena Gruesa	2 mm - 4.76 mm	Sal mineral
Arena Mediana	0.42 mm - 2 mm	Azúcar o sal de mesa
Arena Fina	0.074 mm - 0.42 mm	Azúcar en polvo
Finos	menos que 0.074 mm	(Pasa el tamiz No. 200)

Tabla 1.1 Limite de tamaños de gravas y arenas.

Fuente: Arias Rivera; 2007; 3.

1.3.5.- Fases del suelo.

Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2002), en un suelo se distinguen tres fases constituyentes. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo; la líquida por el agua, donde pueden existir otros líquidos menores; la fase gaseosa que comprende el aire y otros vapores. La fase líquida y gaseosa del suelo

suelen comprenderse en el volumen de vacíos, mientras que la fase sólida constituye el volumen de los sólidos.

Se dice que un suelo es parcialmente saturado cuando no todos sus vacíos están ocupados por agua, formado por las fases, gaseosa, líquida y sólida; mientras que un suelo es totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua, en este caso, los que se encuentran bajo el nivel de aguas freáticas.

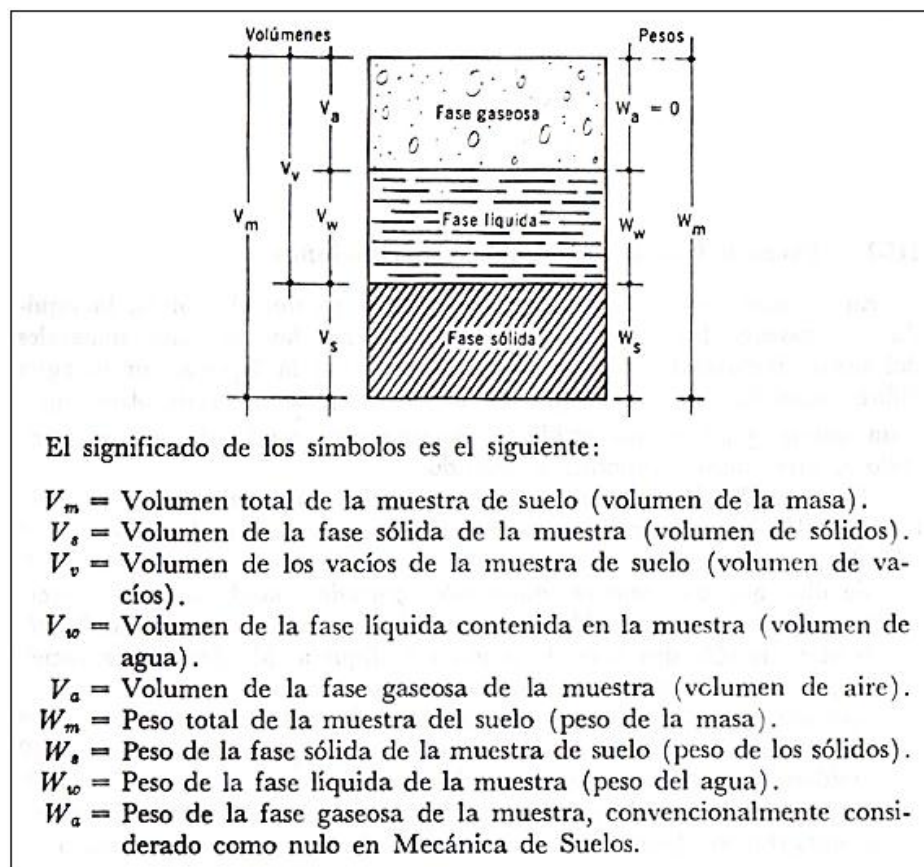


Imagen 1.1 Esquema de una muestra de suelo.

Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2002; 52.

1.3.6.- Granulometría en suelos.

En palabras de Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2002), la granulometría es la parte de la Mecánica de Suelos que estudia lo referente a las formas y distribución de los elementos constituyentes según las dimensiones de las gravas o partículas que forman un suelo. En suelos gruesos, cuya granulometría puede determinarse por mallas, la distribución por tamaños puede revelar algo de lo referente a las propiedades físicas del material.

La medición en el tamaño de los granos de un suelo puede efectuarse de la siguiente manera:

- Análisis directo: Para partículas de suelo de más de 3 pulgadas.
- Medición con mallas: Análisis mecánico usado principalmente en suelos gruesos ordenando en forma descendente una serie de mallas: 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", No.4 para granulometría gruesa; y 10, 20, 40, 60, 100, 200 para granulometría fina.



Imagen 1.2 Mallas para granulometría.

Fuente: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/>

1.3.7.- Curva granulométrica.

La distribución del tamaño de las partículas constitutivas de un suelo grueso se expresa gráficamente mediante una Curva de Distribución Granulométrica que nos indica el tamaño de las partículas así como su buena o mala graduación de estos. La curva granulométrica se dibuja con porcentajes como ordenadas y tamaño de las partículas como abscisas. Las ordenas se refieren a porcentaje, en peso, de las partículas menores que el tamaño correspondiente. Así, una vez hecho el análisis obtenemos que, un suelo bien graduado tiene un porcentaje uniforme de tamaños y un suelo mal graduado carece de tamaños intermedios. A partir de la curva de distribución granulométrica pueden obtenerse dos importantes indicadores que caracterizan un suelo:

- Coeficiente de uniformidad

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- Coeficiente de curvatura

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})}$$

- D10.- Diámetro efectivo o sea el diámetro que corresponde a las partículas cuyo tamaño es mayor o igual que el 10% en peso del total de partículas de un suelo.
- D30.- Diámetro de partículas cuyo tamaño es mayor o igual que el 30% en peso del total de partículas.
- D60.- Diámetro de partículas cuyo tamaño es mayor o igual al 60% en peso total de las partículas.

1.3.8.- Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos es un sistema de clasificación de suelos para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Para clasificar el suelo se debe realizar previamente una granulometría de éste.

Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas (en peso) son gruesas, y fino si en caso contrario, más de la mitad de sus partículas son finas. En este caso se utiliza la malla No. 4 para separar gravas (G) y arenas (S) cuya diferencia radica en que el material será una grava si más del 50% de su fracción gruesa no pasa la malla No.4. Si más del 50% de su fracción gruesa pasa la malla No.4 y se retiene en la No. 200 se le considera una arena.

1.3.8.1.- Suelos gruesos.

La estructura de los suelos gruesos es aquella en la que las partículas se apoyan una sobre otra en forma continua; las fuerzas de contacto se deben exclusivamente a la gravedad de su propio peso y los factores que influyen en su comportamiento son las condiciones de drenaje, compacidad del suelo, estratigrafía, granulometría, dureza y forma de los granos y la rugosidad.

1.3.8.2.- Suelos finos.

En la estructura de los suelos finos influyen de manera determinante las fuerzas electromagnéticas propias de partículas de esas dimensiones y las de origen molecular. Estas partículas son tan pequeñas que no pueden ser observadas a simple vista, las más comunes suelen ser llamadas panaloide, floculenta y dispersa.

Tipo	Sub-Tipos		Identificación			Simbolo de Grupo	
Suelos (partículas menores de 7.5 cm)	SUELOS GRUESOS (Más de la mitad del material se retiene en la malla No. 200)	GRAVA (Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla No. 4)	GRAVA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad mayor a 4 y un coeficiente de curvatura	Menos del 5% en masa pasa la malla No.200	GW	
				Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos del 5% en masa pasa la malla No.200	GP	
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más de 12% en masa de la malla No. 200 y las pruebas de límite de consistencia, clasifican a la fracción fina como ML o MH.	GM	
				Grava arcillosa; mezcla de grava, arena y arcilla.	Más de 12% en masa de la malla No. 200 y las pruebas de límite de consistencia, clasifican a la fracción fina como CL o CH.	GC	
			ARENA (Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla No. 4)	ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad mayor a 6 y un coeficiente de curvatura entre 1 y 3.	Menos del 5% en masa pasa la malla No.200	SW
					Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos del 5% en masa pasa la malla No.200	SP
	ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Arena limosa; mezcla de grava, arena y limo.		Más de 12% en masa de la malla No. 200 y las pruebas de límite de consistencia, clasifican a la fracción fina como ML o MH.	SM		
		Arena arcillosa; mezcla de grava, arena y arcilla.		Más de 12% en masa de la malla No. 200 y las pruebas de límite de consistencia, clasifican a la fracción fina como CL o CH.	SC		
	SUELOS FINOS (Más de la mitad del material pasa la malla No. 200)	LIMO Y ARCILLA (Límite líquido)	Menor de 50%	Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad.	ML		
				Arcilla de baja compresibilidad, mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona II de la carta de Plasticidad.	CL		
				Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad.	OL		
			Mayor de 50%	Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad.	MH		
				Arcilla de alta compresibilidad, mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona IV de la carta de Plasticidad.	CH		
				Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad.	OH		
				ALTAMENTE ORGÁNICOS	Turba, fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.	Pt	

Tabla 1.2 Clasificación SUCS.

Fuente: <http://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-1-02-03.pdf>; 4.

1.3.9.- Plasticidad.

Se conoce como plasticidad de un cuerpo a la capacidad o propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones sin “rebote” elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

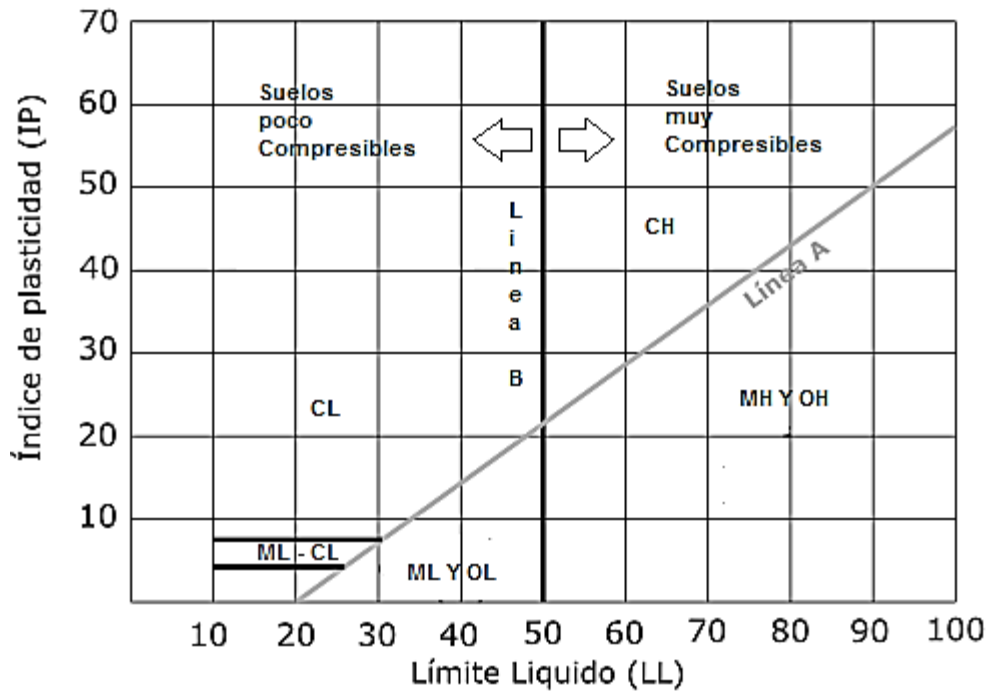


Imagen 1.3 Carta de plasticidad.

Fuente: Arias Rivera; 2007; 53

1.3.10.- Límite líquido.

El límite líquido (LL) es el contenido de agua de un suelo fino para el cual éste tiene una resistencia al esfuerzo cortante de 25 gr/cm². Su valor se determina en el laboratorio utilizando el método de la Copa de Casagrande (método empírico) que

consiste en colocar una mezcla homogénea del suelo que se desea clasificar, dentro de la copa y enrasarlo, haciendo seguidamente con un ranurador una pequeña ranura, y después mediante una pequeña leva la copa se levanta y cae repentinamente hasta que se cierra la ranura.

1.3.11.- Límite plástico.

El límite plástico (LP) consiste en la formación de rollitos de suelo de 3mm. Usualmente sobre una hoja de papel totalmente seca para acelerar la pérdida de humedad del material; también otra alternativa es efectuar el rolado sobre una placa de vidrio hasta que ocurra el desmoronamiento y agrietamiento; una vez que se llega a ese momento se determinará rápidamente su contenido de agua y obtener así el límite plástico.

1.3.12.- Límite de contracción.

El límite de contracción ocurre cuando un suelo pierde agua y normalmente su volumen disminuye; esto se debe principalmente a las fuerzas de tensión capilar que son producidas por el agua intersticial. El límite de contracción es el contenido de agua a partir del cual el volumen del suelo permanece constante aunque la humedad disminuya. Este límite suele manifestarse visualmente por un cambio de tono de color oscuro a más claro al irse secando el suelo gradualmente.

1.3.13.- Consolidación.

La consolidación es un proceso de disminución de volumen que tenga lugar en un lapso de tiempo provocado por un aumento de las cargas sobre el suelo donde el movimiento de sus partículas ocurre solo en dirección vertical. Existen dos tipos de consolidaciones: La consolidación primaria ocurre en los llamados suelos finos plásticos de baja permeabilidad en los que el tiempo que tarda para producirse es en función de la expulsión del agua que los satura; y la consolidación secundaria es en algunos suelos arcillosos muy compresibles, suelos con alto contenido orgánico, que una vez sufrido el proceso de consolidación primaria, estos continúan deformándose.

1.4.- Definición de Topografía.

De acuerdo con Montes de Oca (1981), la topografía es el estudio para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de 3 elementos del espacio. Estos son: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. Para distancias se emplean unidades de longitud y para direcciones se emplean unidades de arco. La mayoría de los levantamientos tienen por objeto el cálculo de superficies volúmenes y representación de las medidas tomadas en campo.

1.4.1.- Clases de Levantamientos.

Las clases de levantamientos topográficos pueden ser Topográficos, que sirven para abarcar superficies reducidas sin tomar en cuenta la curvatura de la tierra

y sin apreciar errores; los de tipo Geodésicos sirven para grandes extensiones considerando la curvatura de la de tierra. Los levantamientos topográficos son los más comunes y se utilizan para medir linderos de terrenos en general; para estudiar y construir caminos; fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos con obras superficiales; y por último levantamientos aéreos utilizando fotogrametría.

La teoría de la topografía tiene su esencia principalmente en la geometría plana, geometría del espacio, trigonometría y las matemáticas en general. Todas las operaciones de la topografía están sujetas a imperfecciones propias de los aparatos y al manejo de ellos; las equivocaciones, a diferencia de los errores, son producidas por la falta de cuidado, distracciones o falta de conocimientos, y no pueden controlarse y estudiarse.

1.4.2.- Errores.

Los orígenes de errores en la medición se clasifican en instrumentales, personales y naturales. A su vez estos se dividen en errores sistémicos, para condiciones de trabajo en campo y suelen ser situaciones como aparatos mal graduados, cintas o estadales mal graduados o cuestiones de mala alineación y condiciones climatológicas adversas. Los errores accidentales son los que se cometen indiferentemente en la lectura de datos como en medidas de ángulos, lecturas de graduaciones, visuales descentradas, mala colocación de marcas en el terreno y variaciones en la tensión de la cinta.

1.4.3.- Poligonación.

La poligonación es un método de posicionamiento horizontal empleado en la actualidad por la facilidad y precisión con la que se miden distancias con los nuevos equipos electrónicos y la confiabilidad para determinar ángulos. Existen básicamente tres tipos de poligonales: cerradas, que son las inician y terminan en un mismo punto; abierta geoméricamente pero cerrada analíticamente, ésta inicia en un vértice que forma parte de un control conocido y termina en otro con las mismas características; y finalmente abierta geoméricamente y analíticamente, donde las líneas no tienen puntos de control, por lo que no se recomiendan en ningún caso por falta de comprobación de calidad, excepto el control acimutal a través de orientaciones astronómicas.

1.4.4.- Altimetría.

El propósito de la altimetría consiste en determinar la diferencia de elevación entre puntos, o su elevación misma a partir de cierta superficie de referencia. El conocimiento de este tema es fundamental para las obras de ingeniería tales como el trazo de una carretera, vías férreas, canales, líneas de comunicación, edificios, elaboración de planos, etc.

Para tener puntos de referencia y de control en la obtención de las cotas del terreno, se construyen puntos fijos, notables y en lugares convenientes. Estos puntos se les conoce como Bancos de Nivel, cuya característica consiste en ser generalmente de concreto, como pequeñas mojoneras, con una varilla incrustada para definir el punto principal y permitir el uso de estadales donde se tomarán lecturas.

1.4.5.- Nivelaciones.

La finalidad de la nivelación consiste en determinar la elevación de puntos situados en un terreno. El procedimiento para nivelar consiste en hacer pasar planos horizontales entre dos miras o estadales para obtener el desnivel entre estos por diferencia de lecturas.

