



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS SOBRE SUELOS  
BLANDOS EN AVENIDA CUAUHTÉMOC VALLE DE CHALCO**

**DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

**PRESENTA:**

JUAN ANTONIO RODRÍGUEZ GÓMEZ

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN:

M.I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ

MÉXICO, D.F. 2016





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.



## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por darme fortaleza, por bendecirme en este camino difícil, por darme fuerza y ánimos de salir adelante, por mandarme a mis dos amores; Daniela Rodríguez Muñoz Y Andrea Rodríguez Muñoz las bendiciones más grandes que me has dado.

### **A mis padres:**

Quienes con su confianza, cariño y apoyo me han convertido en una persona de provecho, ayudándome a lograr una meta más, por darme la vida, por ser los actores principales de mi familia y de mi vida, les agradezco profundamente por apoyarme en mi carrera profesional.

### **A mi esposa:**

A mi flaca que sin su apoyo y tolerancia nada de esto hubiera sido posible; gracias por acompañarme en todo momento.

### **A mis hijas:**

Quienes con su llegada al mundo vinieron a alegrar mi vida, animándome con su pequeña sonrisa en los momentos difíciles que eh pasado, con el amor mostrado en cada momento Daniela y Andrea dedicada a ustedes son mi razón de ser.

### **A mis hermanos:**

Cada momento de mi niñez fue genial a su lado; y espero servir como ejemplo para ustedes así como ustedes lo son para mí.

### **A mi padre Arturito:**

A mi papá Gregorio Arturo Cervantes López cada consejo, cada oración y corrección me han ayudado muchísimo agradezco mucho a Dios por habérmelo puesto en mi camino; no tengo palabras para agradecer todo lo que ha hecho por mí.



## INDICE

|   | PÁGINAS |
|---|---------|
| INTRODUCCIÓN  | 5       |
| CAPÍTULO I.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS                            |         |
| I.1.- Definición de suelo.                                      | 7       |
| I.2.-Características de los Suelos.                             | 7       |
| I.2.1.-Origen de los suelos                                     | 7       |
| 1.3.-Tipos de suelos  | 9       |
| I.4.- Clasificación de Suelos en la Ciudad de México.           | 10      |
| CAPÍTULO II.- ESTABILIZACIÓN DE SUELOS                          |         |
| II.1.- Definición   | 11      |
| II.2.- Métodos de estabilización de suelos para pavimentos      | 12      |
| II.2.1- Estabilización física.                                  | 12      |
| II.2.2.- Estabilización química.                                | 14      |
| II.2.3- Estabilización mecánica.                                | 18      |
| CAPÍTULO III.-TERRACERÍAS.                                      |         |
| III.1.- Definición.   | 22      |
| III.2.- Geosintéticos   | 23      |
| III.3.- Sub Rasante   | 25      |
| III.4.- Sub Base  | 28      |
| III.5.- Base  | 29      |
| CAPÍTULO IV.- PAVIMENTOS.                                       |         |
| IV.1.- Definición   | 30      |
| IV.2.- Pavimentos flexibles                                     | 31      |
| IV.3.- Pavimentos rígidos                                       | 38      |
| CAPÍTULO V.- ANALISIS DE PROYECTO DE LA VIALIDAD<br>CUAUHTEMOC. |         |
| V.1.-Demanda de la Población                                    | 52      |
| V.2.-Estudio de Impacto Ambiental                               | 53      |
| V.3.-Estudio Topográfico  | 53      |
| V.4.-Diseño Geométrico  | 55      |
| V.5.-Estudio de Drenaje   | 58      |
| V.6.-Obras Inducidas  | 60      |
| V.7.-Estudio de Mecánica de Suelos                              | 61      |



---

|  |    |
|--|----|
| V.8.-Diseño del Pavimento                              | 62 |
| V.9.-Estudio de Señalización                           | 63 |
| V.10.-Cantidades de Obra                               | 64 |
| <br>   |    |
| VI.-PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA AVENIDA CUAUHEMOC |    |
| VI.1.-Obras Preliminares                               | 66 |
| VI.2.-Drenaje y Agua Potable                           | 69 |
| VI.3.-Terracerías                                      | 72 |
| VI.4.- Guarniciones y Banquetas                        | 76 |
| VI.5.-Pavimento  | 77 |
| VI.6.- Reforestación y Acabados                        | 81 |
| <br>   |    |
| CONCLUSIONES   | 84 |
| RECOMENDACIONES  | 85 |
| BIBLIOGRAFIA   | 85 |
| <br>   |    |
| GLOSARIO   | 87 |



## **INTRODUCCIÓN**

En la infraestructura del transporte, en México las vías de comunicación terrestre y en particular las carreteras, constituyen un factor básico para posibilitar la competitividad. Su calidad requiere de un diseño y mantenimiento adecuados, como cualquier otro activo económico, ya que el pavimento tiende a degradarse por el uso y por el clima. Haciendo mención de que la población exige y demanda vialidades seguras, es decir, con iluminación, sin deformaciones, con mejores condiciones de manejo y frenado, señalización, balizamiento y seguridad vial para el peatón.

En el caso práctico de la Avenida Cuauhtémoc en valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, derivado de las demandas antes descritas y ante la necesidad de rehabilitar la vialidad más importante de este municipio, se decidió pavimentarla con concreto hidráulico la cual por su alto costo se realizó en diferentes etapas. En esta obra participe en la supervisión y por la magnitud de los trabajos decidí de llevar este caso a realizar este trabajo de titulación, con la finalidad de que sirva de consulta para resolver problemas que se presentan al momento proyectar, presupuestar y ejecutar los trabajos.

En el presente trabajo, se mostraran los diferentes tipos de beneficios de construir con pavimentos rígidos, así como el deterioro que estos sufren dentro de su vida de servicio; también el mantenimiento que deben de recibir para que cumplan con el tiempo de servicio esperado.

### **Justificación y Delimitación del tema.**

Ante las demandas que exige la población en cuanto a vialidades y en la búsqueda de nuevas alternativas surge la necesidad de elaborar este trabajo de desarrollo práctico que apoye tanto a los proyectistas en determinar cuál fue el tipo de pavimento idóneo para cada caso y; a los ejecutores de la obra (residencia, supervisión, superintendencia) en resolver problemas que se presentan en campo al momento de construir con dichos pavimentos.

### **Objetivo del Tema de investigación.**

El presente trabajo de investigación, se desarrolla con la finalidad de transmitir la experiencia adquirida, al auxiliar tanto a los proyectistas como a unidades ejecutoras de obra al momento de resolver problemas como el que se presenta en este trabajo. Así como reafirmar conocimientos y nuevas estrategias en la ejecución, de pavimentos de concreto rígido en avenidas principales.



## **Descripción de los Capitulos.**

Así mismo, en el Capítulo I, se indica el tipo y características de suelos que tiene la ciudad de México, así como el tipo y características que contiene el desarrollo de este caso práctico.

En el capítulo número II se indica y describen los diferentes tipos de estabilización de suelo, ya que para el desarrollo de este caso se tuvo la necesidad de estabilizar el suelo.

En lo que se refiere al capítulo III se describen el tipo de terracerías para cada tipo de pavimento como parte fundamental de transmitir las cargas a la sub rasante.

Para el Capítulo IV, indica las diferencias entre pavimentos rígidos y flexibles así como los beneficios de cada uno de los mismos.

En el capítulo V, se analiza y desarrolla el proyecto de la avenida Cuauhtémoc en el municipio de valle de Chalco solidaridad

Una vez analizado las razones para elegir las mejores condiciones para la avenida en cuestión en el capítulo VI, se analiza, se desarrolla y ejecuta la obra de pavimentación por concreto hidráulico en la avenida Cuauhtémoc.

Finalmente se emiten las conclusiones y recomendaciones y recomendaciones mas importantes de desarrollo de este caso práctico, con los diferentes comentarios obtenidos a lo largo de la ejecución del mismo.



## **CAPÍTULO I** **CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

### **I.1.- Definición de suelo.**

La definición de suelo para el desarrollo de este caso práctico lo definiremos desde un punto de vista de ingeniería, por lo tanto suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas.

Entre los parámetros de identificación los más significativos son la granulometría (distribución de los tamaños de grano que constituyen el agregado) y la plasticidad (la variación de consistencia del agregado en función del contenido en agua). El tamaño de las partículas va desde los tamaños granulares conocidos como gravas y arenas, hasta los finos como la arcilla y el limo. Las variaciones en la consistencia del suelo en función del contenido en agua diferencian también las mencionadas clases granulométricas principales.

Los parámetros de estado fundamentales son la humedad (contenido en agua del agregado), y la densidad, referida al grado de compacidad que muestren las partículas constituyentes.

En función de la variación de los parámetros de identificación y de los parámetros de estado varía el comportamiento geomecánico del suelo, definiéndose un segundo orden de parámetros tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o la permeabilidad.

La composición química y/o mineralógica de la fase sólida también influye en el comportamiento del suelo, si bien dicha influencia se manifiesta esencialmente en suelos de grano muy fino (arcillas). De la composición depende la capacidad de retención del agua y la estabilidad del volumen, presentando los mayores problemas los minerales arcillosos. Éstos son filosilicatos hidrófilos capaces de retener grandes cantidades de agua por absorción, lo que provoca su expansión, desestabilizando las obras si no se realiza una cimentación apropiada. También son problemáticos los sustratos colapsables y los suelos solubles.

De manera genérica, es usual hablar de movimiento de suelos incluyendo en el concepto el trabajo con materiales, como rocas y otros, que sobrepasan la definición formal.

### **I.2 Características de los suelos.**

#### **1.2.1 Origen del Suelo**

La mayoría de los suelos que cubren la tierra están formados por meteorización de las rocas.; los geólogos emplean el término meteorización de las rocas para describir todos los procesos externos, por medio de los cuales la roca experimenta descomposición química y desintegración física, proceso mediante el cual la masa de roca se rompe en fragmentos pequeños. Esta fragmentación continua en un mero cambio físico y por eso se llama también meteorización mecánica. Por otra parte, la





meteorización química de una roca es un proceso de descomposición, mediante el cual los minerales contractivos de rocas allí presentes cambian de composición química. En la descomposición., los minerales persistentes se trasforman en minerales de composición y propiedades física diferentes. Es preciso indicar que la desintegración física completa la descomposición, ya que los materiales y partículas rocosas de menor tamaño producidos por meteorización mecánica son mucho más susceptibles al cambio químico que los granos minerales firmemente soldados en grandes masas de roca compacta, con lo anteriormente descrito podemos definir qué:

La **meteorización mecánica** es el proceso por el cual las rocas se fracturan en piezas de menor tamaño bajo la acción de las fuerzas físicas, como la corriente de agua de los ríos, viento, olas oceánicas, hielo glacial, acción de congelación, además de expansiones y contracciones causadas por la ganancia y pérdida de calor.

La **meteorización química** es el proceso de descomposición química de la roca original. Entre los distintos procesos de alteración química pueden citarse: la hidratación (paso de anhidrita a yeso), disolución (de los sulfatos en el agua), oxidación (de minerales de hierro expuestos a la intemperie), cementación (por agua conteniendo carbonatos), etc. Por ejemplo, la meteorización química de los feldespatos puede producir minerales arcillosos.

Muy bien relacionada con la meteorización química se encuentra la **meteorización biológica**, producida fundamentalmente por la actividad bacteriana, originando putrefacciones en materiales orgánicos.

La acción conjunta o individual de estos procesos de meteorización da lugar a un perfil de meteorización de la roca en función de la profundidad (véase figura No 1.2.1). En este perfil la roca sana ocupa la zona más profunda, transformándose gradualmente a suelo hacia la parte más superficial.

| PERFIL ESQUEMÁTICO | LOVE (1951)<br>LITTLE (1961) | VARGAS (1951)                  | SOWERS (1954, 1963)        | CHANDLER (1969)           | GEOLOGICAL SOC. ENG. GROUP (1970) | DEERE Y PATTON (1971)                                  |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|--|
|                    | ROCAS ÍGNEAS                 | ÍGNEAS, BASÁLTICAS Y ARENISCAS | ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS      | MARGAS Y LIMOLITAS        | ROCAS ÍGNEAS                      | ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS                                  |
|                    | VI SUELO                     | SUELO RESIDUAL                 | ZONA SUPERIOR              | IV COMPLETAMENTE ALTERADA | VI SUELO RESIDUAL                 | HORIZONTE IA   |
|                    | V COMPLETAMENTE ALTERADA     | SUELO RESIDUAL JOVEN           | ZONA INTERMEDIA            | IV a                      | V COMPLETAMENTE ALTERADA          | HORIZONTE IB   |
|                    | IV ALTAMENTE ALTERADA        | CAPAS DE ROCA DESINTEGRADA     | ZONA PARCIALMENTE ALTERADA | III                       | IV ALTAMENTE ALTERADA             | HORIZONTE IC (SAPROLITO)                               |
|                    | III MODERADAMENTE ALTERADA   |                                |                            |                           | III MODERADAMENTE ALTERADA        |  |
|                    | II ALGO ALTERADA             | ROCA SANA                      | ROCA INALTERADA            | ROCA INALTERADA           | II DEBILMENTE ALTERADA            | HORIZONTE IA TRANSICIÓN CON ROCA METEORIZADA SAPROLITO |
|                    | I ROCA SANA                  |                                |                            |                           | IB MUY POCO ALTERADA              |  |
|                    |                              |                                |                            | IA ROCA SANA              | ROCA SANA                         |  |

Figura No 1.2.1 (perfil de meteorización según diversas fuentes).



### I.3 Tipos de Suelo

Los tipos de suelos se clasifican de dos maneras: una es según la función del suelo y la otra es según las características del suelo.

*Tipos de suelo según su funcionalidad:*

- Suelos arenosos: son aquellos suelos que no retienen el agua, al poseer poca materia orgánica no son aptos para la agricultura.
- Suelos calizos: en estos suelos abundan las sales calcáreas, suelen ser de color blanco y también árido y seco, y por ende no son buenos para la agricultura.
- Suelos humíferos (también llamados tierra negra): son aquellos que posee gran cantidad de materia orgánica en descomposición, son fantásticos para retener el agua y por lo tanto son excelentes para cultivar.
- Suelos arcillosos: estos suelos están formados por pequeños granos finos de color amarillo y retienen el agua en charcos. Mezclados con humus pueden resultar muy efectivos para la agricultura.
- Suelos pedregosos: formas por toda clase de rocas y piedras, al no retener el agua resultan pésimos para cultivar.
- Suelos mixtos: una mezcla del suelo arenoso y del suelo arcilloso.

*Tipos de suelo según sus características:*

- Litosoles: suelo que suele aparecer en afloramientos rocosos y a veces en escarpas, son de poco espesor y con poca vegetación.
- Cambisoles: suelos jóvenes que acumulan arcillas.
- Luvisoles: cuenta con un horizonte resultado de una gran acumulación de arcillas.
- Acrisoles: tienen una acumulación de arcilla menor a los luvisoles.
- Gleysoles: cuentan con gran cantidad de agua en forma permanente o semipermanente.
- Fluvisoles: suelos jóvenes que se han formado debido a la lluvia, suelen tener mucho calcio.
- Rendzina: suelos con muchas materia orgánica ubicados sobre roca caliza.
- Vertisoles: suelo arcilloso de color negro, se localizan en zonas de poca pendiente.

## I.4 Clasificación de Suelos en la Ciudad de México.

### **Zona del Lago:**

Esta zona se caracteriza principalmente por ser, terrenos suaves de baja resistencia estructural ubicados en lo que era la antigua Tenochtitlan, de baja resistencia sísmica (Centro Histórico y la zona Nororiente y oriente del D.F.). En este tipo de terreno es donde se trabajó la pavimentación de la avenida Cuauhtémoc encontrándose en zona de lago al oriente de la Ciudad de México.

### **Zona de Transición:**

Este tipo de terrenos son semi rocosos de mediana resistencia estructural, de sensibilidad sísmica abarcan la zona Norte del D.F., aquí también se derivan los llamados de transición abrupta los cuales como su nombre lo dice son muy pronunciados en los cambios de suelo bando a rocoso ; un ejemplo de este tipo de suelos esta la zona de cerros del peñón viejo, generando deformaciones en el terreno así como el cerro de Xico en el municipio de Valle de Chalco Solidaridad generando deslizamientos en las vialidades.

### **Zona de Lomeríos:**

Terrenos rocosos de alta resistencia estructural, los daños sísmicos son raros, abarcan la zona Sur y Sureste del D.F. Como el Pedregal de San Ángel, además de la zona norte conurbada (Naucalpan, Atizapán, Tlalnepantla, entre otros), este tipo de suelos presentan asentamientos inmediatos, esenciales para los cálculos de estructuras pesadas.

### **Zona de Serranía:**

Son cerros y montañas que rodean la ciudad y los terrenos son variables encontrándose en su mayoría de buena calidad estructural. A continuación se presenta una imagen con la zonificación de los suelos en la Ciudad de México

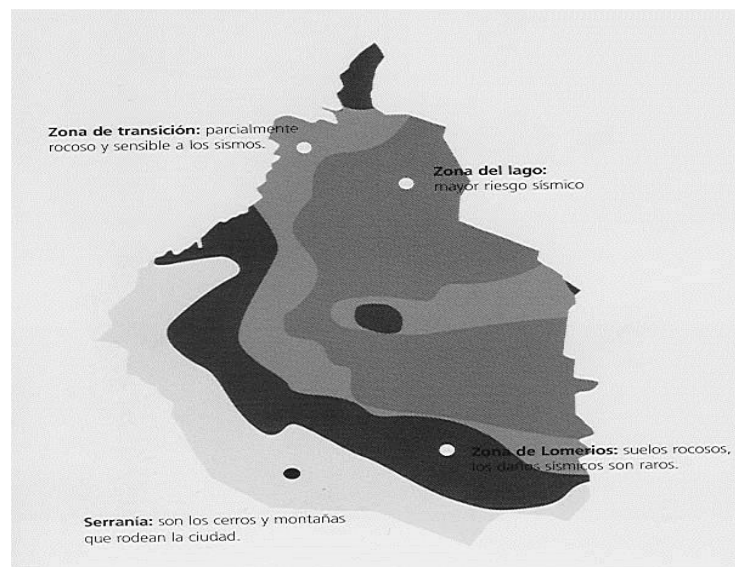


Figura No 1.4.1 Zonificación de la ciudad de México



## **CAPÍTULO II** **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS**

### **II.1 DEFINICION**

Cuando un suelo presenta buena resistencia y suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y conserva además esta condición bajo los efectos climatológicos normales en la localidad, se dice que el suelo es estable.

El suelo posee a veces la composición granulométrica y plasticidad así como el grado de humedad necesario para que, una vez apisonado presente las características mecánicas que lo hacen utilizable como firme de un camino.

Los suelos se pueden utilizar en el estado en que se encuentren o bien, ser excavados y tratados para adecuarlos al proyecto. El conocimiento de las características y propiedades de los suelos son muy importantes en el desarrollo de los proyectos y también para escoger el mejor diseño.

Por tal motivo **definiremos estabilización de suelo** al proceso mediante el cual se someten los suelos a cierta manipulación o tratamiento, de modo que podamos aprovechar sus cualidades, obteniéndose un firme más estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones del clima más severas. Se dice que es la corrección de una deficiencia para darle mayor resistencia al terreno; o bien disminuir su plasticidad, la estabilización del suelo respecto a la característica de dar resistencia a la deformación, añade al suelo aquello de lo que adolece, si hay un suelo arcilloso hay que añadir material granular, si es un suelo granular hay que añadir un ligante (material arcilloso).

La estabilización de un suelo consiste en modificar algunas de sus características indeseables para el propósito de uso que queremos darle a dicho suelo. Entonces, si el suelo va a ser empleado para apoyar una cimentación de una edificación o bien para la estructura de un pavimento, las principales características indeseables de una arcilla plástica serán: índice plástico demasiado alto que significa un alto valor de expansión (o bien su opuesta contracción), así como una baja capacidad para soportar una carga. Los suelos son el componente principal de la mayoría de los proyectos de construcción. Estos deben soportar cargas, para edificios así como para pavimentos.

