



# **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 “EL MILAGRO”, EN URUAPAN, MICHOACÁN.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**Lucero Aideére Silva Esquivel.**

**Asesor:**

**Ing. Guillermo Navarrete Calderón.**

Uruapan, Mich. 08 de Junio del 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# ÍNDICE.

## **Introducción**

Antecedentes . . . . .	1
Planteamiento del problema . . . . .	2
Objetivo . . . . .	2
Pregunta de investigación . . . . .	3
Justificación . . . . .	4
Marco de referencia . . . . .	5

## **Capítulo 1.- Taller de Topografía**

1.1. Normatividad . . . . .	6
1.2. Topografía . . . . .	15
1.3. Tipos de Levantamientos . . . . .	16
1.3.1. Errores . . . . .	17
1.4. Planimetría . . . . .	18
1.4.1. Poligonación . . . . .	19
1.4.1.1. Poligonales cerradas . . . . .	20

1.4.1.2. Poligonal abierta geométrica y analíticamente	21
1.5. Altimetría	21
1.5.1. Aparatos empleados para la medición	22
1.5.2. Aparatos de nivelación	24
1.5.3. Tipos de nivelación	25
1.6. Mecanica de suelos	26
1.6.1. Propiedades físicas de los suelos	27
1.6.2. Propiedades volumétricas y gravimétricas	28
1.6.3. Relaciones entre volúmenes y pesos	29
1.6.4. Pesos específicos o volumétricos	30
1.6.5. Granulometría	30
1.6.6. Plasticidad	32
1.7. Clasificación de suelos	33
1.8. SUCS	35

## **Capítulo 2.- Pavimentación**

2.1. Pavimentos	36
2.1.1 Carpetas asfálticas	39

2.1.1.1. Tipos de carpetas asfálticas	40
2.1.2. Concretos asfálticos.	42
2.2. Pavimentos rígidos	47
2.2.1. Agrietamiento del concreto Hidráulico	51
2.2.2. Procedimiento de construcción de Pavimentos rígidos	55
2.2.3. Tipos de fallas en los Pavimentos rígidos	56
2.2.4. Control de calidad en Pavimentos rígidos	56
2.3. Vialidades urbanas	57
2.3.1. Señalamiento de los caminos	58

### **Capítulo 3.- Resumen de Macro y Micro localización.**

3.1. Generalidades	63
3.1.1. Objetivo	64
3.1.2. Alcance del Proyecto	64
3.2. Resumen Ejecutivo	64
3.3. Entorno geográfico	65
3.4. Macro y Micro localización	68
3.5. Clima	69
3.6. Reporte fotográfico	70
3.7. Otras características	73

## **Capítulo 4.- Metodología.**

4.1. Método empleado . . . . .	74
4.1.1. Método Científico . . . . .	74
4.1.1.1. Etapas del método científico . . . . .	75
4.1.2. Método matemático . . . . .	76
4.2. Enfoque de la investigación . . . . .	78
4.2.1. Alcance de la investigación . . . . .	79
4.2.2. Diseño de la investigación . . . . .	80
4.3. Instrumentos de recopilación de datos . . . . .	81

## **Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados.**

5.1. Aforo vehicular . . . . .	82
5.2. Levantamiento topográfico . . . . .	84
5.3. Valor Relativo de Soporte (VRS) . . . . .	84
5.4. Diseño del pavimento rígido por el método PCA . . . . .	87
5.5. Estructura del pavimento rígido . . . . .	103
<b>Conclusión</b> . . . . .	107
<b>Bibliografía</b> . . . . .	110

## **Anexos**

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

Las vías de comunicación constituyen una parte fundamental de desarrollo en un ámbito social, cultural, económico y turístico de un país, ya que en la actualidad, estas hacen posible un crecimiento y una mejor calidad de vida; como lo son las vías ferrocarrileras, los aeropuertos, las carreteras, los puertos marítimos, las urbanizaciones, etc.

En la actualidad, la población está creciendo de una manera alarmante, con un ritmo acelerado, sin planeación, requiriendo necesidades vitales y una generación de vías de comunicación, como lo es la urbanización. Esto ha llevado a que se desarrollen urbanizaciones al azar, de iniciativa propia, con una mala calidad, sin diseño y de un gasto excesivo.

Se ha comprobado en la búsqueda de material en la biblioteca local que hay estudios similares anteriores en los cuales se han realizado sobre el tema de Pavimentación, pero no se ha profundizado en el tema, o no ha sido específico como se hará en este estudio, con esto no se dice que no existe información alguna o que será de tema exploratorio, se hará una recopilación de información sobre el tema a desarrollar, que dará como resultado un procedimiento específico de Pavimentos para la Urbanización de una Zona.

Todos estos estudios mencionan aspectos importantes sobre el estudio de pavimentación, aunque la mayoría de ellos se enfocan a revisión de tramos

carreteros en los alrededores de la ciudad, que en este caso son de diferente enfoque de diseño.

### **Planteamiento del problema.**

Como se mencionó anteriormente, las urbanizaciones actuales no cumplen las expectativas para las nuevas poblaciones generadas. Por lo mismo, hay que prever todas las causas posibles para evitar un mal diseño de urbanización.

Los caminos forman parte importante de comunicación para el desarrollo poblacional, por lo cual, se debe tener un diseño de pavimentación adecuado a las necesidades de la zona, de calidad y seguro para los usuarios.

Por lo que en el presente estudio se requiere conocer el sitio, la Mecánica de Suelos, y su nivelación, así como basarnos en la normatividad del Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán.

Así pues, se tiene que hacer un trabajo conjunto para generar todos los factores y llegar al propósito que es ¿Cuál es el diseño de pavimentación conveniente para el proyecto de urbanización para la colonia “El Milagro”, en Uruapan, Michoacán?

### **Objetivos.**

Se presentan a continuación los objetivos que se quieren cumplir con esta investigación:



## **Objetivo general**

Diseñar el proyecto de Pavimentación para la Urbanización de la colonia “El Milagro”, en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

## **Objetivos específicos.**

- 1) Definir el concepto de Mecanica de Suelos.
- 2) Definir qué es un pavimento.
- 3) Definir el diseño de pavimentación.
- 4) Definir las consideraciones para el cálculo de pavimento.

## **Pregunta de investigación.**

Con la presente investigación se habrá de dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el diseño de pavimentación conveniente para el proyecto de urbanización para la colonia “El Milagro”, en Uruapan, Michoacán?
- ¿Qué es la topografía?
- ¿Qué tipo de pavimentos existen?
- ¿Cuál es la importancia de una urbanización?

Estas cuestiones se resolverán en el transcurso del estudio.

## **Justificación.**

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de obtener basado en estudios teóricos y prácticos, los datos relacionados para desarrollar un diseño de pavimentos en vialidades urbanas. En particular, los primeros beneficiados en este estudio serán los habitantes de la colonia “El Milagro”, en Uruapan, Michoacán, partiendo que este trabajo será realizado con datos verídicos de las condiciones de la zona, como suelo, tránsito actual, lo cual, será motivo de selección y diseño aplicables requeridos, se presentará brindar una fuente de información que pueda ser útil y servir a la comunidad en general, la cual, desee conocer dichos datos, generando así, un punto de partida para futuros proyectos de urbanización con características similares.

Este estudio pretende ser útil también para las futuras generaciones que tengan el deseo de conocer los criterios para el mantenimiento de las vías terrestres con ciertas características presentadas aquí, medidas y procedimientos que se deben tomar para realizar un trabajo de conservación en este tipo de caminos.

La presente tesis, podrá ser utilizada como referencia al público en general, para la consulta de un diseño de pavimentación en zonas urbanas, brindando información y procedimiento requerido para tal ejecución, así como auxiliar para un caso que características similares a las aquí presentadas.

**Marco de referencia.**

La zona de estudio está ubicada en la ciudad de Uruapan, Michoacán, en la colonia “El Milagro”.

Esta es una colonia creada con fondos federales y administrados por el Patrimonio de inmuebles del Honorable Ayuntamiento de la ciudad de Uruapan, Michoacán. Actualmente la colonia ha sido proveída de todos los servicios básicos, como lo son la electricidad, alcantarillado, y potabilización.

Son casas de tipo habitacionales. El servicio urbano llega a 300 mts de la colonia y solo hay dos rutas existentes para su acceso.

# CAPÍTULO 1

## URBANIZACIÓN

En el presente capítulo se menciona la normatividad que se aplicará, la topografía, los tipos de pavimento, planimetría, altimetría, mecánica de suelos y la clasificación de suelos del lugar.

### **1.1. Normatividad.**

Se hace mención a continuación, de algunos de los artículos más importantes del Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo, que se utilizarán en la presente tesis para la realización del Diseño del proyecto de pavimentación para la urbanización de la colonia “El Milagro”, en Uruapan, Michoacán. Así como los principales estudios topográficos y de mecánica de suelos para dicha urbanización.

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 estos 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;

- a. Residencial;
  - b. Medio;
  - c. Interés social;
  - d. Popular; y,
  - e. Mixto;
- II. Habitacionales Suburbanos:
- a. Campestre; y,
  - b. Rustico tipo granja;
- III. Comerciales
- a. Venta el detalle; y,
  - b. Venta al mayoreo y/o bodegas;
- IV. Industriales:
- a. Contaminantes; y,
  - b. 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 de 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 301.- Las normas de vialidad son las que regulan el proyecto de un Desarrollo o de desarrollo en condómino, en cuanto a las características, especificaciones y dimensiones de las vialidades y andadores, pavimentos, banquetas y guarniciones, así como a la nomenclatura y circulación de las mismas.

Artículo 302.- Las vialidades de un Desarrollo o desarrollo en condómino, 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 de 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 otras 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 condómino 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:

- VI. De tipo residencial, el veinte por ciento;
- VII. De tipo medio, el quince por ciento; y,
- VIII. 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, sólo por excepción en los casos en que las

condiciones físicas o climatológicas del predio a fraccionar lo justifiquen o cuando la estructura urbana principal de la ciudad sea diversa a esta disposición.

Artículo 304.- Las vialidades cerradas sólo se permitirán por excepción y solo en los casos en las condiciones físicas del predio por fraccionar lo justifiquen, o cuando se trate de vialidades de un desarrollo en condómino y que no afecte la estructura vial principal existente de la zona donde se ubique o que esté 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; y,
- III. En los demás tipos de Desarrollos, tendrán una longitud máxima de 90 metros y un retorno de 20 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:



- a. Son aquellos que servirán exclusivamente para el tránsito de peatones; debiendo quedar cerrados al acceso de vehículos por medio de obstrucciones materiales;
- b. 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,
- c. Su longitud máxima será de 90 metros, se podrán intercalar hasta dos andadores entre dos vialidades.

II. Ciclo vías:

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

Artículo 306.- Cuando las autoridades competentes proyecten una arteria de alta velocidad o está 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 aquella, y si la vialidad que se continua 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 condómino, se deberá respetar la altura 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 que lo impida.

Artículo 313.- Los fraccionamientos Habitacionales Urbanos, son aquellos que el Ayuntamiento podrá autorizar, ubicados dentro de los límites de un centro de población y sus lotes se aprovechen predominantemente para vivienda.

Artículo 316.- Los Fraccionamientos Habitacionales Urbanos tipo interés social, son aquellos que se ubican en áreas cuya densidad de población puede ser mayor de 301 habitantes por hectárea, pero no mayor de 500 habitantes por hectárea, y deberán tener como mínimo las características siguientes:

- IV. Vialidad: Las vialidades colectoras deberán tener como mínimo una anchura de 15 metros, medida de paramento a paramento; las banquetas

serán de 2.00 metros de ancho, de los cuales el veinte por ciento se empleara como zona jardinada. En cada caso, el Ayuntamiento determinará la conveniencia de usar camellones. En las vialidades colectoras se deberán prever espacios para los paraderos de transporte público.

Las vialidades principales deberán tener una anchura mínima de 12 metros, medida de paramento a paramento; las banquetas serán de 1.50 metros de ancho de los cuales el veinte por ciento se empleara como zona jardinada.

Las vialidades secundarias deberán tener una anchura mínima de 10.50 metros, medida de paramento a paramento; las banquetas serán de 1.20 metros de ancho.

En el caso que existan andadores, estos deberán tener como mínimo 6 metros de ancho y contar con un área jardinada de cuando menos cuarenta por ciento de su ancho.

Cualquier lote que tenga acceso a través de un andador, deberá estar situado a una distancia menor de 70 metros de una calle de circulación de vehículos o del lugar de estacionamiento correspondiente; e,

- V. Infraestructura y equipamiento urbano. Cuando el Desarrollo Habitacional Urbano no esté ubicado próximo a las obras de cabeza administradas por el Organismo, se exigirá la construcción de un emisor para que descargue en ellas, o en su caso, dependiendo de las circunstancias técnicas y económicas un sistema de tratamiento de aguas negras;

- d. Guarniciones de concreto hidráulico;

- e. Banquetas de concreto hidráulico u otro material de calidad similar;
- g. Pavimentos de asfalto u otro material de calidad similar, en arroyos viales;
- h. En el caso de las vialidades colectoras el pavimento en arroyo vehicular será de concreto hidráulico;
- j. Placas de nomenclatura, señalamientos viales y de tránsito en esquina de calles, de conformidad al diseño y características técnicas aprobadas por el Ayuntamiento.

Artículo 331.- Las autorizaciones, licencias, permisos y constancias que se otorguen conforme a lo dispuesto por este Código, deberán tomar en cuenta los aspectos siguientes:

- I. Las zonas en que se permiten;
- II. Los diferentes tipos de Desarrollos en función del uso o destino del predio;
- III. Las densidades de la población de las áreas o zonas donde se pretendan otorgar;
- IV. La organización de las estructuras viales y del sistema de transporte;
- V. La proporción y aplicación de las inversiones en diversas etapas;
- VI. La dotación adecuada y suficiente de equipamiento e infraestructura;
- VII. Las especificaciones relativas a las características y dimensiones de los lotes, a la densidad de construcción de los lotes considerados individualmente, así como las densidades totales;
- VIII. Los usos y destinos del suelo previstos en los programas de Desarrollo Urbano;

- IX. El alineamiento y las compatibilidades de uso del suelo;
- X. Las especificaciones de construcción que por cada tipo de obra o servicio se señalen en las disposiciones legales aplicables;
- XI. La capacidad de servicio de las redes de infraestructura y a las características del suelo, con el fin de no permitir la ejecución de obras o proyectos en zonas no aptas para el desarrollo urbano;
- XII. La congruencia del proyecto con la estructura urbana de la población;
- XIII. La dispersión de los desarrollos para evitar su desarticulación con la red básica de servicios municipales;
- XIV. La protección del medio ambiente;
- XV. La dirección de los vientos dominantes; y,
- XVI. Todos aquellos lineamientos, criterios o normas técnicas que se deriven de la legislación y programas en materia de desarrollo urbano.

Artículo 333.- Las normas técnicas del proyecto, de obras de urbanización y construcciones, deberán ajustarse a lo dispuesto en este Código.

## **1.2. Topografía.**

La topografía, “Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos de espacio; dos distancias, 1 elevación, o una distancia, una dirección y una elevación”. (Montes de Oca; 1981; 1)

El hombre desde su inicio, ha requerido conocer de una manera cualitativa y cuantitativamente el entorno en el cual se desenvuelve, por carácter vital se

encuentra en íntima relación con los elementos a su alrededor, ya que de estos obtiene sus satisfactores, los cuales con el paso del tiempo, empiezan a dificultarse el conseguirlos dado el crecimiento poblacional y la disminución de recursos explotables.

En situaciones pasadas las necesidades de conocimiento territorial se encontraban limitadas a espacios reducidos para la satisfacción de sus necesidades, ya que los elementos vitales eran bastos y la población escasa, en la actualidad, la situación está completamente invertida, la población se expande, y los recursos naturales no crecen.

Partiendo del concepto de topografía, se puede decir que el conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y su representación en un plano, es conocido comúnmente como “Levantamiento”.

### **1.3. Tipos de levantamientos.**

Dentro de la topografía se pueden realizar diferentes tipos de levantamientos, los cuales son los siguientes:

- Levantamientos topográficos.
- Levantamiento geodésico.

Los levantamientos topográficos son aquellos que abarcando superficies reducidas pueden desprestigiar la curvatura de la tierra, sin error apreciable; estos se consideran los más comunes.

Los levantamientos geodésicos, son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la Tierra; estos son motivo de estudio especial al cual se dedica la Geodesia.

Los levantamientos topográficos se encuentran divididos en cinco tipos:

- Levantamiento de terrenos en general: los cuales marcan linderos, miden y dividen superficies, ubican terrenos en planos generales y/o proyectan obras y construcciones.
- Topografía de vías de comunicación: sirve para estudiar, construir caminos, acueductos, etc.
- Topografía de minas: su objetivo es fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.
- Levantamientos catastrales: son los que se hacen en ciudades, zona urbana y municipios, para fijar o estudiar linderos.
- Levantamientos aéreos: se realizan por medio de fotografía y es utilizada como un auxiliar en todas las otras clases de levantamientos.