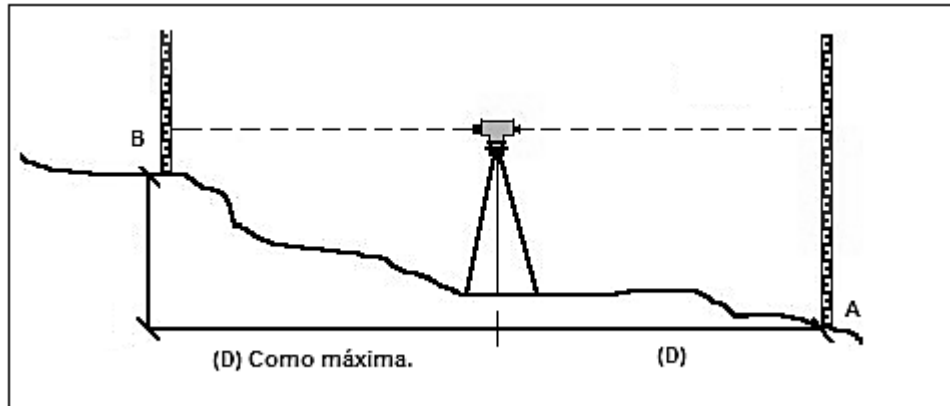


Imagen 1.4 Nivelación diferencial.

Fuente: Montes de Oca; 1981; 107.

De acuerdo con Bannister, Raymon y Baker (2002); los levantamientos topográficos producen mapas y planos de accidentes naturales y otros hechos por el hombre. En realidad no existe una diferencia lo suficientemente clara entre mapa y plano, pero en general se acepta que en un plano los detalles quedan dibujados a escala exacta, mientras que en un mapa muchas de las características se deben representar por símbolos a escala pequeña.

CAPÍTULO 2

PAVIMENTOS

En este capítulo se entenderá cuáles son los tipos de pavimentos que existen, así como las principales características de cada uno de ellos para su utilización de una manera correcta de acuerdo al tipo de condiciones del terreno en el que se quiere utilizar. Se mencionarán métodos para la conservación de pavimentos o, en su defecto, restauración de ellos para darle un uso adecuado y una vida útil perdurable.

2.1.- Concepto de Pavimentos.

De acuerdo en lo mencionado por Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2004), se entiende por pavimento a la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de cualquier obra de vialidad, la cual tiene como finalidad proporcionar una superficie de rodamiento uniforme y estable, resistente al tránsito de los vehículos, el intemperismo ocasionado por los agentes naturales y a cualquier otro agente que provoque algún daño.

O bien, en palabras de Rico y Del Castillo (1994), un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales, comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, con color y textura adecuados, resistente a la acción del continuo tránsito, a la del intemperismo

y entre muchos otros agentes que pueden perjudicarlo, así como transmitir apropiadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

Como dato adicional, leyendo a Olivera Bustamante (2006), se define como pavimento al conjunto de capas de materiales que reciben de forma directa las cargas del tránsito y las cuales se distribuyen de una forma adecuada a las capas inferiores. Aportan también a la superficie de rodamiento en donde se debe tener una operación de manera eficaz, rápida, cómoda y segura.

2.2.- Tipos de pavimentos.

De conformidad con Olivera Bustamante (2006), existen dos principales tipos de pavimentos: los flexibles y los rígidos; en los primeros, la superficie de rodamiento esta proporcionada por una carpeta asfáltica y la distribución de todas las cargas proporcionadas por los vehículos hacia capas inferiores se generan por características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, con esto la carpeta asfáltica se somete a pequeñas deformaciones de capas inferiores, sin que se rompa la estructura las capas que conforman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y subbase, las cuales se construyen sobre la capa subrasante.

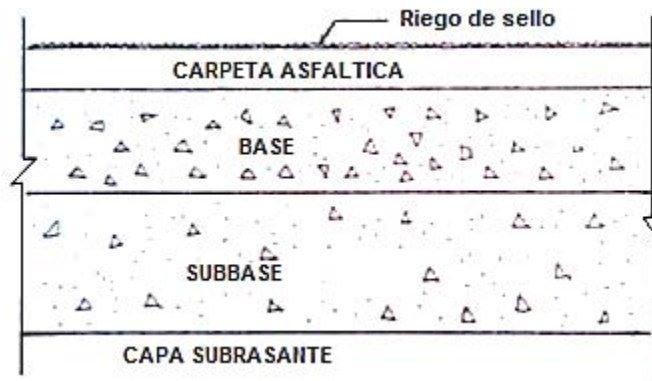


Imagen 2.1 Capas que forman en general un pavimento flexible.

Fuente: Olivera Bustamante; 206; 18.

El otro ejemplo de pavimento es el que se conoce como pavimento rígido, donde la superficie de rodamiento está compuesta por losas de concreto hidráulico que distribuyen las cargas de los vehículos hacia capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes que trabajan a la par con la que recibe directamente las cargas. Este tipo de pavimento no permite deformaciones de las capas inferiores sin que se presente lo que conocemos como falla estructural.

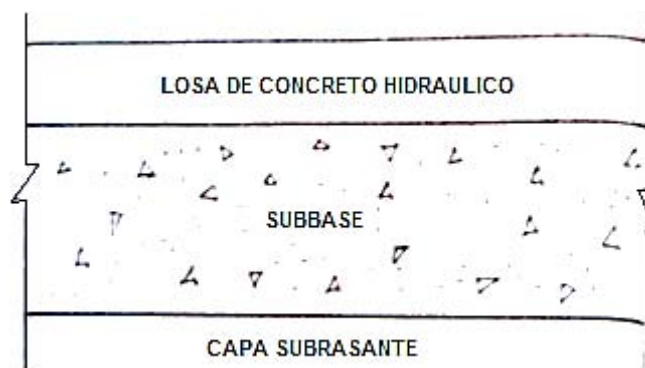


Imagen 2.2 Capas que forman un pavimento rígido.

Fuente: Olivera Bustamante; 2006; 18.

2.3.- Capas de los pavimentos flexibles.

Según lo dicho por Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2004), los pavimentos flexibles se componen por distintas capas las cuales tienen una función específica, donde a continuación se expondrá a detalle cada una de ellas:

Sub-base: Por unanimidad, una de las principales funciones de esta capa en un pavimento flexible resulta ser de carácter económico. Consiste en formar un espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Se conoce que todo el espesor podría ser construido con un material de calidad óptima, como el usado en la base, pero es recomendable hacer aquella más delgada y sustituirla en parte por una sub-base de calidad menor, aún cuando esto traiga consigo un aumento en el espesor total del pavimento, pues cuanto menor sea la calidad del material colocado el espesor necesario será mayor para soportar los esfuerzos transmitidos.

Base: desde cierto punto existe en la base una función de carácter económico a la discutida para el caso de la sub-base, ya que permite reducir el espesor de la carpeta, pero la función principal de la base de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por flujo vehicular. La base en la mayoría de los casos tiene también que drenar el agua que se consiga introducir a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como evitar la ascensión capilar.

Carpeta: la carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada y eficaz, con textura y color adecuado y resistir los efectos del tránsito. Hasta donde sea posible debe impedir el paso del agua al interior del pavimento para evitar cualquier deformación.

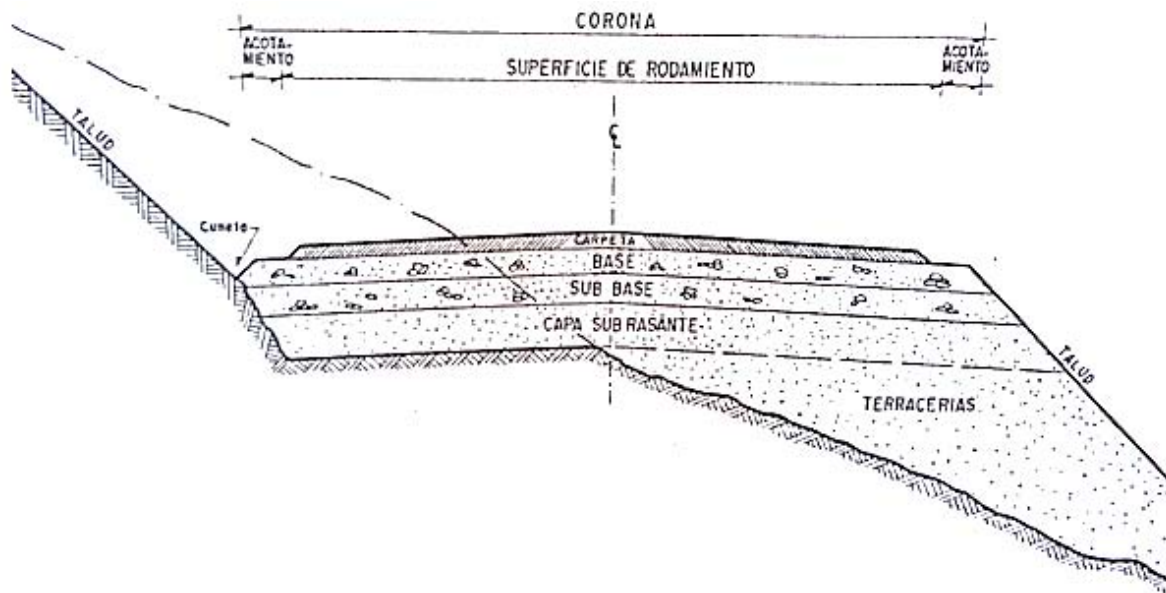


Imagen 2.3 Estructura y sección transversal de un pavimento flexible en balcón.

Fuente: Rico Rodríguez y Del Castillo; 1994; 107.

2.4.- Asfaltos.

Partiendo de lo dicho por Crespo Villalaz (1996), los asfaltos son componentes conformados de muchos petróleos los cuales se encuentran disueltos y su historia data de hace más de 5 mil años debido a que las recientes excavaciones arqueológicas muestran que del año 3200 al año 540 antes de Cristo, se utilizó mucho el asfalto en Mesopotamia empleado como cemento para ligar mamposterías, así como también usado como capa impermeabilizante en los baños de los templos y

tanques de agua. Posteriormente se tiene que 300 años antes de Cristo el asfalto es empleado en la momificación.

La mayor parte de asfalto que es utilizado hoy en día en América proviene del proceso de la refinación del petróleo. El asfalto refinado se produce en gran variedad de tipos desde los sólidos, duros y quebradizos hasta aquellos fluidos casi tan líquidos como lo es el agua.

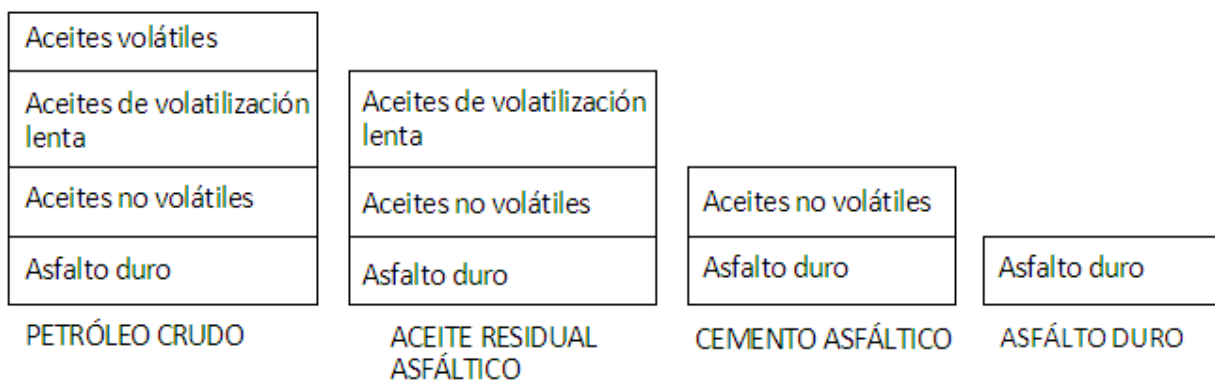


Imagen 2.4 Tipos de productos asfálticos por destilación del petróleo crudo.

Fuente: Crespo Villalaz; 1996; 234.

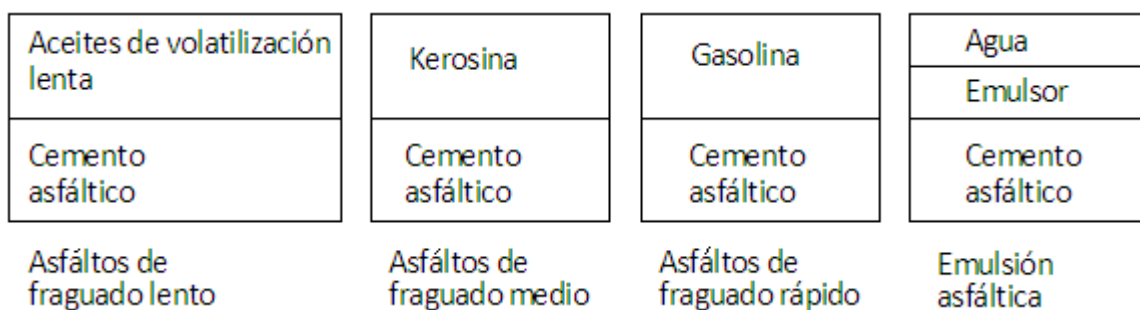


Imagen 2.5 Tipos de productos asfálticos líquidos.

Fuente: Crespo Villalaz; 1996; 234.

2.5.- Carpetas asfálticas.

“La carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento para los vehículos y que se elaborada con materiales pétreos y productos asfálticos.” (Olivera Bustamante; 2006; 185)

Los materiales pétreos que son utilizados para la construcción de carpetas por lo regular son suelos inertes provenientes de playones de ríos o arroyos, de depósitos naturales los cuales son denominados minas, o de rocas que generalmente requieren de cribado, triturado o, de ser necesario, ambos para poder ser utilizados.

En este caso en específico, la granulometría es de suma importancia, y debe cumplir las normas correspondientes, debido a que los materiales pétreos deben cubrirse en su totalidad con el asfalto ya que, sí la granulometría cambia, también cambiará la superficie por cubrir.

2.6.- Materiales pétreos para carpeta asfáltica.

De acuerdo con Crespo Villalaz (1996), existen un número considerado de requisitos que se deben cumplir en la elaboración de la carpeta, la manera generalmente empleada en el manejo del asfalto es mezclándolo con un agregado pétreo que tenga características ya antes conocidas. Sin embargo, no cualquier tipo de agregado pétreo puede emplearse adecuadamente para la elaboración de la carpeta. De ahí se demanda la necesidad de conocer sus características físicas para saber si funcionará de manera apta o no.

En general, los materiales pétreos que quieren ser utilizados en la elaboración de carpetas asfálticas deben tener los siguientes requisitos:

- No deben utilizarse agregados pétreos que presenten más del 35% en peso, de fragmentos que tengan forma de lascas o que tengan marcada tendencia a romper en forma de lascas cuando se les tritura. Regularmente se consideran como lascas las que tengan una longitud mayor de tres veces la dimensión menor del agregado.
- No deben emplearse agregados pétreos que contengan materia orgánica en forma perjudicial o arcilla en grumos.
- Los agregados pétreos no deben tener más del 20% de fragmentos suaves.
- Los agregados pétreos deben utilizarse preferentemente secos o cuando mucho con una humedad igual a la de absorción de ese material. Por lo contrario, debe utilizarse un adicionante en el asfalto.
- El tamaño máximo del agregado pétreo no deberá ser mayor que las 2/3 partes del espesor del diseño de carpeta.
- Deberá tener suficiente resistencia para soportar, sin dañarse o romperse, las cargas del equipo de compactación.
- La porción que pase la malla #40 no debe tener una contracción lineal mayor de tres para materiales que, en mezclas en el lugar, su granulometría caiga en la zona número uno, y el 2% si cae en la zona número dos. Para los concretos asfálticos la contracción lineal debe ser igual o menor a 2%.
- Los materiales pétreos deberán llenar características granulométricas tales que la curva graficada deberá quedar dentro de las zonas marcadas por las

curvas siguientes. Es recomendable que para dar una superficie antiderrapante, usar siempre como curva de proyecto la curva inferior, o ligeramente más abajo.

- La absorción del material pétreo no debe ser mayor de 5%.
- La densidad aparente del material pétreo no debe ser menor de 2.3%
- El material pétreo debe tener buena adherencia con el asfalto, satisfaciendo una de las especificaciones siguientes:
 - 1.- Desprendimiento máximo por fricción, 2.5%.
 - 2.- Cubrimiento máximo con asfalto inglés, 90%.
 - 3.- Pérdida máxima de estabilidad, por inmersión en agua, 25%
- El material pétreo debe resistir la prueba de intemperismo acelerado.

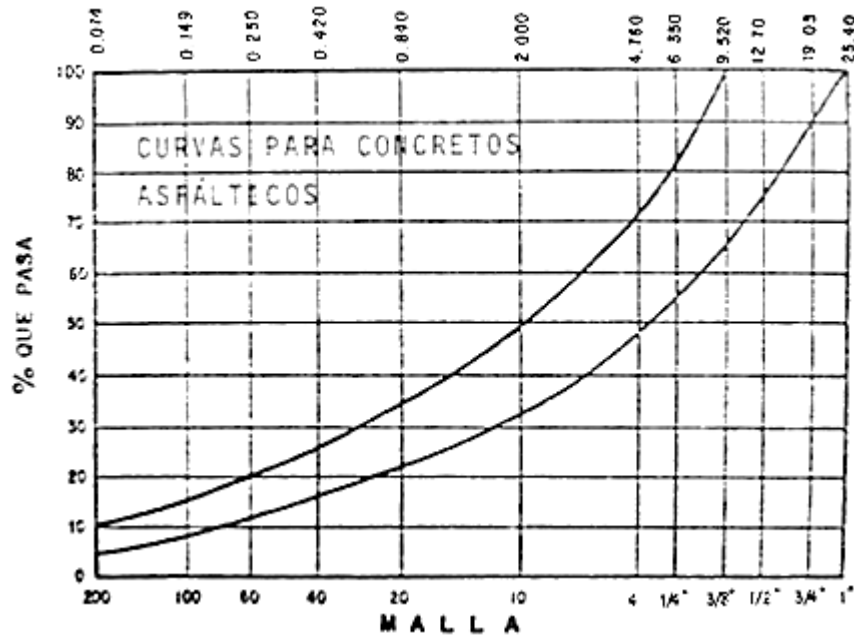


Imagen 2.6 Gráfica de composición granulométrica.