El funcionamiento correcto a largo plazo de un pavimento depende de la calidad de los suelos en donde se desplantara su estructura, porque de lo contrario si tienen suelos inestables no tratados, estos pueden crear problemas significativos en estas construcciones, disminuyendo drásticamente su vida útil, por lo que se debe elegir el mejor diseño y la técnica de construcción apropiada; *en general se puede decir que todos los suelos pueden ser estabilizados.*



## **II.2 MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN EN SUELOS PARA PAVIMENTOS**

La estabilización de un suelo consiste en agregar un producto químico o aplicar un tratamiento físico logrando así, que se modifiquen las características de los suelos, se dice que es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad.

**Existen tres formas para lograrlo y son las siguientes:**

### **II.2.1 Estabilización Física**

Este método se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo. Hay varias formas como lo son:

#### **a) Mezcla de Suelos:**

Este tipo de estabilización es de amplio uso pero por si sola no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre por lo menos la compactación como complemento.

Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas tienen una alta fricción interna, lo que les hace soportar grandes esfuerzos, pero esta calidad no hace que sea estable como para ser el firme de una carretera ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el peso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino.

Las arcillas, por el contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción, lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad, la mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material más estable en el que se pueden aprovechar la gran fricción interna de uno y la gran cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas.

#### **b) Geosintéticos**

Un tema que abordaremos en el capítulo de terracerías son los geosintéticos, por el momento mencionaremos que son telas permeables no biodegradables que pueden emplearse como separación, filtración, protección, refuerzo y sustitución de agregados graduados como estabilizadores de suelos blandos así como elementos de distribución de cargas en los pavimentos, en los taludes de cortes y terraplenes ayudan a proteger de la erosión.

Entre sus cualidades está la resistencia a la descomposición por la humedad indigerible por roedores, se amolda a las superficies, tienen afinidad y absorción al asfalto y resiste altas temperaturas. El uso de geosintéticos como las geomallas y geotextiles son elementos que pueden estabilizar los suelos y por lo mismo a incrementar la capacidad de la carga, resolver situaciones de nivel freático superficial, entre otras; permitiendo disminuir el tiempo en la ejecución de los trabajos, mano de obra y principalmente en los costos.

### c) vibro flotación (mecánica de suelos)

El apisonamiento de los suelos vía vibradores es más conocido bajo el nombre de vibroflotación o de vibrocompactación. Es una técnica de estabilización de los suelos granulosos tales como la arena, las gravas y terraplenes. El método consiste en poner las partículas en suspensión por vibración, para que puedan reordenarse en un estado más compacto. Este tipo de estabilización; sirve para densificar suelos no cohesivos limpios. Por lo general el vibrador con el jet (véase figura II.2.1) de agua reduce la fuerza inter-granulares entre las partículas del suelo, permitiéndolas moverse a una posición más densa, llegando a una densidad relativa típica del 70% a 85%. La compactación es efectiva por encima y por debajo del nivel freático.

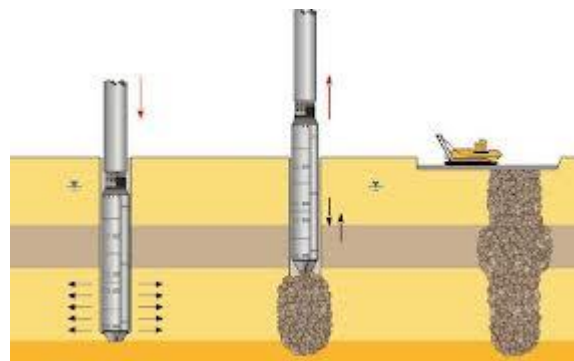


Figura II.2.1.1 Estabilización de suelos vibroflotación

### d) sub dren.

El sub dren es el sistema más adecuado para captar y conducir los fluidos en su plano hacia un sistema de evacuación. Este geo compuesto se utiliza principalmente para los sistemas de drenaje en muros de contención, drenaje de terraplenes, drenaje de campos deportivos, captación de lixiviados dentro de rellenos sanitarios y sistemas de drenaje en vías. Cómo podemos ver en la imagen siguiente, este tipo de estabilización de suelos se ocupa para darle mayor flujo a la estructura de un camino y evitar deslizamientos en el mismo.

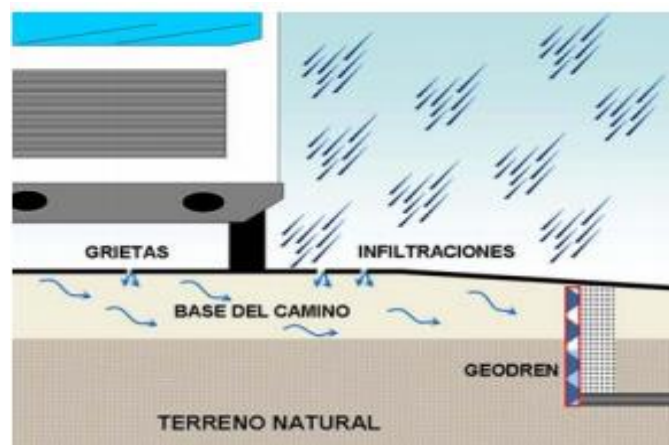


Figura No II.2.1 Subdren



## **II.2.2 Estabilización Química**

Este tipo de estabilización de suelo se refiere a la utilización de ciertas sustancias químicas patentadas y cuyo uso involucran la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

### a) Estabilización con cal

La cal se usa en suelos que contienen componentes minerales de arcilla. La reacción entre el mineral de la arcilla y la cal, es la que produce el efecto de estabilización. Se mezcla la calhidra, con el suelo arcilloso y con agua. Se recomienda en suelos arcillosos, porque facilita la floculación (las partículas se unen a otra y se precipitan) de las partículas de las arcillas.

**La cal** disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica.

Todos los suelos finos pueden ser modificados en algún grado para exhibir menos plasticidad y mejorar la trabajabilidad utilizando un tratamiento a base de cal. Las características de resistencia de un suelo tratado con cal depende principalmente del tipo de suelo, tipo y porcentaje de cal, así como las condiciones de curado (tiempo – temperatura)

Se puede utilizar la cal para cambiar las propiedades del suelo (modificación) o para el mejoramiento a largo plazo (estabilización).

La modificación de suelos puede ser definida como la reducción de plasticidad y/o el potencial de hinchamiento para satisfacer a un nivel aceptable los requerimientos de diseño. Esta modificación usualmente también lleva con ella mejoramiento en la resistencia y rigidez y una mejora significativa en la trabajabilidad, construcción y cambios de textura.

Los efectos de modificación del suelo son inmediatos, entre ellos existen la reducción de plasticidad, cambio de la relación humedad–densidad, cambios de textura y mejoramiento de la resistencia.

La estabilización del suelo es un cambio permanente en las propiedades del suelo tratado. Este requiere un nivel significativo de reacción puzolanica, el cual genera una resistencia substancial, rigidez y durabilidad en la capa del pavimento.

La cal, disminuye el límite líquido y el índice de plasticidad, aumenta la resistencia a la compresión y el VRS, disminuyendo a su vez la capilaridad.

La cal se utiliza en la estabilización de capas bases y sub-rasantes. Las funciones principales de estas en un sistema de pavimento flexible son, mejorar la resistencia a esfuerzos cortantes de la capa estabilizadora, proteger las capas sub rasantes y rasantes naturales de ser sobre esforzadas, aumentar el módulo de respuesta generado por la capa base flexible debido al apoyo mejorado de la sub rasante estabilizada con cal y reducir el esfuerzo cortante dentro de la superficie de concreto asfáltico como un resultado del mejor apoyo ofrecido por la capa sub rasante estabilizada.

### **Ventajas de la estabilización de los suelos con cal.**

El tratamiento de los suelos arcillosos con cal viva o hidratada en cualquier obra o movimiento de tierras: laderas, terraplenes, explanadas, firmes, plataformas, etc., correspondiente a cualquier tipo de infraestructura: viales, aeropuertos, ferrocarriles, etc., permite obtener una serie de ventajas técnicas y económicas que se citan a continuación:

- Posibilidad de reutilización de los suelos disponibles en la traza, disminuyéndola necesidad de préstamos y vertederos. Este aspecto, además de disminuir las afecciones hacia el medio ambiente, disminuye los costos del movimiento de tierras, incidiendo especialmente en el transporte de materiales y en el tiempo de ejecución
- La reducción del plazo de ejecución de los trabajos viene determinada también por la rapidez de las reacciones suelo- cal y el efecto secante producido, el índice de la plasticidad disminuye notablemente y el suelo se vuelve más friable, aumentando inmediatamente su trabajabilidad, además el empleo de cal viva ayuda a secar rápidamente los suelos húmedos, facilitando su compactación.
- El empleo de cal incrementa la capacidad portante de los suelos aumentando su índice de V.R.S. también aumenta la resistencia a la tracción y flexión, por lo tanto la mejora producida en las capas y explanadas estabilizadas permite reducir espesores y las posibilidades de fallo durante su vida útil.
- Otra ventaja muy importante de la estabilización con cal frente al empleo de otros conglomerantes es que no representa un fraguado rápido, lo cual permite una gran flexibilidad en la organización de las distintas fases de ejecución: mezcla, extendido, compactación, etc.

No obstante, para evitar la re carbonatación previa de la cal, debe realizarse el mezclado con el suelo antes de 8 horas, desde el momento del extendido. Además con el fin de evitar la re carbonatación de la cal y su arrastre por el viento, conviene mezclarlo lo antes posible la cal extendida.



Imagen II.2.2.1 estabilización de suelo con cal.





## b) Estabilización con cemento Portland:

Este tipo de estabilización aumenta la resistencia de los suelos se usa principalmente para arenas o gravas finos. La estabilización con cemento portland se puede usar en una gran variedad de suelos, tales como: gravas, arenas, limos y suelos de baja plasticidad, sin embargo, el cemento no es tan efectivo como la cal en la estabilización de arcillas de alta plasticidad. Algunos suelos arcillosos tienen una alta afinidad con el agua de tal manera que el cemento puede hidratarse lo necesario para producir la reacción puzolánica completa. Usualmente es ventajoso utilizar cemento cuando los suelos no reaccionan con la cal.

El cemento se usa cada vez más como estabilizador de suelos, particularmente en la construcción de carreteras y presad de tierra, la primera construcción controlada con suelo cemento en Estados Unidos se llevó acabo cerca de Jhonsonville, carolina del sur en 1935.

Al igual que la cal el cemento ayuda a incrementar la resistencia de los suelos y la resistencia aumenta con el tiempo de curado.

Los suelos granulares y arcillosos de baja plasticidad son obviamente los más adecuados para la estabilización con cemento. Las arcillas cálcicas son estabilizadas más fácilmente por la adición de cemento, mientras que las arcillas sódicas e hidrogenadas, de naturaleza expansiva, responden mejor a la estabilización con cal. Por estas razones debe ponerse atención a la selección del material estabilizador.

La alta resistencia a la compresión desarrollada en suelos de sub rasantes y base estabilizados con cemento genera altos valores de rigideces o módulos de resistencia en las capas resultantes del pavimento. En muchos casos, las resistencias son tan altas y las rigideces tan grandes que la capa tratada con cemento debe ser considerada como una losa estructural. Esta resistencia ganada, la cual ocurre bastante rápido, puede resultar en una contracción considerable, la cual debe ser acomodada por técnicas apropiadas de construcción.

### ✓ Suelo cemento

Se aplica cemento y agua a un suelo granular para que sea más cohesivo. La cantidad máxima de cemento como lo es también el la calhidra debe ser menor del 7%.

La estabilización puede ser:

- ▶ Con cemento: menos del 7%
- ▶ **Suelo cemento:** mezcla con más del 7% de cemento
- ▶ También se ha implementado el **relleno fluido** que se define como un "material de baja resistencia controlada" (MBRC), es un cementante que puede emplearse principalmente en trabajos de nivelación de terreno o ahí donde se requiera una compactación igual o mejor que la de un suelo compactado. Entre sus cualidades más relevantes se encuentran el ser de fácil nivelación y autocompactado y no requerir colocación en capas.



Imagen II.2.2 trabajos previos para la construcción del suelo cemento.



Imagen II.2.2.3 estabilización de suelo con relleno fluido.

c) Productos asfálticos :

La emulsión muy usada para material triturado sin cohesión, el mejoramiento de las propiedades de los suelos con el añadido de asfalto y productos asfálticos es una técnica socorrida y frecuentemente muy efectiva. Son tres los tipos de producto que se han usado para este fin.

- ✓ Productos bituminosos, que son sistemas anhídridos de hidrocarburos totalmente solubles en bisulfuro de carbono.
- ✓ Productos asfálticos, procedentes de la destilación y refinamiento del petróleo o asfaltos naturales, más raramente.
- ✓ Productos residuo de la destilación destructiva de materiales orgánicos, tales como el carbón, ciertos aceites, lignitos, turbas y madera (alquitranes).

Los productos asfálticos y bituminosos en general, son normalmente demasiado viscosos para que se puedan incorporar directamente a los suelos; por ello deben usarse calentados, emulsificado en agua (emulsiones) o rebajados con un solvente.



Las emulsiones y los asfaltos rebajados son los productos más usados en estabilizaciones de suelos, pero se emplean también alquitranes calentados o rebajados. Los rebajados más usuales son los del fraguado lento y medio, pero en las arenas se ha utilizado también los del fraguado rápido con éxito.

Los asfaltos emulsificados se usan con rompimiento rápido y lento. Las emulsiones son suspensiones muy finas de partículas de asfalto en agua y el asfalto se liga con el suelo cuando la suspensión se coagula (rompimiento) el momento en que ya la coagulación ocurra determina la efectividad de la liga asfalto-suelo; si el rompimiento ocurre muy pronto, se tendrá una penetración escasa e inadecuada y esta es la razón por la que evitan las emulsiones de rompimiento rápido.

Prácticamente todos los tipos de suelo responden a la estabilización con asfalto, incluyendo las arcillas más compresibles y activas, pero los mejores resultados se obtienen sin duda con arenas y con gravas arenosas, materiales a los que el asfalto da cohesión e impermeabilidad.

Existen otros métodos de estabilización química de suelos diferentes a los ya citados, sin embargo su utilización es mucho menos frecuente.

Entre dichos métodos se encuentran:

- d) Cloruro de sodio y de calcio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.
- e) Escorias de fundición: este se utiliza usualmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilización y proteger su vida útil.
- f) Polímeros: de igual manera que el anterior, por lo general en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.
- g) Hule de neumáticos: como los anteriores este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida.

### **II.2.3 Estabilización Mecánica**

Este mejoramiento generalmente se hace en la sub base, base y en las carpetas asfálticas, en ocasiones el terreno natural se le da una ligera compactación para uniformizarlo y poder recibir las capas de la estructura del pavimento, esto es, si el terreno se presta para realizar dicho proceso con equipo mecánico pesado.

Desde 1933, el ingeniero Ralph R. Proctor inició un estudio para entender las propiedades y composiciones de los suelos y aunque con algunas modificaciones, estos métodos aún se utilizan.

La compactación es un proceso de la disminución o minimización de espacios vacíos por medio de la acción mecánica de los equipos de compactación, durante este proceso se pueden mejorar las características del suelo, con un aumento simultáneo de densidad. El suelo como un elemento que recibe diferentes estructuras construidas por el hombre como por ejemplo calles, estacionamientos, edificaciones, por lo que con la compactación de un suelo se busca:

- I. **Mayor capacidad de carga.** Al compactar un suelo se obtiene mayor densidad del mismo, debido a lo anterior se obtiene una mejor distribución de fuerzas que actúan directamente sobre el suelo.
- II. **Mayor estabilidad.** Al construirse alguna edificación sobre un suelo sin compactar o compactado en forma desigual, el suelo por la acción de la carga, se asienta en forma desigual, lo que ocasionara grietas y en un momento dado la inestabilidad de la construcción
- III. **Disminución de la contracción del suelo.** Al existir espacios de aire en el suelo, el agua penetra con facilidad, por lo que se produce un fenómeno de dilatación y contracción del suelo, el cual se separa de la estructura, modificando las condiciones de diseño
- IV. **Disminución de la permeabilidad.** La permeabilidad de un suelo depende de la granulometría del suelo y de su densidad de un suelo bien compactado impide el paso del agua, evitando así deformaciones, modificando las características de diseño.
- V. **Disminución de asentamiento.** Cuando un suelo está mal compactado, en esos espacios se puede llenar de agua, el cual con bajas temperaturas se congela y en los cambios de estado pueden producir agrietamiento en la estructura de los pavimentos.

**Tipo de suelo no cohesivo (granular).** Son suelos compuestos de; rocas, piedras gravas y arenas, o sea suelos de granos gruesos en el caso de suelos granulares el proceso de compactación más adecuada resulta el de la vibración, pero debe tenerse en cuenta como ya se sabe, que el comportamiento de los suelos gruesos depende mucho de la granulometría.

**Tipo de suelo cohesivo.** Son suelos arcillosos u limosos o sea material de grano muy fino. Suelos mixtos, en la naturaleza la mayoría de los suelos están compuestos por una íntima mezcla de partículas de muchísimos tamaños, formas y rugosidades del grano (partícula).

El contenido de agua óptima o humedad óptima necesaria así como la correcta distribución de los granos son esenciales, para obtener en el material, el peso volumétrico seco máximo, teniendo el agua en el proceso de compactación el papel de lubricante entre partículas de material, ofreciendo un mejor acomodamiento y un menor número de huecos o vacíos. *Un suelo estable es el que tiene cierta cohesión y cierto rozamiento entre partículas con su correspondiente contenido de humedad óptima.*

#### ***Equipos de compactación empleados:***

- Aplanadoras de rodillo liso de acero



- Compactador con neumáticos



- Compactación de rodillo y neumáticos (dúo compactador)



- Compactador de rodillo de pata de cabra



- Compactadores vibratorios



- Compactadores de placa vibratoria



- Apisonadoras de impacto (bailarinas)





## **CAPÍTULO III** **TERRACERÍAS**

### **III.1 DEFINICION**

Las terracerías las podemos definir como camino acondicionado por el hombre, normalmente en áreas rurales, para la circulación de cualquier clase de vehículos de transporte terrestre. El piso está aplanado y carece de algún tipo de revestimiento (arena, grava, asfalto o cemento), es decir, sólo es de tierra.

Para este caso práctico las terracerías la definiremos como los volúmenes de materiales que se extraen o que sirven de relleno en la construcción de una vía terrestre. La extracción puede hacerse a lo largo de la línea de la obra y si este volumen de material se usa en la construcción de los terraplenes o los rellenos, las terracerías son compensadas y el volumen de corte que no se usa se denomina desperdicio. Si el volumen que se extrae en la línea no es suficiente para construir los terraplenes o los rellenos, se necesita extraer material fuera de ella, o sea, en zonas de préstamos. Si estas zonas se ubican cerca de la obra, de 10 a 100 m a partir del centro de la línea, se llaman zonas de préstamos laterales; si se encuentran a más de 100 m, son de préstamos de banco.

Las terracerías en terraplén se dividen en el cuerpo del terraplén, que es la parte inferior, y la capa sub rasante, que se coloca sobre la anterior con un espesor mínimo de 30 cm. A su vez, cuando el tránsito que habrá de operar sobre el camino es mayor que 5000 vehículos diarios, se construyen en el cuerpo del terraplén los últimos 50 cm con material compactable y esta capa se denomina subyacente.

Las características y funciones de los materiales utilizados en estas capas de las terracerías son las que se mencionan a continuación.