### **1.3.1. Errores.**

Un levantamiento topográfico está conformado por una precisión; todas las operaciones en topografía en acuerdo con Montes de Oca (1981), están sujetas a las imperfecciones propias de los aparatos y al manejo de ellos, ninguna medida es exacta, hay que tomar en cuenta la naturaleza y la magnitud de los errores, por comprobaciones; las cuales se buscarán para comprobar las medidas y los cálculos ejecutados, para encontrar equivocaciones, errores y el grado de precisión obtenido, así como las notas de campo; la cual es la parte más importante del campo, estas

deben tomarse siempre en hojas de registro, deben incluirse la mayor cantidad de datos complementarios posibles.

Como ya se mencionó, los errores pueden ser instrumentales, personales o naturales. Estos están divididos en dos clases:

- Sistemáticos.
- Accidentales.

Los errores sistemáticos para condiciones fijas de trabajo en campo, son constantes, del mismo signo y acumulativos.

Los errores accidentales se cometen indiferentemente en un sentido o en otro, es igualmente probable que tengan un signo positivo o negativo.

Las equivocaciones se evitan con la comprobación, los errores accidentales se pueden reducir por medio de un mayor cuidado en las medidas y aumentando su número. Los errores sistemáticos se pueden corregir, aplicando correcciones a las medidas cuando se conoce el error.

#### **1.4. Planimetría.**

La planimetría es la representación de todos los puntos del terrenos sobre una superficie plana; en esta parte de la Topografía se estudia el conjunto de métodos y procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin tomar en cuenta sus elevaciones, ya que aquí no importan las diferencias relativas de las elevaciones entre los diferentes puntos del terreno. Es decir se representa el terreno visto desde arriba o en planta.

Las medidas de distancias entre puntos pueden hacerse de dos maneras:

- Directas.



- Indirectas.

Las medidas indirectas se estudian en la parte relativa a levantamientos taquimétricos.

Las medidas directas se realizan por medio de Longímetros, que pueden ser:

- Cinta de acero (10, 15, 20,30 ó 50 m).
- Cinta de lienzo (con entramado metálico).
- Cinta de fibra de vidrio.
- Cadena (trabajos realizados de poca aproximación o terreno abrupto).

Los métodos de levantamientos con longímetro son básicamente cinco:

- Polígono de base triangulado: el cual consiste en reconocimiento, trazo y medición del polígono base (incluyendo diagonales), levantamiento de detalles con relación al polígono, cálculo de los ángulos del polígono, proyección del levantamiento.
- Polígonos con lados de liga: en el cual si se miden dos lados iguales, el de liga resulta una cuerda de círculo de radio, así, en esta forma quedan definidos los ángulos del polígono de apoyo.
- Prolongación de alineamientos: adecuado para levantar perímetros de construcciones irregulares.
- Por coordenadas
- Polígono triangulado con vértice central.

#### **1.4.1. Poligonación.**

En conformidad con el INEGI (2009), la poligonación es un método de posicionamiento horizontal ampliamente utilizado en la actualidad, facilita y da una

alta precisión en la medición de distancias con nuevos equipos electrónicos y determinación de ángulos.

Consiste en la medición en serie de líneas consecutivas en donde las longitudes y direcciones se determinan a través de la medición directa en campo.

Existen tres tipos de medición:

- Cerrada.
- Abierta geoméricamente pero cerrada analíticamente.
- Abierta geoméricamente y analíticamente.

#### 1.4.1.1. Poligonales cerradas.

Son aquellas que inician y terminan en un mismo punto, formando un polígono cerrado geométrica y analíticamente.

Poligonal abierta geoméricamente pero cerrada analíticamente: Inicia en un vértice que forma parte de un lado conocido, de precisión y termina en otro con las mismas características.

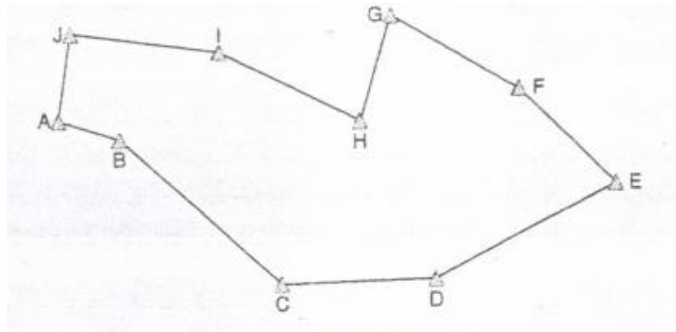


Imagen 1.1. Poligonal cerrada.  
Fuente: INEGI; 116: 2009.

### 1.4.1.2. Poligonal abierta geometría y analíticamente.

Es una serie de líneas sin puntos de control, no se recomienda, no existe forma posible de comprobar su calidad, excepto por acimutes por medio de orientación astronómicas.

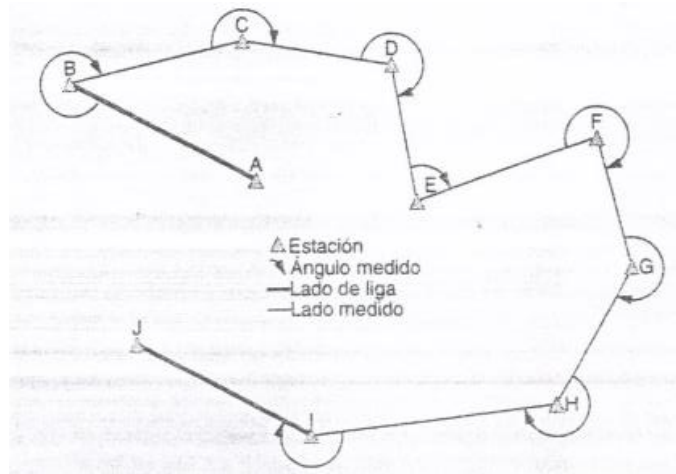


Imagen 1.2. Poligonal abierta.  
Fuente: INEGI; 116: 2009.

### 1.5. Altimetría.

La altimetría es el conjunto de operaciones, cuyo objetivo principal es determinar la diferencia de alturas entre diferentes puntos situados en el terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia.

Este conocimiento es básico para las obras de Ingeniería, como para el trazo de vías de comunicación, edificación, obras de riego, así como la elaboración de planos que muestren la configuración del terreno.

La altimetría consta de algunos elementos y conceptos básicos para su realización, como lo son:

- Superficie de nivel.
- Vertical.
- Plano horizontal.
- Datum (superficie a la cual se refieren las elevaciones).
- Nivel Medio del Mar.
- Altura.
- Cota (cantidad numérica que expresa la distancia vertical de un punto con respecto a otro).
- Elevación.
- Altitud (distancia vertical desde un punto a otro).
- Banco de nivel (marca permanente en el terreno de altitud conocida).
- Nivelación.
- Desnivel.

#### **1.5.1. Aparatos empleados para la medición.**

Existen en la actualidad diversas formas de medición de nivel, elementos clásicos y elementos renovados ya con las nuevas tecnologías existentes y más precisas, así como equipo menor para su auxilio y manejo.

Encontramos como equipo menor los siguientes accesorios básicos:

- Sapos: placas de acero u otro material similar, con un casquete esférico en su centro y tres patas con puntas de acero para fijarlos en el suelo. Sirven para apoyar las miras o estadales, evitando que cambie su altura durante la obtención de las diferencias de nivel.
- Miras o estadales: Son reglas de madera, fibra de vidrio o metal, graduadas en metros y decimales, sobre las que se realizan las lecturas en el levantamiento.
- Trípodes: Su función es sostener el nivel durante las operaciones de campo, consta de un armazón de tres patas rígidas y un cabezal donde se atornilla el nivel.

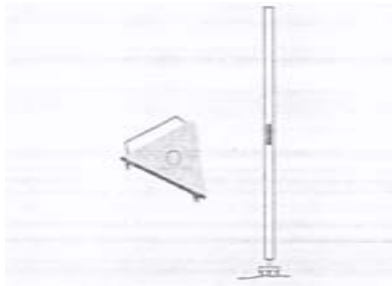


Imagen 1.3. Sapo.  
Fuente: INEGI; 167: 2009.

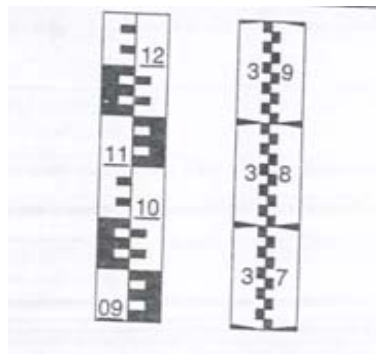


Imagen 1.4. Miras o estadales.  
Fuente: INEGI; 168: 2009.

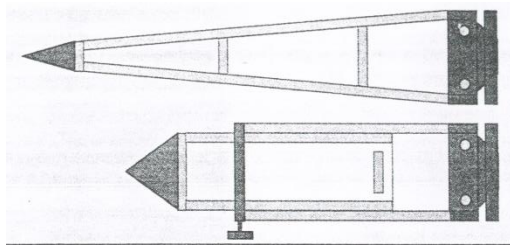


Imagen 1.5. Trípodes.  
Fuente: INEGI; 170: 2009.

### 1.5.2. Aparatos de Nivelación.

De acuerdo con el INEGI (2009), los aparatos de medición topográficos según sus características de construcción y operación, se pueden clasificar en:

- Nivel fijo o Dumpy: En este tipo de nivel, el anteojo se encuentra unido rígidamente a la regla de nivel y paralelo a ella. El nivel de burbuja también está unido a la regla y permanece siempre en el mismo plano vertical.
- Nivel basculante: En esta categoría el anteojo se puede inclinar, para lo cual cuenta con una rotula que permite nivelarlo rápidamente, estando el anteojo soportado por un pivote central sobre el que se mueve para lograr la nivelación precisa de la burbuja. Se encuentra provisto de un nivel esférico para lograr una aproximación de su nivelación y afinarla por medio del basculamiento del anteojo, esto ahorra tiempo e incrementa la precisión.
- Nivel automático: Establece la horizontalidad de la línea visual dentro de ciertos límites, mediante un sistema compensador óptico suspendido con un péndulo interpuesto en la trayectoria visual.

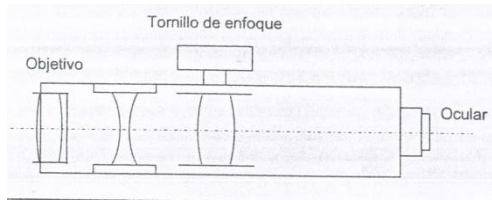


Imagen 1.6. Nivel fijo.  
Fuente: INEGI; 172:2009.

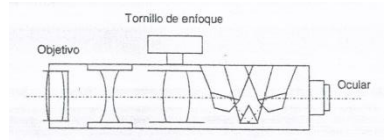


Imagen 1.7. Nivel automático.  
Fuente: INEGI; 173: 2009}}.

### 1.5.3. Tipos de Nivelación.

La finalidad de la nivelación es determinar la elevación de los puntos situados en el terreno. Este procedimiento consiste en pasar planos horizontales entre dos miras o estadales para obtener el desnivel entre ellos por su diferencia de lectura. Así, podemos determinar cinco tipos de nivelación existentes:

- Nivelación diferencial: Se lleva a cabo cuando se desea determinar el desnivel entre dos puntos.
- Nivelación de perfiles: Se realiza para determinar el perfil de una línea específica de proyecto.
- Nivelación de terrenos: Es utilizada para la generación de planos con curvas de nivel, estas representan la configuración del terreno
  - Curvas de nivel: Es el resultado de la intersección de un plano horizontal con la superficie del terreno. Se pueden

determinar por medio de una interpolación gráfica, analítica o a estima.

- Nivelación de detalles: Se utiliza cuando solo se requiere saber un parte del terreno, no su totalidad.
- Nivelación trigonométrica: Se miden ángulos verticales y distancias horizontales o inclinadas.

### **1.6. Mecánica de suelos.**

“Se entiende como suelo al material formado por partículas minerales (producidas por la descomposición de las rocas) y vacíos, los cuales pueden o no estar ocupados por agua.” (Arias; 2007:1)

La Mecánica de Suelos, es la rama de la Ingeniería Civil que se encarga del estudio de aplicación de Mecánica e Hidráulica a los problemas de Ingeniería, los cuales están directamente relacionados con sedimentos, partículas no consideradas sólidas, producto de desintegraciones mecánicas o descomposiciones de roca.

El suelo en fin de Ingeniería, representa todo tipo de material terroso, un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, con una organización definida y propiedades variables.

La generación de suelo, los mecanismos de ataque, están básicamente constituidos en dos grupos: desintegración mecánica y desintegración química.

La desintegración mecánica es generada por congelación de agua, cambios de temperatura, efectos de los organismos (raíces, roedores, etc.), esfuerzos



tectónicos, efectos abrasivos del agua y viento, efectos telúricos (sismos, terremotos, etc.), efectos de la gravedad (taludes, derrumbes, etc.). Estos efectos generan en su mayoría arenas, limos, y en casos especiales, arcillas.

La descomposición química es generada principalmente por el agua, la oxidación, la hidratación y la carbonatación. Estos efectos generan en su mayoría suelos finos, arcillas, arenas, limos.

Los suelos residuales, son aquellos que, con el ataque de los agentes de intemperismo, quedan directamente en el lugar.

Los suelos transportados, son aquellos que son removidos del lugar de formación y redepositados en otra.

#### **1.6.1. Propiedades físicas de los suelos.**

Se conoce como estructura de un suelo a la ubicación, arreglo y orientación, entre otros factores, de sus partículas. Los suelos pueden ser gruesos o finos.

La estructuración de los suelos gruesos es simple, aquella estructura en la que las partículas se apoyan una sobre otra en forma continua. Existen varios puntos que influyen en el comportamiento de un suelo grueso:

- Condiciones de drenaje (saturación, nivel freático, etc.).
- Compacidad del suelo.
- Estratigrafía.
- Granulometría.
- Resistencia o Dureza de los granos.

- Forma de los granos.

La estructuración de los suelos finos, es mucho más compleja. Influyen de manera determinante las fuerzas electromagnéticas propias del dimensionamiento de las partículas y sus fuerzas de origen molecular. Sus partículas suelen ser muy pequeñas que no se notan a simple vista. Las estructuras más comunes son: panaloide, floculenta y dispersas.

### **1.6.2. Propiedades volumétricas y gravimétricas.**

El suelo a simple vista, se podría decir que es un sistema de partículas cuyos espacios vacíos pueden estar de una forma parcial o totalmente saturados de agua, generando tres fases: sólida, líquida y gaseosa.

Un suelo formado por las fases sólida y líquida se denomina suelo saturado; uno constituido por las fases sólida y gaseosa es un suelo seco, y uno integrado por las tres fases es un suelo parcialmente saturado.

### **1.6.3. Relaciones entre volúmenes y pesos.**

En conformidad con Juárez (2002), en Mecánica de Suelos se relaciona el peso de las distintas fases con sus volúmenes correspondientes, por medio del concepto de peso específico, es decir, la relación entre el peso de la sustancia y su volumen.

El peso específico relativo se define como la relación entre el peso específico de una sustancia y el peso específico del agua.

Las relaciones a continuación mencionadas, son importantes para el manejo comprensible de las propiedades mecánicas de los suelos, son imprescindibles para lograr expresar con claridad y realidad los datos y conclusiones obtenidos.

- Relación de Vacíos: Es la relación entre volumen de vacíos y volumen de sólidos en un suelo.
- Porosidad: Se le llama así a la relación entre volumen de vacíos y el volumen de su masa. Físicamente, muestra la cantidad de huecos en la muestra.
- Grado de saturación: Esta es la relación entre el volumen de agua de un suelo y su volumen de vacíos. Este nos permite observar si un suelo es seco, parcialmente saturado, o saturado.
- Contenido de agua: Se relaciona el peso del agua entre el peso de la fase sólida de la muestra de suelo.

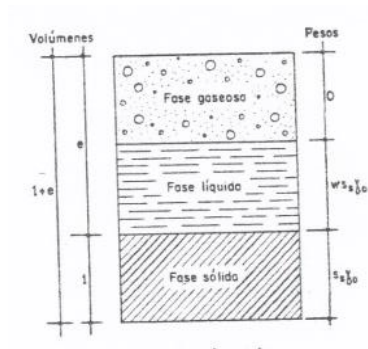


Imagen 1.8. Esquema de una muestra de suelo.

Fuente: Juárez; 2002: 52.