Fuente: Crespo Villalaz; 1996: 256.

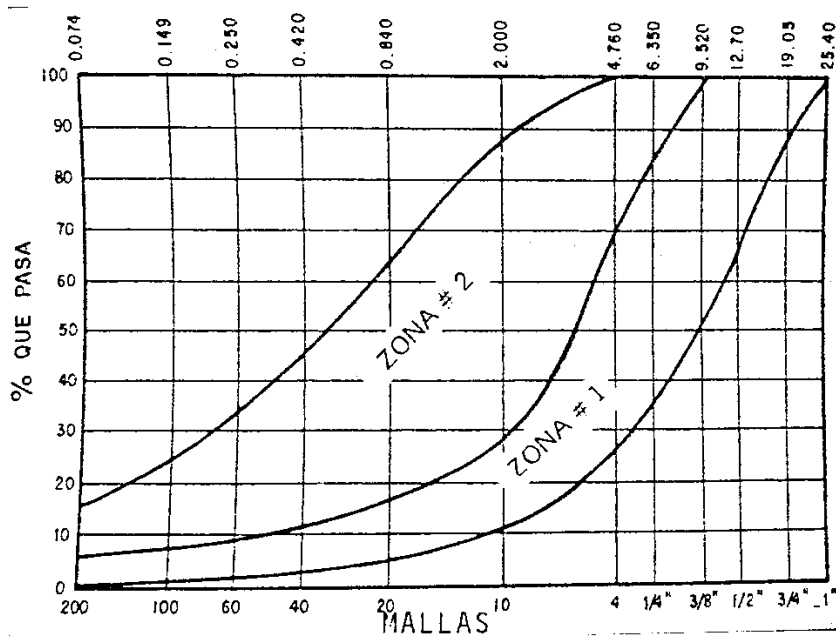


Imagen 2.7 Granulometría para mezclas en el lugar.

Fuente: Crespo Villalaz; 1996: 257.

2.7.- Carpetas por el sistema de riegos.

De acuerdo a lo dicho por Olivera Bustamante (2006), las carpetas por riego consisten en una serie de capas sucesivas conformadas de productos asfálticos y pétreos sobre la base impregnada. La forma de construir una carpeta por riego es la siguiente:

Sobre la base debidamente impregnada se da un primer riego de producto asfáltico que se cubre con un riego de material pétreo más grueso que se vaya a usar, utilizando una compactadora de rodillo liso de 10 toneladas se le da un acomodo haciendo tres cubrimientos de la superficie. En seguida se repite toda la operación anterior, sólo que el material pétreo será de dimensiones menores al usado con anterioridad. A continuación utilizando el material pétreo más fino se

vuelve a repetir dicha operación, es decir, se aplica un riego de asfalto fluidificado, se riega el material pétreo y se acomoda con la ayuda de un rodillo liso. Se deja una semana para que fragüe el producto asfáltico, es decir, que se evaporen los solventes y después, por medio de un barrido manual o mecánico, se retira el material fino que no esté completamente adherido al resto de la estructura. Esto es de suma importancia para evitar contratiempos a los usuarios ya que cuando no se hace o se realiza en forma deficiente, se pueden romper los parabrisas con las partículas expelidas hacia atrás por las llantas de los vehículos.

2.8.- Carpetas de concreto asfáltico.

Como cita Olivera Bustamante (2006), las carpetas de concreto asfáltico son mezclas de materiales pétreos y cemento asfáltico; como éste último se presenta en estado sólido a temperatura ambiente, es necesario que la elaboración se efectúe en una planta en la que se calienta hasta 140°C y por consiguiente se calienta el material pétreo, lo que genera que la temperatura sea de 160°C.

2.9.- Riego de sello.

De acuerdo con Olivera Bustamante (2006), El tratamiento de riego de sello es similar a la elaboración de la carpeta de un riego, la diferencia radica en que éste se hace sobre una base y aquel sobre una carpeta que es necesario impermeabilizar, aunque también sirve como capa de desgaste, con esto para mejorar el coeficiente

de rugosidad y aun para señalar la superficie de rodamiento que los conductores reconocerán por el color de la superficie o por el ruido de las llantas.

2.10.- Tipos de fallas en los pavimentos flexibles.

De acuerdo con Rico Rodríguez y Del Castillo (1994), la mayor parte de la tecnología que el ingeniero de pavimentos ha ido desarrollando con el objetivo de evitar la aparición de deterioros y fallas que con el transcurso de los años se han ido tipificando y describiendo con el mayor detalle posible, con esto se ha logrado ir estableciendo una relación causa-efecto, que permite desarrollar un conjunto de normas de criterio de proyecto y conservación. Las fallas de los pavimentos pueden posiblemente dividirse en tres grupos:

- Fallas por insuficiencia estructural.- Se trata de pavimentos construidos con materiales inapropiados en cuanto a factores como resistencia o con materiales de buena calidad pero con espesores insuficientes. En general esta falla es producida cuando las combinaciones de la resistencia al esfuerzo cortante de cada capa y los respectivos espesores no son los convenientes para que se establezca un mecanismo de resistencia adecuado.
- Fallas por defectos constructivos.- Se trata de pavimentos quizá bien proporcionados y formados por materiales resistentes, en cuya construcción se han generado errores o defectos que comprometen el comportamiento.
- Fallas por fatiga.- Son aquellos pavimentos que originalmente estuvieron quizá en condiciones favorables, pero que por la continua repetición de las cargas

del tránsito sufrieron efectos de fatiga, degradación estructural y pérdida de resistencia y deformación acumulada. Como quiera que estos fenómenos estén asociados al número de repeticiones de la carga, las fallas de fatiga resultan claramente influidas por el tiempo en el que han estado en servicio. Son fallas típicas de un pavimento que durante mucho tiempo trabajó sin problemas.

Desde un punto de vista estrictamente mecánico, las fallas en los pavimentos suelen ser resultado de la deformación bajo esfuerzos cortantes o de la deformación bajo esfuerzos cortantes o de la deformación por consolidación o por aumento de compacidad, estos procesos pueden tener lugar en cualquiera de las capas del pavimento o aún de la terracería. Se describirán a continuación algunas de las fallas más comunes en los pavimentos flexibles:

- Agrietamiento en “piel de cocodrilo”.- Consiste en un agrietamiento que se extiende sobre toda la superficie de rodamiento o por la mayor parte de ella, por lo cual dicha superficie adquiere el aspecto que da nombre al fenómeno. Esta condición es indicativa de movimiento excesivo de una o más de las capas del pavimento de fatiga, la mayor parte en la misma carpeta. Este agrietamiento es común en pavimentos flexibles construidos sobre terracerías resilientes o dentro de los cuales, la subrasante muestre resiliencia.
- Deformación permanente en la superficie del pavimento. Surcos.- Frecuentemente está ligada a aumento de compacidad en las capas granulares de base o sub-base, debido a una carga excesiva, carga repetida o

a rotura de granos, también puede deberse a consolidación en la subrasante o aún en el cuerpo de la terracería. El ancho del surco excede al de la llanta y tiende a ser mayor en comparación a éste cuanto más profunda sea la fluencia que provoca el fenómeno. La deformación a que hace referencia debe distinguirse del surco que se produce por simple desplazamiento lateral de una carpeta defectuosa; la señal distintiva es que en este último caso el material se eleva a los dos lados del surco.

- Fallas por cortante.- Están ligadas a falta de resistencia al esfuerzo cortante en la base o sub-base del pavimento y más raramente en la subrasante. Consisten la mayor parte en surcos profundos, nítidos y bien marcados, cuyo ancho no excede mucho al de la llanta. En este caso suele haber también elevación del material de carpeta a ambos lados del surco, pero la falla es distinguida fácilmente de un simple desplazamiento de carpeta por la mayor profundidad afectada.
- Agrietamiento longitudinal.- Consiste en la aparición de grietas longitudinales de no gran abertura en el orden de 0.5 cm en toda el área que corresponde a la de la circulación de las cargas más pesadas. Agrietamientos de este tipo suceden por movimientos de las capas de pavimento que tienen lugar predominantemente en dirección horizontal, el fenómeno puede ocurrir en la base, sub-base o con cierta frecuencia en la subrasante. Son indicativos de fenómenos de congelamiento y deshielo o de ciertos cambios volumétricos por variación de contenido de agua, sobre todo en la subrasante.

- Consolidación del terreno de cimentación.- La Consolidación de terrenos de cimentación blandos puede producir distorsión del pavimento, independientemente de los espesores o de la condición estructural del mismo. Las deformaciones de la sección transversal pueden producir agrietamientos longitudinales. Cuando por falta de resistencia en el terreno de cimentación, se compromete la estabilidad de los terraplenes, también se producen agrietamientos típicos con trayectoria circular, marcando lo que podrá llegar a ser la cabeza de la falla eventual; estas grietas perjudican, como es natural, al pavimento.

2.11.- Pavimentos rígidos.

Según Rico Rodríguez y Del Castillo (1994), un pavimento rígido tiene como elemento estructural fundamental una losa de concreto la cual se apoya sobre una capa de material previamente seleccionado, a la que se le da el nombre de sub-base. Cuando la subrasante del pavimento tenga una calidad lo suficientemente buena, la losa puede colocarse directamente sobre ella ahorrándose así una sub-base especial.

Los elementos a tomar en cuenta respecto al espesor de la losa son principalmente el nivel de carga a soportar, la presión del inflado de los neumáticos de los vehículos, el módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto que se utilicen.

“Los pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos rígidos como también se les designa, difieren de los pavimentos de asfalto o pavimentos flexibles, primero, en que poseen una resistencia considerable a la flexión, y segundo, en que son afectados grandemente por los cambios de temperatura.” (Crespo Villalaz; 1996; 347).

Los pavimentos rígidos están sujetos a los siguientes esfuerzos:

- Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- Esfuerzos directos de compresión y cortamiento causados por las frecuentes cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión causados por la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los diversos cambios de temperatura.

En virtud de estar los pavimentos rígidos sujetos a los esfuerzos mencionados con anterioridad, es notorio que para que estos pavimentos cumplan de forma satisfactoria y económica la vida útil que de ellos se espera, es fundamental que el proyecto esté basado en los siguientes factores:

- Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y a futuro.
- Valor relativo de soporte y características de la subrasante.

- Clima de la región.
- Resistencia y calidad del concreto a emplear.

2.12.- Propiedades de la Sub-base.

De conformidad con Rico Rodríguez y Del Castillo (1994), la sub-base consiste en una o más capas de materiales granulares, muchas veces estabilizados solamente cuando la sub-rasante cumple las características que se estiman deseables para la sub-base y evitarse el construirla en forma especial. Las principales funciones de la sub-base de un pavimento rígido son las siguientes:

- Proporcionar apoyo uniforme a la losa de concreto.
- Incrementar la capacidad portante de los suelos de apoyo, respecto a la que es común en las terracerías y capa subrasante.
- Reducir a un mínimo las consecuencias de los cambios de volumen que puedan tener lugar en el suelo que forme las terracerías o la subrasante.
- Reducir a un mínimo las consecuencias de la congelación en los suelos de las terracerías o de la capa subrasante.
- Evitar el bombeo.

2.13.- Losas de concreto hidráulico

En lo dicho por Olivera Bustamante (2006), la parte superior de todos los pavimentos rígidos, son las losas de concreto hidráulico que son construidos sobre la sub-base y proporcionan la superficie de rodamiento. El concreto hidráulico es un

material pétreo artificial, que es elaborado mezclando parte del agua y cemento Portland con arena y grava en proporciones reglamentarias para que se produzcan la resistencia y densidad deseadas. Las propiedades principales que se deberán observar en las gravas y arenas son: plasticidad, dureza, sanidad, forma de la partícula y granulometría.

En cuanto a la plasticidad, la grava y la arena deben ser materiales inertes, es decir, deben tener un índice plástico y una contracción lineal de 0. Así como es importante cumplir las normas de desgaste e intemperismo acelerado, con lo cual es asegurado su dureza y durabilidad, aunque es importante conocer si los agregados tienen álcalis y si éstos actuarán de forma perjudicial al concreto a través de los años.

El cemento Portland debe cumplir con ciertos requisitos de tipo químicos y físicos establecidos. Los cementos que tengan una duración de más de tres meses almacenados en sacos, o más de 6 meses a granel, después del último reporte, deberán ser analizados nuevamente, verificando las características de calidad. El agua que se utilice para la fabricación de concreto deberá cumplir de igual manera con requisitos y calidades ya establecidos. También, cabe mencionar, pueden utilizarse aditivos para concreto que se tienen a la venta para distintos usos como lo son: retardantes o acelerantes de resistencia para reducir la cantidad de agua sin disminuir fluidez.

2.14.- Agrietamiento del concreto hidráulico.

De conformidad con Olivera (2006), el concreto hidráulico es un producto que desde que se termina su proceso de mezclado y puesto en obra, está sujeto a agrietarse esto debido a la pérdida de agua por evaporación y por aquellas reacciones químicas internas en esta etapa, estas anomalías pueden reducirse a un mínimo si se curan de manera adecuada, para ello lo más efectivo es un espacio superficial, inmediatamente después del tendido, de alguna de las muchas sustancias que existen en el mercado que impiden la evaporación del agua de la mezcla.

Además es importante tomar en cuenta factores como el clima, como es evitar el colado cuando haya vientos con alta velocidad o temperaturas muy altas como en las costas. Es importante que después del tercer día se deba mantener húmeda la superficie por medio de riegos de agua.

Este agrietamiento del que se está hablando se presentará de manera no uniforme, y su abertura puede ser de tal magnitud que se pierda la interacción granular entre las diferentes partes lo cual no debe tolerarse en los pavimentos rígidos, sino al contrario, deberá asegurar que las losas del pavimento trabajen de manera conjunta al aplicárseles cargas. Por lo general, se puede decir que si las grietas no se abren más de 3 mm, se asegura que haya acción interregular. Claro está que el que las grietas se abran más o menos, es función de la longitud de las losas y también de su ancho, por ello se debe tratar de forzar a que las grietas sean perpendiculares a la dirección del colado.

2.15.- Juntas de contracción.

De acuerdo con Olivera Bustamante (2006), para que el agrietamiento del concreto no llegue a ser de manera irregular, sino en forma perpendicular al eje del colado y asegurar el trabajo en conjunto de las losas, es necesario la construcción de juntas de contracción a distancias previamente determinadas, de acuerdo al tipo de juntas de contracción que se vayan a utilizar, se pueden utilizar tres tipos de losas:

- De concreto simple.
- De concreto con pasa juntas de sujeción.
- De concreto armado.

Se dice que un pavimento rígido es de concreto simple cuando no se necesita ser utilizado dentro de la masa ninguna cantidad de acero. Para asegurar que las grietas no se abran más de 3 mm, se deberá mantener una relación de largo a ancho de las losas menor de 1.25, siendo por lo general el valor de 1.15. Es de manera frecuente que las losas no sean mayores en este caso de 4.5 m.

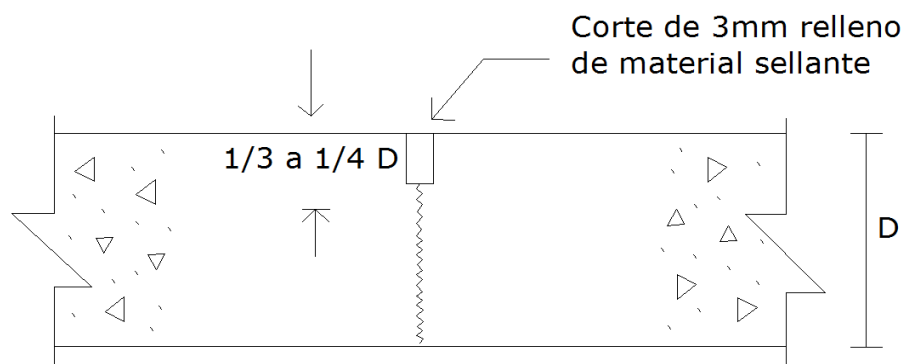


Imagen 2.8 Juntas de contracción para pavimentos rígidos.

Fuente: Olivera Bustamante; 2006; 146.

En caso de que la longitud de las losas es mayor a 4.5 m, es decir, que la relación de largo a ancho es mayor a 1.25, pero menor de 1.4 se deberán usar pasajuntas de sujeción que se muestra en la figura 2.9, que son varillas corrugadas que se colocan en el sitio de aserrado hacia la mitad del espesor, con 40 cm de longitud dentro de cada losa. La colocación de estas pasajuntas se debe realizar antes del colado y se fijan por medio de silletas parecidos al armado de castillos, de manera triangular, en los lugares antes seleccionados de acuerdo a su relación largo-ancho.