#### **▶ Cuerpo del terraplén**

Los materiales empleados para construir el cuerpo del terraplén deben tener un VRS mayor a 5% y sus tamaños máximos pueden ser de hasta 75 cm. Los materiales para suelos se aceptaban hasta hace poco tiempo con un límite líquido menor que 100%, pero en la actualidad los proyectistas exigen que este valor sea inferior a 70%, aunque algunos autores, sin ninguna base de control de calidad y en forma muy conservadora, indican que debe ser de 40% y que es preciso utilizar materiales con más de 30% de partículas, al pasar por mallas de 200. Sin embargo, de manera contradictoria admiten valores relativos de soporte de 5% como mínimo en especímenes compactados al 95% del PVSM, que son típicos de suelos de muy mala calidad y que están bastante alejados de los materiales con la granulometría y plasticidad que piden. Los materiales utilizados en la construcción del cuerpo del terraplén se dividen en compactables y no compactables, aunque esta denominación no es correcta, pues todos los materiales son susceptibles de compactarse. Sin embargo, se clasifican con base en la facilidad que tienen para compactarse con los métodos usuales y para medir el grado alcanzado.



## ► Construcción del cuerpo del terraplén

*El acomodo de los materiales puede realizarse de tres maneras diferentes:*

Se dice que un material es compactable cuando, después de disgregarse, se retiene menos del 20% en la malla de 7.5 cm (3 pulg) y menos del 5% en la malla de 15 cm (6 pulg). Los materiales no compactables carecen de estas características.

1. Cuando los materiales son compactables, se les debe dar este tratamiento con el equipo que corresponde según su calidad. En general, el grado de compactación de estos materiales en el cuerpo del terraplén es del 90% y el espesor de las capas responde al equipo de construcción.
2. Si los materiales no son compactables, se forma una capa con un espesor casi igual al del tamaño de los fragmentos de roca, no menor que 15 cm. Un tractor de orugas se pasa tres veces por cada punto de la superficie de esta capa, con movimientos en zigzag. Para mejorar el acomodo es conveniente proporcionar agua en una cantidad de 100 L por cada m<sup>3</sup> de material.
3. Si es necesario efectuar rellenos en barrancas angostas y profundas, en donde no es fácil el acceso del equipo de acomodo o compactación, se permite colocar el material a volteo hasta una altura en que ya pueda operar el equipo
4. Los últimos 50 cm superiores del cuerpo del terraplén se construyen con material compactable y se les da este tratamiento hasta alcanzar un grado del 95% de PVSM. Si el material de la parte inferior también es compactable, la diferencia solo es el grado de compactación de cada capa.

### III.2.-GEOSINTÉTICOS.

Los geosintéticos son aquellos productos en los que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero sintético o de fibra natural y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de geotecnia o de la ingeniería civil.

Existen varios campos de aplicación de los geosintéticos en el mundo de la construcción de pavimentos y en la edificación entre otras.

Los geosintéticos se derivan de fibras artificiales (textiles y plásticas), compuestos básicamente de polímeros como polipropileno, poliéster, poliamida y polietileno, siendo los 2 primeros los de mayor utilización en la actualidad. Los tipos de geosintéticos más comunes utilizados en el campo de la ingeniería son los geotextiles, las geomallas, las geomembranas, las georedes y otros geocompuestos derivados de la unión de las características y cualidades de cada uno de los anteriores.

#### Geotextiles.

Dentro de los geosintéticos tenemos los geotextiles son tejidos flexibles y porosos, hechos de fibras sintéticas se puede definir como “un material textil plano, permeable” y cumplen dos funciones esenciales: separación y refuerzo.





## **1.-Separación**

La función de separación que cumple un geotextil es mantener la integridad y el buen funcionamiento de dos suelos adyacentes con propiedades y características diferentes. En el caso de las estructuras de pavimento, donde se coloca suelo granular (base, sub base, relleno) sobre suelos finos (subrasante) se presentan dos procesos en forma simultánea:

- Migración de suelos finos dentro del suelo granular, disminuyendo su capacidad de drenaje.
- Intrusión del suelo granular dentro del suelo fino, disminuyendo su capacidad portante (resistencia).

El geotextil se traduce en una barrera para la migración de partículas entre los dos tipos de suelo, facilitando la transmisión de agua. Se requiere entonces un geotextil que retenga las partículas de suelo y evite el lavado de finos por la acción del agua y que cumpla con resistencias necesarias para mantener la continuidad sin que ocurra ninguna falla por tensión, punzonamiento o estallido, bajo concentraciones de esfuerzos locales causadas por irregularidades en el suelo de fundación.

## **2.-Refuerzo**

La función de refuerzo de los geotextiles consiste en el complemento y por ende en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo. Los geotextiles son materiales con alta resistencia a la tensión y son un buen complemento de aquellos materiales con alta resistencia a la compresión pero con poca resistencia a la tensión, como ocurre generalmente en los suelos finos y granulares.

Cuando las fuerzas perturbadoras son causadas por el peso propio del suelo, como en el caso de taludes o terraplenes sobre suelos de fundación muy blandos, el refuerzo del suelo con geotextiles permite la construcción de taludes o terraplenes con mayor inclinación. Cuando las fuerzas perturbadoras son causadas por cargas externas, como en las vías, el refuerzo del suelo con geotextiles permite la aplicación de mayores cargas y un aumento de la vida útil de la estructura de pavimento.

Para que un geotextil cumpla correctamente con la función de refuerzo se debe cumplir con la condición de que el CBR de la subrasante deber ser menor al 3%. Por debajo de este valor se presentan deformaciones importantes que generan esfuerzos de tensión en el geotextil, fundamento para la elaboración de la metodología de diseño. Si el valor de CBR de la subrasante es mayor o igual a 3 se debe diseñar el geotextil por separación, por lo tanto se debe chequear la metodología realizada para esta aplicación.

El refuerzo con geotextiles soporta la fuerza de tensión del suelo, disminuyendo la fuerza de corte y aumentando la resistencia al corte del suelo, con el incremento del esfuerzo normal que actúa en las potenciales superficies de corte. En efecto, cuando el suelo se deforma a lo largo de una superficie de ruptura (en cortante), se generan deformaciones a compresión y tracción. El refuerzo comienza a actuar en forma eficiente cuando su inclinación iguala la dirección en la que se haya desarrollado la deformación a tracción en el suelo deformado, entonces la deformación por corte del suelo causa una fuerza de tensión en el geotextil de refuerzo.



El refuerzo con geotextiles permite además soportar mayores aplicaciones de carga en el suelo y mejorar su capacidad portante, mediante otro mecanismo diferente, que se aplica cuando el refuerzo se ha deformado lo suficiente para actuar como una membrana a tensión. Cuando se aplica una carga en la superficie de la estructura, una parte de los esfuerzos normales de la fibra inferior de esa capa (parte cóncava) son soportados por la fuerza de tensión de la membrana de geotextil, reduciendo así los esfuerzos aplicados en el suelo que se encuentra bajo el geotextil (Parte convexa del geotextil). Este mecanismo tipo membrana se desarrolla cuando se aplican cargas localizadas y se presentan deformaciones considerables. En el caso particular de las vías, la acción de membrana es muy importante para controlar el ahuellamiento en las vías y para prevenir el colapso de un relleno en un hueco o cavidad que se presente en el suelo de fundación.

### **Geomallas.**

Es otro grupo de los geosintéticos y son estructuras de polímero en forma de lienzo que consiste de un sistema regular de costillas sobrepuestas y conectadas integralmente, son fabricadas mediante extrusión de polietileno de alta densidad.

La imagen de la geomalla consiste en un arreglo rectangular o triangular uniforme conformando una estructura abierta que permite al suelo pasar a través del plano; él arreglo está conformado por tiras o costillas de material unidos en un punto llamado nodo.

El refuerzo con las geomallas viene siendo un complemento muy importante con el geotextil porque le dará una mayor estabilidad

### **III.3.-CAPA SUBRASANTE**

La Subrasante: se define así al terreno de fundación de los pavimentos, pudiendo estar constituida por el suelo natural del corte o de la parte superior de un relleno debidamente compactado.

#### ***Características de la capa subrasante***

La capa subrasante se presentó oficialmente en las especificaciones mexicanas de 1957. Sus características mínimas deben ser: Espesor de la capa: 30 cm mínimo. Tamaño máximo agregado: 7.5 cm (3 pulg). Grado de compactación: 95% del PVSM. Valor relativo de soporte: 15% mínimo. Expansión máxima 5%. Estos dos últimos valores se obtienen por medio de la prueba de Porter estándar. Hasta la fecha, las especificaciones para las dos últimas características marcan valores de 5% mínimo y 5% máximo, respectivamente, pero los proyectistas exigen las especificaciones antes citadas. A continuación muestro imágenes de la construcción de la capa subrasante ejecutada en mi caso práctico:



Imagen III.3.1 colocación de geosintético y la colocación y tendido de la capa sub rasante.

### ***Funciones de la capa subrasante***

Las principales funciones de la capa subrasante son:

- I. Recibir y resistir las cargas del tránsito que le son transmitidas por el pavimento.
- II. Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.
- III. Evitar que los materiales finos plásticos que formen el cuerpo del terraplén contaminen el pavimento. El tamaño de las partículas debe estar entre las finas correspondientes al cuerpo del terraplén y las granulares del pavimento.
- IV. Evitar que las terracerías, cuando estén formadas principalmente por fragmentos de roca (pedraplenes), absorban el pavimento. En este caso, la granulometría del material debe ser intermedia entre los fragmentos de roca del cuerpo del terraplén y los granulares del pavimento (base o sub base)
- V. Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento.
- VI. Uniformar los espesores de pavimento, sobre todo cuando varían mucho los materiales de terracería a lo largo del camino.
- VII. Economizar espesores de pavimento, en especial cuando los materiales de las terracerías requieren un espesor grande.

### ***Construcción de la Capa subrasante***

En los procedimientos de construcción, los materiales se deben compactar con el equipo más adecuado, de acuerdo con sus características. En general, la capa subrasante consta de dos capas de 15cms de espesor mínimo.

Como ya se explicó, cuando los materiales encontrados en las zonas cercanas a la obra no cumplen con las características marcadas en las normas, se requiere estabilizarlos mecánica o químicamente. En otras ocasiones, para construir las terracerías es necesario formar una caja y sustituir el material extraído por otro de características adecuadas; este procedimiento se utiliza a menudo para construir la capa subrasante en cortes.

A veces, el material de los cortes es adecuado para la capa subrasante y por lo mismo no debe acarearse material de préstamos de banco, sino utilizarse el que ya existe para no tener salientes en la cama de los cortes y que la compactación sea constante. Para esto se escarifican 15cm del material, se humedecen en forma homogénea, se extienden dando el bombeo o sobre-elevación de proyecto y se compactan a 95% de su PVSM.

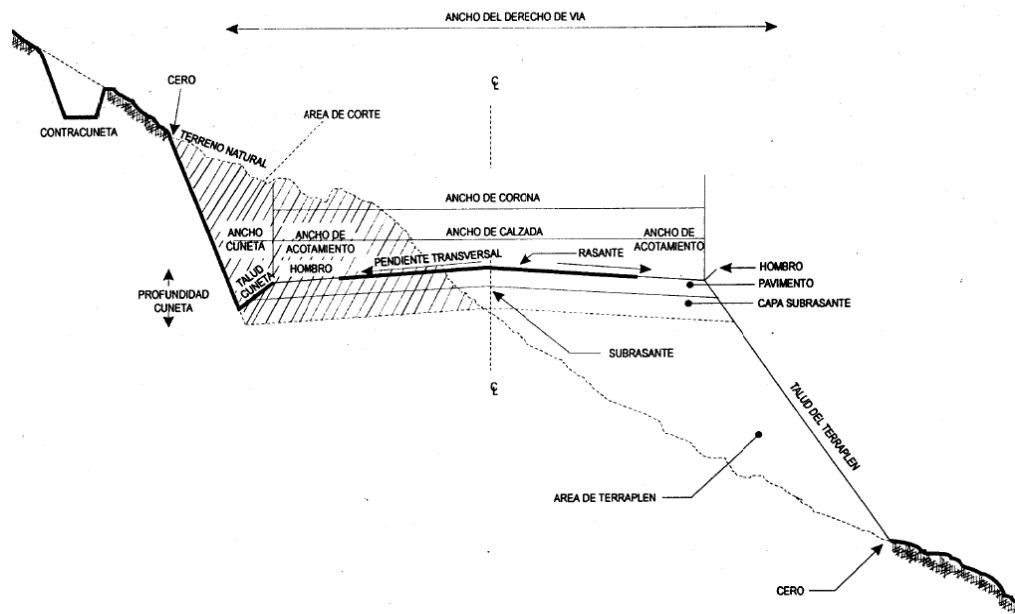


FIGURA 5.1 SECCION TRANSVERSAL TÍPICA EN UNA TANGENTE DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL

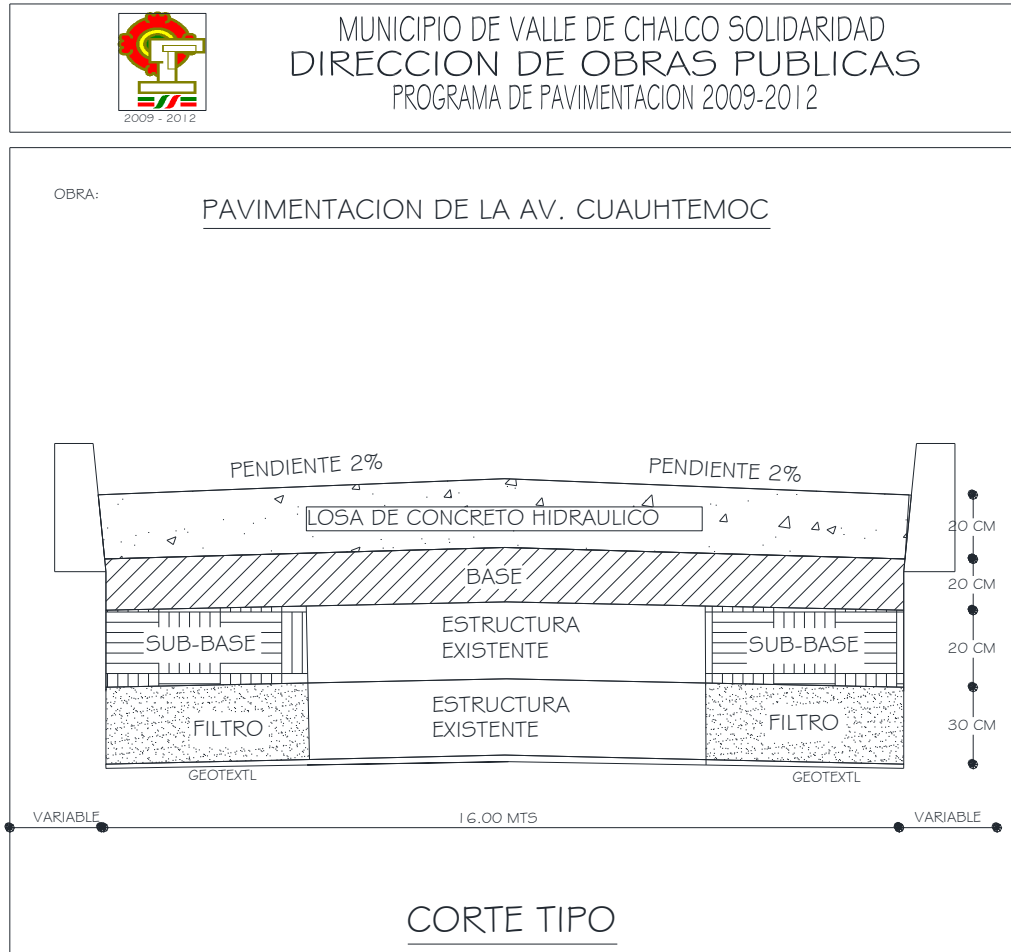


Imagen III.3.2 Estructura de la avenida Cuauhtémoc.

### III.4.-SUB BASE.

Es una capa, generalmente constituida por agregados pétreos convenientemente graduados y compactados, construida sobre la subrasante, y sobre la cual puede construirse la base cuando sea necesaria. Para este caso práctico y derivado al flujo vehicular y al ser una arteria principal en este municipio lo cual debe brindar las 24 horas servicio el cálculo de la estructura, de acuerdo al estudio de mecánica de suelos nos arrojaron una sub base de 20 cm, de material constituido por graba controlada y tepetate mezclada con el material producto de la trituración de la carpeta cumpliendo con la norma de calidad que nos marca la SCT para la calidad N-CMT-1-02 , continuación se muestra en la siguiente imagen:



Imagen III.4.1 Sub base de grava controlada y material producto de la trituración existente.

De acuerdo con el criterio usado en la actualidad se tiene que para carreteras con un tránsito menor a 1000 vehículos pesados, se recomienda que el espesor de la bases sea de 12 cm. Y cuando el tránsito sea mayor, se recomienda que el espesor mínimo sea de 15cm. Para las sub-bases se recomienda un espesor mínimo de 10 cm.

### III.5.-BASE:

Es una capa intermedia entre la sub base y la carpeta del pavimento, generalmente constituida por agregados pétreos convenientemente graduados y compactados, pudiendo contener además un agente estabilizador. Aunque hay diversos estabilizadores, el de uso más generalizado es el cemento hidráulico, lo cual ya es manejado como relleno fluido.

También como característica Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores. El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales.

En el caso de la granulometría, no es estrictamente necesario que los granos tengan una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas, siendo de mayor importancia que el material tenga un VRS (valor relativo de soporte) y una plasticidad mínima; además se recomienda no compactar materiales en las bases que tengan una humedad igual o mayor que su límite plástico.



## **CAPÍTULO IV** **PAVIMENTOS**

### **IV.1 DEFINICION**

El **pavimento** es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el concreto hidráulico y las mezclas asfálticas.

#### **OBJETIVOS DEL PAVIMENTO:**

##### **FUNCIONAL:**

PSI, (índice de servicio actual del pavimento), es un indicador de las características funcionales del pavimento, es un indicador de como califican los usuarios el pavimento.

##### **SEGURIDAD:**

Proporcionar seguridad a los vehículos (que no se deslice el vehículo), que halla suficiente tracción en los vehículos y que las llantas no se deslicen. Que de comodidad a la superficie

**ESTRUCTURAL:** distribuye los esfuerzos que aplican las llantas para que no haga fallar la subrasante

### **DISEÑO DE PAVIMENTOS**

Es el proceso de seleccionar la combinación más económica de capas de materiales, en cuanto a espesor y tipo de material, para satisfacer los requerimientos de las cargas de tráfico esperadas en el periodo de servicio y la capacidad de soporte de los suelos de la subrasante.

Su estructura es una combinación de cimient, firme y revestimiento, colocada sobre un terreno de fundación resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito.

#### **Material Resistente**

Material inerte, resistente a los esfuerzos que se producen en la estructura, generalmente constituido por piedra o constitutivos de ella (piedra partida, arena o polvo de piedra).

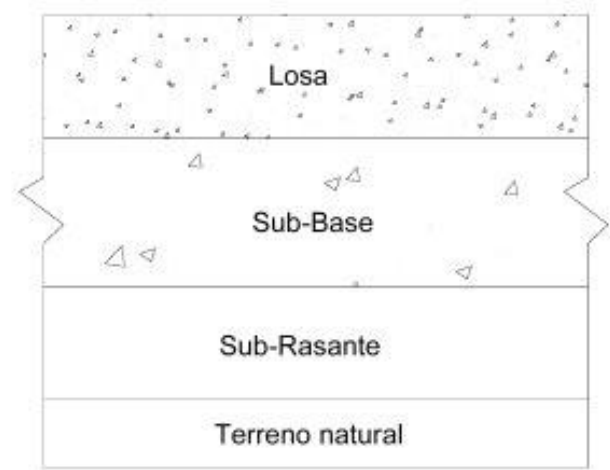
#### **Material Ligante**

Material de liga, que relaciona entre sí a los elementos resistentes proporcionándoles la necesaria extensión. Casi siempre es un constitutivo del suelo, como la arcilla, o un aglutinante por reacción química, como la cal o el CEMENTO; o en su defecto, un material bituminoso. Se le denomina material aglutinante.

## ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO



*Sección de Pavimentos Flexibles*



*Sección de Pavimentos Rígidos*

### IV.2 Pavimentos Flexibles

Derivado de definición en el capítulo IV.1, pavimento, que es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, a este tipo de pavimento su característica principal es la flexibilidad al recibir las cargas y transmitir las a la base, así como su pronta recuperación de su estado original. El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito. Entre las características principales que deben cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

- Resistencia estructural.
- Deformabilidad.
- Durabilidad.
- Costo.
- Requerimientos de conservación.
- Comodidad.

#### **Resistencia estructural:**

Debe soportar las cargas impuestas por el tránsito que producen esfuerzos y cortantes en la estructura. En los pavimentos flexibles se consideran los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural. Además de los esfuerzos cortantes también se tienen los producidos por aceleración, frenar de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles de la estructura.





### **Durabilidad:**

La durabilidad está ligada a factores económicos sociales. La durabilidad que se desee dar al camino, depende de la importancia de este. Hay veces que es más fácil reconstrucciones para no tener que gastar tanto en el costo inicial de un pavimento.

### **Requerimientos de conservación:**

Los factores climatológicos influyen de gran manera en la vida de un pavimento. Otro factor es la intensidad del tránsito, ya que se tiene que prever el crecimiento futuro, deformaciones y derrumbes según sea el caso. La degradación estructural de los materiales por carga repetida es otro aspecto que no se puede dejar de lado. La falta de conservación sistemática hace que la vida de un pavimento se acorte.

### **Comodidad:**

Para grandes autopistas y caminos, los métodos de diseño se ven afectados por la comodidad que el uso requiere para transitar a la velocidad de proyecto. La seguridad es muy importante al igual que la estética.

### **IV.2.1 Carpeta Asfáltica**

La carpeta asfáltica es la parte superior de un pavimento flexible, es una capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base. Los materiales pétreos son suelos inertes que se consiguen ríos, arroyos o depósitos naturales. Para poder ser empleados en la carpeta asfáltica deben cumplir con ciertas características dadas por la granulometría, dureza, forma de la partícula y adherencia al asfalto.

El contenido óptimo de asfalto para una carpeta, es la cantidad de asfalto que se necesita para formar alrededor de la partícula una membrana con un espesor suficiente para resistir los elementos del intemperismo, para que el asfalto no se oxide. El espesor no debe ser muy grande porque se pierde resistencia y estabilidad.

Se recomienda que las partículas que se utilicen tengan forma esférica, ya que las que son en forma de laja o de aguja pueden romperse muy fácilmente y afectar la granulometría.

Las funciones de la carpeta asfáltica son las siguientes:

- Proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito fácil y como para los vehículos.
- Impedir la infiltración de agua de lluvia hacia las capas inferiores.
- Resistir la acción de los vehículos.



#### **IV.2.1.1 Cemento Asfáltico**

El asfalto, llamado cemento asfáltico es el último residuo de la destilación del petróleo. A temperaturas normales, es sólido y posee un color café oscuro. Para poder mezclarlo con los materiales pétreos, este debe tener una temperatura de 140°C.

#### **IV.2.1.2 Rebajados Asfálticos**

Los rebajados asfálticos se utilizan para fluidificar al cemento asfáltico y poderlo trabajar a menores temperaturas. Para fabricar los rebajados asfálticos, se diluye el concreto asfáltico en gasolina, tractolina, diésel o aceites ligeros. Los que son diluidos en gasolina, forman rebajados de fraguado rápido. Los que se diluyen en tractolina son de fraguado medio y los que se diluyen en diésel o en aceites ligeros son de fraguado lento. Los tres fraguados FR, FM Y FL se utilizan con diferentes proporciones de cemento asfáltico y de solventes.

#### **IV.2.1.3 Emulsiones Asfálticas.**

Las emulsiones asfálticas tienen grandes ventajas ya que son fáciles de emplear. La finalidad de la emulsiones es trabajar a temperatura ambiente con asfalto que a esta temperatura no es manejable debido a que es semi sólido. Las emulsiones asfálticas son líquidos de color chocolate casi tan fluidos como el agua de la cual contienen entre 40% y 50%.

#### **IV.2.1.4 Carpeta de concreto Asfáltico**

Antes de explicar lo siguiente sobre carpetas asfálticas, es importante saber que para construir cualquiera de ellas, se debe contar con una base debidamente conformada, compactada, impregnada y seca. Las carpetas de concreto asfáltico podemos definir las como mezclas de materiales pétreos y cemento asfáltico. Como el cemento asfáltico es sólido a temperatura ambiente, es necesario calentarlo. Este aumento en la temperatura, se tiene que hacer en plantas, ya que la temperatura del cemento asfáltico necesita llegar a 140°C y la temperatura de los materiales pétreos necesita llegar a 160°C.

Este tipo de carpetas, deben ser construidas sobre bases hidráulicas o sobre bases asfálticas impregnadas. Si se llegan a construir sobre bases naturales con módulos de elasticidad bajos, sufrirán deformaciones ante las cargas del tránsito, la resistencia no será la deseada y su ruptura será frágil.

Para poder construir las carpetas de concreto asfáltico, se deben seguir los siguientes pasos:

- elegir los bancos de material pétreo y llevároslo al laboratorio para poder elegir el banco adecuado.
- hacer el proyecto granulométrico en el laboratorio para encontrar el contenido óptimo del cemento asfáltico.



- extraer el material.
- proporcionar pétreos en frío a la planta de mezclado.
- transportar el material al cilindro de calentamiento y secado donde alcanzara una temperatura entre 150°C y 170°C.
- alcanzada la temperatura deseada, el material pétreo se sube a la unidad de mezclado, donde se mezcla con el cemento asfáltico que se encuentra entre los 130°C y 140°C.
- llevar la mezcla al tramo con una temperatura mínima entre los 110°C y 120°C. la mezcla debe descargarse en la finisher que se encarga de extenderlo y darle una ligera compactación.
- la compactación debe iniciarse a una temperatura mayor a los 90°C con un rodillo de 7 ton. para dar un primer armado y evitar desplazamiento de la mezcla. Para después con uno de 15 toneladas. el grado mínimo de compactación es de 95% del peso volumétrico del proyecto.

#### **IV.2.2 Fallas en Pavimentos Flexibles**

La tecnología que se ha desarrollado para pavimentos, tiene como meta evitar deterioros y fallas. se ha logrado establecer relaciones causa-efecto, para desarrollar normas de criterio de proyecto de conservación. En pavimentos, la palabra falla se utiliza tanto para verdaderos colapsos como deterioros simples. El concepto de deterioro o falla está asociado al nivel de servicio que depende de la exigencia del consumidor. Una falla es algo que aparta de lo que se consideró perfecto. Las fallas de los pavimentos pueden dividirse en tres grupos:

- falla por insuficiencia estructural
- falla por defectos constructivos
- falla por fatiga

#### **Fallas por insuficiencia estructural**

Pavimentos construidos con material inapropiado en cuanto a resistencia; se pueden utilizar materiales con buena calidad pero espesores insuficientes. Esta falla se produce por la combinación al esfuerzo cortante de cada capa y sus espesores.

#### **Falla por defectos constructivos**

Pavimentos con materiales de buena calidad pero que en su construcción se cometieron errores.

#### **Falla por fatiga.**

Pavimentos que originalmente estuvieron bien proporcionados y construidos, con el paso del tiempo y la continua repetición de cargas sufren efectos de fatiga, degradación estructural, pérdida de resistencia y acumulan deformaciones.

Aparte de estos grupos, también se agrupan por su origen, es decir por el modo en que suceden y se manifiestan. Se separan en tres nuevos grupos que son: por fracturamiento, por deformación y por

desintegración. Se relacionan con el efecto del tránsito, las características y estructuración del pavimento y el apoyo que proporciona la terracería.

Las fallas por insuficiencia estructural, defectos constructivos o fatiga pueden ser a fin de cuentas causadas por el fracturamiento, la deformación y la desintegración.

#### **IV.2.2.1 Fallas comunes en pavimentos**

Existen distintas fallas comunes en los pavimentos entre ellas, se encuentran el agrietamiento EN “piel de cocodrilo”, deformación permanente en la superficie del pavimento, fallas por cortante, agrietamiento longitudinal, consolidación del terreno de cimentación.

##### **Agrietamiento “piel de cocodrilo”**

Es un agrietamiento que se extiende sobre toda la superficie de rodamiento. Se da por el movimiento excesivo de una o más capas del pavimento o por fatiga de la carpeta. Es común en pavimentos construidos en terracerías resistentes. Es típico de bases débiles o insuficientemente compactadas. Puede deformarse en lugares donde existe el congelamiento o en lugares que se requiere sub drenaje. Este fenómeno puede ser progresivo generando la destrucción del pavimento, que comienza por desprenderse de la carpeta y la remoción de los materiales expuestos. Es importante estudiar la causa, ya que si es por fatiga el progreso es muy lento, en cambio si es por deficiencia estructural o por exceso de agua el progreso es muy rápido.



Imagen IV.2.2.1 Falla llamada piel de cocodrilo

##### **Deformación permanente en la superficie del pavimento**

La deformación permanente en la superficie del pavimento está asociada al aumento de compacidad en las capas de base o sub base, debida a cargas excesivas, cargas repetidas o rotura de granos. También pueden darse por consolidación en la subrasante. Por lo general el ancho del surco es mayor al ancho de la llanta.



Imagen IV.2.2.2 Deformación permanente, cargas excesivas

### Fallas por cortante

Se debe a falta de resistencia al esfuerzo cortante de la base o de la sub base. En rara ocasión por falta de resistencia en la subrasante. Generalmente se hacen surcos profundos y bien marcados cuyo ancho no excede al de una llanta.



Imagen IV.2.2.3 Falla por cortante

### Agrietamiento longitudinal

Grietas longitudinales de una abertura aproximada de 0.5 cm en el área de circulación de las cargas más pesadas. Se deben a movimientos en las capas del pavimento en dirección horizontal, este

fenómeno, se da en la base, en la sub base y con regularidad en la sub rasante. El fenómeno se da por congelamiento de hielo o por cambios volumétricos en la variación del agua en la subrasante.



Imagen IV.2.2.4 Agrietamiento Longitudinal

### Consolidación del terreno de cimentación

La consolidación del terreno de cimentación produce distorsión del pavimento independientemente de los espesores o de su condición estructural. Se pueden producir agrietamientos longitudinales y agrietamientos con trayectoria circular.

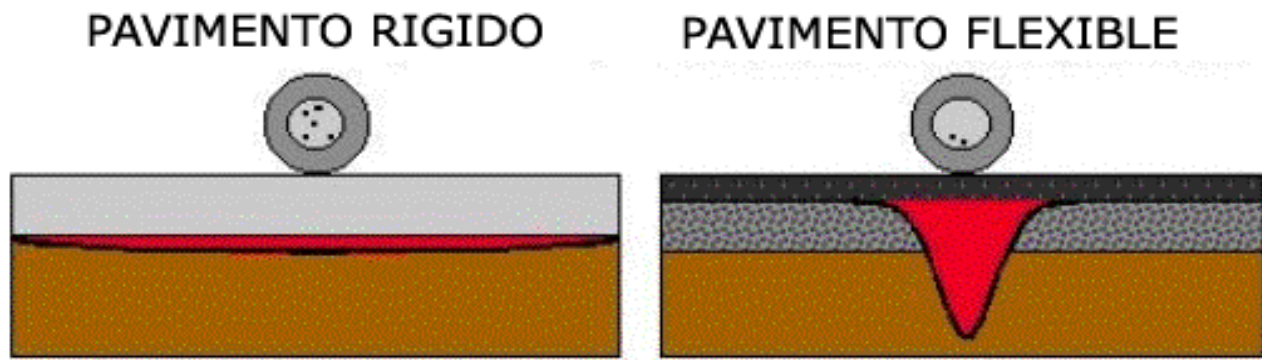


Imagen IV.2.2.5 Falla consolidación del terreno de cimentación

### **IV.3 Pavimentos Rígidos**

#### Definición

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyado directamente sobre una base o sub base. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Todo lo contrario sucede en lo anterior explicado sobre pavimentos flexibles, al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencia mayores tensiones en la subrasante, como lo podemos apreciar en la siguiente imagen



#### Tipos de pavimento de concreto

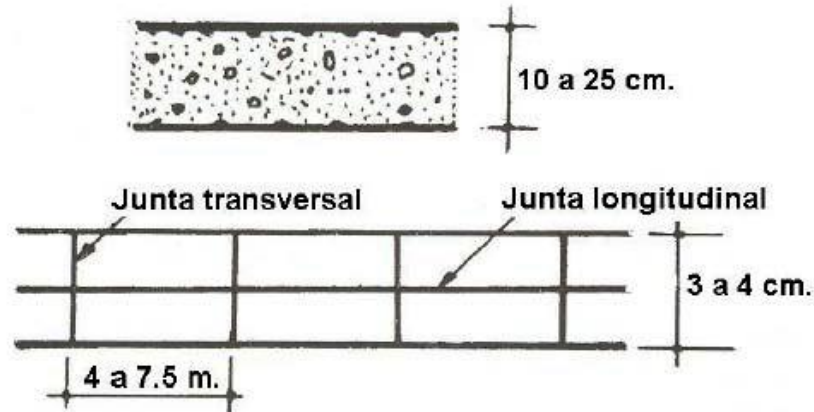
Los diversos tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en el orden de menos a mayor costo inicial, de la siguiente manera:

- pavimentos de concreto simple .con o sin pasadores.
- pavimentos de concreto reforzado con juntas
- pavimentos de concreto reforzado continuo

#### **Pavimentos de concreto simple**

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, esta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

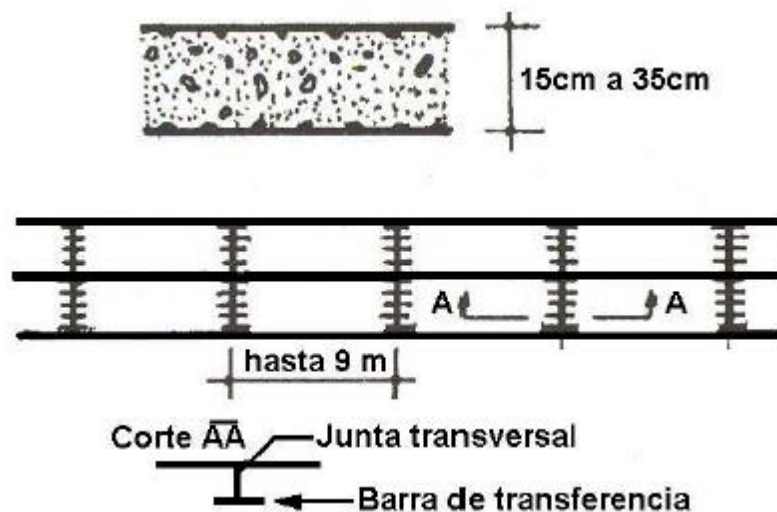
Están contruidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores a 6 m de largo y 3.5 metros de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. Por ejemplo para calles urbanizadas residenciales. Estos varían entre los 10 y 15 cm, y las calles denominadas secundarias se obtienen espesores de 16 cm en vialidades primarias así como aeropistas y autopistas 20 cm o más. Las siguientes imágenes representan una descripción gráfica y puesta en obra de este tipo de pavimentos



### Pavimentos de concreto con pasadores

Los pasadores son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos)

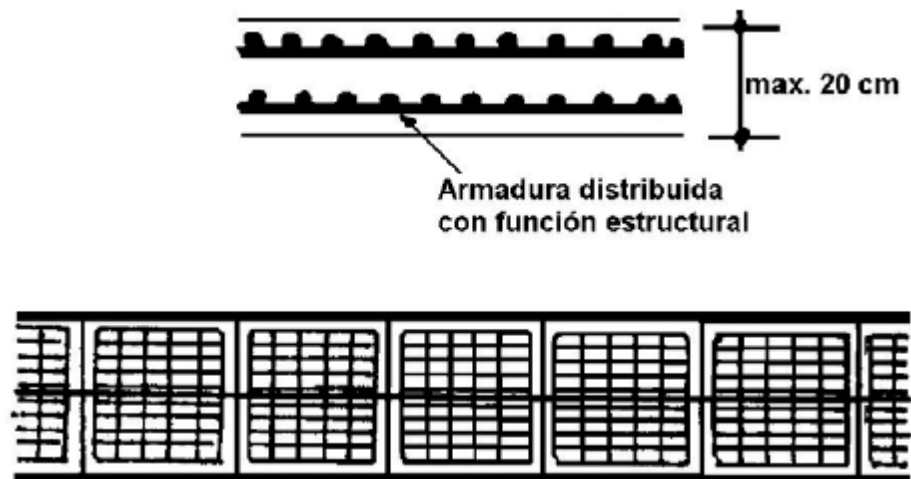
Según la asociación de cemento portland (PCA. por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15cm o más.





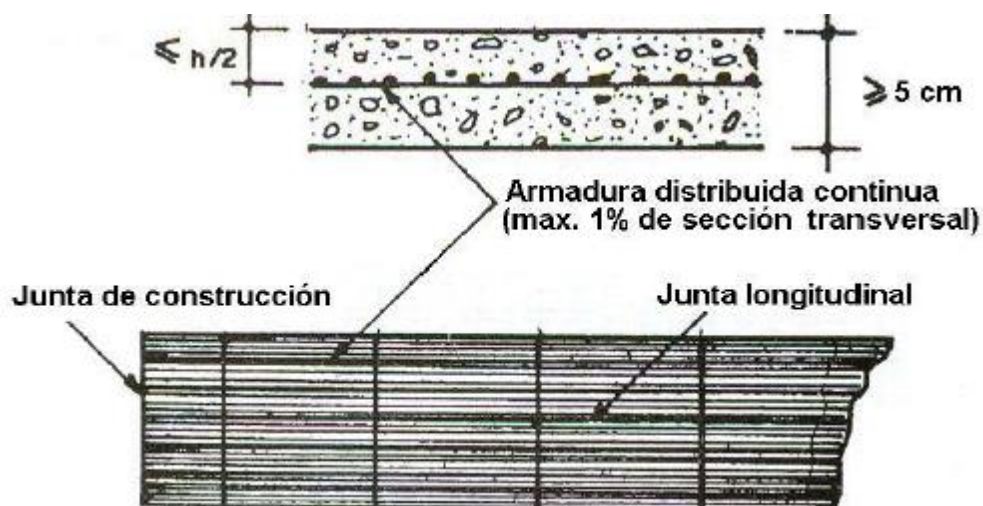
## Pavimentos de concreto reforzado con juntas

Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural como se muestra en las siguientes imágenes:



## Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

A diferencia de los pavimentos de concreto reforzado con juntas, estos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede ser requerido para este tipo de pavimentos.



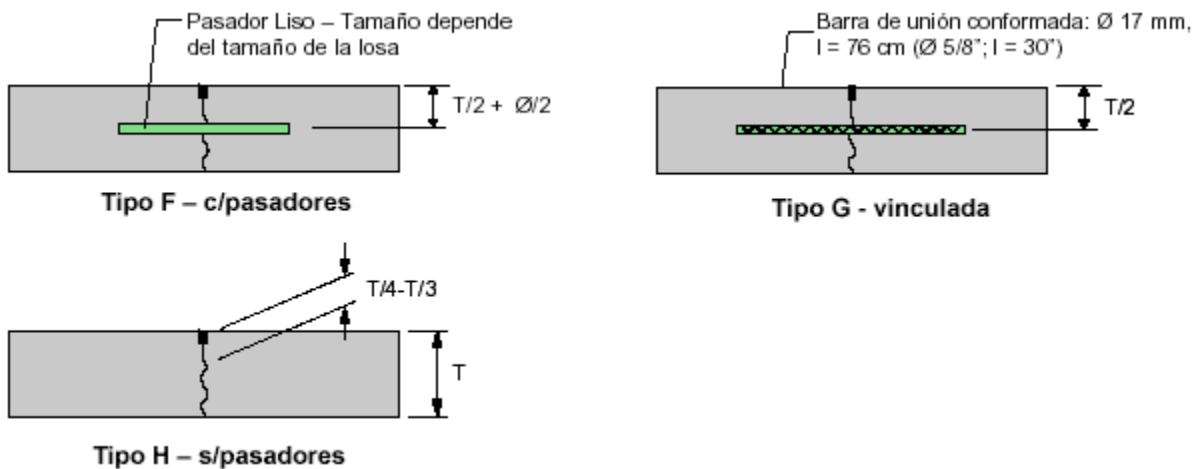
## Juntas.