#### **1.6.4. Pesos específicos o volumétricos.**

Se clasifica el peso específico en tres variantes existentes en la muestra:

- **Peso específico húmedo:** Es el cociente del peso total de la muestra entre el volumen de la misma. Sus unidades son en ton/m<sup>3</sup>.
- **Peso específico seco:** Resulta de dividir el peso de los sólidos entre el volumen total de la muestra, se excluye el peso del agua. Sus unidades son en ton/m<sup>3</sup>.
- **Peso específico sumergido:** Es un suelo sumergido en agua, que experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del volumen del agua desalojada. Sus unidades son en ton/m<sup>3</sup>.

#### **1.6.5. Granulometría.**

Es la parte de la Mecánica de Suelos que estudia lo referente a las formas y distribución de tamaños de las gravas o partículas que constituyen el suelo.

Los suelos gruesos, son analizados en mallas del No. 4 al No. 200. Un suelo grueso bien graduado, con una amplia variedad de tamaños, tiene un comportamiento mecánico e hidráulico mejor que los suelos de granulometría muy uniforme o uniforme.

Los suelos finos son aquellos que atraviesan la malla No. 200. En los suelos finos, el comportamiento depende de las formas de las partículas y su composición. Los suelos de partículas finas laminadas como las arcillas, son más compresibles y plásticas que las partículas equidimensionales, como los limos.

Tamaño en mm								
2.0	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	0.0006	0.0002
<i>Gruesa</i>	<i>Media</i>	<i>Fina</i>	<i>Grueso</i>	<i>Medio</i>	<i>Fino</i>	<i>Gruesa</i>	<i>Media</i>	<i>Fina (coloides)</i>
ARENA			LIMO			ARCILLA		

Tabla 1.1. Granulometría.  
Fuente: Juárez; 2002: 99.

MATERIAL	CARACTERÍSTICA	TAMAÑO mm
Piedra	---	Mayor de 70 mm
Grava	Gruesa	30 a 70
	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
Arena	Gruesa	1 a 2
	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
Polvo	Grueso	0.05 a 0.1
	Fino	0.02 a 0.05
Limo	Grueso	0.006 a 0.02
	Fino	0.002 a 0.006
Arcilla	Gruesa	0.0006 a 0.002
	Fina	0.0002 a 0.0006
Ultra-Arcilla	---	0.00002 a 0.0002

Tabla 1.2. Clasificación granulometría.  
Fuente: Juárez; 2002: 99.

Una curva de distribución granulométrica nos indica en general, el tamaño de los granos y la buena o mala graduación de estos. A partir de esta curva, se pueden obtener dos importantes indicadores que caracterizan a un suelo:

- Coeficiente de uniformidad: Representa la extensión de la curva de distribución granulométrica, a mayor extensión de esta curva se tendrá una mayor variedad de tamaños, lo que sería propio de un suelo bien graduado.
- Coeficiente de curvatura: Indica una curva granulométrica constante, sin variantes.

Estos dos coeficientes indican cuando un suelo está bien graduado o mal graduado.

#### **1.6.6. Plasticidad.**

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

Atterberg desarrollo los Estados de Consistencia para calcular la plasticidad en una arcilla, ya que hizo notar que esta no es una propiedad permanente, si no momentánea y dependiente de su contenido de agua.

Estos Estados de Consistencias están generados por los siguientes puntos:

- Límite Líquido: Es el contenido de agua de un suelo fino para el cual tiene una resistencia al esfuerzo cortante.

- Límite plástico: Es el contenido de agua según el cual el suelo comienza a perder sus propiedades plásticas para pasar a un estado semisólido.
- Límite de contracción: Es el contenido de agua a partir del cual el volumen del suelo permanece constante aunque la humedad disminuya.

### **1.7. Clasificación de suelos.**

Existen varios antecedentes sobre la necesidad de clasificar los suelos según sus cualidades y propiedades mecánicas. Destacan los realizados por Casagrande, que generó el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que distingue los suelos gruesos y los finos que pasan la malla No. 200.

Dentro de los suelos gruesos, el SUCS, considera a cada grupo representándolo por medio de dos letras mayúsculas:

- G: gravas y arenas.
- S: arenas y suelos arenosos.

Las gravas y arenas se separan de la malla No.4 por lo que el suelo pertenecerá al grupo G si más del 50% de su fracción gruesa (o sea la retenida en la malla No. 200) no pasa la malla No.4, y si sucede lo contrario, el suelo formara parte del grupo S.

Las gravas y arenas dan lugar a la siguiente clasificación, dependiendo de sus características de limpieza, graduación y porcentaje de finos de cada grupo:

- W: material limpio de finos, bien graduado.
- P: material limpio de finos, mal graduado.

- M: material con finos no plásticos.
- C: material con finos plásticos.

Respecto a los suelos finos, el SUCS también considera a los suelos reuniéndolos en grupos formados por dos letras mayúsculas:

- M: limos inorgánicos.
- C: arcillas inorgánicas
- O: limos y arcillas orgánicas.

Estos tres tipos se dividen a su vez, de acuerdo al límite líquido en dos grupos:

- Si el límite líquido es menor del 50% se le añadirá la letra L.
- Si el límite líquido es mayor del 50% se le añadirá la letra H.



CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US) PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)	ARENAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)	ARENAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS) ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PARTICULAS FINAS)	SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
			SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
			SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
			SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
			SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
			SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
			SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
			SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
			SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
			SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº 4 (4.75 mm)
SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US) (USESE LA CUNA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50	ARENAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS) ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PARTICULAS FINAS)	SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	ARENAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTICULAS FINAS) ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PARTICULAS FINAS)	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)
			SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 mm) (US)

→ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS US. STANDARD

Tabla 1.3. Clasificación de Sistema Unificado (SUCS.)  
 Fuente: Juárez;2002: 161.

## CAPÍTULO 2

### PAVIMENTACIÓN

En el presente capítulo se hará mención de los tipos de pavimentos, fallas, agrietamientos, juntas, procesos de construcción y vialidades urbanas que se tomarán en cuenta para el desarrollo del lugar.

#### **2.1. Pavimentos.**

Se define como pavimento al “Conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben de forma directa las cargas del tránsito y las transmiten adecuadamente distribuidas a las capas inferiores; proporcionan la superficie de rodamiento en donde se debe tener una operación rápida y cómoda.”(Oliveira; 2006; 14)

Como se lee en la definición anterior, una vía pública es un espacio determinado, con superficie de rodamiento, creado para el transporte tanto vehicular como peatonal de la forma más accesible, segura y confiable.

De conformidad con Olivera (2006), existen dos principales tipos de pavimentos: los flexibles y los rígidos; en los primeros, la superficie de rodamiento esta proporcionado 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.

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de concreto hidráulico que distribuyen las cargas de los vehículos, hacia las capas inferiores, por medio de toda la superficie de la losa y las adyacentes que trabajan en forma conjunta con la que recibe directamente las cargas. Este pavimento no puede adherirse a deformaciones de las capas interiores sin que estas representen una falla estructural; aunque el pavimento rígido pueda colocarse en teoría directamente en la subrasante, es necesaria la construcción de una subbase para así evitar el bombeo de los finos hacia las capas de superficie de rodamiento, lo cual podría provocar una falla en esquina o de orilla en la losa.

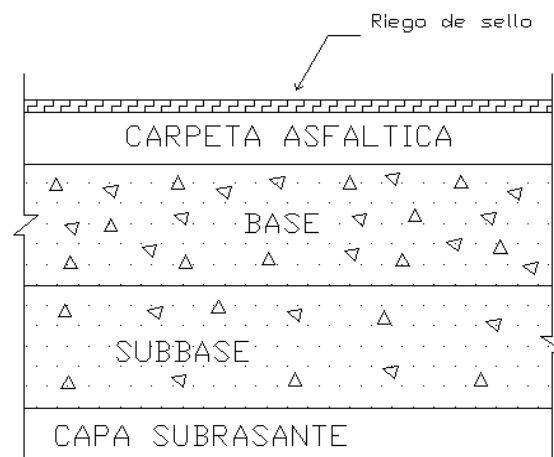


Imagen 2.1. Capas de un pavimento flexible.  
Fuente: Olivera; 2006:18.

Según Juárez (2004), una de las principales funciones de la subbase de un pavimento flexible es de carácter económico. Se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. El objetivo de la subbase es disminuir el costo de la base, la cual es formada con un material de alta calidad, por

lo tanto para la disminución de su costo se pretende hacer más delgada. Tanto la base como la subbase tienen como función:

- Recibir y resistir las cargas de tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento.
- Transmitir, adecuadamente distribuidas, estas cargas a las terracerías.
- Impedir que la humedad de las terracerías ascienda por capilaridad.
- En caso de que exista alguna introducción de agua por la parte superior, permitir que esta descienda hasta la capa subrasante en la cual por efecto de bombeo, o sobreelevación, sea desalojada hacia el exterior.

La carpeta deberá de proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con una textura y un color apropiados y resistir los efectos abrasivos del tráfico. Hasta donde sea imposible debe de impedir el paso del agua hacia los interiores.

Un pavimento rígido tiene como elemento estructural fundamental una losa de concreto. Ésta se apoya sobre una capa de material la cual puede ser una subrasante, una subbase, o una base; todo depende de un problema de nomenclatura, se trata de dar básicamente a la losa un apoyo suficientemente uniforme y estable, garantizando que no quede falta de soporte. La base no tiene ningún fin estructural, pues la losa debe ser suficiente para soportar las cargas y su espesor casi no influye en el espesor de la losa.

La losa de concreto tendrá como función las mismas de la carpeta en el pavimento flexible, más la función estructural como se mencionó en la parte superior, de soportar y transmitir en el nivel adecuado los esfuerzos que se le serán aplicados.

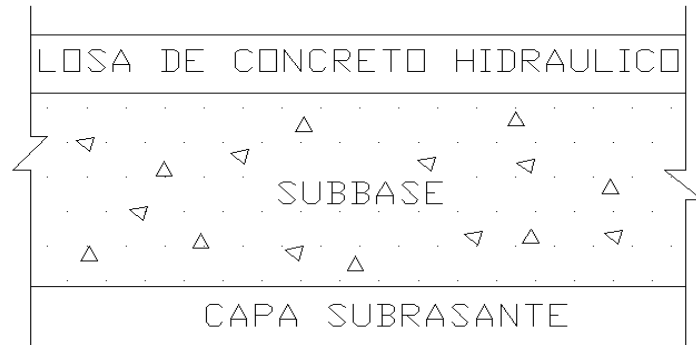


Imagen 2.2. Capas de un pavimento rígido.  
Fuente: Olivera; 2006:18.

### 2.1.1. Carpetas asfálticas.

“La carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible y proporciona la superficie de rodamiento para los vehículos. Se elabora con materiales pétreos y productos asfálticos.” (Olivera; 2006; 121)

Los materiales pétreos que son utilizados para la construcción de carpetas son suelas inertes, generalmente 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 bien ambos para poder ser utilizados.

La granulometría es de mucha importancia en este caso, así como debe cumplir todas las normas requeridas, ya que los materiales pétreos serán cubiertos en su totalidad con el asfalto, y si la granulometría cambia, también cambiara la superficie por cubrir.

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

- No deben emplearse agregados pétreos que presenten más del 35% en peso, de fragmentos que tengan marcada tendencia a romper en forma de lajas cuando se les tritura.
- No deben utilizarse 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 por recomendación secos.
- El tamaño máximo del agregado pétreo no deberá ser mayor que las 2/3 partes del espesor de la carpeta diseñada.
- Deberá tener suficiente resistencia para soportar, sin dañarse o romperse, las cargas del equipo de compactación.
- Los materiales pétreos deberán llenar características granulométricas tales que la curva graficada deberá quedar dentro de las zonas marcadas por las curvas siguientes.
- La absorción del material pétreo no debe ser mayor de 5%.
- La densidad aparente del material pétreo no debe ser menor de 2.3%

#### **2.1.1.1. Tipos de Carpetas Asfálticas**

Tres son los tipos de carpetas más utilizadas:

- Por riegos
- Mezclas en el lugar
- Concretos asfálticos

### **a) Carpetas por el sistema de riegos**

Dicho por Olivera (2006) la forma de construir las carpetas por riegos es: sobre la base impregnada se dará un primer riego de asfalto el cual se cubrirá con un riego de material pétreo más grueso del que vaya a ser utilizado, posteriormente con una compactadora de rodillo liso de 10 toneladas se le dará un acomodo haciendo tres cubrimientos de superficie. Se repetirá la operación tres veces, modificando únicamente el grueso del material pétreo de mayor a menor. Se dejara una semana para que fragüe el producto asfáltico y después, por medio de un barrido mecánico o manual se retirara el fino que no haya quedado agregado a la estructura. Este último procedimiento es de suma importancia realizarlo ya que de hacerlo de una manera poco eficiente, podrá causar fragmentos voladizos que pueden afectar a los usuarios causando roturas de parabrisas.

### **b) Carpetas asfálticas de mezclas en el lugar**

De acuerdo con Olivera (2006) estas mezclas asfálticas elaboradas en el lugar, se ejecutan utilizando materiales pétreos de granulometría continua.

La elaboración de estas carpetas consiste en:

- Elección de bancos. Se hace una exploración de la zona que atravesara la obra y sus alrededores, se muestrean los bancos, los materiales de mina, los bancos de conglomerado y las rocas que pudieran utilizarse; se determina el contenido ideal de asfalto para cada material y al final se elegirán los bancos con los cuales se trabajará.

- Se realiza la extracción del material de los bancos, ya sea manual o si es conglomerado, el uso de explosivos y medios mecánicos.
- Tratamientos previos de cribado o triturado, y/o limpieza de desperdicio.
- Transporte a la obra del material y medición del volumen acarreado.
- Esparcir el material pétreo en la obra con una motoconformadora, para después con una petrolizadora regar el asfalto. Se repetirá el proceso hasta que la motoconformadora comience a mezclar el material pétreo y el asfalto, pasándolos de un lado a otro, hasta que se homogenice completamente.
- Una vez logrado lo anterior, sobre la base impregnada y barrida, se dará un riego de liga con rebajado asfáltico.
- Extendida la y mezcla se procede a compactarla con un rodillo liso o neumático o ambos, de pesos entre 8 y 15 toneladas. Al final de la compactación, se borrarán las huellas con un rodillo liso.

### **2.1.2.- Concretos asfálticos.**

El cemento asfáltico es el último residuo de la destilación del petróleo y a temperaturas normales es sólido, de color café oscuro. Este debe ser calentado a 140°C para poder ser mezclado con materiales pétreos. Debido a las características del cemento asfáltico, este tipo de carpetas tienen como características de tipo elástico, ruptura de tipo frágil y poca resistencia, principalmente en bajas temperaturas. Este tipo de carpetas no deben de construirse sobre bases naturales, con nódulos de elasticidad bajos, con deformaciones bajo la acción del tránsito, sino



que deben ser construidas sobre bases rígidas con cal hidratada o cemento o sobre bases asfálticas.

La construcción de estas carpetas de concreto asfáltico se compone de lo siguiente:

- Se eligen los bancos de material pétreo, que, generalmente estarán constituidos de roca masiva como basalto, riolitas, andesitas, calizas, o bancos conglomerados o aglomerados.
- Se hace el proyecto de granulometría en el laboratorio y se encuentra el contenido óptimo de asfalto.
- Se extrae el material para su trituración y su cribación.
- Por medio de elevadores de cangilones, el material se lleva al cilindro de calentamiento y secado, aquí el pétreo se calienta entre 150 C y 170 C.
- Ya con la temperatura adecuada, el pétreo se eleva otra vez con cangilones a la unidad de mezclado, se pesa la cantidad de pétreos necesaria y es depositada en una caja mezcladora, en donde se provee el cemento asfáltico a una temperatura de 130 c a 140 C. Se realiza la mezcla hasta lograr su homogeneización y se hace el vaciado al equipo de transporte.
- Se transportará la mezcla al tramo donde será aplicada con una temperatura de 110 a 120 C, por lo cual se utilizarán lonas para mantener la temperatura. Antes de ser colocada la mezcla, se dará un riego de liga sobre la base impregnada. Al llegar la mezcla, con la maquina extendedora se descargará el contenido dándole una ligera compactación. Se repetirá el

procedimiento entre vehículo y vehículo en donde se evitará la discontinuidad por un equipo de rastrillos, los cuales asegurarán una textura conveniente en la superficie así como borrar las juntas longitudinales.

- A una temperatura un poco mayor de 90 C se iniciara la compactación primeramente con un rodillo de peso aproximado a 7 toneladas, y posteriormente se hará la compactación con uno de 15 toneladas. Se borrarán las huellas con un rodillo liso.

### **2.1.2. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles.**

Señalan Rico y Del Castillo (1994), que la mayoría de la tecnología que la ingeniería sobre pavimentos se ha ido desarrollando, ha sido principalmente para evitar la aparición de deterioros y fallas que con el tiempo se han ido clasificando y describiendo con el mayor detalle posible, así, gracias a esto, se ha logrado ir estableciendo una relación de causa- efecto, para permitir desarrollar un conjunto de normas y criterios para proyecto y conservación. Las fallas de los pavimentos pueden posiblemente dividirse en tres grupos:

- Fallas por insuficiencia estructural.
- Fallas por defectos constructivos.
- Fallas por fatiga.