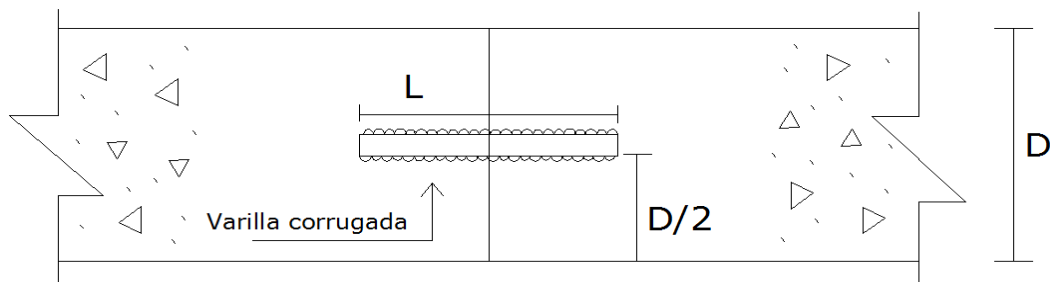


Imagen 2.9 Pasajuntas de construcción para pavimentos rígidos.

Fuente: Olivera Bustamante; 2006; 146

2.16.- Juntas de dilatación.

Citando a Olivera Bustamante (2006), para evitar que cuando ocurra dilatación en las losas de concreto, se deben tener fuertes esfuerzos de compresión al chocar con algún tipo de obstáculo, que podrían ser las paredes o las columnas de una bodega, o el pavimento rígido de una avenida importante que intercepte al de otra secundaria, o también la unión de una pista de aterrizaje y una calle de rodaje de un

aeropuerto, será necesario construir las juntas de expansión que se muestran en la siguiente figura :

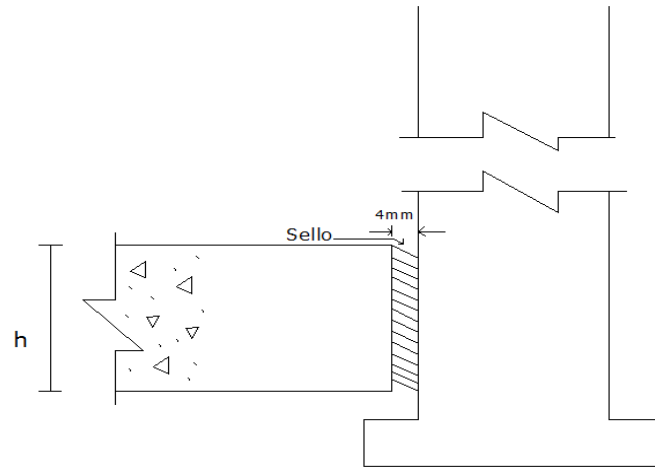


Imagen 2.10 Junta de expansión para pavimentos rígidos.

Fuente: Olivera Bustamante; 2006; 146

2.17.- Juntas de construcción

De conformidad con Olivera Bustamante (2006), hablando de juntas en pavimentos rígidos también se abordará el tema de las juntas de construcción, las cuales son elaboradas cuando por cierto motivo en especial se suspende el colado del concreto fresco. En este caso los motivos pueden ser de carácter fortuito o por procedimiento de construcción, los de tipo fortuito suelen ser: que se terminen los áridos o que se averíe la mezcladora, o también que el concreto premezclado no llegue en el tiempo acordado o empiece un fuerte aguacero y que por ello el colado se suspenda por más de 30 min, etc. Por procedimiento constructivo, se puede

suspender un colado al terminarse la jornada de trabajo o al terminarse el ancho de la franja de colado.

2.18.- Tipos de fallas en los pavimentos rígidos

En palabras de Rico Rodríguez y Del Castillo (1994), las principales fallas en los pavimentos rígidos pueden deberse a dos causas esenciales. La primera es referida a deficiencias de la propia losa y comprende por un lado defectos del concreto, tales como la utilización de materiales y agregados no adecuados. La otra causa principal de falla en los pavimentos rígidos se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, sub-base, subrasante y a la terracería y terreno de cimentación. De este tipo son las por bombeo, la distorsión general, la ruptura de esquinas o bordes, por falta del apoyo necesario y otras del mismo estilo.

Frecuentemente las fallas por bombeo obedecen a una combinación de causas, antes que a una sola, de manera que los problemas de diagnóstico y corrección se hacen complicados.

Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de los pasa-juntas son debidos generalmente a que estos elementos quedan mal lubricados y con esto no permiten el movimiento para el que fueron diseñados. El espaciamiento excesivo de estos elementos también es fuente de varios problemas. Otro defecto común por mal funcionamiento de juntas se tiene cuando éstas faltan o se espacian demasiado a lo largo de un espacio importante del pavimento.

2.19.- Control de calidad en pavimentos rígidos.

Citando a Olivera Bustamante (2006), para el control de calidad es necesario que de forma continua se realice la prueba de revenimiento, con lo cual se podrá tener una idea de la calidad del concreto que se está utilizando, pues si se están obteniendo asentamientos aceptables y en un momento dado cambian, ya sea porque aumente o disminuya, será indicio de que no se están efectuando las dosificaciones importantes como es debido. Una causa de que cambie el revenimiento se debe a que la humedad de los agregados varíe al paso de los días; se recomienda tenerlos saturados y superficialmente húmedos en forma constante para reducir este efecto.

Se elaborarán especímenes para verificar el módulo de ruptura y la resistencia a la compresión simple. Por cada 10 m³ se elabora un par de cilindros y por cada 50m³ un par de vigas. Con lo primero se podrá tener indicios de la probable resistencia a los 28 días, a los 2 días, si se usa curado a vapor o a los 7 días si se curan en cámara húmeda o se saturan en agua. También se puede conocer la posible resistencia a los 28 días, si se conoce el consumo de cemento Portland, o el contenido de este producto en la mezcla fresca, para la cual, por lavado se extrae el cemento utilizado.

También se debe tener un control de los siguientes elementos geométricos: ancho de la franja, pendientes transversales, profundidad de depresiones y espesor de losa; terminado de la superficie de rodamiento, ejecución del aserrado y sellos de juntas de contracción y dilatación.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

Dentro del presente capítulo se dará a conocer la ubicación de la colonia en cuestión para la investigación que se está abordando. Como parte esencial se mencionará las características físicas y condiciones en las que se encuentra, además, conocer con que servicios cuenta.

3.1.- Generalidades.

El objetivo principal de la presente tesis es el diseño de un pavimento que cumpla con las condiciones adecuadas para el tipo de servicio, contar con una funcionalidad óptima, así como proyectar la vida útil estimada para éste y considerar cada uno de los factores teóricos que ejerzan una influencia en la estructura para dar forma al pavimento.

El lugar de estudio en cuestión para esta investigación se encuentra localizado en la zona Este de Uruapan, Michoacán. Se realizó una recopilación de información técnica dentro de la cual, como parte importante, fue necesario hacer un reconocimiento físico de la zona, tomando en cuenta su estado actual, su nivel de urbanización y servicios con los que cuenta; esto permitirá concebir la planeación del proyecto para contar con las especificaciones necesarias y poder llevar a cabo los trabajos de ingeniería que darán sustento a la alternativa propuesta.

3.2.- Entorno geográfico.

El estado de Michoacán cuenta con 113 municipios cuyas características los hacen propensos al desarrollo turístico. Cuenta con recursos naturales factibles tales como: suelo, agua, clima, vegetación, orografía, infraestructura de comunicación y servicios establecidos. Michoacán se encuentra ubicado en la zona centro-oeste del territorio mexicano. Delimitado al Norte con los Estados de Guanajuato y Querétaro, al Noroeste con Colima y Jalisco, al Este con el Estado de México, al Sur con Guerrero, al Suroeste con el Océano Pacífico; cuenta con una superficie de 58,585 km², ocupando el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades federativas de México. Se encuentra ubicado entre las coordenadas 17° 55' y 20° 24' de latitud Norte, y las coordenadas 100° 04' y 103° 44' de longitud Oeste.



Imagen 3.1 Localización del Estado de Michoacán en la Republica Mexicana.

Fuente: <http://es.wikimedia.org>

La ciudad de Uruapan se encuentra localizada al Oeste del estado de Michoacán de Ocampo, en las coordenadas 19° 25' de latitud Norte y 102° 03' de longitud Oeste, a una altura de 1620 metros sobre el nivel del mar. El municipio de Uruapan está colindando al Norte con los municipios de Los Reyes, Charapan, Paracho y Nahuatzen, al Este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan y Nuevo Urecho, al Sur con Gabriel Zamora Paracuaro, y al Oeste con San Juan Nuevo Parangaricutiro, Periban y Tancitaro. Su distancia respecto a la capital del Estado es de 120 km.

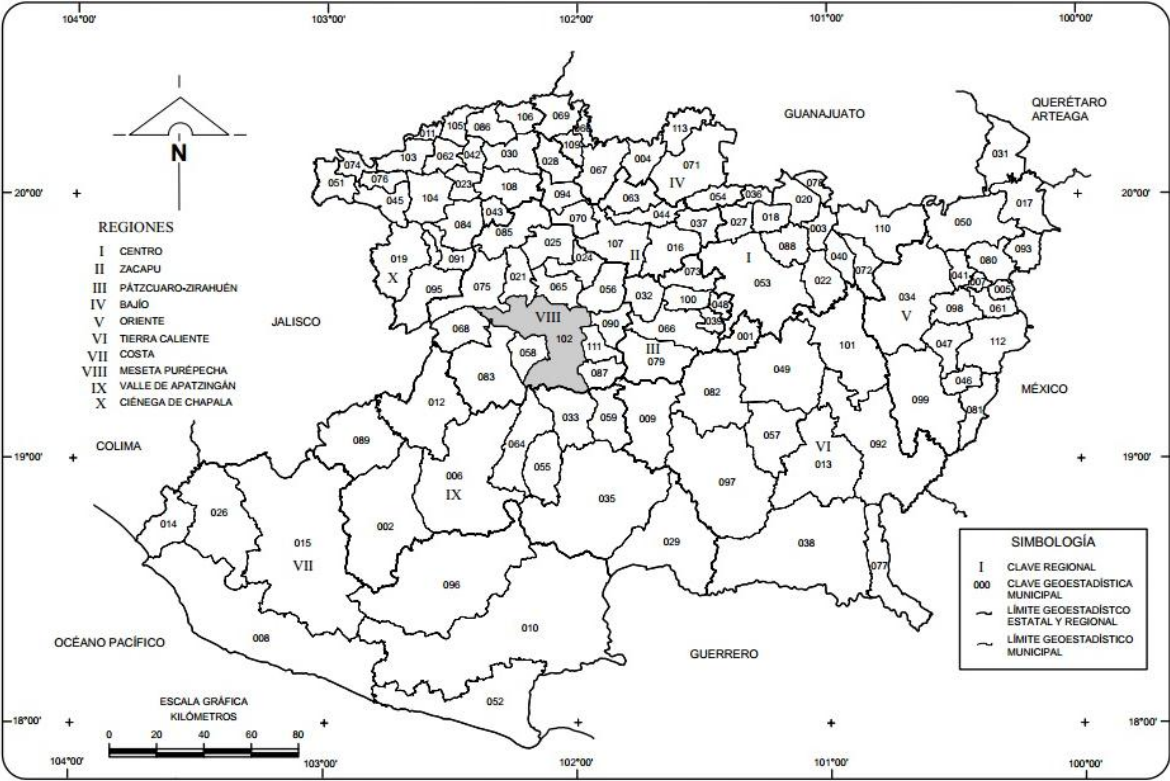


Imagen 3.2 División geoestadística municipal

Fuente: Inegi.



Imagen 3.3 Mapa de la ciudad de Uruapan Michoacán.

Fuente: www.google.com/maps.

3.3.- Hidrografía y Clima.

Según datos del INEGI, el municipio se encuentra dentro de la región hidrológica del río Balsas, internamente con la cuenca del río Tepalcatepec – Infiernillo, sus principales afluentes son el río Cupatitzio, la presa de Caltzontzin, Salto escondido y la Tzaráracua, con una precipitación pluvial media de 1760mm. El clima se considera templado y tropical con lluvias en verano y también en su mayoría subhúmedo con lluvias en verano, cuenta con temperaturas que van desde 12° a 24°C.

3.4.- Informe fotográfico.

El fraccionamiento en estudio se conoce como la colonia Monarca; ésta se haya localizada en la zona Este dentro de la mancha urbana de la ciudad de Uruapan, cuyo acceso inicia partiendo del Libramiento Oriente por la avenida San Francisco rumbo al Hospital General de Uruapan Dr. Pedro Daniel Martínez y posteriormente tomar la carretera de nombre Camino a Tejerías.

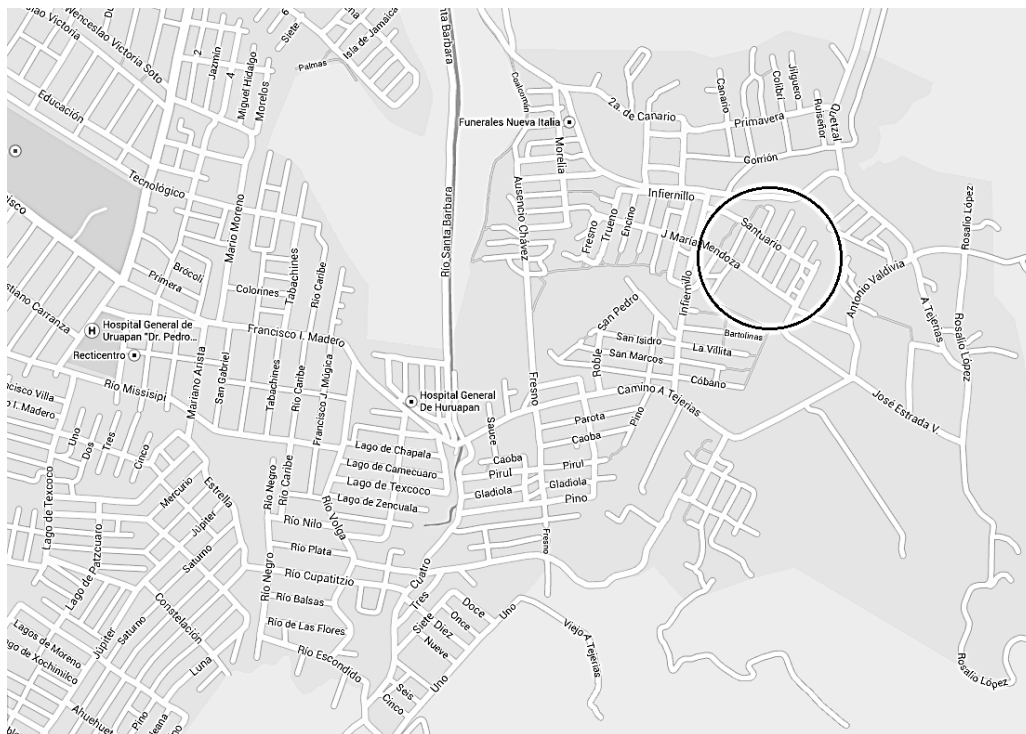


Imagen 3.4 Mapa de ubicación de la Colonia Monarca.

Fuente: www.google.com/maps.

En la imagen 3.5, se puede observar la vía principal hacia las inmediaciones de la colonia, donde podemos notar una superficie de rodamiento a base de terracería y empedrado, lo que conlleva a mantener a los vehículos bajo un ritmo de tránsito

lento, generando situaciones incomodas para los habitantes del lugar, viéndose afectados, en esta caso, los peatones y sus viviendas por las grandes olas de polvo que son levantadas en el andar de los automóviles.



Imagen 3.5 Calle Infiernillo. Acceso al fraccionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente imagen se puede observar una de las vías principales de la colonia Monarca. Cabe mencionar que dicha vialidad se encuentra conformada en cada uno de sus tramos por partes de terracería y empedrado, terreno natural y vegetación propia de la zona. En esta parte del fraccionamiento, esencialmente es

donde se concentran los principales comercios tales como son tiendas de abarrotes, fruterías; y locales de servicios como herrería, papelerías, estéticas, etc.



Imagen 3.6 Avenida Monarca.

Fuente: Elaboración propia.

En las imágenes 3.7 y 3.8, se ejemplifica, de manera general, el estado actual de las vialidades de la colonia. Calles en su mayoría de terreno natural con algunas secciones rellenas con material de escombros y empedrado. Se puede observar que el fraccionamiento cuenta con colectores de servicio de drenaje y parte de infraestructura de servicios de energía eléctrica.



Imagen 3.7 Calles de la colonia Monarca.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 3.8 Calle de la colonia Monarca.

Fuente: Elaboración propia.

Las viviendas muestran un crecimiento desigual. Mientras en algunas partes se observaron casas perfectamente acabadas, en otros casos, se encontraron hogares hechos de madera y otros materiales; de tabique e inconclusas, de tabicón de concreto; y otras más en obra negra; así como la zona destinada a áreas deportivas esta inconclusa y en el abandono total como se muestra en la siguiente imagen 3.9.



Imagen 3.9 Estado del área recreativa.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se abordan los temas relacionados a la metodología, como son el método empleado en la investigación, el método matemático y el enfoque de la investigación. Posteriormente se hará mención del alcance que va a tener la investigación, la importancia de su diseño y enumerar cada uno de los instrumentos que fueron utilizados en la recopilación de datos para finalmente dar una descripción del proceso de investigación.

4.1.- Método empleado.