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disparar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas.

Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas, en consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento.

De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denomina como longitudinales y transversales. Según su función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, recta, armadas y ancladas

Juntas de contracción su objetivo es inducir en forma ordenada la ubicación de agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y el alabeo de losas. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para la transferencia de cargas, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, se espera que la transferencia de cargas se logre mediante la trabazón entre los agregados. A continuación observación diferentes tipos de juntas de contracción:



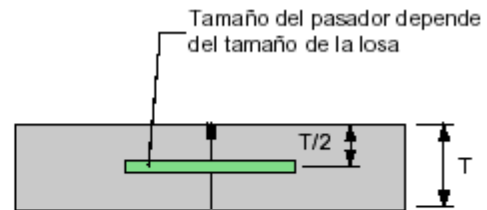
## Juntas de construcción.

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas de pavimentación. La transferencia de cargas se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales como se observa en la siguiente imagen

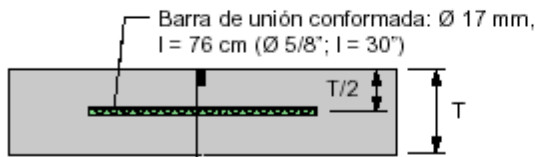
## De construcción:



Tipo C - a tope



Tipo D - a tope c/pasadores

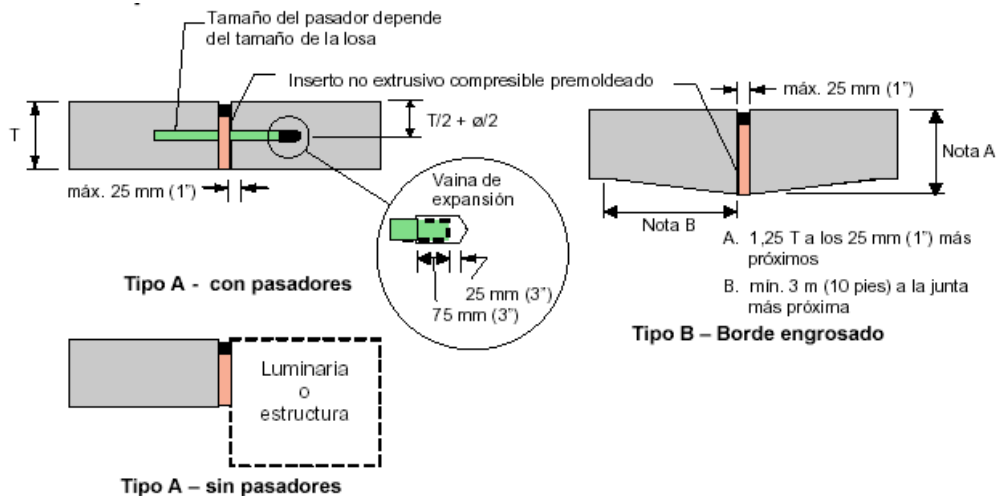


Tipo E - a tope vinculada

Las juntas tipo C, E y G se usan en pavimentos con espesores menores a 23 cm (9")

## Juntas de expansión o aislación.

Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en estos, cuando se expanden por el aumento de temperatura. También se utilizan para aislar estructuras existentes. Como se muestra en la siguiente imagen:



## Sellos.

La función principal de un sellador de juntas es minimizar la infiltración de agua a la estructura del pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de estas (descarcamientos)



En la selección del sello se debe considerar su vida útil esperada, el tipo de junta, tipo de selló, tipo de junta, datos climatológicos y el costo del control de tránsito en cada aplicación del sello en todo el periodo económico de análisis. El tipo de junta es muy influyente en la selección del material de sello. Las juntas longitudinales entre pistas o en la unión berma-loma no genera las mismas tensiones sobre el sello que ejercen las juntas transversales, debido a que sus movimientos son considerablemente menores. Se podrían optimizar enormemente el costo del proyecto considerando esto en la selección del sello.

Todo material de sellos de juntas de pavimentos de concreto, deben cumplir con las siguientes características:

- Impermeabilidad
- Deformabilidad
- Resiliencia
- Adherencia
- Resistencia
- Estable
- Durable

Finalmente, el sellado se hará antes de la entrega al tránsito y previa limpieza de la junta con la finalidad de asegurar un servicio a largo plazo del sellador, los siguientes puntos son esenciales para las tareas de sellado:

- Inmediatamente antes de sellar, se deben limpiar las juntas en forma integral para librarlas de todo resto de lechada de cemento, compuesto de curado y de más materiales extraños.
- Para limpiar la junta, se puede usar arenado, cepillo de alambre,orro de agua o alguna combinación de estas herramientas. las caras de la junta se pueden imprimir inmediatamente después de la limpieza
- Es necesario usar soplado con aire como paso final de la limpieza
- Cabe mencionar que la limpieza solo se hará sobre la cara donde se adhiera el sellador con un factor de forma inferior a uno desarrolla menos esfuerzos que en un sellador con forma mayor a uno.

Sellos líquidos:

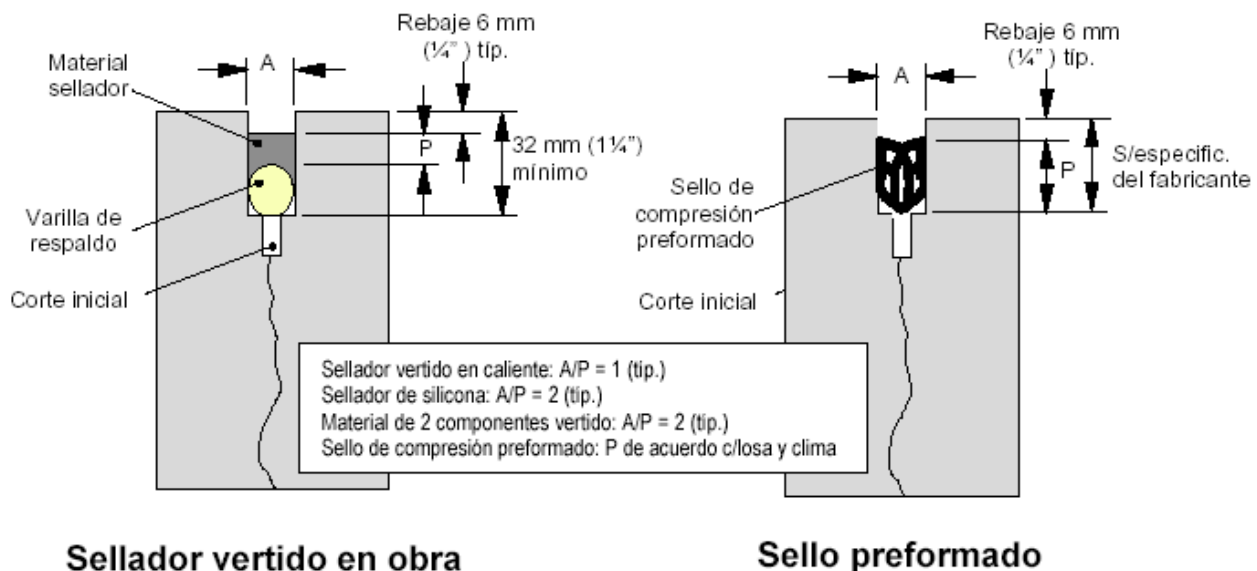
La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de adhesión con la cara de la junta. Los sellos líquidos pueden ser de asfalto, caucho colocado caliente, compuestos elastómeros, siliconas y polímeros. Los materiales son colocados en las juntas en forma líquida, permitiéndoles fraguar.

Cuando se instalan los sellos líquidos es necesario el uso de un cordón o varilla de respaldo, la cual no debe adherirse ni al concreto ni al sellador ya que si esto sucede se induce tensión en el mismo. También ayuda a definir el factor forma y a optimizar la cantidad de sello a usar. El diámetro del cordón debe ser el 25% más grande que el ancho del reservorio para asegurar un ajuste hermético.

El factor de forma (relación ancho/profundidad) del sellador es una consideración muy importante a tener en cuenta, ya que si este no es el adecuado, se puede generar esfuerzos excesivos dentro del sello que acortan la vida útil de este.

Sellos elastoméricos preformados:

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de recuperación a la compresión. Son sellos de neopreno extruido que tienen redes internas que ejercen una fuerza hacia fuera contra las caras de la junta. A diferencia de los sellos líquidos que experimentan esfuerzos de compresión y tensión, los sellos preformados solo se diseñan para esfuerzos de tensión. La profundidad y ancho del reservorio dependen de la cantidad de movimiento esperado en la junta. Como regla general, la profundidad del reservorio debe exceder la profundidad del sello preformado. Los reservorios de sellador por compresión están conformados para proporcionar un promedio de compresión del sellador de un 25 % en todo momento. En la figura 1.9 se observan los diferentes tipos de selladores.



### Fallas de un pavimento rígido

- ✓ **La fisuración o agrietamiento.**- es decir, la aparición de grietas amplias en losas tiene orígenes diferentes, pueden aparecer a las pocas horas de colar el concreto debido a fenómenos de retracción. pueden manifestarse por efecto de la aplicación de cargas repetidas, en ese caso se debe a tensiones excesivas de tracción por flexión. también pueden aparecer después del corte de las juntas, y se traduce un verdadero desgarrón por efecto de las tracciones de retracción y de gradientes térmicos. Esta fisuración evoluciona con el

tiempo, el número de fisuras aumenta. los bordes se degradan y el ultimo estado al que llega es a un conjunto de bloques de concreto inestables como se muestra en la siguiente imagen:



Imagen IV.3.1 Falla por fisuración ó agrietamiento

- ✓ **Grietas transversales.** - las provocan las losas demasiado largas sin pasajuntas o sin armado continuo, pueden ser fallas estructurales incipientes.



Imagen IV.3.2 Falla por pasajuntas

- ✓ **Grietas longitudinales** o transversales cercanas a las orillas o en las esquinas de losas.- se debe a que las losas se construyeron sobre material fino, lo que ocasiono el fenómeno de bombeo por que se carece de sub-base, a raíz de la mala compactación de las capas inferiores, incluidas esta última.



Imagen IV.3.3 Grietas longitudinales

- ✓ **Falla estructural.-** ocurre cuando la vida útil del pavimento culmina. , también puede presentarse por un mal proyecto, si se trata de un pavimento resistente. se presenta muy a menudo en calles o avenidas donde, si haberlo tomado en cuenta en el proyecto, se permite el paso de numerosos vehículos pesados. se presenta en forma prematura en zonas con fuerte pendiente longitudinal y con sub bases naturales.



Imagen IV.3.4 Falla Estructural

- ✓ **Despostillado de las juntas.-** se debe a la presencia de partículas duras introducidas en la juntas por sellado insuficiente y que producen esfuerzos concentrados muy grandes en el momento que por la temperatura cambia de volumen el concreto. también puede sea consecuencia y por la mala confección de las juntas de dilatación que están inclinadas con respecto a la vertical o están sucias en el momento del llenado; o por una amplitud insuficiente de las juntas de retracción que lleva a un contacto puntual peligroso de los labios de las juntas en el periodo cálido (arqueado de las losas); o debido al hinchamiento en alguna capa de la cimentación de algunos suelos heladizos en periodo de frio; o por ejecutar los cortes de la losa cuando el concreto tiene muy poco de tiempo de fraguado.



Despostillado de las juntas.

- ✓ **El pumping.-** es la inyección brusca de materiales de la subcapa en el borde o en las juntas de pavimento. este fenómeno precede a la fisuración, pero puede aparecer después, depende del espesor de las losas. es debido también a una mala confección de la subcapa (roce,

exceso de arena), y un drenaje insuficiente que permite estancar el agua infiltrada en la cimentación. evidentemente, el hecho es progresivo y está en función creciente del tránsito.



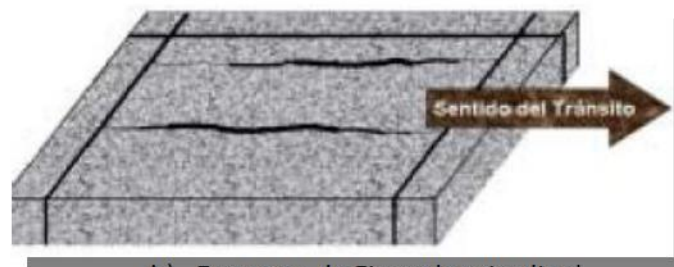
Imagen IV.3.5 EL pumping

Descarnado de la superficie de rodamiento se debe a que durante la construcción de las losas, se proporcionó un fuerte vibrado al concreto fresco, lo cual provocó un ascenso de la lechada de la mezcla, formando así una película que más tarde se agrietó y desgastó con el tránsito, dejando los agregados sin protección superficial, también se presenta cuando la resistencia de la arena es baja o se agrega agua a la superficie para ejecutar el acabado.

**A continuación se anexa Esquemas de Deterioros de estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico**



a) Esquema de Fisura transversal o diagonal

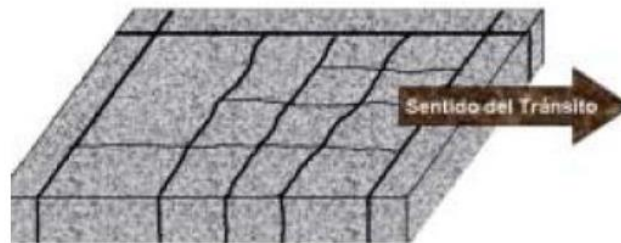


b) Esquema de Fisura longitudinal

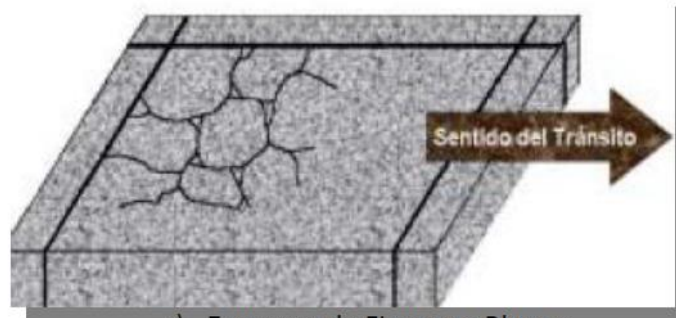




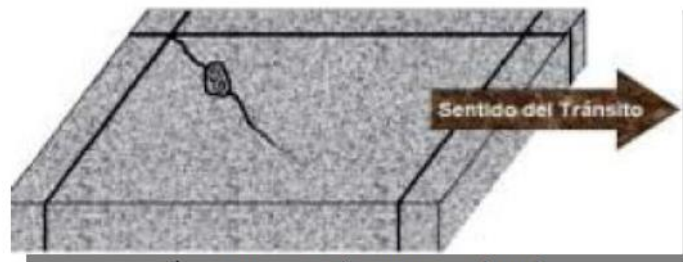
c) Esquema de Fisura de esquina



d) Esquema de Losa subdividida

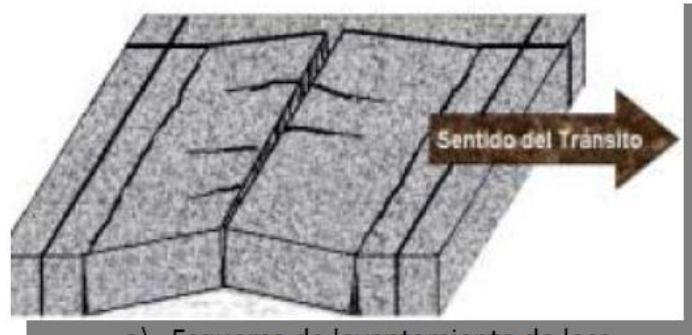


e) Esquema de Fisura en Bloque

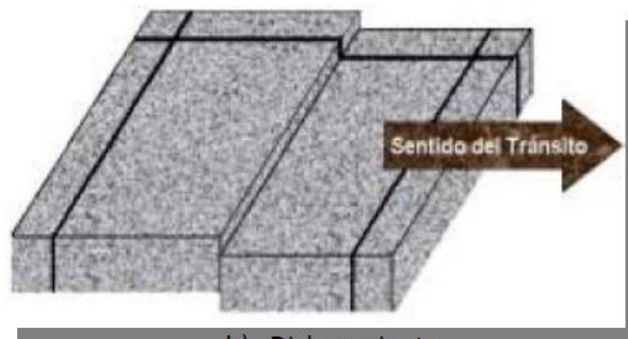


f) Esquema de Fisura inducidas.

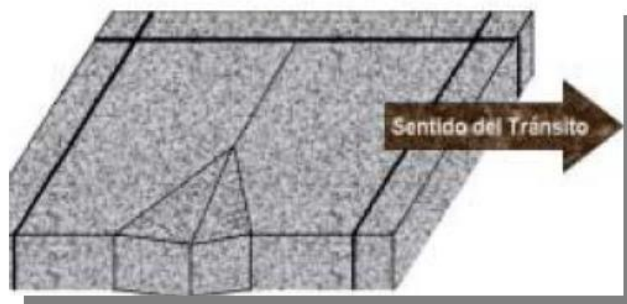
2) Esquemas de Deformaciones de estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico.



a) Esquema de levantamiento de losa.

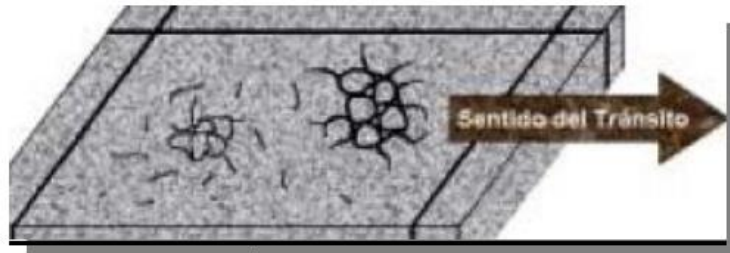


b) Dislocamiento.

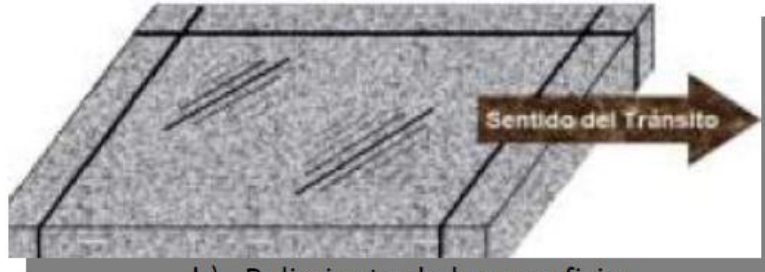


c) Hundimiento.

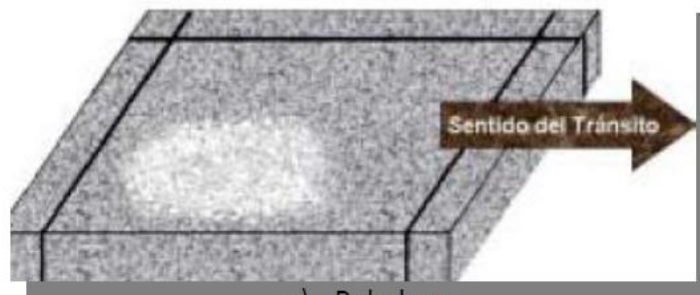
4) Esquemas de Desintegración de estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico.