#### **a) Fallas por insuficiencia estructural.**

Son pavimentos construidos con materiales inapropiados en cuanto a resistencia o con materiales de buena calidad, pero en espesor insuficiente. Esta es

la falla que se produce cuando las combinaciones de la resistencia al esfuerzo constante de cada capa y sus espesores no son los adecuados para que se establezca un mecanismo de resistencia apropiado.

**b) Fallas por defectos constructivos.**

Son pavimentos quizá bien proporcionados y formados por materiales suficientemente resistentes, en cuya construcción se han producido errores o defectos que comprometen el comportamiento conjunto.

**c) Fallas por fatiga.**

Son pavimentos que originalmente estuvieron quizá en condiciones apropiadas pero que por la continua repetición de cargas de tránsito sufrieron efectos de fatiga, degradación estructural y en general, pérdida de resistencia y deformación acumulada. Las fallas de fatiga son influidas por tiempo de servicio; son las fallas típicas de un pavimento que durante mucho tiempo trabajó sin problemas.

Se anexa la tabla en la cual se muestran los tipos y manifestaciones de las fallas en los pavimentos flexibles y la tabla de los principales factores que afectan a los tres tipos básicos de fallas de un pavimento flexible mencionados anteriormente.

Visto desde un punto mecánico, las fallas en los pavimentos suelen ser resultado de la deformación bajo esfuerzos cortantes o de la deformación por consolidación o por aumento de capacidad. Se describen a continuación algunas de las fallas más comunes en los pavimentos flexibles.

#### **d) Agrietamiento en piel de cocodrilo.**

Es un agrietamiento que se extiende por toda la superficie de rodamiento, o en una gran parte de ella, dicha superficie adquiere el aspecto de cocodrilo. Esta condición es indicativa de movimiento excesivo de una o más capas del pavimento o de fatiga. También es típico en bases débiles o insuficientemente compactadas.

#### **e) Deformación permanente en la superficie del pavimento. Surcos.**

Está asociada al aumento de compacidad en las capas granulares de base o subbase, a carga excesiva, carga repetida, rotura de granos o a una consolidación en la subrasante.

#### **f) Fallas por cortante.**

Son asociadas a falta de resistencia al esfuerzo cortante en la base o subbase del pavimento y raramente a la subrasante. Generalmente son surcos profundos, nítidos y bien marcados, cuyo ancho no excede mucho el de una llanta.

#### **g) Agrietamiento longitudinal.**

Consiste en la aparición de grietas longitudinales de no gran abertura en toda el área que corresponde a la de circulación de las cargas más pesadas. Agrietamientos de este tipo son debidos a movimientos de las capas de pavimento que tienen lugar predominantemente en dirección horizontal; este fenómeno puede ocurrir en la base, en la subbase o en la subrasante. Son indicativos de fenómenos de congelamiento y deshielo o cambios volumétricos ocasionados por agua en la subrasante.

## **h) Consolidación del terreno.**

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. Por falta de resistencia en el terreno cimentado, se compromete la estabilidad de los terraplenes, también se producen agrietamientos típicos con trayectoria circular.

## **2.2. Pavimentos rígidos.**

“Un pavimentos rígido tiene como elemento estructural fundamental una losa de concreto. Esta se apoya sobre una capa de material seleccionado, a la que se le da el nombre de subbase.” (Rico y Del Castillo; 1994; 205)

A diferencia de los pavimentos flexibles, los pavimentos rígidos son colocados sobre una subbase, la cual el material es previamente seleccionado para el pavimento, si la subrasante del pavimento es de una calidad lo suficientemente buena, lo losa de concreto puede colocarse directamente sobre ella evitando así una sub-base.

Los concretos que se utilizan comúnmente en la losa suelen ser de una resistencia relativamente alta, generalmente entre 200 y 400 kg/cm<sup>2</sup>. Las losas pueden ser de concreto simple, reforzado o pre- esforzado. Cuando se utiliza concreto simple o reforzado, el tamaño de las losas es similar, tendiendo generalmente a ser cuadradas con 3 a 5 m de lado, aunque en la actualidad exista la tendencia de aumentar su área. El concreto pre-esforzado permite la utilización de

superficies continuas de área muy superior; este hecho, además de disminuir el costo, induce una tendencia en favor del uso cada vez más frecuente del concreto pre-esforzado.

Los factores que afectan al espesor de la losa son principalmente el nivel de carga al cual estarán sometidas, las presiones de inflado de los neumáticos de los automóviles, el módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto que en ellas se utilice.

Crespo (1996) menciona las generalidades de los pavimentos de concreto hidráulico los que están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- Esfuerzos directos de compresión y cortante causados por las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de 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 cambios de temperatura.

Al estar los pavimentos rígidos sujetos a los esfuerzos mencionados anteriormente, para que estos pavimentos cumplan en forma satisfactoria y económica la vida útil que de ellos se espera, es necesario que el proyecto esté basado en los factores siguientes:

- Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro.
- Valor relativo de soporte y características de la subrasante.
- Clima de la región.
- Resistencia y calidad del concreto a emplear.

Si en el proyecto de estos pavimentos no se toma en cuenta alguno de los puntos mencionados, el pavimento no será económico. Si los espesores de las losas de concreto son muy elevados, si su carga es superior a la que realmente soporta, su comportamiento será satisfactorio, pero su costo de construcción será excesivo. Si los espesores son menores que los requeridos para las cargas que soportará, se acortará su vida de servicio o tendrá un costo de conservación muy alto y, por lo tanto, antieconómico y con un comportamiento poco satisfactorio.

Como se mencionó anteriormente, los pavimentos rígidos están constituidos por una subbase o base, y una losa de concreto hidráulico.

Esta subbase está realizada de una o más capas de materiales granulares, muchas veces estabilizados; solamente cuando la subrasante cuente con condiciones óptimas podrá evitarse la realización de la subbase. Las principales funciones de la subbase de un pavimento rígido según Rodríguez y Del Castillo (1994) 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.

Dada la rigidez comparativa de las losas de concreto y su resistencia, los esfuerzos que se transmiten en la subbase son pequeños, por lo que la resistencia no suele ser un requisito importante. En cambio, el correcto trabajo de las losas exige que estén uniformemente apoyadas y que ese apoyo se mantenga en buenas condiciones durante toda la vida del pavimento.

Como se ha mencionado anteriormente, los pavimentos rígidos están constituidos en la parte superior por una losa de concreto hidráulico. El concreto hidráulico es un material pétreo artificial que se elabora mezclando parte de agua y cemento Portland, con arena y grava en proporciones tales que se produzcan la resistencia y la densidad deseadas. En las arenas y gravas se debe de observar dureza, plasticidad, sanidad, forma de la partícula y granulometría. La plasticidad, la grava y la arena deben ser materiales inertes, deben tener un índice plástico y una contracción lineal de 0. Además de 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 del tiempo.



La forma de las partículas conviene que sean lo más rugosas posibles, con un alto valor de fricción, ya que así alcanza un buen valor de adherencia.

La granulometría es necesaria para garantizar la resistencia y la densidad del concreto endurecido, aun así, no es un elemento determinante para aceptar o rechazar los materiales, si un determinado concreto no satisface la densidad o la dureza, se pueden variar las proporciones de los agregados o la lechada en ellos, para obtener los resultados necesarios.

El cemento Portland debe cumplir con ciertos requisitos químicos y físicos anexados. Se pretende que su almacenamiento no sea prolongado para evitar obtener de nuevo un reporte de calidad. El agua utilizada para su elaboración debe de cumplir al igual que el cemento ciertos requisitos de calidad en la tabla siguiente. Se pueden utilizar aditivos para concreto para diferentes finalidades: retardantes, acelerantes de la resistencia; para reducir la cantidad de agua sin disminuir su fluidez.

### **2.2.1. Agrietamiento del concreto Hidráulico.**

En acuerdo con Olivera (2006), el concreto hidráulico es un producto que desde su terminación, está expuesto a agrietarse, ya sea por la pérdida de agua al momento de su evaporación y por las reacciones químicas internas que se dan en el proceso; estas situaciones pueden reducirse a un mínimo si se curan en forma adecuada, para lo cual, se recomienda inmediatamente después del tendido, un esparcido superficial de alguna sustancia existente para impedir la evaporación del agua. Se deben tomar en cuenta los factores externos que afectan a la losa, como lo

pueden ser el clima, evitar colar cuando existan vientos con altas velocidades o temperaturas muy altas. Después del tercer día del tendido, es importante mantener la superficie de la losa húmeda por medio de riegos de agua.

Este agrietamiento mencionado 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, se deberá asegurar que las losas del pavimento trabajen de manera conjunta al aplicárseles cargas. Si las grietas no se abren más de 3 mm, se asegura que haya acción interregular.

#### **a) Juntas de contracción.**

Dicho por Olivera (2006), para que el agrietamiento del concreto no sea de forma irregular, sino en forma perpendicular al eje del colado y asegurar el trabajo conjunto de las losas, es necesario la construcción de juntas de contracción a distancias predeterminadas, de acuerdo al tipo de juntas de contracción que se pretendan utilizar, se pueden aplicar tres tipos de losas:

- De concreto simple.
- De concreto con pasajuntas de sujeción.
- De concreto armado.

Se dice que es de concreto simple cuando, dentro de la masa no se utiliza ninguna cantidad de acero; para asegurar que las grietas no se abran más de 3 mm, se debe tener una relación de largo a ancho de las losas menor de 1.25, siendo muy

usual el valor de 1.15. Que las losas no sean mayores de 4.5 m. Se puede inducir la grieta por medio de una muesca por aserrado en la parte superior.

Cuando la longitud de las losas es mayor a 4.5 m, se deben utilizar pasajuntas de sujeción, 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 separación es función del espesor de concreto, de la resistencia de las capas inferiores y del diámetro de varilla usada. La colocación de estas pasajuntas se realiza antes del colado.

En caso de que las losas sean mayor de 6.5 m, entonces se deberá utilizar el concreto hidráulico con armado continuo, para lo cual, se pueden utilizar mallas prefabricadas o armadas en el lugar, debiendo quedar en el centro del espesor, por lo cual no tiene valor estructural. La cantidad usual de acero colocada longitudinalmente es de 0.6% del área transversal de la losa.

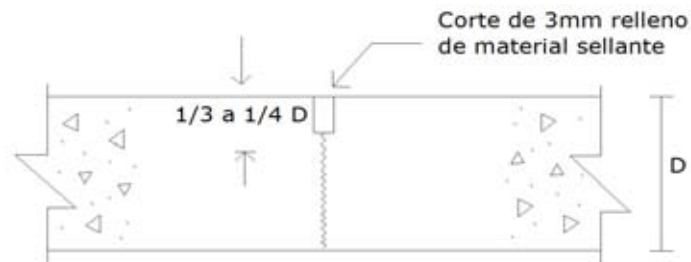


Imagen 2.3. Juntas de contracción para pavimentos rígidos.  
Fuente: Propia.

## b) Juntas de dilatación.

Para evitar que cuando las losas de concreto se dilaten, se tengan fuertes esfuerzos de compresión al chocar contra algún obstáculo, se deben construir las juntas de expansión. Como menciona Olivera (2006), estas juntas se colocan en donde un pavimento rígido se encuentra con algún obstáculo. Estas juntas se elaboran dejando un espacio de 2 a 4 cm entre ellas, el cual se rellena con cartón o fibras asfálticas.

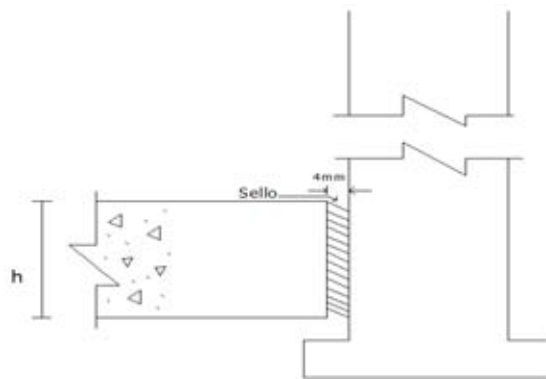


Imagen 2.4. Juntas de dilatación para pavimentos rígidos.  
Fuente: Propia.

## c) Juntas de construcción.

En concordancia con Olivera (2006), las juntas de construcción se elaboran cuando por algún motivo se suspende el colado del concreto fresco; los motivos pueden ser de carácter fortuito o por procedimiento de construcción, los motivos fortuitos pueden ser que se terminen los áridos o que se descomponga la mezcladora, o que el concreto premezclado no llegue a tiempo, o empiece un fuerte aguacero y que el colado se suspenda por más de 30 min, etc. Por procedimiento de

construcción, se puede suspender un colado al terminarse la jornada de trabajo al terminarse el ancho de la franja de colado.

### **2.2.2. Procedimientos de construcción de pavimentos rígidos.**

El procedimiento de construcción de una franja de losas de pavimento rígido es el siguiente:

- Se eligen los bancos de materiales pétreos; arena y grava, se realizara una exploración de la zona en donde se llevara la obra a cabo, los probables bancos, aglomerados o conglomerados para su muestreo y estudio económico.
- Se elegirá el tipo y marca de cemento Portland, así como los aditivos que se utilizarán y las proporciones de pétreos, cemento, agua, aditivos.
- Se extraerán los materiales.
- Se realizarán los tratamientos previos necesarios como cribado, triturado, lavado.
- Se acarrearán los materiales al lugar de mezclado.
- Se realiza el mezclado de los materiales, aquí se hará la calibración de los envases.
- La subbase debidamente compactada se humedecerá para que no absorba agua del concreto fresco. Una vez mezclados los ingredientes se procederá al vaciado y encofrado. Previamente si se va a utilizar acero, con anticipación deberá colocarse.

- El concreto vaciado en el encofrado, deberá compactarse por medio de vibradores de inmersión para darle la densidad adecuada.
- Se dará a la superficie el acabado necesario para que tenga el coeficiente de rugosidad que se requiere, lo cual puede hacerse por medio de cepillos, escobas o utilizando telas fibrosas.
- Se elaboran las juntas transversales de contracción. El aserrado se debe realizar entre 24 y 36 hrs después del colado. Se deberá sellar lo más pronto posible estas muescas, para evitar que entren en ellas partículas extrañas que puedan provocar concentraciones de esfuerzo y posibles desportillamientos.

### **2.2.3. Tipos de fallas en los pavimentos rígidos.**

Como lo mencionan Rico y Del Castillo (1994), los pavimentos rígidos pueden tener fallas por dos razones principales. La primera es por deficiencias de la propia losa y abarca por un lado los defectos del concreto propiamente, así como la utilización de materiales y agregados no adecuados. Y en otro caso principal de falla, se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, subbase, subrasante y aun terracería y terreno de cimentación.

### **2.2.4. Control de calidad en pavimentos rígidos.**

Partiendo de lo dicho por Olivera (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 necesarias

Se elaborarán especímenes para verificar el módulo de ruptura y la resistencia a la compresión simple. Por cada 10 m<sup>3</sup> se elabora un par de cilindros y por cada 50 m<sup>3</sup> 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.

### **2.3. Vialidades urbanas.**

De acuerdo con Molinero y Sánchez (1998), se entiende por derecho de vía a la porción de vialidad o superficie de rodamiento por donde circulan las unidades de transporte, incluyendo el peatón. Estos derechos de vía se presentan en tres variantes diferentes, pudiendo a lo largo de la vialidad presentar uno o varios tipos de derechos de vía, siendo los siguientes:

Derecho de vía tipo C, representa la vialidad en la que su superficie de rodamiento es compartida entre varios medios de transporte. Opera con tránsito mixto.

Derecho de vía tipo B, tienen una separación física longitudinal a través de elementos fijos, como son barreras o guarniciones. Aun así, se siguen manteniendo los cruces a nivel con otros vehículos así como con los peatones.

Derecho de vía tipo A, esta muestra una separación física tanto longitudinal como vertical del derecho de vía, lo cual trae como consecuencia evitar cualquier interferencia entre vehículos y peatones. Este tipo puede presentarse de manera subterránea, elevada o a nivel.

### **2.3.1. Señalamiento de los caminos.**

“No se puede concebir el buen funcionamiento de una carretera si ella no cuenta con el señalamiento necesario que le imparta seguridad al usuario de la misma.” (Crespo; 1996; 531)

Se mencionará una idea general de los diferentes tipos de señalamiento existentes y de su adecuada colocación.

Las señales camineras se clasifican en tres tipos:

- Señales preventivas.
- Señales restrictivas.
- Señales informativas.