De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2000), no se puede hablar de investigación, poniendo de manifiesto la ciencia y la epistemología, sin hablar del método científico. El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, cuyas características generales son por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica; este método, no es otra cosa que la aplicación de la lógica a las realidades o hechos observados, razón por la cual, empieza de la realidad de su interpretación objetiva permitiendo formular los problemas de investigación, delimitarlos y especificarlos; de igual manera, rechazar o eliminar todo procedimiento que busque manipular la realidad en una forma caprichosa, tratando de imponer prejuicios,

deseos o creencias que no se ajusten a un control adecuado de los problemas que surjan durante la investigación.

Entre las principales características del método científico se hace mención de las siguientes:

- Es fáctico.- Se ciñe a los hechos por tener una referencia empírica.
- Trasciende los hechos.- Se presiona la realidad para ir más allá de las apariencias.
- Verificación empírica.- Expone respuestas a los problemas planteados y apoya sus propias afirmaciones.
- Autocorrectivo.- Hace que el método científico sea autocorrectivo y progresivo; ya que rechaza y ajusta sus propias conclusiones y, al no tomar conclusiones infalibles y finales, está abierto a nuevos aportes utilizando nuevos procedimientos y técnicas.
- Formulaciones de tipo general.- Presupone que todo hecho es clasificable o legal.
- Objetivo.- Evita ser distorsionado mediante circunstancias concretas. Un hecho es un dato real y objetivo.

En la presente investigación se aplicó el método científico, y se considera que este método será de tipo matemático, ya que se hará uso de las matemáticas, cálculos y estudios cuantitativos para poder dar solución al diseño del área en cuestión.

4.1.1.- Método matemático.

En palabras de Mendieta Alatorre (1992), uno de los primeros conceptos que capta el ser humano, es la noción de cantidad; se comparan cantidades para obtener nociones derivadas, de importancia, valor económico y capacidad. En cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis y diversidad de comprobaciones para afirmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo.

Siendo el caso de esta investigación el uso de cálculos matemáticos, el manejo de procedimientos establecidos, análisis de resultados y estudios de tipo cuantitativos, este método se elige como la mejor opción.

4.2.- Enfoque de la investigación.

“La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno” (Hernández Sampieri y Cols.; 2010; 4). Se sabe que en una investigación se llevan a cabo la observación y evaluación de fenómenos donde se establecen suposiciones o ideas demostrando el grado de su fundamento, siendo revisadas a base de pruebas y análisis para proponer nuevas observaciones donde se esclarecen, modifican y fundamentan; incluso generando otras.

La presente investigación tiene contemplado utilizar un enfoque cuantitativo en el diseño de un pavimento rígido. Ya que, una vez, planteado el problema de estudio

y la recolección de datos producto de mediciones, se obtendrán mejores resultados y un control más efectivo en los procesos que se realizarán.

4.2.1.- Alcance de la investigación.

De acuerdo con Hernández Sampieri y Cols. (2010), la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice; así como describir tendencias de un grupo o población, es decir, únicamente pretenden medir o recabar información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se menciona, donde su objetivo no es específicamente indicar cómo se relacionan éstas.

En esta clase de información, el investigador debe ser capaz de definir, o al menos tener visualizado, que se medirá y sobre qué o quienes se recolectarán los datos. De igual forma, esta investigación se puede denominar como de alcance descriptivo; puesto que se busca describir cada uno de los elementos, situaciones, hechos y eventos que ponen de manifiesto un fenómeno determinado.

4.3.- Diseño de la investigación.

Según Hernández Sampieri y Cols. (2010), una vez que se precisó el planteamiento del problema, se definió el alcance inicial de la investigación y se formularon o no las hipótesis de acuerdo a la naturaleza del estudio, el investigador debe tener presente y visualizar la manera práctica de responder a las preguntas de

investigación, además de cubrir los objetivos fijados. Esto, para ser más exactos, implica seleccionar o desarrollar uno o más diseños de investigación y aplicarlos al contexto particular del estudio. En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza su o sus diseños elegidos para analizar la certeza de las hipótesis formuladas de manera particular o para aportar evidencias, si es que no se tiene hipótesis, respecto de los lineamientos de la investigación.

Retomando a Hernández Sampieri y Cols. (2010), se designará a esta investigación como de tipo no experimental; El concepto principal se define como aquella que realiza estudios sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para posteriormente analizarlos. En algunas ocasiones la investigación se centra en analizar cuál es nivel o modalidad de una o distintas variables en un momento dado; en evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo y/o determinar o ubicar cuál es la relación entre un conjunto de variables en un momento. Existen dos tipos de diseños para la investigación no experimental, la investigación transeccional o transversal, y la investigación longitudinal.

“La investigación transeccional o transversal recolecta datos de un solo momento, en tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede” (Hernández Sampieri y Cols.; 2010; 151). A su vez, los diseños transeccionales se dividen en tres: exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales.

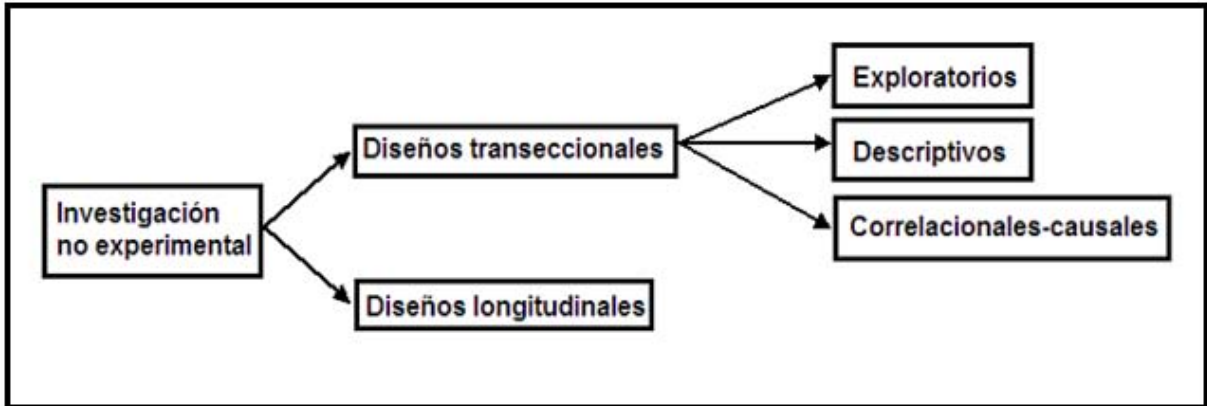


Imagen 4.1 Investigación no experimental.

Fuente: Elaboración propia (Información de Hernández Sampieri y Cols.; 2010; 152)

El propósito de los diseños transeccionales exploratorios es comenzar una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación. Se trata de una exploración inicial en un momento específico.

El diseño transeccional descriptivos tiene como objeto indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables. El procedimiento consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, situaciones, contextos, objetos, fenómenos, comunidades y así proporcionar su descripción.

Por último, en los diseños transeccionales correlacionales-causales el objetivo consiste en describir las relaciones entre una o más variables que se presentan en un tiempo determinado.

4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

Dentro de la investigación para poder llevar a cabo el proceso de recopilación de los datos fue necesario utilizar la observación cuantitativa, donde es común y frecuente que se incluyan un compendio de contenidos para análisis estadísticos; la investigación documental, y el uso de instrumentos tales como son los programas especiales de computadoras para mediciones obtenidas o datos levantados para después analizarlos correctamente. Se conto los herramientas básicas del paquete office de Microsoft cómo son los programas de Word y Excel para redacción y acopio de antecedentes, así como contar con el apoyo de aplicaciones de internet como es la opción mapas de Google para localización vía satélite y el programa de diseño Autocad2010.

Se recabó información de las condiciones actuales en las que se encuentra el área de estudio, una recopilación fotográfica que nos permite entender en ese instante de tiempo el enfoque que se pretende proponer y conocer los servicios con los que actualmente se cuenta como lo es luz, agua y drenaje. Además, prestar atención al acontecer de cada día al que se enfrentan las familias que habitan en esta zona y la perspectiva de mejora que se espera pueda aumentar con el paso del tiempo. También, como es de suma importancia, se hizo una observación detallada del estado, por las cuales transitan los vehículos, de cada una de las vialidades destinadas a mantener un contacto con los servicios básicos y de primera necesidad que conectan a esta colonia con el resto de la ciudad.

4.5.- Descripción del proceso de investigación.

El proceso que se fue dando a la investigación en curso, mediante la recopilación de datos por medios como la observación y el registro de cada una de las características físicas con que se cuenta actualmente en la zona habitacional de la colonia monarca, tuvo a bien requerir información como lo es: la topografía, conocimiento del tipo de suelo donde se va a construir y las diferentes especies de vegetación que existen; además de la utilización del código de desarrollo urbano del estado de Michoacán de Ocampo para conocer el desarrollo habitacional sobre el que se está trabajando. Cada uno de estos elementos son de suma importancia en el estudio, ejecución y diseño del proyecto.

El siguiente paso consiste en recurrir a la investigación documental para conocer las características del lugar, obtener datos para el proyecto y apegarse a la normativa que rige la construcción de desarrollos habitacionales, manuales de proyecto geométrico, obras de drenaje y características de los materiales.

Una vez que se llegó a la parte de la obtención de datos, bases técnicas y la interpretación de los resultados, se llevó a cabo el diseño de un pavimento rígido para la colonia monarca, la cual se hizo por medio de programas de computadora y graficas sobre diseños de pavimentos tomadas de libros de consulta. Para realizar los cálculos se recurrió a programas como Word, Excel, en este caso se acondiciona la hoja de cálculo para captura de datos y obtener resultados de operaciones básicas y otras de mayor dificultad; apoyo en programas como Autocad2010, para trazos, dimensiones y áreas en la designación de espacios.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO E INTERPRETACION DE RESULTADOS

En el presente capítulo se expondrán los análisis, operaciones y procedimientos necesarios para el diseño de pavimento rígido.

5.1.- Volumen de tránsito.

De acuerdo con Crespo Villalaz (1996), se entiende por volumen de tránsito a la cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en un tiempo específico y en un determinado sentido. Las unidades comúnmente usadas son: vehículos por día o vehículos por hora. Es llamado Tránsito Promedio Diario (T.P.D.) al promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un periodo seleccionado.

5.1.1.- Tipo de tránsito.

Retomando a Crespo Villalaz (1996), la clase de vehículos que transitan o transitarán por un camino variará según el tipo de camino que se vaya a tratar. El tipo de tránsito influye de una manera decisiva en el proyecto de un camino, ya que afectará notablemente en la parte geométrica.

5.1.2.- Aforo vehicular.

“Para el conteo de los vehículos el método más empleado es el automático que consiste en un tubo de hule cerrado en un extremo por una membrana, dicho tubo se coloca transversalmente a la vía y al paso de cada eje de un vehículo sobre el tubo, se produce un impulso de aire sobre la membrana que establece un contacto eléctrico con un aparato que va sumando el número de impulsos recibidos. Los contadores automáticos tienen una gran desventaja la cual es que no pueden clasificar los vehículos por tipo, cosa que si es factible cuando el conteo se hace de manera manual”. (Crespo Villalaz; 1996; 13)

A continuación se mostrará un aforo vehicular donde se indican el tipo de vehículos que circulan por la Avenida Monarca, así también se muestra el día y la hora de dicho aforo. Cabe señalar que este conteo ha sido de forma manual.

AFORO VEHICULAR					
TIPO	LUNES 21 DE ABRIL 10:30 AM - 11:30 AM	MIERCOLES 23 DE ABRIL 11:00 AM - 12:00 PM	JUEVES 24 DE ABRIL 2:30 PM - 3:30 PM	SABADO 26 DE ABRIL 5:30 PM - 6:30 PM	DOMINGO 27 DE ABRIL 9:30 AM - 10:30 AM
AUTOMOVILES TIPO A2	27	29	28	27	30
CAMIONETAS PICK UP TIPO C2	11	14	18	13	15
CAMIONETAS CERRADAS TIPO B2	4	6	5	3	5
CAMIONES TIPO B3	1	2	2	3	1
MOTOCICLETAS	5	4	1	2	3
BICICLETAS	2	3	1	2	0
PEATONES	43	23	55	37	63

Tabla 5.1 Aforo vehicular de la avenida Monarca.

Fuente: Elaboración propia.


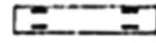






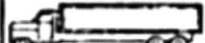



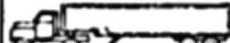


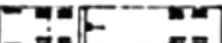


TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS			
		PERFIL	PLANTA						
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2			Ap	—	46	58	
	CAMIONETAS	2			Ac		12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2			B	—	12	42	
	CAMIONES	2			C2	73	100		30
		3			C3	13			
					T2-S1				
		4			T2-S2	7			
		5			T3-S2	7			
					T2-S1-R2				
		OTRAS COMBINACIONES							
	VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	VARIABLE		E_n n = variable	VARIABLE			
	MAQUINARIA AGRICOLA								
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS								
	OTROS								

Imagen 5.1. Clasificación general de los vehículos.

Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras; 1991: 70.

5.2.- Valor Relativo de Soporte.

De acuerdo con los autores Rico y Del Castillo (1996), el ensaye de Valor Relativo de Soporte (VRS), fue un ensaye originalmente desarrollado por el Departamento de Carreteras del Estado de California; el VRS de un suelo, se obtiene de una prueba de penetración, en la que un vástago de 19.4 cm^2 (3 plg²), de área se hace penetrar en un molde con suelo previamente compactado a 2000 psi, la penetración de dicho vástago es realizada con una velocidad de 0.127 cm/min (0.05 plg/min), registrando una carga de penetración a cada 0.25 cm (0.1"); El espécimen de suelo donde se ha realizado el ensaye, está confinado en un molde de acero de 15.2 cm (6") de diámetro, y una altura de 20.30 cm (8"), se criba el material seco por la malla de 2.54 cm (1"), agregándole el agua necesaria para obtener la humedad óptima de compactación, pesando 4 kg de material húmedo, éste se colocará en el molde distribuido en tres capas varillas, es decir, poner una capa por vez penetrando con una varilla varias veces hasta completar las tres capas para posteriormente colocarlo en una prensa que le aplicará una carga de 140 kg/cm^2 , carga aplicada uniformemente en la superficie del suelo al interior del molde, este proceso se denominaba ensaye Porter.

En la aplicación del ensaye AASHTO tanto estándar como modificado, se debe igualar las características de masa volumétrica, seco máximo y humedad óptima de compactación, obtenidas en los ensayos previos y posteriormente aplicar la penetración que nos determinará el VRS del material estudiado.

Los factores que pueden modificar los resultados de VRS de un suelo son: la textura del suelo en la superficie interior del molde, el contenido de agua y la condición de compactación del espécimen.

Enseguida se mostrará el cálculo del VRS en el cual se muestran los resultados obtenidos de esta prueba.

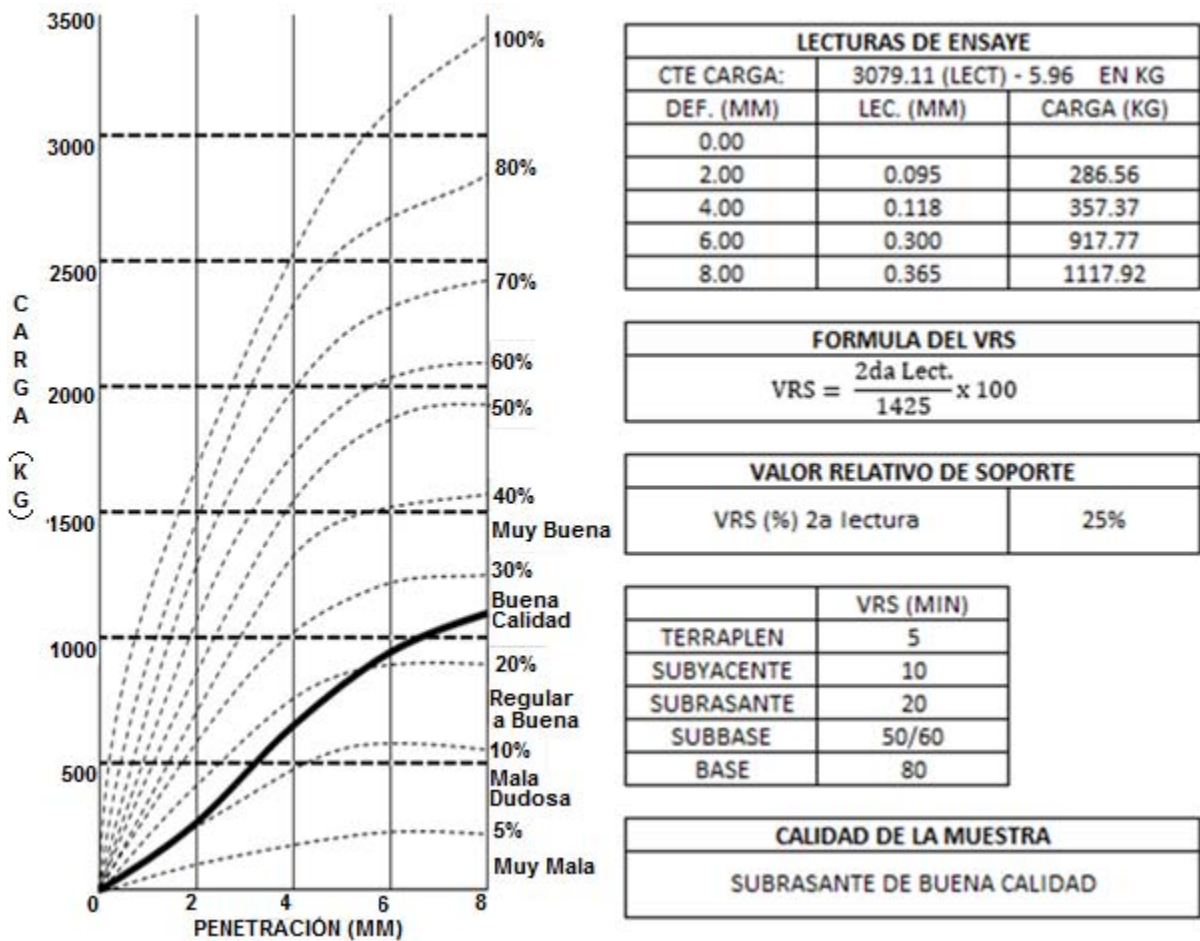


Imagen 5.2 Registro y gráfica de ensayo de VRS.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.- Diseño del pavimento rígido por el método PCA.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1994), el método que se eligió para el diseño de pavimento rígido para la calle Avenida Monarca fue el de Portland Cement Association (PCA), cuyo concepto de consumo se basa principalmente en la resistencia. En este método se calculan las distintas tensiones producidas por el tránsito con diferente rango de carga, haciendo comparaciones con la resistencia de diseño, estableciendo el número de repeticiones permitidas en cada rango de carga comparadas con el número de repeticiones esperadas y permitir sentar un porcentaje de consumo de resistencia por cada rango cuya suma no debe exceder un 100%, así mismo dentro de este método existe el análisis por erosión el cual define los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes y esquinas de las losas, y con ello mantener un control de la erosión del material de cimentación.

