



UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.

Incorporación No. 8727 – 15

a la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO PARA LA COLONIA STA. TERESA EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICHOACAN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Arturo Salinas Arias

Asesor:

I.C. Guillermo Navarrete Calderón

Uruapan, Michoacán, 13 de Abril del 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos.

Al terminar mis estudios universitarios, he alcanzado una de mis grandes metas en la vida, para esto he necesitado el apoyo incondicional de personas muy valiosas en mi vida.

Doy gracias a Dios por haberme permitido llegar a esta fecha tan especial para mí, por tener una familia que me apoyara, por tener salud, por el amor que recibí de las personas más importantes para mí, y por todas las bendiciones, alegrías, tristezas que me permitieron crecer como persona.

Quiero agradecer a mis padres, Arturo Javier Salinas Arriaga y Ana María Arias Orozco, por su amor, su apoyo incondicional, tanto emocionalmente y económicamente. Doy gracias a ellos por haberme brindado la herencia más grande que me pudieron brindar, que son mis estudios profesionales.

Agradezco a mis hermanas, Selene Salinas Arias, Dayana Salinas Arias y Esmeralda Salinas Arias, por brindarme momentos de amor, felicidad y alegría que hemos pasado en familia y con los seres queridos.

Agradezco a toda mi familia en general que me brindó su apoyo, que de una u otra forma estuvieron presentes apoyándome emocionalmente, permitiéndome continuar con mis estudios profesionales.

Doy gracias a mi asesor, Guillermo Navarrete Calderón, por haberme apoyado y haber resuelto todas las dudas que se presentaron durante la tesis. También agradezco a todos los profesores que nos impartieron clases y que nos transmitieron todos sus conocimientos

ÍNDICE

Introducción

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

Capítulo 1.- Pavimento.

1.1.- Concepto de pavimento.	7
1.2.- Tipos de pavimentos.	8
1.3.- Pavimentos rígidos.	8
1.3.1.- Propiedades de la sub-base.	10
1.3.2.- Pruebas de control.	11
1.3.3.- Bombeo.	11
1.3.4.- Diseño de pavimentos rígidos.	12

1.3.4.1.- Combado o alabeo.	18
1.3.5.- Juntas.	19
1.3.5.1.- Juntas longitudinales.	20
1.3.5.2.- Juntas transversales.	20
1.4.- Pavimentos rígidos reforzados.	22
1.5.- Tipos de fallas más comunes en pavimentos rígidos.	22
1.6.- Pavimentos flexibles.	23
1.6.1.- Resistencia estructural.	27
1.6.2.- Deformabilidad.	28
1.6.3.- Durabilidad.	29
1.6.4.- Costo.	30
1.6.5.- Conservación.	30
1.6.6.- Comodidad.	31

Capítulo 2.- Concreto.

2.1.- Concepto de concreto.	32
2.2.- Limitaciones.	32

2.3.- Componentes del concreto.	33
2.4.- Propiedades del concreto.	34
2.5.- Endurecimiento del concreto.	36
2.6.- Cemento natural.	37
2.7.- Cemento portland.	37
2.7.1.- Fabricación.	37
2.7.2.- Cementos Portland comunes para ASTM.	38
2.7.3.- Otros cementos Portland ASTM.	39
2.7.4.- Cementos Portland especiales.	40
2.7.5.- Aguas en la mezcla.	41
2.8.- Agregados para el concreto.	41
2.8.1.- Resistencia a la abrasión.	42
2.8.2.- Resistencia al congelamiento y al deshielo.	43
2.8.3.- Estabilidad química.	43
2.9.- Forma de la partícula y textura de la superficie.	43
2.9.1.- Graduación.	44
2.9.2.- Módulo de fineza.	44