#### **a) Señales preventivas.**

Son aquellas que tienen por objeto advertir al usuario del camino la existencia de un peligro potencial y la naturaleza del mismo. Tienen forma de un cuadro con una diagonal en posición vertical. Su fondo es amarillo con letras y ribete de color negro. Se aconseja que la distancia de su colocación no sea inferior a 90 m ni mayor a 225. Van colocadas del lado derecho de la carretera, correspondiente a la dirección de circulación y frente a ella.





Imagen 2.5. Señales preventivas.  
Fuente: Propia.

#### **b) Señales restrictivas.**

Son aquellas que tienen por objeto el expresar en la misma alguna fase del Reglamento de Tránsito, con el fin de que el usuario las cumpla. Estas señales, tienden a restringir algún movimiento del vehículo, recordándole al conductor la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada. Son de forma

rectangular. Estarán formadas por un símbolo negro inscrito en un círculo rojo sobre fondo blanco, con un letrero negro debajo del círculo. Deberán colocarse lo mismo que las señales preventivas.



Imagen 2.6. Señales restrictivas.  
Fuente: Propia.

### c) Señales informativas.

Tienen como finalidad proporcionar al usuario alguna información que le ayude en su viaje. Son de forma rectangular. Estarán formadas por un fondo azul, con imágenes o letreros en color blanco y ribete blanco. Deberán colocarse lo mismo que las señales preventivas.



Imagen 2.7. Señales informativas.  
Fuente: Propia.

**d) Señalamiento de los caminos.**

Estas señales son rectangulares y deben colocarse en posición horizontal, con excepción de algunas. Sus colores serán: fondo blanco, con letras y ribete blanco. Estas no tienen dimensiones fijas. Es aconsejable que no tengan más de tres renglones de leyenda.

**e) Marcas sobre el pavimento.**

Estas están formadas por marcas longitudinales, marcas transversales y otras. Las marcas longitudinales pueden ser de línea continua o discontinua. Cuando se emplea una continua, ella restringe la circulación de tal manera que ningún vehículo puede cruzar esta línea o circular sobre ella. Las líneas discontinuas tienen como

objeto el guiar y facilitar la circulación en diferentes vías, pueden ser cruzadas, efectuadas con las condiciones normales de seguridad.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo, se abordará todo lo relacionado al sitio geográfico del proyecto de pavimentación, iniciando desde su entorno geográfico, su localización, características físicas del lugar, geológicas, zona del proyecto, así como también un reporte fotográfico del mismo.

#### **3.1 Generalidades.**

El diseño de pavimentación tendrá como finalidad integrar un diseño de pavimento rígido para la colonia “El Milagro”, en Uruapan, Michoacán, éste debe adecuarse a la topografía del lugar, empleando alguno de los diseños anteriormente mencionados, utilizando tanto los aspectos teóricos y normativos para su realización. El plano del proyecto deberá contar con las calles trazadas para su ejecución, así como sus cruces, elevaciones y/o sentidos.

Según las características de la localidad, se deberá tomar como factor principal para el diseño de esta estructura el tipo de geotecnia que representa el suelo donde será desplantada, es necesario un estudio de mecánica de suelos para conocer sus características.

Una vez conocidas dichas características, se realizará una visita al lugar de trabajo, para tomar en cuenta la cantidad y clasificación de vehículos que transitarán por la zona. Será necesario realizar un sondeo de vialidades, se hará un conteo de los vehículos en tránsito, para después, determinar el volumen y tipo de tránsito.

El diseño de pavimentación se hará únicamente de la sección definida en los planos.

### **3.1.1. Objetivo.**

El objetivo de este proyecto es realizar un diseño de pavimentación rígida para la urbanización de la colonia “El Milagro”, en Uruapan, Michoacán, cumpliendo con las normas y especificaciones marcadas por el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán.

### **3.1.2. Alcance del Proyecto.**

En el presente trabajo se da a conocer el procedimiento del diseño de pavimentación que se llevara a cabo para la urbanización de la colonia “El Milagro”, en Uruapan, Michoacán, el cual dará un desarrollo de vías de comunicación a la localidad, plusvalía a los terrenos y mejoramiento de calidad de vida.

## **3.2. Resumen ejecutivo**

La colonia “El Milagro” se encuentra ubicada al poniente de la ciudad de Uruapan, Michoacán. Para llevar a cabo la realización de los planos los cuales ayudarán a conocer la topografía de la zona, fueron obtenidos por medio de un levantamiento topográfico con una estación total. Una vez generados los trazos de las calles, podremos obtener los datos que se llevarán a cabo para la realización del diseño del pavimento.

Será necesario revisar la normativa tanto del Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán, como el de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

que aplicarán para este proyecto, así como la calidad de los materiales y la conformación de la estructura del pavimento a ejecutar.

Esta información, mencionada anteriormente, fue proporcionada por un particular, la cual consta de planos, levantamientos, secciones y trazo vehicular. Esta información es la requerida para poder diseñar y proponer el tipo de carpeta que se va a utilizar para el diseño de pavimentación.

En este trabajo se diseñará lo referente a la urbanización de la colonia “El Milagro”.

Se realizó la visita al lugar de trabajo, para verificar su estado actual de vías de comunicación, su tránsito, sus elevaciones, sus pendientes, el sentido de los caminos y su condición del suelo.

### **3.3. Entorno geográfico.**

El Estado de Michoacán se sitúa hacia la porción centro - oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas 20°23'27" y 17°53'50" de la latitud norte y entre 100°03'32" y 103°44'49" la longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limitado al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero.

Por su extensión territorial ocupa el décimo sexto lugar nacional, con una superficie de 58,836.95 kilómetros cuadrados, que representa el 3.04 % de la

extensión del territorio nacional. La entidad cuenta con 213 km. de litoral y 1,490 km. cuadrados de aguas marítimas.

Al estado de Michoacán lo conforman dos grandes regiones montañosas o provincias fisiográficas, que son: la Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal y Valles Inter montañosos (Cordillera Neovolcánica o Tarasco - Náhuatl). La Sierra Madre del Sur cruza al Estado en aproximadamente 200 kilómetros en la zona Suroeste (entre los municipios de Chinicuilá y Arteaga). Se le considera como la continuación de la Sierra Madre Occidental y de otras Sierras de América del Norte (Sierra Nevada, Montañas Rocallosas). Presenta una dirección de Noroeste a Sureste, extendiéndose a lo largo de la costa del océano Pacífico y muy próxima a él: tiene una anchura de casi 100 km., una altitud más o menos constante en sus partes altas de más de 2,900 m. y una superficie de 13,126.5 km<sup>2</sup>. La mayor prominencia en esta Sierra es el Cerro de las Canoas que tiene 2,985 m. de altitud y se localiza a 7 km. al Noroeste de la población de Coalcomán, en el municipio de este mismo nombre. Otra es el Cerro Cantador con 2,436 m. de altura, localizado a 35 km., al Suroeste de Aguililla, también en el municipio de Coalcomán.



Imagen 3.1. Ubicación de Michoacán en México  
Fuente: <http://itmorelia.edu.mx>(2014)



La otra región montañosa del Estado, la constituye el Sistema Volcánico Transversal (o Cordillera Neovolcánica) se localiza al sur de la altiplanicie mexicana y se formó como consecuencia de la aparición de numerosos volcanes. Este sistema tiene una longitud de 300 km. y una anchura aproximada de 130 km. La mayor parte del mismo se sitúa entre los paralelos 19° y 20° de latitud Norte y presenta líneas estructurales que siguen una dirección Noroeste Sureste. Las elevaciones orográficas más notables en esta región, son: el Tancítaro (3,857 m. en el municipio de Tancítaro); Patambán (3,525 m. en el municipio de Tangancícuaro); Cerro de Quinceo (2,750 m. en el municipio de Morelia); el Tzirate (3,300 m. en el municipio de Quiroga) y el Volcán de San Andrés (3,605 m. en el municipio de Ciudad Hidalgo).

Uruapan es la segunda ciudad más importante y poblada del Estado de Michoacán de Ocampo. Es la cabecera del municipio de Uruapan. De clima templado, exuberante vegetación y con gran producción anual de aguacate con calidad de exportación, razón por la cual se le conoce también como “La capital mundial del aguacate”. Se considera también el punto de unión entre tierra caliente y la meseta Purépecha. Su nombre oficial es Uruapan del Progreso.



Imagen 3.2. Ubicación de Uruapan en Michoacán.  
Fuente: <http://dof.gob.mx> (2012)

Uruapan está inmersa en el eje neovolcánico mexicano, al centro-occidente del estado de Michoacán, tiene una extensión territorial total de 954.17 km<sup>2</sup>. Limita con los municipios de Los Reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Parácuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán.

Sus principales accidentes orográficos son el cerro de La Cruz, de La Charanda y de Jicalán. Su principal sistema hidrográfico es el río Cupatitzio, el cual nace dentro de la ciudad y del cual se obtiene la mayor parte del agua potable que se utiliza en la ciudad. Y el río Santa Bárbara que nace en la presa de Caltzonzin y cruza el oriente de la ciudad. Ambos pertenecen a la cuenca del Río Tepalcatepec y éste a su vez a la región hidrográfica del Río Balsas.

Los datos arrojados por el Censo de Población y Vivienda del INEGI 2010, el municipio de Uruapan cuenta con 315,350 habitantes y la ciudad de Uruapan cuenta con 264,439 habitantes lo que la coloca como la segunda más poblada del Estado y en el lugar 58° en el país en cuanto a población se refiere. La densidad de población es de 336 habitantes por km<sup>2</sup>

### **3.5. Macro y Micro localización.**

La zona de estudio del presente trabajo se encuentra ubicada al norte de la ciudad en las coordenadas geográficas 19°24'38.82" latitud norte y 102°04'43.99" latitud oeste, con una elevación aproximada a la altura del mar de 1682 metros, la cual limita en su mayoría con terrenos ejidales al norte, sur, al este colinda con la

colonia “Las Lomas de Uruapan”, al oeste colinda con la colonia “San Juan Evangelista”.



Imagen 3.3. Ubicación de la colonia “El Milagro”, en Uruapan, Michoacán.  
Fuente: Google Earth.

### 3.6. Clima.

El clima del municipio de Uruapan es uno de los más variados del estado de Michoacán pues se ve influenciado por las diferentes de altitud en el terreno, existen cinco tipos diferentes de clima. La zona norte tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, en la zona central del municipio, la más elevada, tiene un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano, en la misma zona central otro sector tiene clima Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, hacia el sur otra zona registra clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano y finalmente en el extremo sur del municipio el clima es clasificado como cálido subhúmedo con lluvias en verano.

La temperatura media anual del territorio también se encuentra dividida en tres zonas, la zona norte del municipio tiene un rango de 6 a 20 °C, la zona centro y sur tiene un promedio entre 10 y 27 °C, y finalmente dos porciones del extremo sur registran de 14 a 33 °C; el centro del municipio de Uruapan es una de las zonas que registran mayor promedio pluvial anual en el estado de Michoacán, superando los 1,500 mm al año, hacia el norte y sur de esta zona el promedio va de 1,200 a 1,500 mm, y hacia el sur se suceden dos zonas más, donde el promedio es de 1,000 a 1,200 mm y de 800 a 1,000 mm.

### **3.7. Reporte Fotográfico.**

Se realizó una visita al lugar de estudio para tener en cuenta el trazo vehicular, las condiciones de estas, dimensiones, y otras particularidades de la colonia “El Milagro”, tomando como referencia y estudio la “Av. Las Lomas”.



Imagen 3.4. Av. Las Lomas, vista de Norte a Sur.  
Fuente: Propia (2014).



Imagen 3.5. Av. Las Lomas, vista de Sur a Norte.  
Fuente: Propia (2014).



Imagen 3.6. Av. Las Lomas y Calle Resurrección, alcantarillado.  
Fuente: Propia (2014).



Imagen 3.7. Indicador de Av. Las Lomas y Calle Resurrección.  
Fuente: Propia (2014).



Imagen 3.8. Colonia "El Milagro" electrificada.  
Fuente: Propia (2014).

### **3.8. Otras características.**

Un muy importante sector del territorio de Uruapan, principalmente hacia el centro y norte, se dedican a la agricultura, el resto del municipio se encuentra cubierto por bosque, en el que en las zonas más elevadas se encuentran pino y encino, en zonas más bajas especies como parota, guaje, cascalote y cirrián. Su fauna se conforma principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, cacomixtle, liebre, tlacuache, conejo, pato, torcaza y chachalaca.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En el presente capítulo, se mencionarán los métodos utilizados en la presente investigación, así como las diferentes herramientas para la obtención de los resultados esperados en este estudio, siguiendo previamente los lineamientos establecidos.

#### **4.1. Método empleado.**

Para la realización de este trabajo de investigación, por fines prácticos, se aplicara el método matemático y el método científico, ya que son los que cuentan con los puntos característicos necesarios para el desarrollo de la investigación.

##### **4.1.1. Método Científico.**

Según Tamayo (2000), la ciencia y la epistemología ponen de manifiesto el método científico, hasta el punto de no poder hablar de investigación sin tener que hablar de método científico.

Este es un procedimiento utilizado para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, generalmente caracterizado por ser de una manera tentativa, verificable, de razonamiento riguroso y de una observación empírica. El método científico parte en la realidad de su interpretación objetiva, lo cual permite formular los problemas de investigación, estos no pueden formularse de una manera general si no que es necesaria su delimitación y especificarlos, a fin de darles una solución adecuada.



Este método, rechaza o elimina todo procedimiento que busque manipular la realidad de una manera caprichosa, tratando de imponer prejuicios, creencias o deseos que no se ajusten a un control adecuado de la realidad y de los problemas que se investigan.

#### **4.1.1.1. Etapas del método científico.**

Tamayo (2000) dice que en el método científico se combinan la inducción y deducción, lo que quiere decir que se genera el pensamiento reflexivo. En este proceso se dan cinco etapas para resolver un problema.

- Percepción de una dificultad. El individuo encuentra algún problema que le preocupa y se halla sin los medios para llegar al fin deseado, con dificultad para determinar el carácter de un objeto o no puede explicar un acontecimiento inesperado.
- Identificación y definición de la dificultad. El individuo efectúa observaciones que le permiten definir su dificultad con mayor precisión.
- Soluciones propuestas para el problema: hipótesis. A partir del estudio de los hechos, el individuo formula conjeturas acerca de las posibles soluciones del problema, esto es, formula hipótesis.
- Deducción de las consecuencias de las soluciones propuestas. El individuo llega a la conclusión de que si cada hipótesis es verdadera, le seguirán ciertas consecuencias.
- Verificación de las hipótesis mediante la acción. El individuo pone a prueba cada una de las hipótesis, buscando hechos observables que permitan

confirmar si las consecuencias que debería seguir se producen o no. Con este procedimiento puede determinar cuál de las hipótesis concuerda con los hechos observados, y así hallar la solución más confiable para su problema.

Se puede concretar de la manera siguiente:

- Fático.
- Trasciende los hechos.
- Verificación empírica.
- Autocorrectivo.
- Formulaciones de tipo general.
- Objetivo.

#### **4.1.2. Método matemático.**

En común acuerdo con Mendieta (2005), el ser humano ha tenido nociones de cantidad desde una edad muy temprana, y comúnmente, de una manera indirecta aplica el procedimiento científico, haciendo comparaciones de cantidades para la obtención de nociones derivadas de importancia, valor económico y de capacidad.

El método matemático emplea tipos de fórmulas matemáticas para expresar relaciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre entidades u operaciones, con la finalidad de estudiar los comportamientos de sistemas complejos antes situaciones difíciles de observar.

En cualquier estudio en el cual se utilizan los números de relaciones constantes, variedades de hipótesis, diversidad de comprobaciones, que se utilicen para afirmar o negar alguna variable, se está llevando a cabo el método cuantitativo.

Según Mendieta (2005), otra forma recurrente es la comparación. Los estudios que lleven en si la utilización de matrices diferenciales, cambios graduales, referencias de tiempo, el análisis de unos factores por otros, estarán utilizando el método comparativo.

Al inicio del estudio, se formula un resultado supuesto o posible el cual se toma como base del tema; para poder formular la hipótesis se auxiliará en el conocimiento ya comprobado, esto debe relacionarse para poder relacionarlo a los aspectos no descubiertos.

Con los resultados que arroje el estudio, se van adquiriendo nuevos conocimientos y descubriendo fenómenos que puedes alterar la hipótesis inicial.

Mendieta (2005), da una relación elemental del método:

- Conocimiento amplio del campo científico.
- Observaciones de diversas manifestaciones relacionadas con aspectos desconocidos.
- Formulación de una idea o hipótesis que se acepte como válida, pero que requiere de una prueba para que sea aceptada.
- La aplicación de los métodos indicados, una observación lenta de casos particulares y el registro de ellos.
- Estudio de las constantes y variables.

- Clarificar el proceso de análisis y síntesis.
- Conclusiones al terminar la etapa exploratoria.
- Elaboración de leyes, o fabricación de materiales o publicación de los descubrimientos.
- Informa oficial en el mundo científico de los descubrimientos.