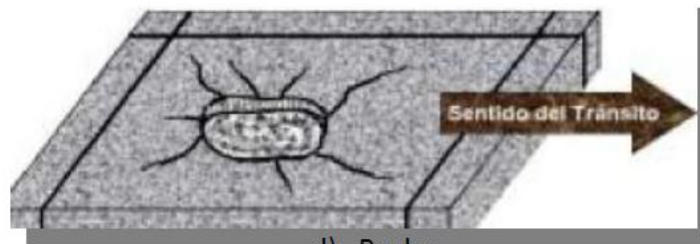
a) Descascaramiento.



b) Pulimiento de la superficie.



c) Peladuras.

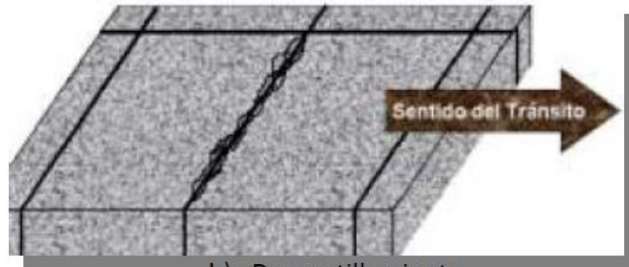


d) Bache.

3) Esquemas de Deficiencias de juntas en estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico.



a) Deficiencia en material de sello.



b) Despostillamiento.



c) Fisura por mal mantenimiento de juntas.

4) Esquemas de Otros deterioros en estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico.



a) Parchado.



## **CAPÍTULO V** **ANÁLISIS DE PROYECTO DE LA VIALIDAD CUAUHTEMOC**

### ✓ **ESTUDIO DE LA VALIDAD**

A partir de los estudios se determina la factibilidad técnica y financiera para realizar el proyecto de esta vialidad o cualquier otra; se comparan los costos y los beneficios para la población y se define, a partir de algún indicador de rentabilidad, su viabilidad y si es el caso, se plantean alternativas para su ejecución.

El análisis para el proyecto y ejecución de las vialidades se desarrollan diversos estudios, en cada una de las fases del diseño, estudios básicos o preliminares, anteproyectos y/o proyectos ejecutivos y en las diferentes especialidades que se requieren para llevarlos a cabo, estos estudios son los que a continuación se mencionan:

- ✓ La demanda de la población
- ✓ Estudio de impacto ambiental
- ✓ Estudio topográfico
- ✓ Diseño geométrico
- ✓ Estudio de drenaje
- ✓ Obras inducidas (complementarias a la vialidad)
- ✓ Estudio geotécnico (mecánica de suelos)
- ✓ Diseño del pavimento
- ✓ Estudio de señalización
- ✓ Iluminación
- ✓ Cantidades de obra
- ✓ Presupuesto y programa de construcción.

### **V.1.- Demanda de la población.-**

La razón de ser del proyecto de un camino, carretera o vialidad es el satisfacer una demanda, que puede ser por motivo de rezago, de una prevención futura, de una modernización, o de la integración a un plan nacional. La demanda se mide con el tráfico al que hay que servir, el servicio debe proporcionarse a un número determinado de vehículos.

Se puede decir que para este desarrollo práctico de la avenida Cuauhtémoc, se encontraba en malas condiciones físicas (con demasiados baches y solo un carril por sentido), y siendo la vialidad más importante en este municipio que tiene conexión con todo el municipio de norte a sur, comunicando a 12 colonias de este municipio, así como la necesidad de modernizar dicha vialidad que en un futuro conectaría con una muy importante plaza comercial en Valle de Chalco llamada sendero.

En la siguiente imagen muestra el estado en el que se encontraba la vialidad:



### **V.2.- Estudio de impacto ambiental**

La evaluación de impacto ambiental es el instrumento de la política ambiental que tiene su fundamento en el capítulo IV, sección V, artículo 28 de la ley general del equilibrio ecológico y protección al medio ambiente (LGEEPA), cuyo objetivo es establecer las condiciones a que se deberán sujetar la realización de obras y actividades que pueden causar desequilibrios ecológicos.

Al analizar una propuesta de trabajo en el sector de vías terrestres y en este caso en una zona urbana, desde el punto de vista del impacto al medio ambiente, deben considerarse puntos como es, la situación actual del medio ambiente y la identificación de posibles impactos a consecuencia del proyecto propuesto.

En la descripción de la situación actual se deben tomar en cuenta la calidad del aire, el ruido y la imagen urbana existentes antes de comenzar las obras.

Para el caso de este proyecto, la demanda principal del impacto ambiental recae especialmente en los vehículos por las siguientes razones:



De este estudio con respecto a la reducción de los impactos en la calidad del aire por fuentes móviles, se han introducido programas de control de las emisiones (verificación). Los vehículos que emiten mayor número de contaminantes son los que tienen motores diésel (principalmente partículas) y los vehículos viejos con poco mantenimiento. El problema que existe, a pesar de la implementación de estos sistemas de verificación, es el crecimiento continuo del parque vehicular de los últimos años desgraciadamente sigue aumentando, como las emisiones vehiculares no pueden ser disminuido indefinidamente, el crecimiento continuo del tráfico y del parque vehicular va a crear un problema de impacto ambiental para el que en estos momentos no existe una solución definitiva.

Por otro lado el ruido como contaminación y el mejor método de reducido, o de eliminar el ruido es, obviamente, mitigar las fuentes del mismo, pero eso es muy complicado.

El ruido se puede disminuir ligeramente con algunas de las siguientes medidas:

- El transporte urbano se puede redistribuir con cambios en las vialidades.
- Menor número de vehículos en el área afectada por medio de la redistribución del mismo.
- Mantenimiento de los mofles en automóviles, camiones, ómnibus y motocicletas.
- Limitar el uso del claxon a casos necesarios y evitar su uso desmesurado como se nota diariamente en las ciudades mexicanas.

En el proceso de construcción de avenidas y carreteras, se tiene como medida preventiva al personal expuesto al ruido de la maquinaria pesada (con tractores, moro conformadoras, compactadores, retroexcavadoras, camiones, pavimentadoras, etc.). La utilización de protecciones auditivas, pero por lo general la mayoría del personal no los utiliza y a su vez traería como consecuencia el percance de algún accidente.

Con respecto a las partículas producidas por los vehículos, es por demás indicar que cualquier construcción e vialidad va a reducir en buena consideración los contaminantes que dañen a la atmósfera ya que la velocidad a la que circulan los automóviles en una vialidad terminada será mucho mayor a la que existía al principio en cualquier zona donde se proyecten dichas obras.

Las condiciones en las que se encontraba en un principio esta obra en cuestión (avenida Cuauhtémoc), los vehículos transitaban lentamente en un terreno muy maltratado, el traslado era más tardado y por juicio lógico se consumía más combustible, ocasionando mayor cantidad de partículas contaminantes suspendidas en el aire, y el ruido producido se mantenía mayor tiempo por la lentitud y el esfuerzo de los vehículos por transitar sobre esta vialidad, ocasionando gran molestia para los habitantes de la zona.

Con respecto a la imagen urbana, por experiencia propia y conocimiento de la población en general, al término de cualquier obra de pavimentación en cualquier zona, esta cambia completamente para bien la imagen, dándole a su vez plusvalía a sus propiedades de la población beneficiada.



### **V.3.- Estudio topográfico**

Este es un elemento muy importante en cualquier construcción, desde el anteproyecto, ya que primeramente se recaba la información para después descargar en gabinete y conocer las características físicas del terreno especial para el proyecto y finalmente en el proceso de la ejecución de la obra, verificando la correcta nivelación de las capas con el terreno natural hasta la rasante proyectada, en otra palabras viene siendo la vértebra principal de la construcción en esta especialidad.

Para esta obra de pavimentación con concreto hidráulico de la avenida Cuauhtémoc, en lo que corresponded a sus perfiles trasversal y longitudinal, se proyectaron pendientes muy controladas, respetando los niveles de subrasante a su vez tomando en cuenta los niveles de los accesos de las casas, los que se encuentran frente a frente en ambos lados de la avenida, ya que el asentamiento urbano de esta zona en un principio se construyeron las casas sin tener un nivel de referencia por lo que se encontraron desniveles muy considerables , dando solución con el promedio de las mismas. Aun así se hicieron modificaciones puntuales para solucionar algunos casos drásticos.

### **V.4.- Diseño geométrico**

Para el diseño geométrico las características principales son: el número de carriles de circulación, dimensiones de los acotamientos, además de estas dimensiones físicas, la otra básica es la velocidad del proyecto.

De esta información se derivan otro tipo de especificaciones subordinadas y más técnicas, como son: grados de curvatura, sobre elevación en las curvas, distancias de visibilidad, de parada, pendientes máximas, longitud máxima de pendientes, etc.

La necesidad de viajar dentro de una urbanización, requiere de un conjunto de diversas líneas de deseo conectando orígenes y destinos. No es posible abastecer con vías individuales conectando cientos de miles de líneas de acceso, porque entonces el área urbana sería una superficie de vías continuas, así que todas las ciudades crean o envuelven a un conjunto limitado de vías interconectadas formando una red.

Los objetivos de diseñar o rediseñar un sistema vial urbano son muy diferentes de aquellos usados para diseñar vías interurbanas, el alineamiento global es generalmente un compromiso entre el deseo de obtener la ruta más directa posible (por ejemplo: minimizar la distancia de viaje) y la necesidad de evitar áreas con accidentes geográficos tales como las colinas o los ríos, los cuales aumentarían el costo de la construcción.

El diseño geométrico abarca la selección de la ruta y definición en planta y perfil de cada uno de los elementos que conforman una vialidad y para los cuales se consideran las características topográficas del terreno, como el tipo de vía que se pretende construir o mejorar que es el caso particular de este desarrollo práctico; este análisis geométrico se ve afectado por factores como el



derecho de vía, los límites de las propiedades, el efecto de la vía proyectada sobre otras existentes como los cruces con carreteras o ferrocarriles y las previsiones para lograr un buen drenaje, radios de giro, y con respecto al conductor se podrán conocer aspectos importantes como por ejemplo la capacidad de aceleración, desaceleración y estabilidad que vaya a tener el vehículo entre otros, ya que si existe algún factor como los mencionados cabe la posibilidad de que se tenga que reforzar a cambiar el trazo de la vialidad.

En México existen varias clasificaciones de las vialidades, de ellas la más utilizada a nivel urbano considera la combinación de parámetros cuantificables objetivamente, como su ancho de sección, su número de carriles, la presencia o no de camellón, los volúmenes vehiculares que soportan y su función dentro de la estructura vial.

De acuerdo con lo anterior, las vías se clasifican en:

- ✓ primarias
- ✓ secundarias
- ✓ locales
- ✓ accesos a colonias

**En el caso de la avenida Cuauhtémoc pertenece a una vía primaria, de gran importancia para esta localidad.**

Los parámetros del proyecto desde el usuario, características de los vehículos y las condiciones del tránsito vehicular.

Los vehículos se clasifican en ligeros o pesados como se representa a continuación en la siguiente imagen:

|   |                        | Tipo de Vehículo<br>PCA-AASHTO |  |
|---|------------------------|--------------------------------|--|
| VEHICULOS DE MENOS DE SEIS RUEDAS<br>(NO se tienen en cuenta en el cálculo) | MOTOS                  |                                |  |
|   | AUTOMÓVILES            |                                |  |
|   | FURGONETAS             |                                |  |
|   | TRACTORES SIN REMOLQUE |                                |  |
|   | TRACTORES CON REMOLQUE |                                |  |
| VEHICULOS DE SEIS O MAS RUEDAS<br>(Se tienen en cuenta en el cálculo)       | AUTOCARES Y AUTOBUSES  |                                |  |
|   | CAMIONES               |                                |  |
|   |                        |                                |  |
|   |                        | A2                             |  |
|   |                        | B2                             |  |
|   |                        | B3                             |  |
|   |                        | B4                             |  |
|   |                        | C2                             |  |
|   |                        | C3                             |  |
|   |                        | C4                             |  |
|   |                        | T2-S2                          |  |
|   |                        | T3-S2                          |  |
|   |                        | T3-S3                          |  |
|   |                        | T3-S2-R2                       |  |
|   |                        | T3-S2-R3                       |  |
|   |                        | T3-S2-R4                       |  |



El tránsito es un parámetro de gran importancia para el buen funcionamiento del proyecto ya que determina si la vialidad proyectada trabaja en forma eficiente, si tiene problemas de congestión o bien, si tiene volúmenes inferiores a los que se proyectó; para esto, se realizan aforos vehiculares durante las horas de máxima demanda (THM)

Así tenemos que para calcular el tránsito diario promedio mensual

$$TDPM = THM / 0.80$$

Y tránsito diario promedio anual

$$TDPA = TDPM * 1.20$$

Teniendo estos datos entramos a la tabla de clasificación y características de las carreteras del manual de proyecto geométrico de la SCT y de acuerdo a la clasificación de los terrenos: plano, lomerío o montañoso, se tomara la velocidad para proyectar y de esa velocidad según la tabla, se obtendrán las características establecida para realizar el proyecto de vialidad.

### ✓ **Velocidad de proyecto**

La velocidad es de suma importancia conocida como “velocidad de proyecto o velocidad directriz” que no es otra cosa que aquella velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y en el proyecto geométrico de un camino en un aspecto operacional. La “velocidad de proyecto” es un factor primordial importancia que determina normalmente el costo del camino es por ello, por lo que debe limitarse para obtener costos bajos.

Todos los elementos de un buen camino debe calcularse en función de la velocidad de proyecto. Al hacer esto se tendrá un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor.

*Velocidades de proyecto de acuerdo a la topografía de la S.C.T.*

| <b>Tipo de camino</b> | <b>Plano o con poco lomerío</b> | <b>Con lomerío fuerte</b> | <b>Montañoso pero con poco escarpado</b> | <b>Montañoso pero muy escarpado</b> |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|--|-------------------------------------|
| <b>Tipo especial</b>  | 110 km/hrs.                     | 110 km/hrs.               | 90 km/hrs.                               | 80 km/hrs.                          |
| <b>Tipo a</b>         | 70 km/hrs.                      | 60 km/hrs                 | 50 km/hrs                                | 40 km/hrs                           |
| <b>Tipo b</b>         | 60 km/hrs.                      | 50 km/hrs                 | 40 km/hrs                                | 35 km/hrs                           |
| <b>Tipo c</b>         | 50 km/hrs                       | 40km/hrs                  | 30 km/hrs                                | 25 km/hrs                           |

La descripción de la topografía en general dice, que toda región en la cual el promedio de inclinación del terreno en una longitud de 30 km sea mayor del 4% será considerado “montañoso” si el promedio de inclinación fluctúa entre el 2% y el 4% será considerado “ondulado o de lomerío” y si el promedio de inclinación es menor del 2% se considera como terreno “plano”.



Sección transversal y alineamiento.

Normas geométricas de la S.C.T.

| Características geométricas      | unidad         | Terreno plano |      |        | Lomerío fuerte |        |      | Montañoso poco escarpado |      |     | Montañoso muy escarpado |      |      |  |
|----------------------------------|----------------|---------------|------|--------|----------------|--------|------|--------------------------|------|-----|-------------------------|------|------|--|
|                                  |                | A             | B    | C      | A              | B      | C    | A                        | B    | C   | A                       | B    | C    |  |
| <b>Camino tipo</b>               |                |               |      |        |                |        |      |                          |      |     |                         |      |      |  |
| <b>Vel. de operación</b>         | <b>Km/hr</b>   | 100           | 80   | 70     | 80             | 70     | 60   | 70                       | 60   | 40  | 60                      | 50   | 35   |  |
| <b>Vel. de proyecto</b>          | <b>Km/hr</b>   | 70            | 60   | 50     | 60             | 50     | 40   | 50                       | 40   | 30  | 40                      | 35   | 25   |  |
| <b>Ancho corona</b>              | <b>M</b>       | 9.0           | 8.0  | 7.5    | 9.0            | 8.0    | 7.0  | 8.5                      | 7.5  | 6.5 | 8.0                     | 7.0  | 6.0  |  |
| <b>Ancho carpeta</b>             | <b>M</b>       | 6.10          | 6.10 | 5.50   | 6.80           | 6.10   | 5.50 | 6.0                      | 6.10 | 5.5 | 6.10                    | 5.50 | 5.50 |  |
| <b>Grado máximo de curvatura</b> | <b>Gra dos</b> | 8°            | 11°  | 16°36' | 11°            | 16°30' | 26°  | 16°30'                   | 26°  | 41° | 26°                     | 35°  | 57°  |  |
| <b>Pendiente gobernadora</b>     | <b>%</b>       | 20            | 25   | 3.0    | 3.5            | 3.5    | 4.0  | 4.0                      | 4.5  | 4.5 | 4.5                     | 5.0  | 5.0  |  |
| <b>Pendiente máxima</b>          | <b>%</b>       | 4.0           | 4.5  | 5.0    | 5.0            | 5.5    | 6.0  | 5.5                      | 6.0  | 6.5 | 6.0                     | 6.5  | 7.0  |  |

### V.5.- Estudio de Drenaje

Es conocimiento en la ingeniería que el agua es un elemento amigo de la construcción en el proceso de la misma, pero ya terminada la obra, se volverá la peor enemiga, por las consecuencias que esta ocasiona, si o realizan bien los trabajos, esto es, el de conducir las aguas de escurrimiento superficial, lo más rápido y controlable posible hasta su disposición final.

Si viéramos el drenaje en un camino fuera de la ciudad, se analizaran el escurrimiento pluvial o subterráneo de los terrenos en cada una de las zonas, en un terreno plano. en lomerío y en un terreno montañoso, para este caso la solución sería la construcción de alcantarillas de tubería metálica, alcantarillas de bóveda con mampostería o de concreto armado si como los mismos puentes de concreto, para los casos donde existen cortes de cerros se construyen cunetas y contra cunetas, para el caso de escurrimientos subterráneos en estos mismos terrenos se construyen subdrenajes

laterales para romper el escurrimiento que existe perpendicular al mismo camino, y la construcción de bordillos y lavaderos de concreto en forma de terraplenes.

Las cunetas y contra cuentas están construidas por lo general en donde existen cortes de cerros o montañas, y la finalidad de abatir el volumen de lluvia y desalojarla inmediatamente, despidiendo de la superficie del mismo cerro, se analiza si únicamente con la construcción de una cuneta sea suficiente, o para el caso de la formación de terraplenes se construyen bordillos de concreto simple, los cuales encauzaran el agua de lluvia a los lavaderos e concreto o mampostería y estos últimos serán construidos hasta una distancia de tal manera que no dañe a la estructura del camino, por lo regular el desagüe de todas estas construcciones llegaran a los ríos existentes o que se forman únicamente en temporada de lluvias y estos atraviesan el camino por alcantarillas de las ya mencionadas.

El tema de los subdrenes estos se construyen paralelamente al camino debajo en ocasiones de las cunetas, se excava primeramente una cepa para poder alojar la tubería de concreto simple o de PVC, estará perforada a la mitad de la sección del tubo (parte baja del tubo acostado) para que se filtre el agua y no se taponee, estos tubos se colocan sobre un aplantilla con material de tezontle el acostillado y relleno es con este mismo material, si en la zona no se cuenta con este material se utilizara la grava de 1" a 3", la tubería tendrá una pendiente de tal manera que pueda desalojar el agua hasta el terreno natural o alguna caja de concreto, a la salida de estos tubos se colocara una malla de tal manera que no puedan entrar roedores.

De igual forma que este sistema tradicional, También existen los geo drenes que no tienen mucha diferencia con los anteriores únicamente que se colocara el geotextil en el perímetro de la cepa, (piso y paredes) dándole una forma de "U" y tiene la finalidad de evitar que se filtre material fino, este sistema se puede o no colocar la tubería, el material de relleno será igual con material de tezontle.