Existen diversos factores que se deben tomar en cuenta para este método principalmente son el Valor Relativo de Soporte (VRS), el tipo y cantidad de vehículos que pasan por la vialidad y con ello obtener el Tránsito de Proyecto Diario Anual (TPDA). A continuación se muestran los cálculos para obtener este valor.

TIPO	AFORO VEHICULAR				
	LUNES 21 DE ABRIL 10:30 AM - 11:30 AM	MIÉRCOLES 23 DE ABRIL 11:00 AM - 12:00 PM	JUEVES 24 DE ABRIL 2:30 PM - 3:30 PM	SABADO 26 DE ABRIL 5:30 PM - 6:30 PM	DOMINGO 27 DE ABRIL 9:30 AM - 10:30 AM
AUTOMOVILES TIPO A2	27	29	28	27	30
CAMIONETAS PICK UP TIPO C2	11	14	18	13	15
CAMIONETAS CERRADAS TIPO B2	4	6	5	3	5
CAMIONES TIPO B3	1	2	2	3	1

. Tabla 5.2 Resumen de aforo vehicular.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se hace un promedio de vehículos que transitan por la vialidad, con los datos obtenidos del aforo realizado se toma el total de los vehículos que transitan para después dividirlo por los días que se asistió a realizar el aforo, en este caso 5 días.

PROMEDIO DE VEHÍCULOS SEMANALES		
TIPO	TOTAL	PROMEDIO
A2	141	28
C2	71	14
B2	23	5
B3	9	2

Tabla 5.3 Promedio de vehículos semanales

Fuente: Elaboración propia.

Obteniendo el promedio de vehículos se multiplica por un periodo de 12 horas, las cuales son las consideradas debido a que las 12 horas restantes son de noche y el tránsito disminuye considerablemente al no haber gran actividad.

CALCULO DE TPDA		
TIPO	PROMEDIO DE VEHÍCULOS SEMANALES	PERIODO DE 12 HORAS
A2	28	336
C2	14	168
B2	5	60
B3	2	24
	TPDA	588

Tabla 5.4 Cálculo de Tránsito promedio diario anual.

Fuente: Elaboración propia.

Al sumar el total de vehículos transitables en un periodo de 12 horas se obtiene el TPDA, el cual fue de 588 vehículos.

Una vez obtenido el valor de TPDA se hace una distribución de tránsito hablada en porcentaje y esta distribución tiene que sumar el 100% que representa el total de los vehículos.

DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE VEHICULOS PARA EL DISEÑO.			
TIPO	PROMEDIO DE VEHICULOS SEMANALES	TPDA	PORCENTAJE
A2	336	588	57.14%
C2	168	588	28.58%
B2	60	588	10.20%
B3	24	588	4.08%
		TOTAL	100.00%

Tabla 5.5 Determinación de Porcentaje de vehículos para el diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño se hizo un resumen de vehículos expresado en porcentajes, los cuales fueron distribuidos de manera efectiva y conveniente bajo criterios de diseño.

RESUMEN DE PORCENTAJES DE ACUERDO AL TIPO DE VEHICULO	
TIPO	PORCENTAJE
A1	29.00%
A2	27.14%
B2, B3	14.28%
C2	28.58%
TS - S1	1%
TOTAL	100%

Tabla 5.6 Resumen de porcentajes de acuerdo al tipo de vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

Otro factor a considerar será el periodo de diseño del pavimento, el cual es seleccionado de acuerdo al tipo de vía, capacidad de tránsito y un análisis económico y de servicio. Generalmente para pavimentos rígidos es de 20 años, este valor se utilizará para el diseño y se trabajará con una tasa de crecimiento anual de 1.20%. El factor de proyección es un dato necesario que se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$FP = (1 + \text{tasa crecimiento})^{\text{Periodo de Diseño}}$$

$$FP = (1 + 0.012)^{20}$$

$$FP = 1.27$$

El factor de seguridad se determina principalmente del tipo de camino y su volumen de tránsito, estos valores se recomiendan de la siguiente manera:

- 1.3 se enfoca en casos especiales con muy altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.
- 1.2 para autopistas o vialidades de varios carriles en donde se presentará un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado.
- 1.1 en autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.
- 1.0 para caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.

Para efectos del presente diseño de pavimento rígido y de las características del camino se tomará un factor de seguridad de 1.0

Se calcula el volumen total de vehículos esperados en la vida de proyecto mediante la siguiente fórmula:

$$V_t = \frac{TDPA(FP)}{N} \left(\frac{TCP}{100} \right) (CCP)(365)(n)$$

Donde:

V_t = Volumen total de vehículos esperados en la vida de proyecto.

FP = Factor de proyección.

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

N = Número de carriles.

TCP = Porcentaje de vehículos pesados. (Suma de porcentaje de vehículos excluyendo tipo A1 y tipo A2).

n = Periodo de diseño (años).

CCP = Factor de corrección.

$$V_t = \frac{588(1.27)}{1} \left(\frac{44}{100} \right) (1)(365)(20) \rightarrow V_t = 2,397,524.83$$

Así para este diseño el valor será utilizado para las repeticiones que se esperan. Este método, en base a la distribución de los tipos de vehículos esperados en el proyecto, determina el número de ejes equivalentes tanto sencillos como tándem, y el peso en la estructura nos determinará el total de ejes por cada 1,000 vehículos y las repeticiones de cargas que se esperan para cada tipo y peso de los ejes. La primera parte, antes de calcular si es óptimo el espesor de losa de concreto hidráulico propuesto, se mostrará a continuación.

DATOS GENERALES DEL AFORO DE CAMPO									
CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN PORCENTAJE:						DATOS GENERALES:			
A =	29.00%	A2 =	27.14%	B2, B3 =	14.28%	TPDA =	588.0		
C2 =	28.58%	C3 =	0.00%	T2 - S1 =	1.00%	TASA CRECIMIENTO ANUAL	1.20%		
T2 - S2 =	0.00%	T3 - S2 =	0.00%	T3 - S3 =	0.00%	PERIODO DE DISEÑO AÑOS	20.0		
Suma Porcentaje =		100.00%							
CALCULO DEL VOLUMEN TOTAL DE VEHICULOS EN LA VIDA DE PROYECTO.									
TPDA	588.0	Tránsito promedio diario anual.		n =	20.0	P. de diseño (años).			
FP =	1.27	Factor de Proyección.							
N =	1.0	Número de carriles en un sentido.							
r =	1.20%	Tasa de crecimiento anual.							
Tcp =	44.00%	Porcentaje de vehículos pesados.							
CCP =	1.0	Factor corrección de tránsito en el carril de diseño.							
vt = 2,397,524.83									
DETERMINACION DE REPETICIONES ESPERADAS.									
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Número de Vehículos	Número de Ejes del Vehículo		Peso de los Ejes. (Ton)			
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros	
EJES SENCILLOS									
A2	2.0	56.1%	330	330	330	660	1.0	1.0	
B2	15.5	14.3%	84	84	84	168	5.5	10.0	
C2	15.5	28.6%	168	168	---	168	5.5	---	
C3	23.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	
T2-S1	24.5	1.0%	6	6	---	6	5.5	---	
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Clasificación de Ejes		Total Ejes C/1000 Vehic	REPETICIONES			
			Peso Eje	Total Ejes		ESPERADAS			
A2	2.0	56.1%	1	660	1122.45	2,691,099.29			
B2	15.5	14.3%	5.5	168	285.71	685,007.09			
C2	15.5	28.6%	10	168	285.71	685,007.09			
C3	23.0	0.0%							
T2-S1	24.5	1.0%							
T2-S2	31.5	0.0%							
T3-S2	39.0	0.0%							
T3-S3	43.0	0.0%							
DETERMINACION DE REPETICIONES ESPERADAS.									
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Número de Vehículos	Número de Ejes del Vehículo		Peso de los Ejes. (Ton)			
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros	
EJES TANDEM									
C2	15.5	28.6%	168	---	168	168	---	18.0	
C3	23.0	0.0%	0	---	0	0	---	18.0	
T2-S1	24.5	1.0%	6	6	6	12	18.0	18.0	
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	0	0	18.0	18.0	
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5	
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5	
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Clasificación de Ejes		Total Ejes C/1000 Vehic	REPETICIONES			
			Peso Eje	Total Ejes		ESPERADAS			
C2	15.5	28.6%	18	168	285.71	685,007.09			
C3	23.0	0.0%							
T2-S1	24.5	1.0%	18	24	40.82	97,858.16			
T2-S2	31.5	0.0%							
T3-S2	39.0	0.0%							
T3-S3	43.0	0.0%							

Tabla 5.7 Datos generales del aforo de campo.

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados de las repeticiones el siguiente paso es calcular el espesor de la sub-base y de la losa de concreto. Ahora el dato que se necesita es el Módulo de ruptura (MR) el cual se propone de esta forma:

$$MR = 0.12 F_c \rightarrow F_c = \frac{MR}{0.12}$$

$$MR (\text{Propuesto}) = 36 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_c = \frac{36}{0.12} \rightarrow F_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

El siguiente dato que se necesita es el módulo de reacción (K), el cual se obtiene utilizando el valor del VRS y la siguiente gráfica.

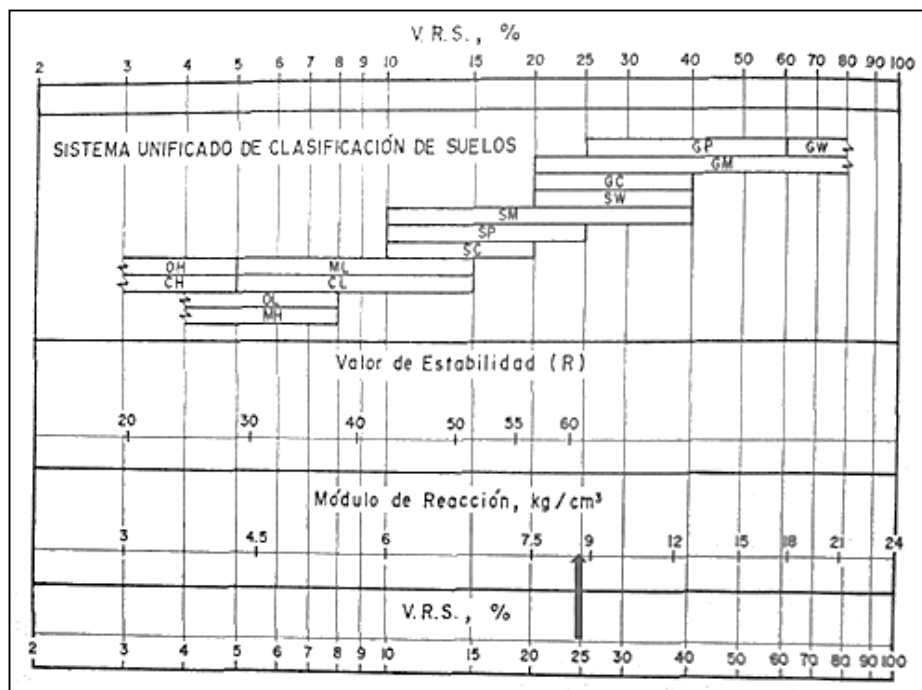


Imagen 5.3 Gráfica para obtener el Módulo de Reacción.

Fuente: Rico y Del Castillo; 212: 1994

En la gráfica con el VRS obtenido de 25%, se sube en línea recta hasta llegar al modulo de reacción el cual es aproximadamente de 8.75 Kg/cm³. El valor obtenido es necesario mejorarlo, por lo cual se propone un espesor de sub-base de 20 cm. Con estos dos datos en la siguiente gráfica se consigue el Módulo de Reacción Mejorado.

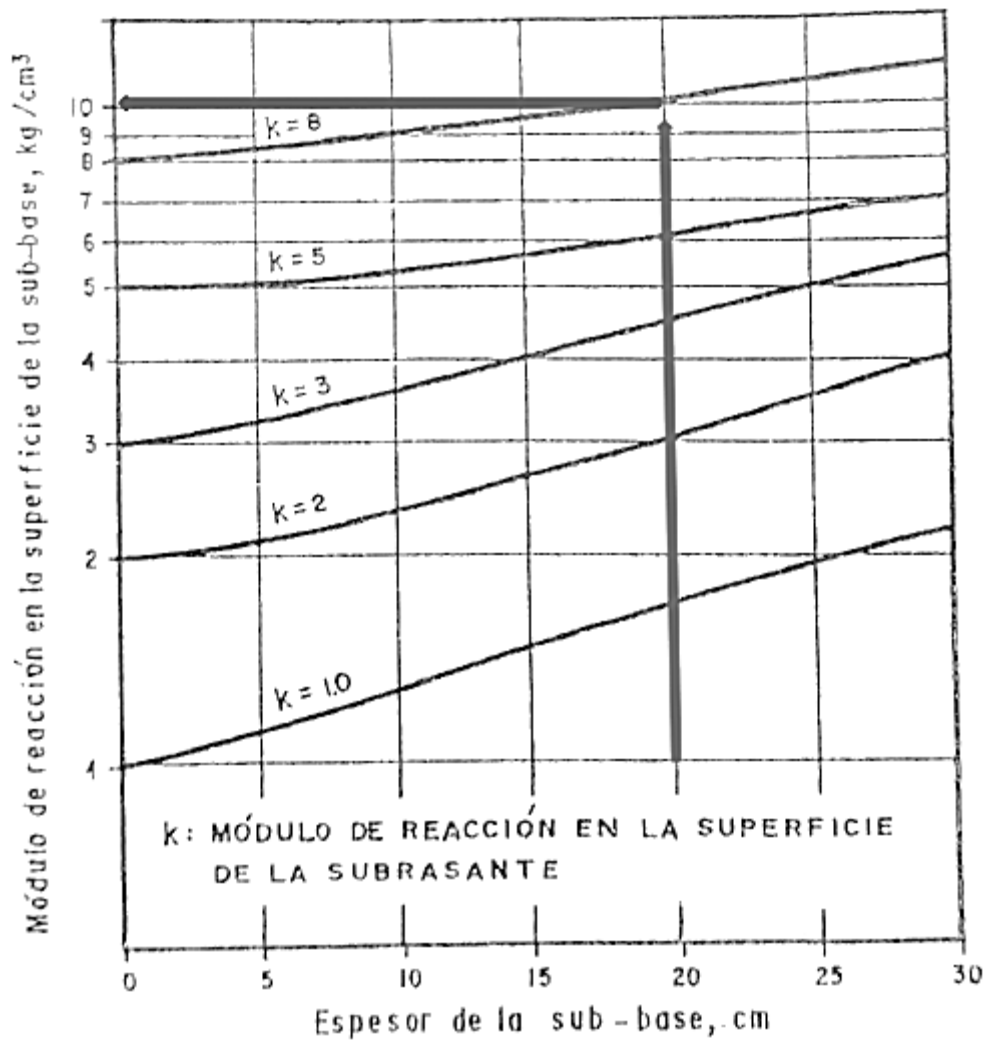


Imagen 5.4 Gráfica para obtener el Módulo de Reacción Mejorado.

Fuente: Rico y Del Castillo; 211: 1994

Se obtuvo, usando un espesor de la sub-base propuesto de 20cm y el Módulo de Reacción de 8.75 Kg/cm³, un Módulo de Reacción Mejorado de 10 Kg/cm³.

A continuación se utiliza la siguiente gráfica para conocer el esfuerzo actuante en ejes sencillos (MR), y como parte esencial, se ha de proponer un espesor de losa de concreto hidráulico de 17.5 cm, utilizando el Módulo de Reacción Mejorado (K) de 10 Kg/cm³, y los pesos de los ejes sencillos según el tipo de vehículo, para este caso los pesos serán de 1 ton, 5.5 ton y 10 ton.