#### **4.2. Enfoque de la investigación.**

El enfoque que se utilizará en el presente estudio, será el enfoque cuantitativo, el cual pretende intencionalmente acotar la información, medir con precisión las variables del estudio, tener un foco, es secuencial y probatorio. Cada etapa precede de la siguiente y no se puede brincar o eludir pasos, el orden es riguroso.

Según Creswell (2005), el enfoque cuantitativo tiene las siguientes características:

- Se plantea un problema de estudio delimitado y concreto. Las preguntas son sobre, cuestiones específicas.
- Una vez planteado el problema del estudio, se considera lo investigado anteriormente y se construye un marco teórico, del cual se derivaran una o varias hipótesis y se someterán a prueba mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados. Si los resultados corroboran las hipótesis o son congruentes con estas, se aporta evidencia en su favor, de lo contrario, se descartaran en busca de mejores explicaciones y nuevas hipótesis.
- Las hipótesis se generan antes de recolectar y analizar los datos.

- La recolección de datos está fundamentada en la medición. Esta relación se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica. Para que una investigación sea creíble y aceptada, debe demostrarse que se siguieron tales procedimientos.
- Debido a que los datos son producto de mediciones se representan mediante números y se deben analizar a través de métodos estadísticos.
- En el proceso se busca el máximo control para lograr que otras explicaciones posibles distintas a la propuesta del estudio, sean desechadas y se excluya la incertidumbre y minimice el error. Es por esto que se confía en la experimentación y/o las pruebas causa-efecto.
- Los análisis cuantitativos se interpretan con las predicciones iniciales y estudios previos.
- La investigación cuantitativa debe de ser lo más objetiva posible.
- Se busca que los estudios efectuados puedan reapplicarse.
- Con los estudios cuantitativos se intenta explicar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos.
- Si se sigue rigurosamente el proceso, los datos generados poseen los estándares de validez y confidencialidad

#### **4.2.1. Alcance de la investigación.**

El alcance de la investigación, depende de la estrategia de investigación. Así, los procedimientos y otros componentes del estudio, serán estudio de alcances

exploratorios, descriptivos, correlacionales o explicativos según Hernández y Cols. (2010).

Un estudio ya en práctica, puede abarcar varios alcances a la vez. El presente estudio busca describir las situaciones, hechos y eventos, queriendo demostrar su situación, como se manifiestan, la medición y recaudación de datos sobre diferentes aspectos, dimensiones, entre otros. Así, se utilizará un alcance descriptivo el cual podrá describir el pavimento a diseñarse y la obtención de datos para este fin.

#### **4.2.2. Diseño de la investigación.**

Según Hernández y Cols. (2010) una vez que fue definido el alcance inicial de la investigación, se debe visualizar la manera práctica y concreta de responder a las preguntas de investigación, así como cubrir los objetos fijados. Así, esto nos llevará a seleccionar un diseño de investigación y aplicarlo al contexto.

Si el diseño está bien planteado y desarrollado, como producto final se tendrán mayores posibilidades de éxito. La precisión, amplitud y profundidad de la información obtenida varía en función del diseño elegido.

Para la presente tesis, se elegirá el diseño no experimental, el cual se realiza sin manipular directamente las variables. Se observa fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente ser analizados

Se empleará el diseño de investigación transeccional o transversal ya que estos recolectan datos en un sólo momento.

### **4.3. Instrumentos de recopilación de datos.**

En el presente estudio se realizó la recopilación de datos mediante una observación cuantitativa, la cual, por medio del aforo vehicular, se cuantifico el número y clasificación de vehículos que transitan por la zona de estudio, con el objetivo de definir, mediante un análisis, cuáles serán las condiciones de tránsito finales de servicio que tendrán estas vialidades, considerando la clasificación de vehículos y las cargas que estas aplicaran al pavimento.

Se hizo uso de una Estación Total, la cual es utilizada para llevar a cabo levantamientos topográficos como se mencionó en los capítulos anteriores, y así poder realizar los planos donde se muestren las condiciones del terreno actualmente. Cámara fotográfica para capturar imágenes de las condiciones visibles de la zona de estudio.

Otras herramientas utilizadas fueron también los programas de dispositivos tecnológicos para el proceso y la obtención de datos tales como Excel, el cual es una hoja de cálculo diseñada por Microsoft incluida en Office, y AutoCAD, el cual es un programa desarrollado para la elaboración de planos de manera digital.

## CAPÍTULO 5

### CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se expondrán los análisis realizados para la elaboración del diseño, así como su procedimiento y características necesarias según el Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo.

#### 5.1. Aforo vehicular

Crespo (1996) dice que el volumen de tránsito es la cantidad de vehículos de motor que transita por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido. Las unidades aquí utilizadas son: vehículos por día o vehículos por hora. Se llama tránsito promedio diario (T.P.D.) al promedio de volúmenes de tránsito que circulan en 24 horas en un determinado periodo.

Los vehículos que transitarán o transitan variarán según el tipo de camino que vaya a ser proyectado. El tipo de tránsito influye de una manera notoria en el proyecto ya que afectará su parte geométrica.

Para llevar a cabo el conteo de los vehículos, el método más usado es el automático, que consiste en un tubo de hule cerrado en un extremo por una membrana, el cual 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, el cual 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 son capaces de clasificar los vehículos por tipo, cosa que si es factible cuando se realiza el conteo de manera manual.

A continuación, se mostrará la tabla de clasificación de vehículos según su tipo, así como el aforo vehicular que se llevó a cabo de acuerdo a la norma y de manera manual, como complemento se anexan los peatones, bicicletas y motocicletas que circulan por la colonia “El Milagro”, se indica el día y la hora en la cual se asistió para realizar dicho aforo. Se hace mención que se realizó el uso de método manual.




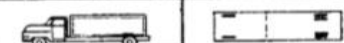
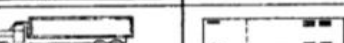
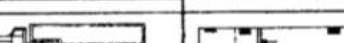
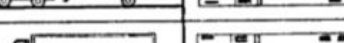
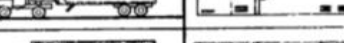
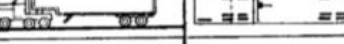
TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS		
		PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2		Ap	—	46	58	
	CAMIONETAS	2		Ac		12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2		B	—	12	42	
	CAMIONES	2		C2	73	100		30
		3		C3	13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

Tabla 5.1. Clasificación general de los vehículos.  
Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras; 1991: 70.

AFORO VEHICULAR					
TIPO	LUNES 14 DE ABRIL DEL 2014	MARTES 15 DE ABRIL DEL 2014	MIÉRCOLES 16 DE ABRIL DEL 2014	JUEVES 17 DE ABRIL DEL 2014	SABADO 19 DE ABRIL 2014
	10 AM - 11 AM	10:35 AM- 11:49 AM	1:15 PM - 2:16 PM	5:32 PM-6:25 PM	1:45 PM- 2:45 PM
AUTOMOVILES TIPO A2	35	33	31	43	36
CAMIONETAS PICK UP TIPO C2	12	19	32	23	21
CAMIONETAS CERRADAS TIPO B2	4	7	5	4	3
CAMIONES TIPO B3	3	6	8	3	1
MOTOCICLETAS	10	3	19	15	12
BICICLETAS	2	3	3	1	2
PEATONES	52	25	66	43	66

Tabla 5.2. Obtención aforo vehicular.  
Fuente: Propia (2014).

## 5.2 Levantamiento topográfico.

En la presente tesis, se hizo mención en el capítulo 1.3 Levantamientos topográficos, de la definición, su división así como la finalidad para lo que son aplicados. Así, recordamos que los levantamientos topográficos producen mapas y planos de accidentes naturales hechos por el hombre. Realmente no existe una diferencia clara entre el mapa y el plano, generalmente se acepta que en un plano los detalles están dibujados a escala exacta, mientras que un mapa, la mayoría de las características se deben representar por símbolos a escala pequeña.

## 5.3 Valor Relativo de Soporte (VRS).

En acuerdo con Rico y del Castillo (1994), en el ensaye de Valor Relativo de Soporte o mejor conocido como VRS, dicho ensaye fue 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  $19.4 \text{ cm}^2$  ( $3 \text{ plg}^2$ ), de área se hace penetrar en un molde con un suelo que es previamente compactado a 2,000 psi, la penetración de dicho vástago se realiza con una velocidad de 0.127 cm/min ( $0.05 \text{ plg/min}$ ), registrando la carga de penetración a cada 0.25 cm ( $0.1''$ ); El espécimen de suelo en el cual se realiza el ensaye, está confinado en un molde de acero de 15.2 cm ( $6''$ ) de diámetro, y una altura de 20.30 cm ( $8''$ ), el suelo se prepara cribando el material seco por la malla de 2.54 cm ( $1''$ ), para después agregar el agua necesaria para con esto obtener la humedad óptima de compactación, pesando 4 kg de material húmedo el cual se colocará en el molde distribuido en tres capas varillas, es decir poner 1 capa por vez y penetrando con una varilla por varias veces hasta completar las 3 capas, para colocarlo en una prensa que le aplicará una carga de  $140 \text{ kg/cm}^2$ , carga aplicada uniformemente en la superficie del suelo al interior del molde, este proceso se denominaba ensaye Porter, en la actualidad con 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 determinará el VRS del material que se está estudiando.

Diversos factores pueden llegar a afectar los resultados del VRS de un suelo, los cuales son: la textura del suelo en la superficie interior del molde, el contenido de agua el cual no sea el óptimo, y la condición de compactación dada el espécimen.

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

LECTURAS DE ENSAYE		
CTE CARGA;	3079.11 (LECT) -5.96 EN KG	
DEF. (M.M)	LEC. (MM)	CARGA (KG)
0.00		
2.00	0.093	286.300
4.00	0.119	361.298
6.00	0.305	918.010
8.00	0.364	1117.880

FORMULA DEL VRS		
VRS=	2da lectura	x100
	1425	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE	
VRS (%) 2DA Lect	25%

	VRS (MIN)
TERRAPLEN	5
SUBYACENTE	10
SUBRASANTE	20
SUBBASE	50/60
BASE	80

CALIDAD DE LA MUESTRA
SUBRASANTE DE BUENA CALIDAD

Tabla 5.3. Lecturas y determinación de VRS.  
Fuente: Propia (2014).

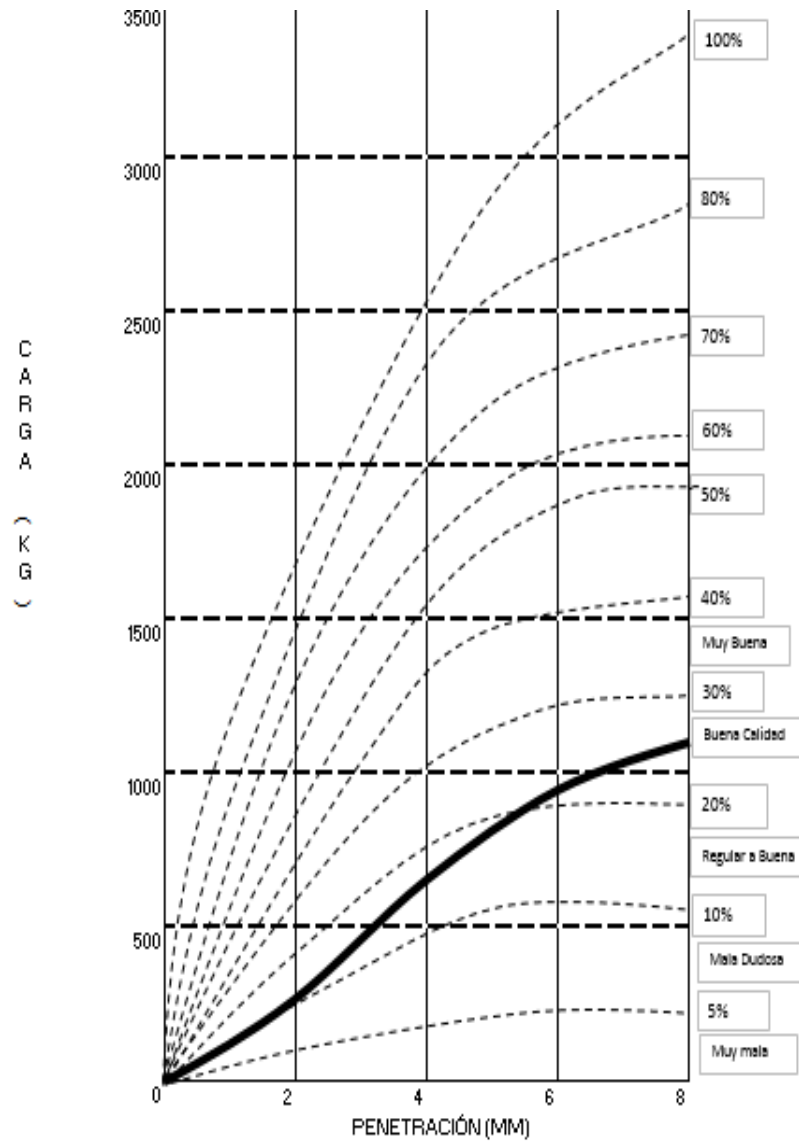


Tabla 5.4. Gráfica de ensaye VRS.  
Fuente: Propia (2014).

Se determinó un VRS de 25% el cual es un valor que se deberá tomar en cuenta para la realización del diseño de pavimento rígido.

#### 5.4. Diseño del pavimento rígido por el método PCA.

El método que se eligió para el diseño de pavimento rígido para la colonia “El Milagro” fue el de Portland Cement Association (PCA), el cual, de acuerdo con

Rico y Del Castillo (1994), se basa en el concepto de consumo de resistencia, este calcula las distintas tensiones que produce el tránsito en cada rango de carga, se compara con la resistencia de diseño, estableciéndose con esto el número de repeticiones permitidas en cada rango de carga, que al compararlo con el número de repeticiones esperadas, se permite establecer un porcentaje de consumo de resistencia por cada rango, cuya suma no debe de exceder un 100%, dentro de este mismo método, existe el análisis por erosión el cual limita los efectos deflectivos del pavimento en los bordes y esquinas de las losas, para con ello controlar la erosión del material de cimentación.

Se deben tomar en cuenta diversos factores para este método, como lo es principalmente el Valor Relativo de Soporte (VRS), el tipo y cantidad de vehículos que transitan por la vialidad, para así con ello obtener el Tránsito de Proyecto de Diario Anual (TPDA).

A continuación, se muestran los cálculos para obtener este valor.

AUTOMOVILES TIPO A2	29	31	36	42	31
CAMIONETAS PICK UP TIPO C2	15	19	23	20	25
CAMIONETAS CERRADAS TIPO B2	4	7	8	3	5
CAMIONES TIPO B3	3	4	4	1	2

Tabla 5.5. Resumen de aforo vehicular.  
Fuente: Propia (2014).

Posteriormente se realizará un promedio de vehículos que transitan la vialidad, en común con el aforo realizado, se toma el total de los vehículos que transitan,

para después dividirlo por los días que se asistió a realizar el aforo que en este caso será 5 días.

PROMEDIO DE VEHICULOS SEMANALES		
TIPO	TOTAL	PROMEDIO
A2	169	34
C2	102	20
B2	27	5
B3	14	3

Tabla 5.6. Promedio de vehículos semanales.  
Fuente: Propia (2014).

Habiendo obtenido el promedio de vehículos, se procede a multiplicar por un periodo de 12 horas las cuales son las consideradas, ya que las 12 horas restantes son de noche y el tránsito baja notablemente. La sumatoria total de vehículos transitables en un total de 12 horas nos dará el TPDA, el cual fue de 756.

CALCULO DEL TPDA		
TIPO	PROMEDIO DE VEHICULOS SEMANALES	PERIODO 12 HORAS
A2	34	408
C2	21	252
B2	5	60
B3	3	36
	TPDA	756

Tabla 5.7. Calculo del TPDA.  
Fuente: Propia (2014).

Con el valor obtenido de TPDA se hace una distribución de tránsito expresada en porcentaje, esta distribución tiene que sumar el 100% que representara el total de los vehículos.

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE VEHICULOS PARA EL DISEÑO			
TIPO	PERIODO 12 HORAS	TPDA	PORCENTAJE
A2	408	756	53.97%
C2	252	756	33.33%
B2	60	756	7.94%
B3	36	756	4.76%
		TOTAL	100%

Tabla 5.8. Determinación del porcentaje de vehículos para el diseño.  
Fuente: Propia (2014).

Para los efectos de diseño, se sacó un resumen de los vehículos expresado de manera porcentual, los cuales, fueron distribuidos de manera conveniente y bajo criterios de diseño. El tránsito de tipo A2 se distribuyó para agregar el tipo A1 y también para tomar un porcentaje para el tipo TS-S1, también se sumó el tipo B2 y B3.