El material drenante, se colocara dentro de la zanja en capas con el espesor estipulado y empleado un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación. La compensación del material drenante se deberá realizar por los medios manuales, ya que no es necesario un grado de compactación, únicamente se busca el acomodo de las partículas y la existencia de huecos, los cuales van a permitir el paso y el flujo del agua para filtrarse dentro de la tubería. En el relleno con este material, la altura máxima de caída de material no debe exceder un metro ya que de lo contrario se peligra que se dañe la tubería.





En referencia al proyecto de la avenida Cuauhtémoc, uno de los primeros trabajos que se realizan es la apertura de caja (excavación) al nivel aproximado de la línea subrasante, para inmediatamente se inicien los trabajos de alcantarillado y agua potable, si lo vemos en la edificación aquí vendría siendo la obra negra correspondiendo a la conexión de las descargas domiciliarias, pluviales a las líneas principales de drenaje, estos trabajos todos a nivel de subrasante.



Imagen V.5. Trabajos de excavación en avenida Cuauhtémoc

### V.6.- Obras inducidas

Al mismo tiempo que se tiene programados los trabajos de drenaje, durante este mismo periodo se ejecutan también trabajos de obras inducidas, teniendo la caja abierta se realizan las conexiones de tomas de agua potable de los domicilios, trabajos de encoframiento de concreto en líneas eléctricas de alta tensión de la CFE, líneas telefónicas (fibra óptica) de TELMEX, la ubicación de estas líneas se

obtienen con el apoyo y en coordinación con estas mismas dependencia, al informarles anticipadamente el proyecto y la construcción de pavimento de estas vías principales, para que no se llegue a dañar en el proceso de los trabajos con la maquinaria pesada o para evitar que posteriormente dañen el pavimento al realizar la excavación en alguna reparación.



V.6 Obras inducidas, canalización de telefonía.

### V.7.- Estudio geo mecánico (mecánica de suelos)

Es un conjunto de técnicas tanto en campo como de laboratorio, que permiten conocer el terreno para utilizarlo adecuadamente como elemento de construcción; bien directamente como parte de caminos, diques, canales, etc. o bien como soporte de una estructura determinada de cimentación.

Debe conocer todos los datos relevantes para la correcta construcción del proyecto, se elabora en base a ensayos de campo y laboratorio, adecuados al tipo de proyecto para el que se solicita, incluirá recomendaciones propias para cada tipo de proyecto:

- Caminos
- Edificaciones
- Cuencas hidrográficas

Los materiales que construyen los pavimentos, incluyendo las terracerías y el terreno de cimentación, se ven sometidos a cargas dinámicas de diversas magnitudes que le son transmitidas por el tránsito vehicular, lo anterior con el fin de tomar en cuenta estas continuas cargas que actúan en las capas que conforman la estructura de un pavimento.

El informe geotécnico: es un conjunto de reconocimientos del terreno y la interpretación de los datos obtenidos, que permiten caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio.



Objetivos a determinar:

- Tipo de suelo en estudio
- Construcción de rellenos
- Taludes estables
- Taludes estables
- Tratamiento de la superficie de apoyo
- Materiales a utilizar: procedentes de excavación o de préstamos
- Excavación
- Método de excavación
- características de los materiales
- Suelo de explanación
- Materiales de préstamo: origen y calidad
- Posición del nivel freático, agresividad de los suelos y el agua
- Solución a problemas del terreno.

### **V.8.- Diseño de pavimentos**

Un pavimento debe ser diseñado de tal manera que las cargas impuestas por el tránsito no generen deformaciones permanentes excesivas. En el caso de los pavimentos flexibles estas deformaciones se producen en cada una de sus capas. Los métodos de diseño de pavimentos suponen que las deformaciones permanentes ocurren solamente en la subrasante. Sin embargo en vías donde soportan el esfuerzo aplicado a su totalidad y en la magnitud de dichos esfuerzos pueden llegar a generar valores altos de deformación permanente. Por lo tanto las metodologías de diseño deben tener en cuenta las deformaciones que se producen en estas capas y los modelos para predecir dichas deformaciones, deben ser capaces de reproducir el comportamiento de estos materiales bajo diversas trayectorias a la carga cíclica y en las condiciones del medio ambiente.

Dos son los mecanismos principales de degradación que se intentan controlar en las metodologías empíricas, fatiga y exceso de deformación permanente.

La fatiga ocurre en las capas ligadas y para el caso de estructuras flexibles, se presenta cuando se genera valores altos de deformación a tracción en la parte inferior de la capa asfáltica, este tipo de deformación es asociado a la respuesta de la resistencia que presenta la estructura cuando se mueven las cargas vehiculares.

La deformación permanente es la deformación vertical excedente que se va acumulando debido al paso de los vehículos, la cual puede generar fallas estructurales o funcionales en el pavimento. En el caso de las estructuras flexibles, la deformación permanente total es la suma de la deformación producida en cada una de las capas del pavimento.

Pero actualmente los métodos empíricos suponen que tal deformación se genera solo en la capa subrasante y esto crea una de sus principales limitaciones, la anterior suposición se basa en que la



subrasante es la capa más susceptible a la deformación debido a su más baja rigidez en comparación con otras capas del pavimento y a una mayor probabilidad de presentar altos contenidos de agua (lo cual disminuirá su capacidad portante).

## V.9.- Estudios de señalización

La esencia de este estudio es darle al conductor una comodidad y seguridad en su recorrido al momento de ir manejando.

Las lesiones producidas a consecuencia del uso de vehículos de motor construyen uno de los problemas de salud con mayor impacto en la mortalidad de la población y motivan un gran número de discapacidades.

Algunos principios fundamentales que se deben tomar en cuenta para el estudio de señalización son entre otros:

- La velocidad tiene un importante influencia en los accidentes y su gravedad
- Prestar especial atención a la seguridad de los ciudadanos vulnerables como los niños, las personas mayores y las personas con discapacidades.
- La educación y la formación son importantes, las campañas de seguridad vial locales son necesarias.
- Medidas legales necesarias sobre la conducción bajo los efectos del alcohol, el casco, el cinturón de seguridad y los límites de velocidad
- El diseño de las carreteras y su entorno pueden ayudar a reducir el número de accidentes en las carreteras
- Es importante apuntar acciones para reducir accidentes en sitios y colonias con elevadas tasas de accidentes, llamados puntos negros o zonas negras.
- La mejora de la seguridad vial dirigirse a los medios de transporte, motorizados o no y la adecuación a mejores infraestructuras o para las necesidades de ciclistas y peatones.

De lo anterior existen dispositivos de control del tránsito, como las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir regular y guiar a los usuarios.

Los dispositivos de control indican a los usuarios, las precauciones (prevenciones) que deben tener en cuenta, las limitaciones (restricciones) que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones (guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la vialidad como se ilustran a continuación en la siguiente tabla de la S.C.T.



TABLA 1. TIPOS DE SEÑALAMIENTO BÁSICO

| AMBITO            | URBANO            | RURAL  |   |  |                   |  |
|-------------------|-------------------|--|---|--|-------------------|--|
| TIPO DE CONFLICTO | CRUCE DE PEATONES | APROXIMACION A ZONA URBANA   | INTERSECCION PROXIMA  | CURVA PELIGROSA  | CRUCE DE PEATONES | PENDIENTE PRONUNCIADA DESCENDENTE  |
| TIPO DE SOLUCION  |                   |  |   | CASO 4A<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS   |                   | CASO 6A<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS   |
|                   |                   | CASO 2A<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS<br>BOTONES METALICOS  | CASO 3A<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS<br>BOTONES METALICOS     | CASO 4B<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS<br>BOTONES METALICOS                          |                   | CASO 6B<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS<br>BOTONES METALICOS  |
|                   |                   | CASO 2B<br>REDUCTOR DE VELOCIDAD<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS  | CASO 3B<br>REDUCTOR DE VELOCIDAD<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS |  |                   |  |
|                   |                   | CASO 1A<br>RAYAS PARA CRUCE DE PEATONES<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS<br>BOTONES METALICOS                          |   |  |                   | CASO 5A<br>RAYAS PARA CRUCE DE PEATONES<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS<br>BOTONES METALICOS                          |
|                   |                   | CASO 1B<br>RAYAS PARA CRUCE DE PEATONES<br>REDUCTOR DE VELOCIDAD<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS                      |   |  |                   | CASO 5B<br>RAYAS PARA CRUCE DE PEATONES<br>REDUCTOR DE VELOCIDAD<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS                      |
|                   |                   | CASO 1C<br>RAYAS PARA CRUCE DE PEATONES<br>REDUCTOR DE VELOCIDAD<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS<br>BOTONES METALICOS |   |  |                   | CASO 5C<br>RAYAS PARA CRUCE DE PEATONES<br>REDUCTOR DE VELOCIDAD<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS<br>BOTONES METALICOS |
|                   |                   |  |   | CASO 3C<br>REDUCTOR DE VELOCIDAD<br>RAYAS LOGARITMICAS REALIZADAS<br>BOTONES METALICOS |                   |  |

Para la obra de la avenida Cuauhtémoc se empleó el balizamiento de la vialidad referenciando los 2 carriles por sentido, dibujando así una doble línea central al cual indica doble sentido y prohibido el rebase, así como la separación de cada carril con raya central discontinua.



FIGURA 4.1 RAYA CENTRAL SENCILLA CONTINUA Y DISCONTINUA

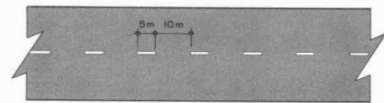


FIGURA 4.2 RAYA ADICIONAL CONTINUA PARA PROHIBIR EL REBASE

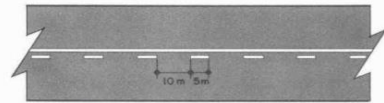


FIGURA 4.3 RAYA CENTRAL DOBLE CONTINUA

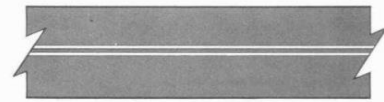




Imagen V.9 Balizamiento en avenida Cuauhtémoc

### ✓ Señalización

Las preventivas, identificadas con el código sp, tienen como función dar al usuario un aviso anticipado para prevenirlo de la existencia de un peligro potencial y su naturaleza, la señal por si misma debe provocar que el conductor adopte medidas de prevención, y llamar su atención hacia una reducción de su velocidad o a efectuar una maniobra con el interés de su propia seguridad, la del otro vehículo o del peatón.

#### ▶ Señales restrictivas

Las señales restrictivas, identificadas como el código sr, tienen como función expresar en la carretera o en la calle, alguna fase del reglamento de tránsito para su cumplimiento por parte del usuario. En general tienden a restringir algún movimiento dl mismo, recordándole la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada.

#### ▶ Señales informativas

Identificadas con el código si, tienen como función guiar al usuario a lo largo del itinerario pro calles y carreteras e informándole sobre el nombre y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar.

## V.10.- Cantidades de obra

Muy importante es generar la volumetría física real de toda la obra del proyecto a ejecutar y conocer finalmente su presupuesto total, puesto que la dependencia de gobierno depende en mucho de este apartado para la toma de decisión en el visto bueno para llevarse a cabo, pues en ocasiones no se cuenta con tal recurso financiero o se tiene que gestionar,

**Todos los estudios mencionados anteriormente se lograran concluir exitosamente dependiendo del presupuesto final del proyecto en cuestión y que la dependencia posea por lo que se conoce como suficiencia presupuestal para poder llevar a cabo el proceso de licitación, adjudicación, la ejecución y el control de la obra, o en el caso contrario dichos proyectos quedaran archivados para un futuro ser programa de obras de la dependencia.**

## **CAPÍTULO VI** **PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA AVENIDA CUAUHEMOC**

Para el desarrollo de este capítulo, se realizara paso por paso los trabajos ejecutados en la vialidad Cuauhtémoc; con imágenes y descripciones de los mismos así como las complicaciones que surgieron durante la realización de estos.

### **VI.1 OBRAS PRELIMINARES**

Por lo tanto iniciamos con las obras preliminares. Al inicio de los trabajos, una vez a que haya concluido el proceso de licitación y adjudicación del contrato, con la contratista se comienza el seccionamiento y levantamiento de la vialidad para la conciliación de los volúmenes de excavación y el trazo de la vialidad. Como a continuación se muestra en las siguientes imágenes del levantamiento de la avenida Cuauhtémoc.



Imagen VI.1.1 Trazo y nivelación

Parte importante también es hacer un reporte fotográfico de las Edificaciones y su estado actual, esto con la finalidad de saber que afectaciones pueden ocurrir con el paso de la maquinaria y excavaciones; ya que suele ocurrir que vecinos se quejan por grietas o desperfectos aprovechándose de la situación, aun cuando estas afectaciones no ocurrieron por la construcción de la vialidad. Es importante recalcar que siempre se busques las mejores condiciones para las personas que se verán afectadas tanto directa como indirectamente. En las siguientes imágenes que se muestran una pequeña parte de la recopilación que se hizo de las construcciones sobre la vialidad.



Imagen VI.1.2 estado de las edificaciones antes del inicio de los trabajos

Una vez que se conciliaron las secciones y los volúmenes de excavación, se traza la vialidad delimitando el ancho de la vía, dejando referencias en ambos lados para empezar por la apertura de caja como se muestra en las siguientes imágenes, Haciendo mención que la excavación se dio solo en los tramos laterales de la vialidad, ya que se respetó la estructura existente paramas adelante triturar y realizar una base con el material existente.es importante mencionar que con antelación se debe tener bien referenciado su por la vialidad cruzan, tanto canalizaciones de teléfono, líneas de Pemex, así como las líneas de agua potable para afectar lo menos posible a los vecinos.



VI.1.3 Excavación por medios mecánicos

Paralelo a la excavación se debe realizar la carga y acarreo y evitar dejar apilado el material producto de excavación; así como tener las señalizaciones, material y equipo de seguridad para evitar accidentes.



VI.1.4 Carga y acarreo de material producto de la excavación

En esta imagen se puede apreciar el encalado que se realizó para darle el parámetro de excavación y respetar el ancho de vía que se proyectó de 16 metros de ancho uniforme en toda la vialidad; lo que varía es el ancho de las banquetas, haciendo mención que el proyecto y construcción de la vialidad contempla el cambio total de banquetas.



VI.1.5 Parte de las referencias para el ancho de vialidad y límite de excavación

En la siguiente imagen se aprecia las complicaciones que se presentaron en el transcurso de la construcción de la vialidad, lo cual genera complicaciones y atraso en la ejecución de los mismos.



VII.1.6 Complicaciones por el mal clima

## **VI.2 OBRAS DE DRENAJE Y AGUA POTABLE**

Después de estos trabajos previos se continuo con la construcción de del drenaje y agua potable de la vialidad, por ser una obra de alto impacto; y no lidiar con reparaciones después de su construcción y que el pavimento se viera afectado se optó por cambiar toda la línea de drenaje así como las tomas y descargas domiciliarias. Cabe mencionar que se construyeron de acuerdo a proyecto las descargas pluviales, las cuales según su ubicación fueron de banqueta o de piso.



VI.2.1 Descargas domiciliarias



VI.2.2 Tomas domiciliarias

En estas imágenes apreciamos las referencias que se ponen en cuanto a la construcción de la línea de drenaje para cuidar el sentido del escurrimiento, así como la pendiente que nos marcó el proyecto presentado por el O.D.A.P.A.S., y evitar que se colgara la línea o que no existiera escurrimiento por falta de pendiente.



VI.2.3 Introducción de colector para descargas domiciliarias y agua pluvial



VI.2.4 Introducción de tubería para desalojo de aguas negras y pluviales

Una de las complicaciones que se presentaron en la ejecución de las obras de drenaje y de la pavimentación como tal es la fractura de las líneas existentes ya que actualmente en el organismo O.D.A.P.A.S. no existe planos o referencias en las cuales indiquen el paso de líneas de agua potable lo cual al excavar la maquina se lleva la línea de agua y la fractura como lo apreciamos en la siguiente imagen.



Imagen VI.2.5 reparaciones de líneas de agua potable



### VI.3 TERRACERÍAS

Una vez concluidos los trabajos de drenaje y reparación de agua potable se comienza con los trabajos de terracerías afinando la cama de los cortes como se muestra en la siguiente imagen, y dándole el nivel que se requiere para recibir la estructura de nuestro pavimento; para lo cual se realiza un recorrido para verificar todas las tomas y descargas, y las coladeras de piso y banquetas para la descarga del agua pluvial. Parte importante es tener bien referenciadas en un plano y en una libreta ya sea de tránsito o profesional los cadenamamientos de su ubicación para el plano final para su entrega.



Imagen VI.3.1 revisión de niveles de excavación y preparación de la cama cortes

En esta imagen observamos cómo debe quedar el afine, al centro se observa la estructura existente de la vialidad la cual servirá más adelante como material para conformar la sub base.



Imagen VI.3.2 cama de los cortes preparada para recibir el geotextil

Una vez afinado y teniendo el nivel deseado se procede a colocar el filtro textil con las características marcadas en el catálogo de conceptos (suministro y colocación de filtro textil no tejido de poliéster, agujado de 275 grms / m<sup>2</sup>, incluye: materiales, acarreo, al sitio de la obra, mano de obra, costura con 15 cm de traslape, cortes y desperdicios).



Imagen VI.3.3 colocación del filtro textil

En esta imagen apreciamos los traslapes que se hicieron en la colocación de geotextil y en el cual se realizó una costura con máquina para una mejor adherencia entre las mismas.



Imagen VI.3.4 Costura de traslapes en el geotextil

Después de su colocación del geotextil se empieza a tender el tezontle, el geotextil y el tezontle con las partes importantes de la estructura las cuales tendrán la función de estabilizar el terreno ya que, por estar en zona de lago el terreno es muy inestable, lo cual transmitirá uniformemente las cargas al terreno natural.



VI.3.5 Construcción de la capa de tezontle.

Simultáneamente se comienza con la escarificación de la carpeta existente, que comúnmente se le llama fresado, como se muestra en las siguientes imágenes. El material se apila a un costado para después incorporar de banco crear una mezcla entre los mismo y después incorporarlo a los costados de la vialidad..



Imágenes VI.3.6 Trituración de la carpeta Existente.

En las siguientes imágenes se visualizarán los trabajos de conformación de la capa sub base la cual como anteriormente se describe, es conformada por material de la trituración de la carpeta existente y la incorporación de material de banco.



Imágenes VI.3.8 Conformación de sub base.

Una vez concluida la sub base, el siguiente paso es construir el suelo cemento que es la parte de la estructura considerada como base, constituido por cemento y grava controlada-tepetate, ya que las cargas que recibirá el suelo serán altas y la duración del pavimento está proyectada a 30 años; y por ser una vialidad importante y la cual es acceso importante de servicios a este municipio debe estar en las mejores condiciones.



Imágenes VI.3.9 base (suelo cemento)

Para la realización de este concepto se debe tener mucho cuidado con los niveles deseados a alcanzar ya que se debe hacer monóticamente, y a su vez tener cuidado de como quedara la mezcla del cemento con la grava y la incorporación de agua, es decir al endurecerse puede, no quedar uniforme la mezcla, y al final la compactación deseada no sea la óptima. Si este trabajo sale mal se tendrá que escarificar y el material se vuelve inservible y esto generara retraso y una pérdida económica muy grande.



Imagen VI.3.11 Conformación de la base

#### **VI.4 GUARNICIONES Y BANQUETAS**

En esta partida se realizan la construcción de guarniciones y banquetas, así como sus re nivelaciones de pozos de visita, re nivelaciones de cajas de válvulas de agua potable, re nivelaciones de coladeras de piso y la colocación de las coladeras de banquetas, como se observa en las siguientes imágenes, esto con la finalidad de tener todo listo para la construcción de losa de concreto, al ser un concepto de alto impacto se debe tener todo preparado para la construcción de la misma.



Imágenes VI.4.1 Construcción de guarniciones y banquetas y renivelación de caja de válvulas.

En esta imagen observamos un pozo de visita renivelado y con la colocación de su brocal el cual es para tránsito pesado.