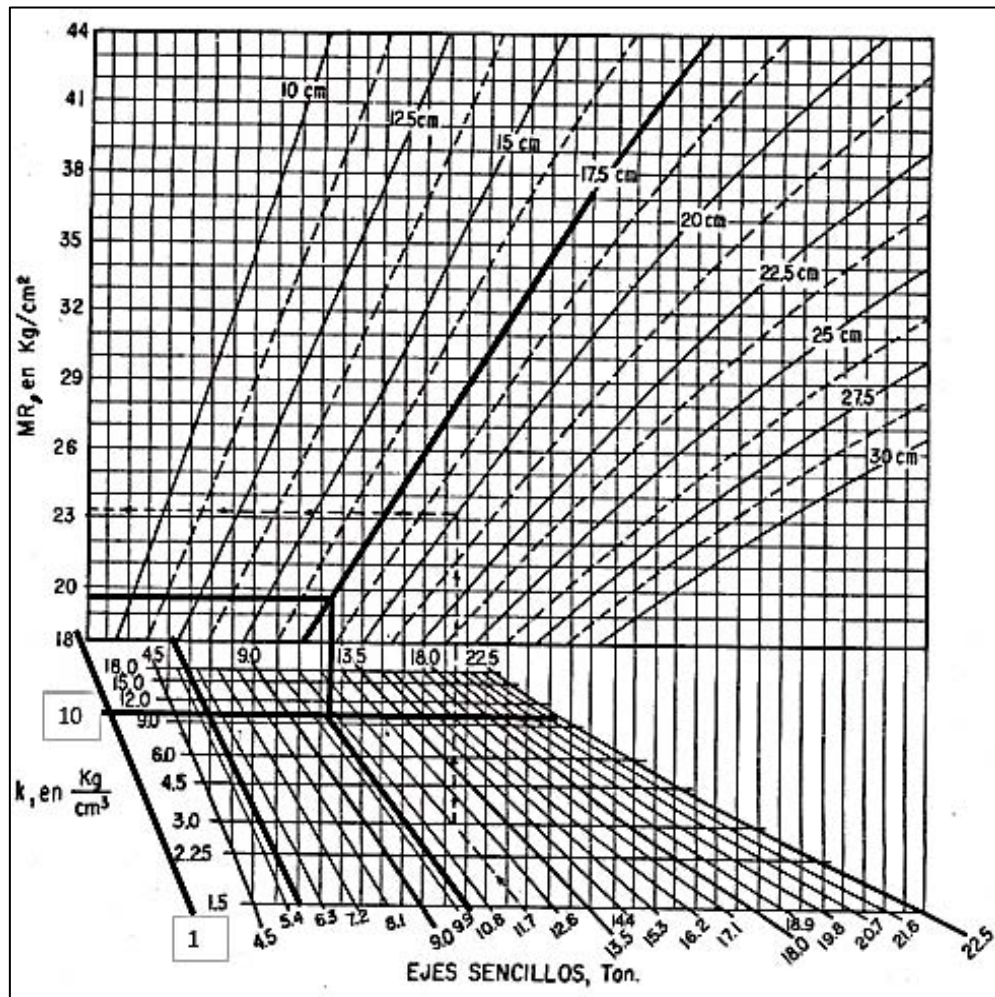


Imagen 5.5 Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes sencillos.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994

Al utilizar los valores que se han propuesto en la gráfica, se obtiene que para 1 ton el MR es menor de 18 Kg/cm², en el caso de 5.5 ton se obtuvo un MR menor de 18 Kg/cm², y para 10 ton el MR es de 19.5 Kg/cm².

De igual manera es necesario realizar el mismo procedimiento pero ahora con el peso de ejes tandem de acuerdo al tipo de vehículo, en este caso se manejarán de 18 ton y 22.5 ton.

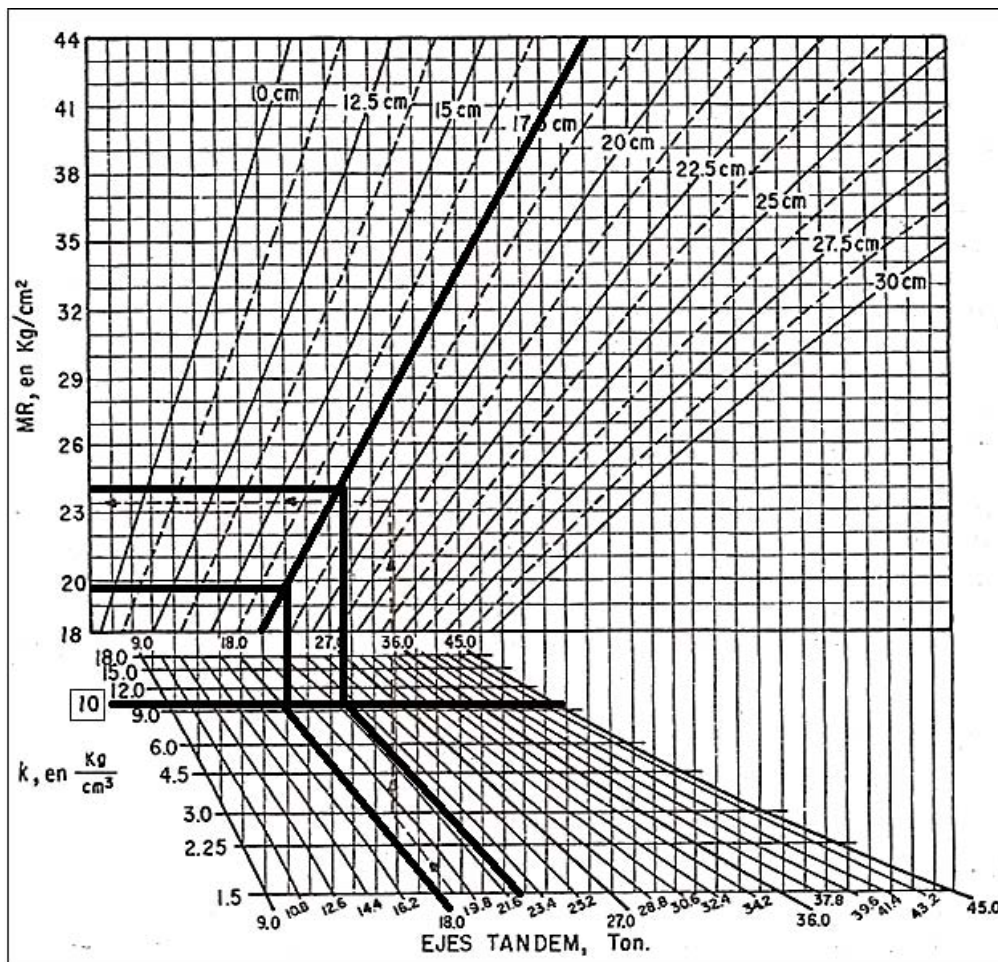


Imagen 5.6 Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes tandem.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

Al utilizar en la gráfica los valores correspondientes, para 18 ton se tiene un MR de 19.5 Kg/cm² y para 22.5 ton un MR de 24 Kg/cm². Una vez obtenidos los valores de MR para ejes sencillos y ejes tándem, se debe calcular la relación de resistencias donde se utilizarán los valores de MR mayores a 18 Kg/cm², para los de menor valor se tomará una relación de resistencias de 0.50.

Esta relación de resistencias se calcula con la siguiente fórmula:

$$Rr = \frac{MR(\text{actuante})}{MR(\text{disponible})}$$

- Calculo para ejes sencillos:

$$Rr = \frac{19.5}{36} \rightarrow Rr = 0.54$$

- Calculo para ejes tándem:

$$Rr = \frac{19.5}{36} \rightarrow Rr = 0.54$$

$$Rr = \frac{24}{36} \rightarrow Rr = 0.67$$

Con los valores de relación de resistencias calculados, el siguiente paso es entrar a la tabla de la imagen 5.10, en la cual indicará el número permisible de repeticiones.

<i>Relación de Resistencias</i>	<i>Número permisible de repeticiones</i>	<i>Relación de Resistencias</i>	<i>Número permisible de repeticiones</i>
0.51	400,000	0.69	2,500
0.52	300,000	0.70	2,000
0.53	240,000	0.71	1,500
0.54	180,000	0.72	1,100
0.55	130,000	0.73	850
0.56	100,000	0.74	650
0.57	75,000	0.75	490
0.58	57,000	0.76	360
0.59	42,000	0.77	270
0.60	32,000	0.78	210
0.61	24,000	0.79	160
0.62	18,000	0.80	120
0.63	14,000	0.81	90
0.64	11,000	0.82	70
0.65	8,000	0.83	50
0.66	6,000	0.84	40
0.67	4,500	0.85	30
0.68	3,500		

Imagen 5.7 Tabla para obtener el número permisible de repeticiones.

Fuente: Rico y Del Castillo; 215: 1994.

Con el número permisible de repeticiones se procede a calcular el porcentaje de fatiga consumido, que obtiene de la división de las repeticiones esperadas entre las repeticiones permisibles.

$$PFC = \frac{\text{Repeticiones esperadas}}{\text{Repeticiones permisibles}}$$

Con todos los datos anteriores se mostrará la segunda parte de la hoja de cálculo para determinar si es factible utilizar un espesor de losa de concreto hidráulico que ha sido propuesto de 17.5cm.

CÁLCULO DEL ESPESOR.					
Modulo de Ruptura $\text{kg/cm}^2 =$	36.00	Concreto $f'c \text{ kg/cm}^2 =$	300.00		
Factor de seguridad=	1.0	Camino y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.			
Determinación de la capacidad cortante de la capa de apoyo.					
%VRS	25.00	VRS de diseño saturado:		25.00	
Obtención del Módulo de reacción de la capa de apoyo "K", utilizando una subbase de buena calidad y espesor (cm):					20.00
Módulo de Reacción "k" mejorado =		10.00			
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto se determinará la fatiga consumida mediante la siguiente tabla.					
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 17.5 CM.					
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido
EJES SENCILLOS					
1.0	1.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
5.5	5.5	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
10.0	10.0	19.5	0.54	180,000.00	380.6%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	19.5	0.54	180,000.00	380.6%
22.5	22.5	23.5	0.67	4,500.00	2174.6%
SUMA =					2936%

Tabla 5.8 Cálculo del espesor.

Fuente: Elaboración propia.

Al calcular y sumar el porcentaje de fatiga consumido se obtiene un resultado de 2936%, por lo tanto, el espesor de losa de concreto hidráulico propuesto de 17.5 cm no es factible debido a que rebasa por mucho el 100% y no se acepta, por esta razón se propondrá un espesor de losa de concreto hidráulico de 20 cm y se muestra a continuación el procedimiento.

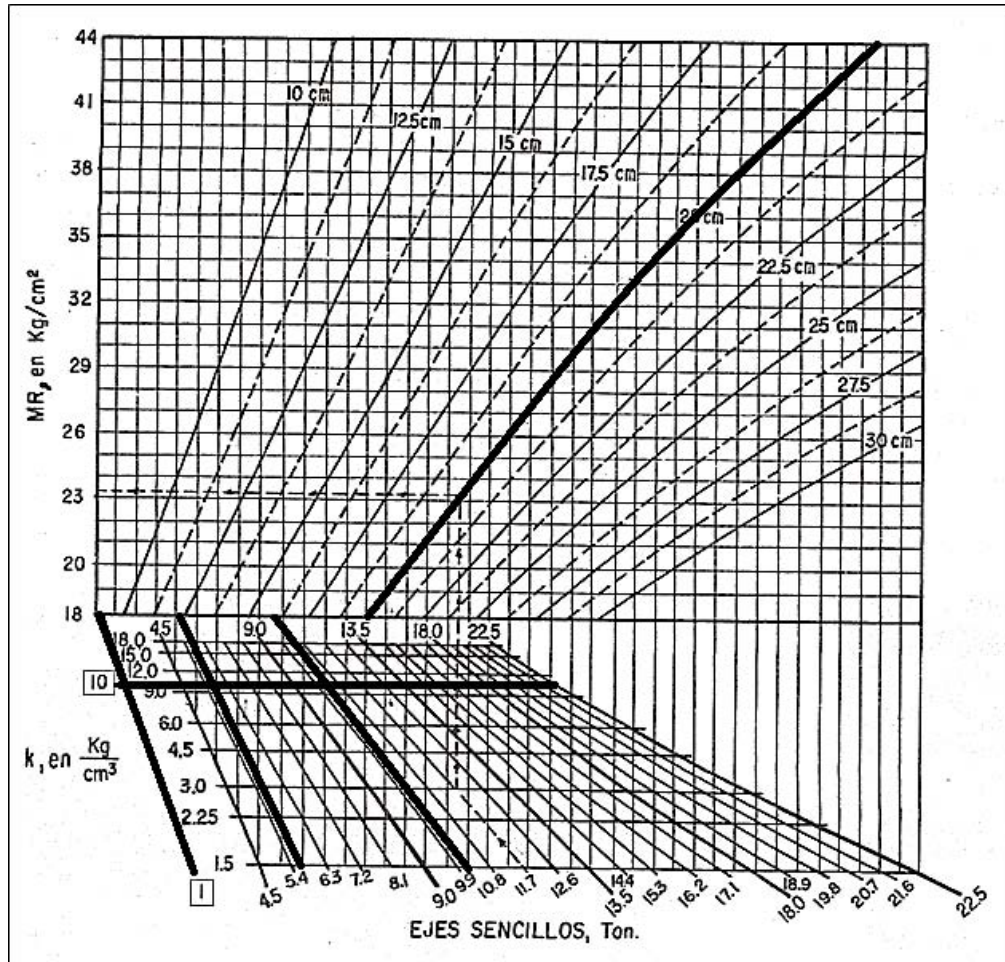


Imagen 5.8 Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes sencillos.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994

Al ingresar los valores nuevos en la gráfica, se obtiene que para 1 ton el MR es menor de 18 Kg/cm², en el caso de 5.5 ton se obtuvo un MR menor de 18 Kg/cm², y para 10 ton el MR también es menor. De igual manera se realizará el procedimiento para el peso de ejes tandem de acuerdo al tipo de vehículo, en este caso se volverá a utilizar de 18 ton y 22.5 ton.

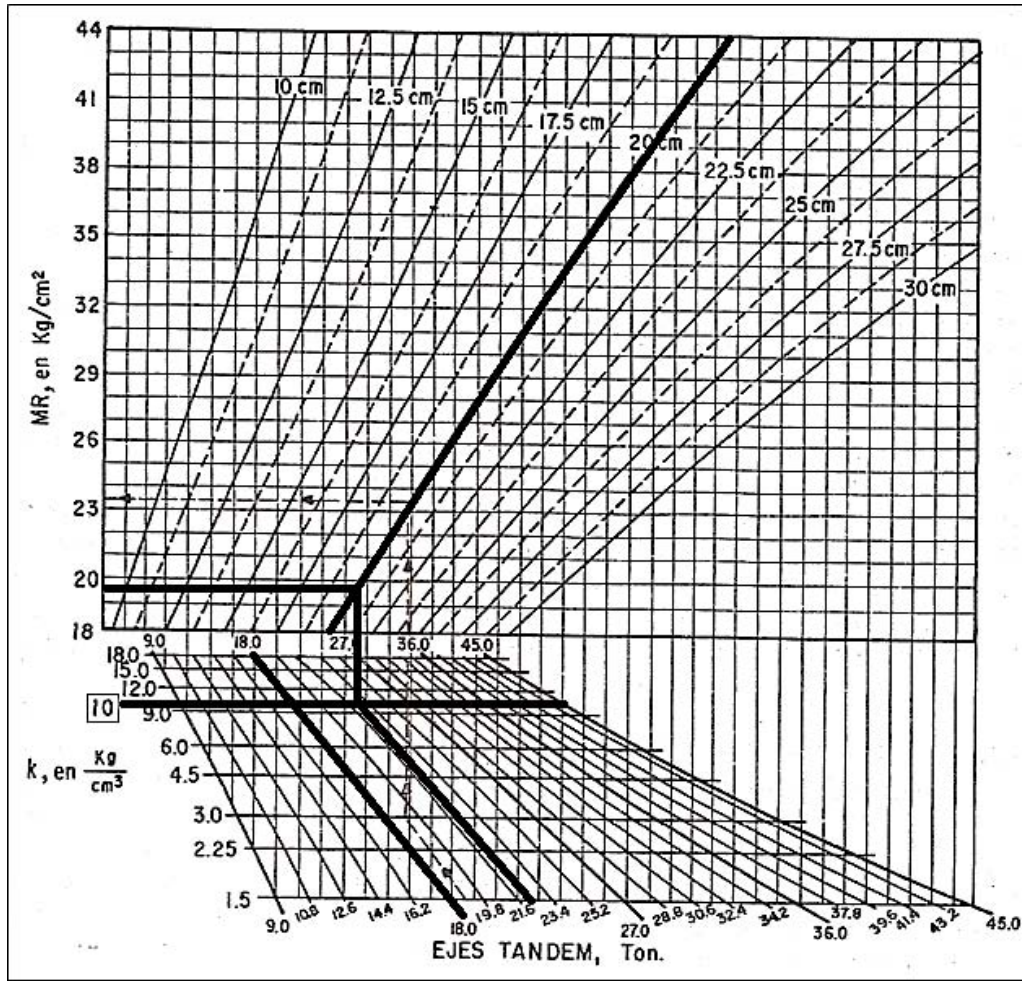


Imagen 5.9 Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes tandem.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

Al utilizar en la gráfica los valores correspondientes, para 18 ton se tiene un MR menor y para 22.5 ton un MR de 19.5 Kg/cm². Una vez obtenidos los valores de MR para ejes sencillos y ejes tándem, se debe calcular la relación de resistencias donde se utilizarán los valores de MR mayores a 18 Kg/cm², para los de menor valor se tomará nuevamente una relación de resistencias de 0.50.

$$R_r = \frac{MR(\text{actuante})}{MR(\text{disponible})}$$

- Calculo para ejes sencillos:

$$Rr = 0.50$$

- Calculo para ejes tándem:

$$Rr = 0.50$$

$$Rr = \frac{19.5}{36} \rightarrow Rr = 0.54$$

CÁLCULO DEL ESPESOR.					
Modulo de Ruptura $kg/cm^2 =$	36.00	Concreto $f'c$ $kg/cm^2 =$	300.00		
Factor de seguridad=	1.0	Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.			
Determinación de la capacidad cortante de la capa de apoyo.					
%VRS	25.00	VRS de diseño saturado:	25.00		
Obtención del Módulo de reacción de la capa de apoyo "K", utilizando una subbase de buena calidad y espesor (cm):					
Módulo de Reacción "k" mejorado =	10.00				
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto se determinará la fatiga consumida mediante la siguiente tabla.					
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 20 CM.					
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido
EJES SENCILLOS					
1.0	1.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
5.5	5.5	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
10.0	10.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	< 18	0.50	INFINITAS	0.0%
22.5	22.5	19.5	0.54	180,000.00	54.4%
SUMA =					54%

Tabla 5.9 Calculo del espesor.