RESUMEN DE PORCENTAJES DE ACUERDO AL TIPO DE VEHICULO	
TIPO	PORCENTAJE
A1	28.97%
A2	25%
B2,B3	12.69%
C2	31.34%
TS-S1	2%
TOTAL	100.00%

Tabla 5.9. Resumen de porcentajes de acuerdo al tipo de vehículo.  
Fuente: Propia (2014).

Se considera el periodo de diseño del pavimento, el cual es seleccionado en función del tipo de vía, nivel de tránsito y un análisis económico y de servicio, en



su mayoría para pavimentos rígidos es de 20 años, este valor será utilizado para el diseño y se utilizará una tasa de crecimiento anual de 1.20%, el cual es el 20%, para fines de cálculo se expresa en fracción.

El Factor de Proyección, también es un dato necesario, el cual lo obtendremos con la siguiente fórmula:

$$FP ( 1 \text{ tasa de crecimiento} )^{\text{Periodo de diseño}}$$

Calculando se tiene:

$$FP ( 1 .0120 )^{20}$$

$$FP = 1.27$$

El factor de seguridad se basa principalmente en el tipo de camino así como el volumen de tránsito, estos valores están recomendados de la manera siguiente:

- 1.3 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.
- Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.
- 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 calculará el volumen total de vehículos esperados en la vida de proyecto del estudio de con la siguiente fórmula:

$$V_t = \frac{TPDA (FP)}{N} \left(\frac{TCP}{100}\right) \left(\frac{CCP}{1}\right) (365)(n)$$

Dónde:

$V_t$  = 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 = Período de diseño (años).

CCP = Factor de seguridad.

VT= 3, 224, 748.73

Para este diseño, se obtuvo un valor de vehículos de 3,224, 748.73, este valor será utilizado para las repeticiones esperadas. El método que se ha seleccionado,

establece que en base a la distribución de los tipos de vehículos esperados en la vida de proyecto, se determine el número de ejes equivalente, tanto sencillos con tándem y al peso que tiene cada uno de ellos en la estructura, determinarán el total de ejes por cada 1,000 vehículos y por consecuencia las repeticiones de cargas esperadas para cada tipo y peso de los ejes. Este resultado se obtuvo con la ayuda de una hoja de cálculo, la cual se muestra la primer parte antes del cálculo para saber si es factible el espesor de la losa de concreto hidráulico propuesto.

DATOS GENERALES DEL AFORO DE CAMPO										CALCULO DEL VOLUMEN TOTAL DE VEHICULOS EN LA VIDA DE PROYECTO.						
CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN PORCENTAJE:					DATOS GENERALES:					TPDA	756.0	Tránsito promedio diario anual.	n =	20.0	P. de diseño (años).	
A1 =	28.97%	A2 =	25.00%	B2, B3 =	12.69%	TPDA =	756.0	FP =	1.27	Factor de Proyección.	$V_t = \frac{TPDA (FP)}{N} \left(\frac{TCP}{100}\right) \left(\frac{CCP}{100}\right) (365)^n$					
C2 =	31.34%	C3 =	0.00%	T2 - S1 =	2.00%	TASA CRECIMIENTO ANUAL	1.20%	N =	1.0	Numero de carriles en un sentido.						
T2 - S2 =	0.00%	T3 - S2 =	0.00%	T3 - S3 =	0.00%	PERIODO DE DISEÑO AÑOS	20.0	r =	1.20%	Tasa de crecimiento anual.	TP	46.03%	Porcentaje de vehículos pesados.	vt =	3,224,748.73	
Suma Porcentaje =	100.00%									CCP =	1.0	Factor corrección de tránsito en el carril de diseño.				

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)			Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Clasificación de Ejes		Total Ejes C/1000 Vehic	REPETICIONES ESPERADAS
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros				Peso Eje	Total Ejes		
<b>EJES SENCILLOS</b>															
A2	2.0	54.0%	408	408	408	816	1.0	1.0	A2	2.0	54.0%	1	816	1079.37	3,480,681.17
B2	15.5	12.7%	96	96	96	192	5.5	10.0	B2	15.5	12.7%	10	192	253.97	818,983.80
C2	15.5	31.3%	237	237	---	237	5.5	---	C2	15.5	31.3%	5.5	237	313.49	1,010,933.13
C3	23.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	C3	23.0	0.0%	---	---	---	---
T2-S1	24.5	2.0%	15	15	---	15	5.5	---	T2-S1	24.5	2.0%	5.5	15	19.84	63,983.11
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	T2-S2	31.5	0.0%	---	---	---	---
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	T3-S2	39.0	0.0%	---	---	---	---
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	---	0	5.5	---	T3-S3	43.0	0.0%	---	---	---	---
<b>EJES TANDEM</b>															
C2	15.5	31.3%	237	---	237	237	---	18.0	C2	15.5	31.3%	18	237	313.49	1,010,933.13
C3	23.0	0.0%	0	---	0	0	---	18.0	C3	23.0	0.0%	---	---	0.00	0.00
T2-S1	24.5	2.0%	15	15	15	30	18.0	18.0	T2-S1	24.5	2.0%	---	30	39.68	127,966.22
T2-S2	31.5	0.0%	0	0	0	0	18.0	18.0	T2-S2	31.5	0.0%	---	---	---	---
T3-S2	39.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5	T3-S2	39.0	0.0%	---	---	---	---
T3-S3	43.0	0.0%	0	0	0	0	18.0	22.5	T3-S3	43.0	0.0%	---	---	---	---

Tabla 5.10. Cálculo del espesor de la losa.  
Fuente: Propia (2014).

Ya con los resultados de las repeticiones esperadas se procede a calcular el espesor de la subbase y el espesor de la losa de concreto. Para esto, necesitaremos

el Modulo de Ruptura (MR) el cual se planteará de la siguiente manera y, el Módulo de Reacción (K), el cual se obtendrá con el VRS, entrando a la siguiente gráfica:

$$MR = 0.12 f'c$$

$$f'c = MR / 0.12$$

Calculando:

$$MR (\text{propuesto}) = 40 \text{ Kg /cm}^2,$$

$$f'c = 40 \text{ Kg /cm}^2, / 0.12$$

$$f'c = 333.33 \text{ Kg /cm}^2$$

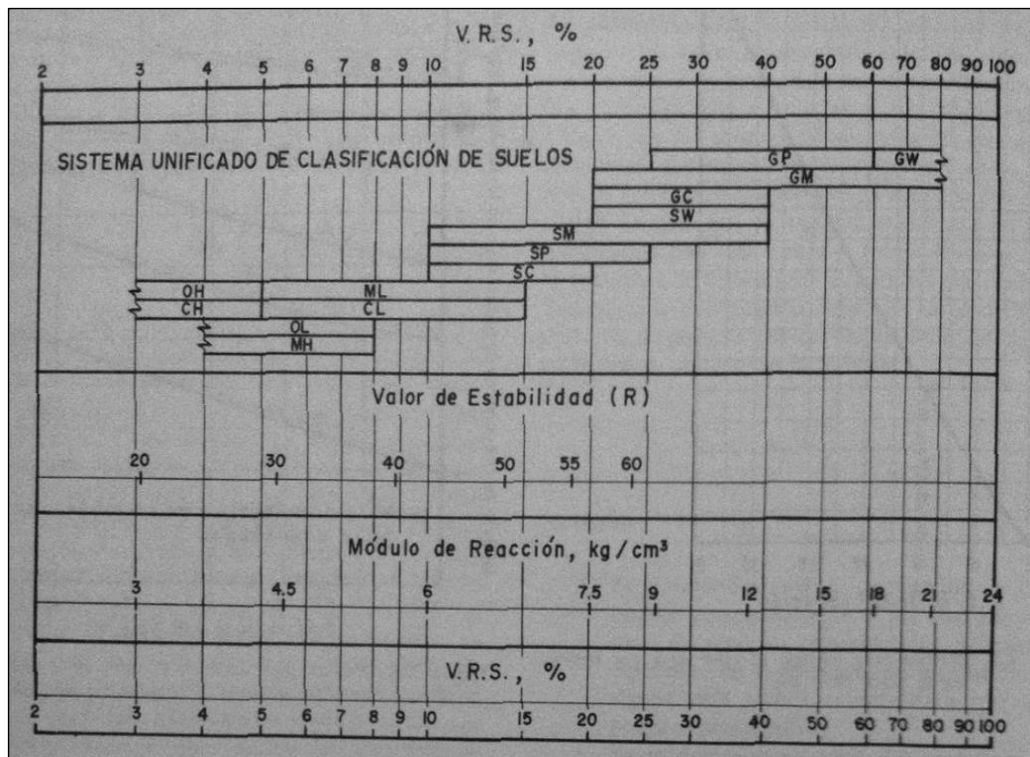


Imagen 5.1. Gráfica para obtener el Módulo de Reacción.  
Fuente: Rico y Del Castillo; 2012: 1994.

Se entra a la gráfica con el VRS obtenido el cual es de 25% y se prolonga en línea recta hasta llegar al Módulo de Reacción el cual es aproximadamente de 8.79 kg/cm<sup>3</sup>. Este valor obtenido aun es necesario mejorarlo, es necesario proponer el espesor de la subbase el cual será de 20 cm. Con estos 2 datos se entra a la siguiente grafica para la obtención del Módulo de Reacción mejorado.

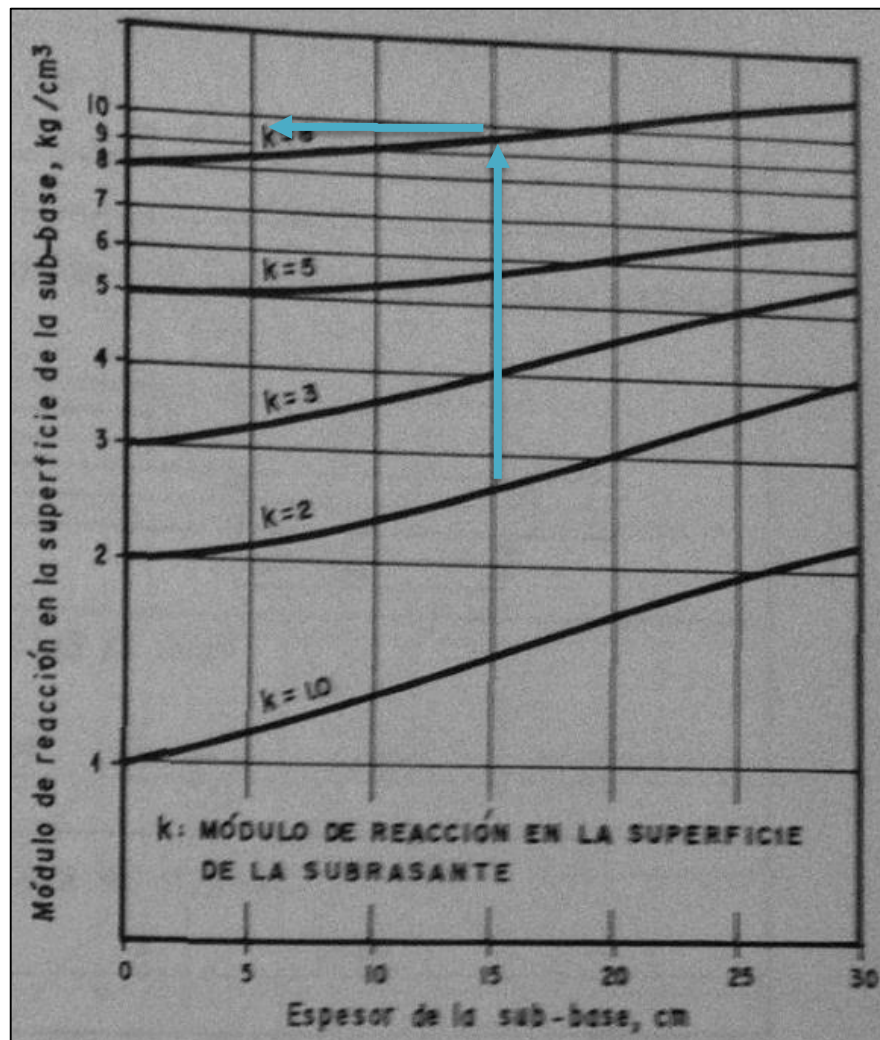


Imagen 5.2. Gráfica para obtener el Módulo de Reacción mejorado.  
Fuente: Rico y Del Castillo; 211: 1994.

Como se puede observar, se obtuvo un Módulo de Reacción Mejorado entrando con el espesor de la subbase propuesto de 20 cm y el Módulo de Reacción de 8.79 kg/cm<sup>3</sup>, para lo cual nos da como resultado un Módulo de Reacción Mejorado de 10 kg/cm<sup>3</sup>.

Es necesario utilizar la siguiente gráfica para conocer el esfuerzo actuante en ejes sencillos (MR), para esto es necesario proponer un espesor de losa de concreto hidráulico para este caso se propondrá de 15 cm, el Módulo de Reacción Mejorado (K) de 10 kg/cm<sup>3</sup> y los pesos en ejes sencillos de acuerdo al tipo de vehículo, en este caso son de 1 t, 5.5 t y 10 t.

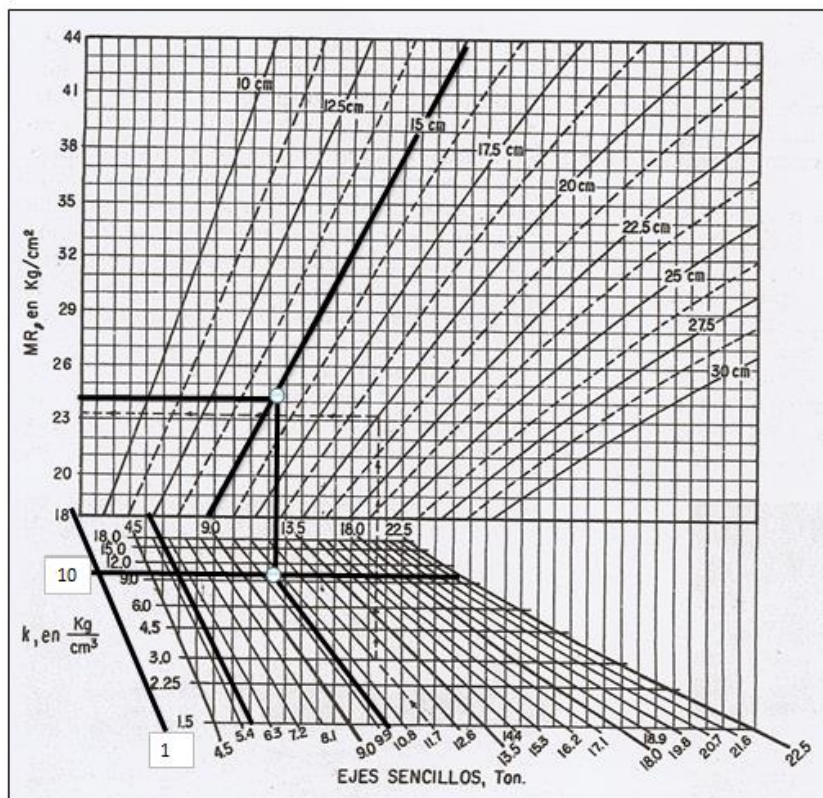


Imagen 5.3. Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes sencillos.  
Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

Con los valores anteriormente mencionados se obtiene que para 1 t se tiene un MR menor de 18 kg/cm<sup>2</sup>, para 5.5 t se tiene un MR menor de 18 kg/cm<sup>2</sup> y para 10 t se tiene un MR de 24 kg/cm<sup>2</sup>.

Se hará de manera igual el mismo procedimiento pero ahora con el peso de los ejes tándem de acuerdo al tipo de vehículo, los cuales son de 18 t y 22.5 t.