Imagen VI.4.2 Renivelación de pozos de visita

## VI.5 PAVIMENTO

En las siguientes imágenes observaremos la construcción del concepto más importante y más fuerte económicamente hablando el cual deberá tener un cuidado muy grande para evitar, que sea levantado y demolido por una mala ejecución; el espesor de la carpeta fue de 20 cm de espesor.

En esta imagen observamos el vaciado del concreto, el tendido se realizó en dos cuerpos con un ancho de 8 metros, colocando las canastillas a cada 3 metros como lo marco el proyecto y la matriz del concepto y sus pasa juntas o juntas de amarre a cada metro, para lo cual la cimbra cuenta con los orificios en sus costado cómo se observa en la imagen y la canastilla con las barras.



Imagen VI.5.1 Construcción pavimento rígido.

En la siguiente imagen observamos cómo se tiende el concreto, con una regla vibratoria para darle el nivel deseado, cabe mencionar que se tuvo mucho cuidado sacando las bases, las cuales lo sostienen ya que puede dejar bajos en la superficie terminada.



Imagen VI.5.2 colocación de las canastillas y empate con calles que comunican con la vialidad.

El acabado debe ser totalmente liso, no se debe agregar agua al concreto ya que este sangraría de más y el acabado final se vería en la superficie granos de la grava y estéticamente muy feo. Si el concreto nos ha ganado o vemos que nos llevara más tiempo el darle su acabado, se deberá incorporar retardante para concreto un líquido jabonoso color rosa para que el acabado sea el deseado.



Imagen VI.5.3 Acabado liso de la losa.

Aquí en esta imagen apreciamos la herramienta con la cual le damos el acabado rayado a la superficie, el cual sirve para que evitemos deslizamientos de las ruedas con el pavimento, y una circulación del agua entre las llantas de los vehículos y la superficie del asfalto, evitando patinones y un mayor agarre entre las mismas.



Imágenes VI.5.4 acabado final del pavimento.

En esta imagen observamos el curacreto el cual se aplica generando una película sobre la superficie para evitar que el concreto con el calor evapore el agua y la superficie del pavimento presente grietas.



Imagen VI.5.5 colocación de membrana de curado.



Posteriormente realizamos el corte de concreto o grieta inducida para básicamente indicarle al concreto por donde deberá de agrietarse y sellaremos la grieta con la cinta llamada cola de rata para evitar filtraciones, el corte no debe exceder un tercio del espesor del pavimento, cabe mencionar que debe hacerse un día después del colado preferentemente, y evitar un agrietamiento prematuro por tardarnos en realizar el corte.

Es recomendable **no** realizar el pre corte como muchas contratistas lo hacen ya que lo hacen apenas endurece la superficie del pavimento y esto genera al final un despostillamiento y un acabado que parece como si el concreto no se hiciera de manera monolítica y se hubiese hecho una junta fría.



Imagen VI.5.6 Grieta inducida a 1/3 del espesor.



Imagen VI.5.7 Trabajos de corte para inducir la grieta.

Una vez concluido el sello de las grietas inducidas; y con las superficie de rodamiento con el acabado como se observa en la imagen tenemos que esperar el tiempo para que el concreto adquiera su resistencia; las pruebas arrojaron que a los 7 días adquiriría su resistencia esperada, aunque permaneció más tiempo cerrada al tránsito por detalles de acabados y limpiezas.



Imagen VI.5.7 acabado de la superficie de rodamiento.

## VI.6 REFORESTACIÓN Y ACABADOS

En esta última partida se realizaron la construcción de los topes de concreto asfáltico, la pintura de líneas centrales de la vialidad, la pintura para pasos peatonales comúnmente llamadas marimbas, la pintura en guarniciones color amarillo tráfico. Así como la colocación de árboles tipo cedro limón y laureles como parte de la reforestación.

Aquí observamos la construcción de reductor de velocidad (tope) de concreto asfáltico con dimensiones 10 centímetros de altura 3 metros de ancho y de largo 15.5 metros aproximado; dejando 15 centímetros entre guarnición y el tope para el libre escurrimiento del agua pluvial.

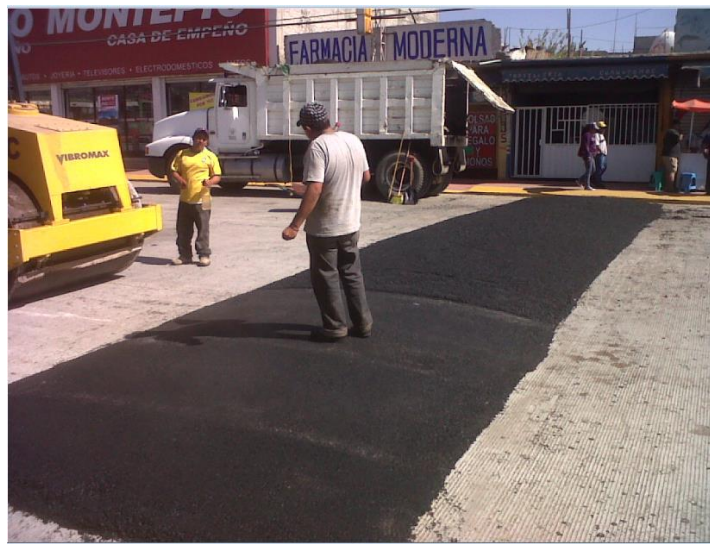


Imagen VI.6.1 construcción de reductor de velocidad.

En estas imágenes observamos los topes que se construyeron, pintando de manera perpendicular al tope de color blanco y amarillo tráfico con micro esfera autor reflejante.



Imagen VI.6.2 Pintura en reductores de velocidad (topes).

Aquí observamos la pintura para cruces peatonales comúnmente llamados marimbas realizados con pintura rayas en color blanco y amarillo tráfico con micro esfera auto reflejante, para su mejor apreciación en la noche.



Imagen VI.6.2 Pintura para pasos peatonales de protección.

Por último observamos las imágenes de como quedaron pintadas las líneas de división de carriles y el sentido de la circulación, la división de carriles 2 por cada lado con una línea discontinua color blanco y el sentido de la circulación y prohibido el rebase con línea continua al centro de la vialidad.

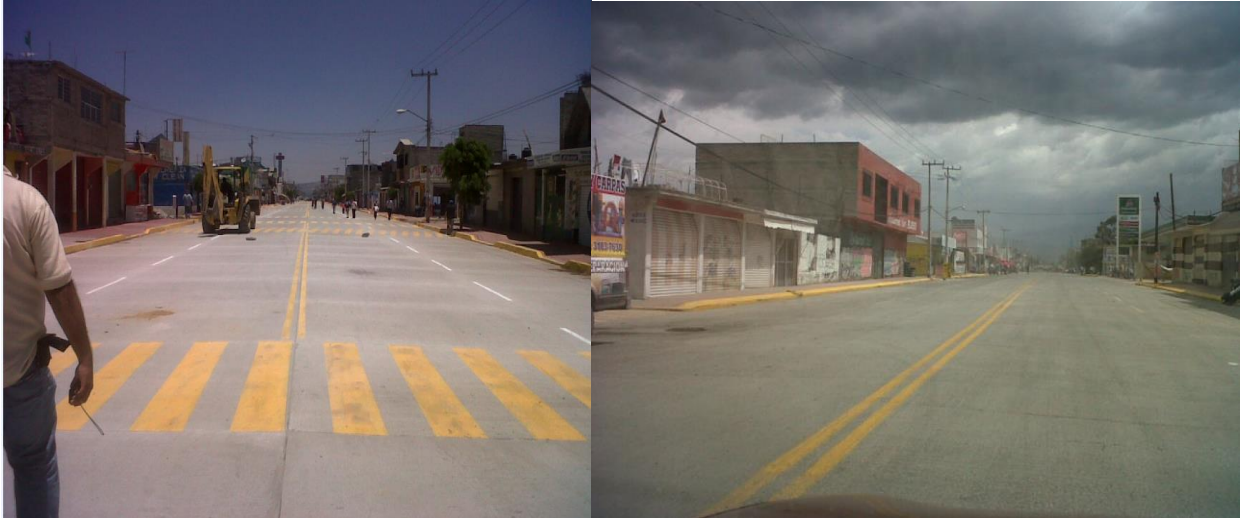


Imagen VI.6.3 balizamiento de la vialidad.



Imagen VI.6.4 operación de la vialidad con su respectiva pintura en la vialidad.

Aquí observamos la reforestación que se realizó en la vialidad esto derivado del impacto ambiental que se tuvo con la construcción de la vialidad, también para tener un acabado más estético.



ImagenVI.6.5 reforestación.

## CONCLUSIONES

Primera.- Después de revisar los tipos de suelos de la Ciudad de México, y tener definido el tipo de suelo de que se tiene en el lugar de la obra, se logró obtener como se comporta el suelo transmitiéndole las cargas de nuestra estructura, y saber la factibilidad de construir este tipo de vialidades en el tipo de terreno (zona de lago).

Segunda.- Derivado de las características de nuestro tipo de terreno se cumplió con el objetivo de comparar los beneficios de construir con pavimentos de rígidos contra los pavimentos flexibles. Dentro de este trabajo se tuvo a bien determinar las fallas más comunes en estos tipos de pavimentos, para saber el grado de mantenimiento y costo de cada uno de ellos.

Tercera.- Se llegó a la conclusión de determinar porque el geosintético debe de ir posterior al afine de la cama de los cortes y no así, posterior a la construcción de la capa subrasante, esto debido a su alta capacidad de resistencia y propiedades físicas que ayudan a estabilizar el terreno.

Cuarta.- Se confirmó que la forma de transmitir las cargas de las ruedas a la estructura por parte de un pavimento rígido, es más uniforme y menos agresiva con la estructura por su alta resistencia, más sin embargo el pavimento flexible es más agresivo y tarda tiempo en recuperar su estado normal por su nivel de plasticidad del mismo.

Quinta.-Se llegó a la conclusión de reutilizar la carpeta existente triturándola y agregándole material sano de banco; esto con la finalidad de reducir el impacto ambiental, debido al el reciclaje de la misma, evitando depositarla en un tiro y explotar en menor cantidad las minas de material.



Sexta.-Se tuvo a bien la viabilidad para que al ser una obra de alto impacto en cambiar todos los servicios que pasan por la avenida (líneas de agua potable, drenaje, banquetas, guarniciones, etc.), para evitar reparaciones de estas y afectar la vialidad y lograr una imagen estética mucho mejor.

Séptima.-Se cumplió con el objetivo de demostrar que el pavimento rígido puede no ser tan agresivo con las instalaciones que pasan por debajo de la vialidad así como de las construcciones aledañas, por el paso de los vehículos pesados y generar movimientos en sus construcciones debido a la buena estructura que se implementó en esta vialidad.

Octava.- No se cumplió con el objetivo de determinar los mejores reductores de velocidad para esta vialidad ya que se manejaron de varios tipos: de concreto MR 45 y de asfalto, el de concreto al no ser monolítico sufrió fracturas en su estructura, y el de asfalto fue más duradero pero sufrió pequeños deslizamientos por la fuerza que implementan los vehículos al impactar la rueda con el tope, sin llegar a ser muy significativo este deslizamiento.

## **RECOMENDACIONES**

Es muy recomendable efectuar registros adecuados del tránsito que circula por la vialidad, puesto que dicho elemento, como las cargas y sus esfuerzos que se transmiten a la estructura, resultan datos imprescindibles para lograr un diseño más adecuado (no todas las vialidades deben ser de concreto hidráulico) y la alternativa de una mejora más económica, puesto que este factor no se toma en cuenta a detalle en su etapa previa de construcción en algunos casos, y es uno de los factores importantes también para que fallen de manera prematura las vialidades.

No perder de vista también que los estudios de mecánica de suelo, son muy necesarios para que de esta manera se pueda decidir la forma de atacar el problema de fondo, buscando las alternativas posibles tanto en lo estructural, lo constructivo y buscando el sistema más económico, para que así nos ayunen a escoger el diseño estructural adecuado, el procedimiento constructivo ideal y económico, para obtener una vialidad duradera, funcional y segura.

## **BIBLIOGRAFIA**

- <http://www.uovirtual.com.mx/moodle/lecturas/iveca/6/6.pdf>.

El marco teórico de una investigación (Lic. Rosanna Schanzer)

- <http://www.webdianoia.com/archivos/colab/vias.pdf>

Las vías romanas José Carlos Muñiz san segundo.

- <http://www.rentauningeniero.com>

Blog de ingeniería civil ingeniero / consultor de estabilización de suelo, estabilización de suelos, estabilización –suelo-no cohesivos, suelos arcillosos.



- <http://ingenieria-civil2009.blogspot.com/2011/03/estabilizacion-de-suelos>  
Estabilización de suelos para pavimentos.
- “Curso de administración de pavimentos Chimalhuacán, ,mex”  
28 de febrero – i de marzo del 2007.
- Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades mexicanas
- Tratamientos de suelos con cal, planteamiento general, diseño y control de calidad.
- Mecánica de suelos tomo 1 2 3  
Fundamentos de la mecánica de suelos  
Teoría de la mecánica de suelos  
Flujo de agua en suelos  
Eulalio Juárez Badillo / Alfonso rico Rodriguez  
Editorial limusa, México 2005
- La ingeniería de suelos en las vías terrestres, Carreteras, ferrocarriles y autopistas, volumen 1  
y 2 Alfonso rico Rodriguez, Hermildo del castillo  
Editorial limusa México 2005
- Pavimentos de concreto Hidráulico, Gerencia técnica IMCYC 2009(Instituto mexicano del  
cemento y del concreto, a.c.)
- 1. AASHTO. “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993” American Association  
of State Highway and Transportation Officials, 1993.
- Salazar, Aurelio. “Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos” IMCYC México  
1998.
- IMCYC – FICEM. “Primer Foro Interamericano de Pavimentos de Concreto Hidráulico” Instituto  
Mexicano del Cemento y el Concreto – Federación Interamericana del Cemento. México 1998
- Crespo, Carlos. “Mecánica de suelos y cimentaciones” Editorial Limusa, México 1991.
- Pavimentos de Concreto CEMEX, Talleres Gráficos Imprenta Print S.A. de C.V, Amarillo AM.
- Diseño de pavimentos suelo-cemento, Método de la Portland Cement Association (PCA)



## GLOSARIO

**ASSHO** America association of state highway of officials.

**ASSTO** American association of state highway transportation officials.

**Agregado** Material granular de composición mineral como arena, grava, o roca triturada, utilizado para formar mortero o concreto para edificación y en bases granulares para terracerías, pavimentos y balastro en vías férreas.

**Agregado fino** Agregado que pasa la malla No 4 (4.75 mm), retenido en la malla No 200 (0.075 mm).

**Agregado grueso** Agregado retenido en la malla No 4 (4.75 mm).

**Asfalto** Es un material aglutinante de color café oscuro a negro, el cual se obtiene de la destilación del petróleo; también puede encontrarse en yacimientos en forma natural.

**Baches** Asentamientos puntuales u hoyos en forma de tazón de varios tamaños en la superficie del pavimento, generando una desintegración localizada en el mismo.

**Camino revestido** Camino en el cual se ha colocado sobre la subrasante una varias capas de material pétreo sin compactar, permeable, que puede ser transitada en cualquier época del año.

**Capacidad estructural** Número de aplicaciones de un eje normalizado de 8.2 ton que el pavimento es capaz de soportar antes de acumular roderas de 2.5 cm.

**Carga estándar** Es la carga por eje sencillo igual a 8.2 toneladas utilizada para determinar las deflexiones en un pavimento; también es la carga de referencia para calcular el número de ejes equivalentes.

**Carga real** Es el peso bruto vehicular que trasmite el vehículo al pavimento.

**Camino** En la adaptación de una franja sobre la superficie terrestre que llena las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente, a fin de permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionado estructuralmente.

**Carretera de cuota** Camino cuya utilización genera un cargo a los usuarios.

**Carretera estatal** Carretera a cargo de las comisiones estatales de caminos.





**Coefficiente de fricción** Es la relación entre la fuerza normal aplicada por una llanta y la fuerza tangencial necesaria para deslizarla sin rodar.

**Concreto asfáltico** Es una mezcla de materiales granulares y cemento asfáltico como aglutinante.

**Concreto hidráulico**: Es una combinación de cemento Portland, agregados pétreos, agua y en ocasiones aditivos, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente.

**Deflexión** Es la deformación elástica máxima, producida por la carga estándar aplicada en la superficie del pavimento.

**Deflexión tolerable** Es la deflexión admisible en un pavimento, para que la carpeta resista sin agrietarse el número de ejes equivalentes previstos por acumularse en su vida de diseño.

**Deflexión real** Es la deflexión que se obtiene de mediciones en campo con la carga estándar.

**Falla estructural** Se presenta cuando el pavimento en algunas de las capas que lo constituyen muestra deformaciones mayores a 2.5 cm por efecto de las cargas acumuladas que han soportado: de manera tal que lo hacen incomodo de transitar e interfieren con el drenaje trasversal de bombeo.

**Falla funcional** Se presenta cuando el pavimento exhibe deformaciones de tal magnitud que el usuario siente incomodidad al circular sobre esta o interfiere con la función de drenaje.

**Fatiga** Es el agrietamiento de las capas cohesivas producido por la acción repetida de las cargas que circulan sobre él, deformándolo.

**Hidroplano** Fenómeno producido por la presencia de una lámina de agua entre la llanta y el pavimento impidiendo su contacto directo por lo que la fricción entre ambas se reduce prácticamente a cero.

**Índice de transito (IT) de diseño** Es la representación del tránsito con respecto a los ejes equivalentes inferidos al pavimento.

**Mezcla de pavimento recuperado** Es la mezcla del pavimento removido (previamente triturado) a la cual se adiciona cemento asfáltico, emulsión asfáltica, un agente rejuvenecedor o un agregado mineral según sea requerido.

**Malla** Es un instrumento de aberturas cuadradas que se utiliza en el laboratorio para separar el material de acuerdo con su tamaño.

**Pavimento** Conjunto de capas de materiales seleccionados que reviven en forma directa las cargas de tránsito y que transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas. Este conjunto de capas terminan en la superficie de rodamiento o capa de rodadura.



**Periodo de diseño** Número de años desde la apertura de un camino al tránsito hasta funcional de un pavimento.

**Piel de cocodrilo** Grietas interconectadas que forman una serie de pequeños bloques semejantes a una piel de cocodrilo. Su presencia implica que la capa cohesiva superficial ha dejado de cumplir con la función de distribuir las cargas o que la base fallo.

**Rodaderas** Son canales o depresiones en pavimentos de concreto asfáltico, generadas por el paso de camiones, su profundidad se utiliza como criterio para determinar la falla funcional de un pavimento (2.5cm).

**Segmentos** Unidad base de estudio del sistema de evaluación de pavimentos, con una longitud de 1 km.

**Sobre carpeta** Una o más delgadas de concreto asfáltico, tendidas sobre un pavimento existente

**Superficie de rodamiento** Cara expuesta del pavimento que está en contacto directo con los neumáticos, en general, debe cumplir con las siguientes características: presenta una irregularidad baja para las velocidades de operación, proporcionar comodidad al usuario, presenta una textura tal que incremente la resistencia al deslizamiento, tener un color que evite los reflejos del sol o luces artificiales durante la noche, plana y con pendiente para permitir el desalojo rápido del agua de lluvia.

**TDPA** Tránsito diario promedio anual.

**Terracerías** La selección de proyecto hasta su nivel de subrasante.

**Textura de un pavimento** Terminación que presenta la superficie de rodamiento, la cual puede ser cerrada, abierta o semi abierta.

**Tramos** Longitud de carretera definida entre dos puntos de interés (localidades, entronques, etc.).

**Tratamiento superficial** Es una aplicación de material asfáltico y agregado mineral, que también puede aplicarse en varias capas.

**Vida remanente** Es el tiempo durante el cual se acumularon las aplicaciones de los ejes equivalentes que el pavimento resistirá, funcionando adecuadamente después de la evaluación realizada