Fuente: Elaboración propia.

Al haber un nuevo cálculo donde se ha propuesto un espesor de losa de concreto hidráulico de 20cm, retomando las gráficas para ejes sencillos y ejes tándem, así como al utilizar el procedimiento explicado con anterioridad, se tiene como resultado que, la suma de fatiga consumido es del 54%, lo cual indica que el espesor que se ha propuesto es factible y recomendable para el pavimento. Por lo tanto el diseño de espesores queda de la siguiente manera:




ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROPUESTO:		
Esesor (cm)	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	NOTAS
20.00		CONCRETO HIDRAULICO MR 36 KG/CM2
20.00		SUBBASE HIDRAULICA VRS MIN 50
-		TERRENO NATURAL

Imagen 5.10 Estructura de pavimento rígido.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se ha determinado el espesor de la losa de concreto que se utilizará para el proyecto, se procede a realizar el diseño de las juntas, las juntas tienen como objetivo controlar las fisuras y el agrietamiento natural que sufre un concreto durante su construcción y uso, además tienen la función de dividir el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo, permiten también el movimiento y el fenómeno de alabeo en las losas, y permiten la transferencia de carga entre losas. En la siguiente imagen se determinará el tamaño de varilla y distancias para las juntas longitudinales para un espesor de 20 cm.

Espesor Pavimento (cm)	Tamaño de varilla (cm)	Distancia al extremo libre.			
		305 cm	366 cm	427 cm	732 cm
12.7	1.27 x 61	76 cm	76 cm	76 cm	71 cm
14	1.27 x 64	76 cm	76 cm	76 cm	64 cm
15.2	1.27 x 66	76 cm	76 cm	76 cm	58 cm
16.5	1.27 x 69	76 cm	76 cm	76 cm	53 cm
17.8	1.27 x 71	76 cm	76 cm	76 cm	51 cm
19.1	1.27 x 74	76 cm	76 cm	76 cm	46 cm
20.3	1.27 x 76	76 cm	76 cm	76 cm	43 cm
21.6	1.27 x 79	76 cm	76 cm	71 cm	41 cm
22.9	1.59 x 76	91 cm	91 cm	91 cm	61 cm
24.1	1.59 x 79	91 cm	91 cm	91 cm	58 cm
25.4	1.59 x 81	91 cm	91 cm	91 cm	56 cm
26.7	1.59 x 84	91 cm	91 cm	91 cm	53 cm
27.9	1.59 x 86	91 cm	91 cm	91 cm	51 cm
29.2	1.59 x 89	91 cm	91 cm	91 cm	48 cm
30.5	1.59 x 91	91 cm	91 cm	91 cm	46 cm

Tabla 5.10 Tabla para determinación de varillas y longitudes.

Fuente: Manual del Constructor; 180: 2003.

Por lo tanto las juntas longitudinales quedarán de la siguiente manera:

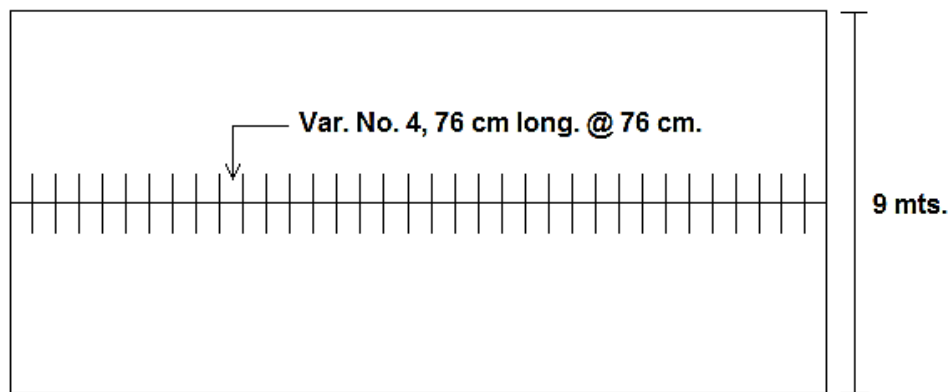


Imagen 5.11 Juntas longitudinales para diseño de pavimento rígido.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se hará el diseño de las pasajuntas, las cuales se usan en las juntas transversales para transferir las cargas a las losas adyacentes. El esfuerzo y la deflexión en la junta son más pequeños cuando las cargas son soportadas por dos losas. Esto puede minimizar las fallas de bombeo y la diferencia de elevación de juntas, las cuales han sido consideradas por la PCA como factores importantes en el diseño de espesor. En la tabla 5.11 se determinará el tamaño de varilla y distancias de acuerdo al espesor del pavimento que este caso es de 20 cm.

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas.					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1¼	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1½	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1¾	56	22	46	18

Tabla 5.11 Diámetros y longitudes recomendadas en pasajuntas.

Fuente: Manual del Constructor; 182: 2003.

Por lo tanto las juntas transversales quedarán de la siguiente manera:

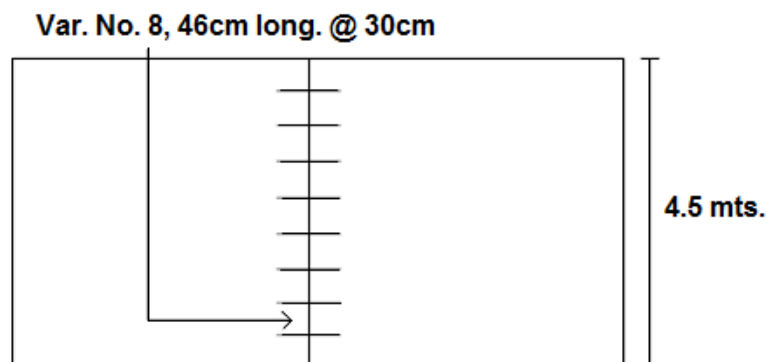


Imagen 5.12 Juntas transversales para diseño de pavimento rígido.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se procede a diseñar la modulación de losas, lo cual se refiere a especificar la forma que tendrán los tableros de losas del pavimento. Esta forma se designa en base a las dimensiones de tableros, es decir, la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales.

La modulación de losas va a estar manejada por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. Existe una regla práctica que permite dimensionar los tableros de las losas para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes sin necesidad de colocar acero de refuerzo continuo, la cual se expresa de la manera siguiente:

$$\text{SJT} = (21 \text{ a } 24) D$$

Donde:

SJT = Separación de Juntas Transversales (≤ 5.0 m).

D = Espesor del pavimento.

Calculando para un espesor de 20 cm.

$$\text{SJT} = (24) \times 20$$

$$\underline{\text{SJT} = 480 \text{ cm} < 500 \text{ cm}}$$

Para aceptar este valor, se tiene que cumplir con la siguiente expresión siguiente: $0.71 < X / Y < 1.4$

En donde:

X = Distancia vertical de la losa.

Y = Distancia horizontal

Calculando se tiene: $4.8/4.5 = 1.06 \rightarrow 0.71 < 1.06 < 1.4$

Por lo tanto cumple y la separación de juntas será de 4.8 m. Y quedará de la siguiente forma:

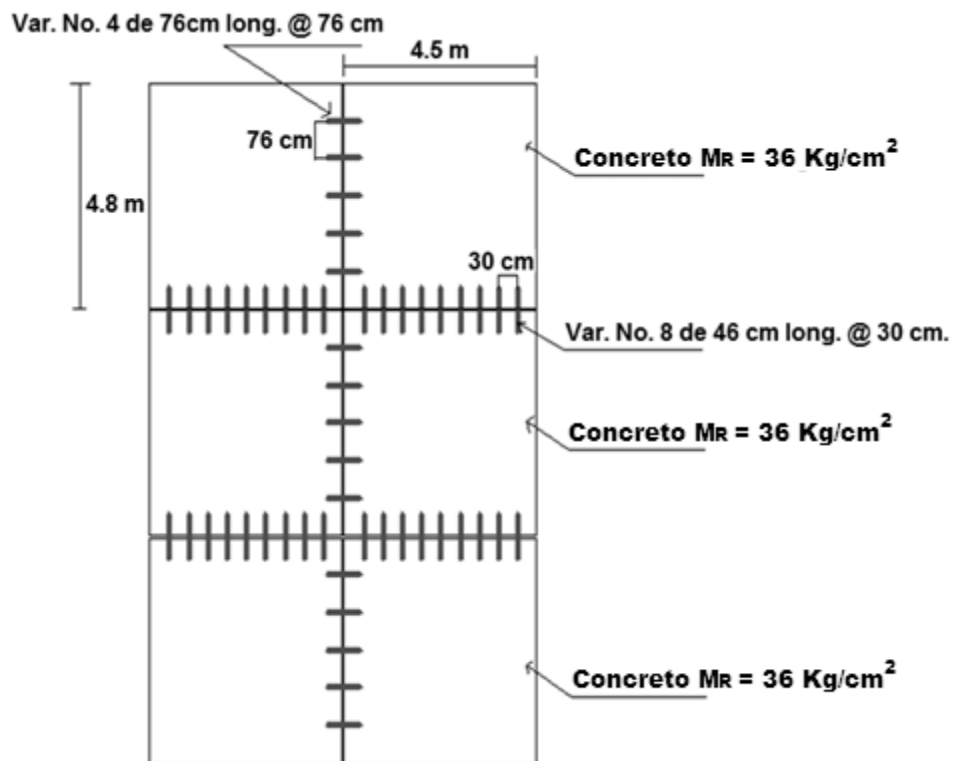


Imagen 5.13 Diseño de losas.

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado final se obtiene una losa de concreto hidráulico con un espesor de 20 cm, realizada con concreto hidráulico de un Módulo de ruptura no menor a 36 Kg/cm^2 en la cual se utilizarán juntas longitudinales con varilla del No. 4 de 76 cm de longitud @ 76 cm y juntas transversales con varilla del No. 8 de 46 cm de longitud @ 30 cm. También se contemplan acotamientos de concreto hidráulico, conformados con las mismas características del concreto utilizado en las losas principales.

CONCLUSIÓN

Dentro de la presente tesis se planteó la siguiente pregunta: ¿Qué estructura de pavimento rígido es la adecuada para las vialidades de la colonia Monarca en la ciudad de Uruapan, Michoacán? Para lo cual se respondió adecuadamente al diseñar la estructura de pavimento rígido para la calle Monarca, mediante el análisis, uso y comprensión de uno de los métodos más utilizados y de mayor validez en la actualidad para este tipo de estructuras, se examinaron dos opciones en cuestión de espesores propuestos y con ello se obtuvo un resultado para la estructuración más efectiva que se mencionará a continuación.

Losa de concreto hidráulico con un espesor de 20 cm, realizada con concreto hidráulico de un Módulo de ruptura no menor a 36 Kg/cm^2 en la cual se utilizarán juntas longitudinales con varilla del No. 4 de 76 cm de longitud @ 76 cm y juntas transversales con varilla del No. 8 de 46 cm de longitud @ 30 cm. También se contemplan acotamientos de concreto hidráulico, conformados con las mismas características del concreto utilizado en las losas principales.

Por debajo de las losas de concreto hidráulico, se conformará una capa de subbase con un espesor de 20 cm, la cual deberá cumplir con las especificaciones correspondientes de la normativa SCT. Con los distintos resultados obtenidos del diseño de pavimento realizado se concluye que el objetivo principal de esta tesis ha sido satisfactoriamente realizado.

Por otro lado, se le dio respuesta a los demás objetivos específicos en la presente tesis, como el de indicar el concepto de urbanización, es cual nos dice que "La urbanización es un proceso de transformación secular de las estructuras rurales en urbanas. Se caracteriza por el incesante desarrollo de la división social del trabajo, que transfiere la fuerza laboral agrícola hacia actividades secundarias y terciarias; por el cambio de proceso de producción; por la creciente diferenciación política, social, psicológica, ecológica, cultural, etc., entre el campo y la ciudad, y por dar origen a la ciudad, estimulando su crecimiento en número y tamaño." (López Castro; 1991; 14).

Se cumplió con el objetivo de dar a conocer el concepto de pavimento, cómo están conformados los tipos de pavimentos y el concepto de pavimento rígido. En este caso, se define como pavimento al conjunto de capas de materiales que reciben de forma directa las cargas del tránsito y las cuales se distribuyen de una forma adecuada a las capas. Existen dos principales tipos de pavimentos: los flexibles y los rígidos; en los primeros, en la superficie de rodamiento la distribución de todas las cargas proporcionadas por los vehículos hacia capas inferiores se generan por fricción y cohesión de las partículas de los materiales, con esto la carpeta asfáltica se somete a pequeñas deformaciones de capas inferiores, sin que se rompa la estructura. Las capas que conforman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y subbase, las cuales se construyen sobre la capa subrasante. El pavimento rígido está conformado por losas de concreto hidráulico que distribuyen las cargas de los vehículos hacia capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes que trabajan a la par con la que recibe directamente las cargas. Este

tipo de pavimento no permite deformaciones de las capas inferiores y está conformado por la losa de concreto hidráulico, la subbase y la base. Aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pudieran colocarse directamente sobre la subrasante, es de suma importancia la construcción de una capa de subbase para evitar que los materiales finos se muevan hacia la superficie de rodamiento al momento de que pasen los vehículos, lo cual provocaría fallas de esquina o de orilla en la losa.

Y, por último, se cumplió con señalar la normativa para urbanización mediante el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo, en su Título Segundo sobre Los Desarrollos. Así como también cabe mencionar las condiciones en las que actualmente se encuentra el área de estudio con respecto a los accesos de comunicación, servicios generales de agua y luz, y las vialidades que conectan a la colonia con el resto del entorno urbano de la ciudad de Uruapan, Michoacán.

BIBLIOGRAFÍA.

Arias Rivera, Carlos. (2007).

Cuaderno de comportamiento de suelos.

Fac. Ing. UNAM. México

Bannister, Arthur; Raymond, Stanley; Baker, Raymond. (2002).

Técnicas Modernas en Topografía.

Editorial Alfaomega. México

Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo.

Ultima reforma publicada en el periódico oficial del estado, el 24 de Mayo de 2011

Título segundo de los desarrollos, sección primera. México.

Crespo Villalaz, Carlos. (1996).

Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos.

Limusa Editores. México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2010).

Metodología de la investigación

McGraw Hill, México.

Juárez Badillo, Eulalio; Rico Rodríguez, Alfonso. (2002).

Mecánica de Suelos Tomo1

Editorial Limusa. México.

Manual del Constructor. (2003).

Editorial Cemex, México.

Mendieta Alatorre, Ángeles. (1992).

Métodos de investigación y manual académico

Editorial Porrúa, México.

Montes de Oca, Miguel. (1989).

Topografía.

Editorial Alfaomega. México.

Olivera Bustamante, Fernando. (2006).

Estructuración de vías terrestres.

Compañía Editorial Continental. México.

Reyes Ibarra, Mario; Hernández Navarro, Antonio. (2009).

Tratamientos de errores en levantamientos topográficos.

Inegi. México.

Rico Rodríguez, Alfonso; Del Castillo, Hermilo. (1994)

La ingeniería de los suelos en las vías terrestres: Carreteras, ferrocarriles y Aeropuertos.

Ed. Limusa, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1991).

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

Editorial México. México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2000).

El proceso de la investigación científica.

Editorial Limusa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

<http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/descriptores-geotecnicos-3-granulometria-y-parametros-derivados/>

http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/entidades/div_municipal/michmpios.pdf

<https://www.google.com/maps/@19.4082743,-102.0423836,14z>

<https://www.google.com.mx/maps/@19.3906259,-102.013142,16z>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Michoac%C3%A1n#mediaviewer/Archivo:Michoacan_in_Mexico_\(location_map_scheme\).svg](http://es.wikipedia.org/wiki/Michoac%C3%A1n#mediaviewer/Archivo:Michoacan_in_Mexico_(location_map_scheme).svg)

http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGRH/html_spc/formatos/manual_de_proyecto_geometrico_SCT.pdf

<http://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-1-02-03.pdf>

ANEXO