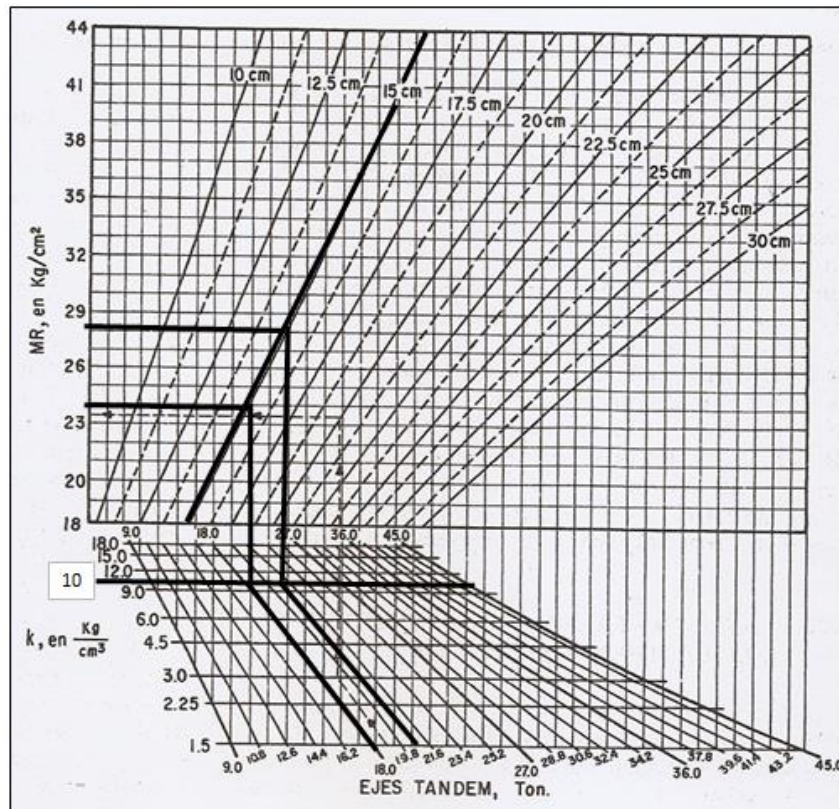


Imagen 5.4. Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes tándem.  
Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

Con los valores correspondientes se obtiene, que para 18 t se tiene un MR de 24 kg/cm<sup>2</sup> y para 22.5 t un MR de 28 kg/cm<sup>2</sup>. Ahora al tener los valores de MR para ejes sencillos y ejes tándem, es necesario calcular la relación de resistencias, la cual solo se calculará para los valores de MR mayor a 18 kg/cm<sup>2</sup> los que sean menores

se tomará una relación de resistencias de 0.50. Esta relación de resistencias se calculará con la siguiente fórmula:

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

Calculando para ejes sencillos:

$$Rr = \frac{24}{40}$$

$$\underline{Rr = 0.60}$$

Calculando para ejes tándem:

$$Rr = \frac{24}{40}$$

$$\underline{Rr = 0.60}$$

$$Rr = \frac{28}{40}$$

$$\underline{Rr = 0.70}$$

Con los valores de relación de resistencias calculados, se utilizará la imagen, 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 5.5. Tabla para obtener el número permisible de repeticiones.  
Fuente: Rico y Del Castillo; 215: 1994.

Al tener el número permisible de repeticiones, se calculará el porcentaje de fatiga consumido el cual se obtiene con la siguiente fórmula:

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

Teniendo ya todos los datos anteriores, se muestra la segunda parte de la hoja de cálculo generada para determinar si es factible el espesor de losa de concreto hidráulico propuesto de 15cm.

CÁLCULO DEL ESPESOR.					
Modulo de Ruptura $\text{kg/cm}^2 =$	40.00	Concreto $f_c \text{ kg/cm}^2 =$	333.33		
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.					
<b>SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 15 CM.</b>					
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	24.0	0.60	32,000.00	2559.3%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	24.0	0.60	32,000.00	3559.1%
22.5	22.5	28.0	0.70	2,000.00	0.0%
				<b>SUMA =</b>	<b>6118%</b>

Tabla 5.11. Cálculo del espesor.  
Fuente: Propia (2014).

Calculando y sumando el porcentaje de fatiga consumido, da como resultado un 6118%, el cual indica que el espesor de losa de concreto hidráulico propuesto de 15 cm no es factible debido a que es mayor del 100% y por lo tanto no se acepta, por esta razón se propondrá un espesor de losa de concreto hidráulico de 17.5 cm y se muestra a continuación la hoja de cálculo, así como las gráficas.

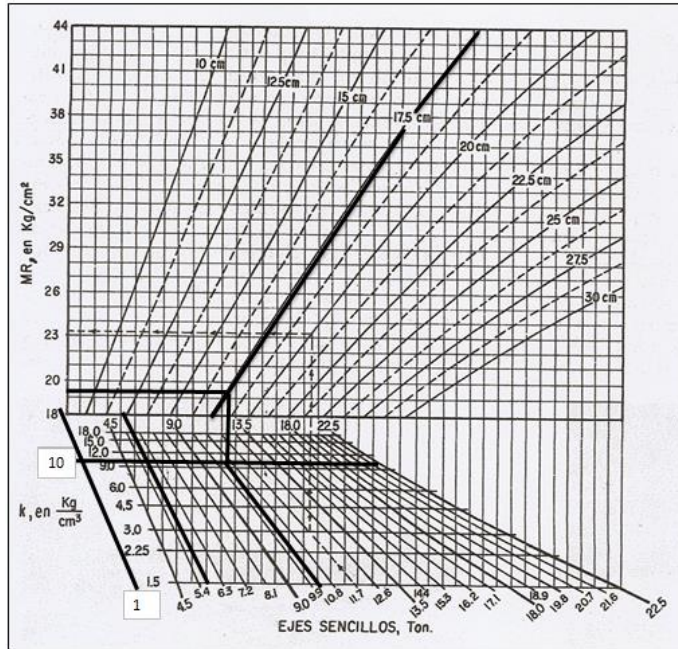


Imagen 5.6. Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes sencillos.  
Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

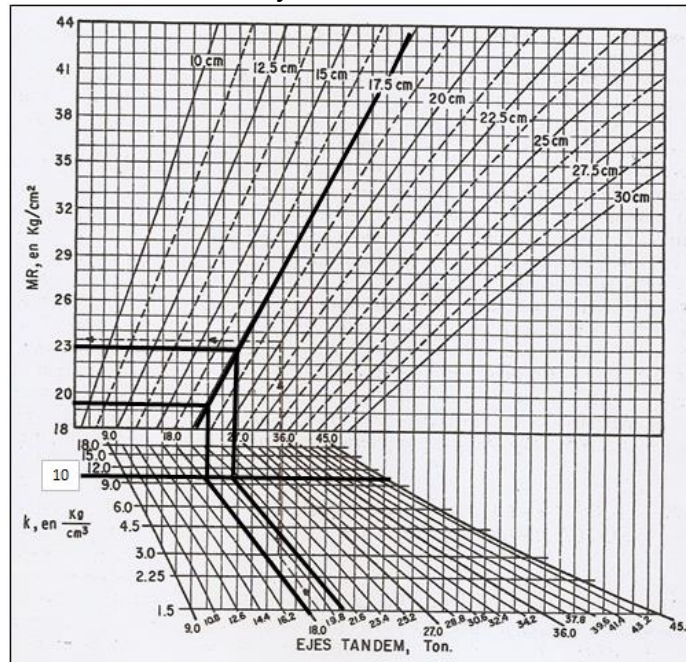


Imagen 5.7. Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes tándem  
Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

CÁLCULO DEL ESPESOR.					
Modulo de Ruptura $\text{kg/cm}^2 =$	40.00	Concreto $f'c \text{ kg/cm}^2 =$	333.33		
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	20.00			
Tomando en cuenta los datos del tránsito y las propiedades mecánicas del concreto se determinará la fatiga consumida mediante la siguiente tabla.					
<b>SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 17.5 CM.</b>					
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	0.49	INFINITAS	0.0%
EJES TANDEM					
18.0	18.0	19.5	0.50	INFINITAS	0.0%
22.5	22.5	23.0	0.58	57,000.00	0.0%
<b>SUMA =</b>					<b>0%</b>

Tabla 5.12. Cálculo del espesor.  
Fuente: Propia (2014).

Calculando nuevamente, se obtiene un espesor de losa de concreto hidráulico de 17.5 cm y utilizando el procedimiento explicado con anterioridad, da como resultado la suma de porcentaje de fatiga consumido 0%, lo cual indica que el espesor propuesto es factible y podemos utilizarlo para el pavimento.

Dicho lo anterior, el diseño de espesores queda de la siguiente manera:


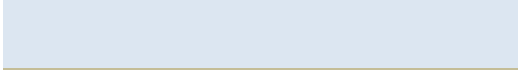

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROPUESTO:		
Espesor (cm)	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	NOTAS
17.50		CONCRETO HIDRAULICO MR 40 KG/CM2
20.00		SUBBASE HIDRUALICA VRS MIN 50
-		TERRENO NATURAL

Tabla 5.13. Estructura del pavimento propuesto.  
Fuente: Propia (2014).

### 5.5. Estructura de pavimento rígido.

Se determinará en la siguiente imagen, el tamaño de varilla y distancias para las juntas longitudinales de acuerdo al espesor del pavimento, que en este caso es de 17.5 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	76 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	48 cm

Tabla 5.14. Estructura de pavimento rígido.  
Fuente: Propia (2014).

Una vez ya establecido el espesor de la losa de concreto a utilizar en el proyecto, se realiza el diseño de las juntas que se utilizarán, éstas tienen como objetivo controlar la fisuración y el agrietamiento natural que sufre el concreto al momento de su construcción y su uso, de manera adicional, tienen la función de dividir el pavimento en secciones de forma adecuada para el proceso constructivo, permiten también el movimiento y el fenómeno de alabeo en las losas así como la transferencia de carga entre las losas.

Las juntas longitudinales quedarán de la siguiente manera:

A continuación, se determinará el diseño de pasajuntas las cuales se usan en las juntas transversales como medio para transferir las cargas a las losas adyacentes. El esfuerzo y la deflexión en la junta son mucho más pequeños cuando las cargas están soportadas por dos losas. El uso de pasajuntas puede minimizar las fallas de bombeo y de diferencia de elevación de juntas, las cuales, ya han sido consideradas por la PCA como factores importantes en el diseño del espesor. En la siguiente imagen se determinara el tamaño de la varilla y distancias de acuerdo al espesor del pavimento en este caso de 17.5 cm.

Espesor de Losa		Barra Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 150	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 7	38	1½	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1¾	56	22	46	18

Tabla 5.14. Estructura de pavimento rígido.  
Fuente: Propia (2014).

Por último, se procede a diseñar la modulación de losas la cual es, definir la forma que tendrán los tableros de losas del pavimento, Esta se da en base a las dimensiones de tableros, también descrito como la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales.

Estará regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento. Se usará una regla práctica que permite dimensionar los tableros de las losas para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes, sin que sea necesario colocar el acero de refuerzo continuo. Se expresa de manera siguiente:

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

Dónde:

SJT= Separación de Juntas Transversales ( $\leq 5.0$  m).

D= Espesor del pavimento.

Calculando para un espesor de 17.5 cm.

$$SJT = (24) \times 17.5$$

$$\underline{SJT = 420 \text{ cm} < 500 \text{ cm}}$$

Para que este valor se aceptable, se tiene que cumplir con la siguiente expresión:

$$0.71 < X / Y < 1.4$$

En donde:

X = Distancia vertical de la losa.

Y = Distancia horizontal de la losa.

Calculando se tiene:

$$\frac{4.2}{3.5} \cdot 1.20$$

$$\underline{0.71 < 1.20 < 1.4}$$

Según la expresión, la separación de las juntas cumple por lo cual será de 4.20 m. Quedará de la siguiente manera:

El método empleado arroja una estructura formada por una capa de pavimento con un MR de 42 Kg/cm<sup>2</sup> con un espesor de 17.5 cm, armada para el sentido longitudinal 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 @60 cm, con una capa de subbase de 20 cm.



## CONCLUSIÓN

Dentro de la presente tesis se planteó la pregunta ¿Cuál es el diseño de pavimentación conveniente para el proyecto de urbanización para la colonia “El Milagro”, en Uruapan, Michoacán?, para lo cual, se respondió de una manera adecuada al llevar a cabo el diseño de la estructura de pavimento rígido para la Av. Las Lomas, conforme el uso y comprensión de uno de los métodos más utilizados en la actualidad para este tipo de estructuras específicamente. En este proyecto se analizaron dos opciones de espesores propuestos, con el cual se obtuvo la estructuración más adecuada en cuestión del análisis teórico del cual se hará mención.

Losa de concreto hidráulico con un espesor de 17.5 cm, realizada con concreto hidráulico de un Módulo de ruptura no menor a 40 Kg /cm<sup>2</sup> 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.

Soportando las losas de concreto hidráulico calculadas, 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 resultados distintos del diseño de pavimento realizado se concluye que el objetivo principal de esta tesis ha sido cumplido de una manera satisfactoria.

En otra cuestión, se definió que la Mecánica de Suelos, es la rama de la Ingeniería Civil que se encarga del estudio de aplicación de Mecánica e Hidráulica a los problemas de Ingeniería, los cuales están directamente relacionados con sedimentos, partículas no consideradas sólidas, producto de desintegraciones mecánicas o descomposiciones de roca.

Se definió como pavimento al “Conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben de forma directa las cargas del tránsito y las transmiten adecuadamente distribuidas a las capas inferiores; proporcionan la superficie de rodamiento en donde se debe tener una operación rápida y cómoda.”(Olivera; 2006; 14). En base a esto, se eligió el método científico y matemático, ya que son los que cuentan con los puntos característicos para el desarrollo de la investigación, así, las consideraciones para un cálculo de pavimento comienzan con un aforo vehicular del tramo en estudio, en el cual se dio una breve descripción de los métodos por los cuales se pueden realizar, para esta investigación se utilizó el método manual y se presentó una tabla en la cual aparecía el número de vehículos, hora y día en la cual pasaban, también se organizaron de acuerdo al tipo de vehículo conforme a la norma de la SCT, se realizó un levantamiento topográfico de la zona para el trazo a desarrollar, se obtuvo el Valor Relativo de Soporte (VRS), con el cual, finalmente, se elaboró el diseño de pavimento rígido por el método Portland Cement Association (PCA),

Se planteó también el objetivo de definir el concepto de topografía, lo cual en el capítulo 1, subtema 1.2, se citó “Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la tierra, por medio

de medidas según los 3 elementos de espacio; dos distancias, 1 elevación, o una distancia, una dirección y una elevación”. (Montes de Oca; 1981; 1).

Se concluyó que existen 2 tipos de pavimentos a elaborar, los cuales son: pavimentación por capas de un pavimento flexible; las cuales están formadas por una carpeta asfáltica, base, subbase, capa subrasante, y pavimentación por capas formadas por una losa de concreto, subbase y capa subrasante.

Así, se definió que una urbanización es de vital importancia, está, ayuda a sacar a la gente del ámbito de la pobreza mejorando una calidad de vida, salud, comunicación, y, así mismo, promueve el avance hacia los objetivos de desarrollo de un primer mundo. La urbanización tiene como objetivo ofrecer mejores servicios e infraestructuras para conectar a la gente con escuelas, empleos y atención de salud de buena calidad. Se vuelve también un indicador del avance en la reducción de mortalidad y provisión de servicios de saneamiento.

“La urbanización es importante. Sin embargo, para aprovechar sus beneficios económicos y sociales, las autoridades a cargo de las políticas deben planificar el uso eficiente de la tierra, hacer coincidir la densidad demográfica con los servicios de transporte, vivienda y otra infraestructura requeridos y disponer del financiamiento necesario para dichos programas de desarrollo”, Jos Verbeek (2013), economista en jefe del Banco Mundial y autor principal del ISM.

## BIBLIOGRAFÍA

Arias Rivera G., Carlos (2007).

Cuaderno de Comportamiento de Suelos.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Caminos Horacio, Goethert, Reinhard (1984).

Elementos de Urbanización.

Ed. G. Gili S.A. México.

Crespo Villalaz, Carlos (1996).

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

Ed. Limusa. México.

Creswell, John W. (1994).

Diseño de investigación. Aproximaciones cualitativas y cuantitativas.

Ed. Sage

Código de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo (2011)

Periódico Oficial del Estado. México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols (2010)

Metodología de la Investigación.

Ed. Mc Graw Hill. México.

Juárez Badillo Rico, Rodríguez (2002).

Mecanica de Suelos, tomo I.

Ed. Limusa. México.

Juárez Badillo Rico, Rodríguez (2004).

Mecanica de Suelos, tomo II.

Ed. Limusa. México.

Mier Suarez, José Alfonso (1987)

Introducción a la Ingeniería de Caminos

UMSNH. México.

Montes de Oca, Miguel (1980)

Topografía

Ed. Alfaomega. México.

Oliveira Bustamante, Fernando (2006)

Estructuración de Vías Terrestres

Ed. Cecs. México.

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

Tratamiento de Errores en Levantamientos Topográficos

INEGI. México.

Rico Rodríguez, Alfonso; Del Castillo, Hermillo (1994)

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres vol. II

Ed. Limusa. México.

Tamayo y Tamayo, Mario (2001)

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa. México.

## OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

Diario Oficial de la Federación. (2012)

[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5269849&fecha=24/09/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5269849&fecha=24/09/2012)

H. Ayuntamiento de Uruapan. (2008)

Uruapan.

<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM16michoacan/municipios/16102a.html>

Informe del FMI/ Banco Mundial (2013)

Países en desarrollo deben aprovechar la urbanización para lograr los ODM.

<http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2013/04/17/developing-countries-need-to-harness-urbanization-to-achieve-mdgs-imf-world-bank-report>

Ubicación del ITM. (2014).

<http://itmorelia.edu.mx/Ubicacion.html>

Uruapan. (2014).

<http://es.wikipedia.org/wiki/Uruapan>



**ANEXOS**