2.9.3.- Graduación de agregado fino.	45
2.9.4.- Graduación de agregado grueso.	45
2.10.- Absorción y humedad en la superficie.	47
2.11.- Aditivos para el concreto.	47
2.12.- Proporciones de mezcla.	49
2.12.1.- Método por especificación.	49
2.12.2.- Método de prueba.	53
2.12.3.- Método de volumen absoluto.	55
2.13.- Acabados para el concreto.	57
2.13.1.- Enrase.	57
2.13.2.- Acabados en llana y llana metálica.	57
2.13.3.- Escobillado.	58
2.14.- Hidratación.	58
2.14.1.- Duración de periodo de curado.	59
 Capítulo 3.- Resumen de macro y micro localización.	
3.1.- Generalidades.	61
3.1.1.- Objetivo.	62

3.1.2.- Alcance del proyecto.	62
3.2.- Resumen ejecutivo.	62
3.3.- Entorno geográfico.	63
3.3.1.- Macro y microlocalización.	65
3.3.2.- Geología regional y de la zona de estudio.	66
3.3.3- Hidrología y clima.	67
3.3.4.- Actividades de la región.	68
3.4.- Informe fotográfico.	69

Capítulo 4.- Metodología.

4.1.- Método empleado.	75
4.1.1.- Método matemático.	77
4.2.- Enfoque de la investigación.	78
4.2.1.- Alcance de la investigación.	79
4.3.- Diseño de la investigación.	79
4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.	82
4.5.- Descripción del procedimiento de investigación.	84

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

5.1.- Diseño del pavimento rígido por el método PCA 85

Conclusiones. 99

Bibliografía.. . . . 102

Anexos

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

La inquietud del hombre de transportarse de un lugar a otro lo ha llevado a la fuerte necesidad de la construcción de carreteras que acorten el tiempo de traslado, desarrollando carreteras de mayor calidad y menor distancia, optimizando el eje del proyecto mediante estudios geométricos, aumentando la velocidad de manejo, mejorando la comodidad de manejo y reduciendo el riesgo de algún accidente de los automovilistas que transitan la vialidad.

A lo largo del tiempo han ido evolucionando las vías de comunicación, desde nuestros antepasados que tenían la necesidad de intercambiar bienes y servicios con otras comunidades, para el desarrollo económico y social; hasta la actualidad que se requiere de transportar alimentos, productos e bienes muebles con el fin de comercializarlos; esto ha llevado al desarrollo de nuevas e innovadoras vías de comunicación.

El pavimento es “la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos, entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento”. (Rico, Del Castillo, 1996; 99). El pavimento proporciona a los automovilistas un mayor nivel de comodidad y seguridad de manejo, en comparación de terracerías.

Un pavimento puede estar constituido por una o varias capas de materiales; se pueden utilizar diferentes tipos de materiales, granulometrías, características y

colores de origen natural, que pueden llevar o no llevar un proceso, como lo son: el triturado, cribado, lavado, entre otros, previo a su uso.

De acuerdo con T.W. Love (2006) el cemento Portland es considerado universalmente como el material de construcción más importante en la arquitectura moderna. Las diversas ventajas del cemento portland lo convierten en el material de construcción más económico y versátil. Se puede utilizar en diferentes obras de la ingeniería como lo son: edificios, puentes, muros, losas, entre otros. En su estado plástico, el concreto se puede moldear y vaciar en cualquier cimbra para que adopte la forma deseada.

Acerca de lo que es diseño de pavimentos, en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C., se encuentran las siguientes investigaciones: la tesis “Propuesta de pavimento rígido para las vialidades del fraccionamiento campestre Zumpimito 2Da Etapa, en la ciudad de Uruapan, Michoacán”, por Joaquín Galván Sierra, 2012, llegando a la conclusión esperada, mediante el uso y comparación de uno de los métodos más utilizados en la actualidad para este tipo de estructuras, analizando 3 opciones en cuestión de análisis teórico y constructivo; También existe la investigación “Diseño de la estructura de pavimento rígido para el boulevard industrial del km 9+800 al 10+900 en la ciudad De Uruapan, Michoacán”, por Cristian Pérez Sepúlveda, 2011, llegando a la conclusión de un diseño de pavimento, ya sea flexible o rígido, se realiza con la finalidad de obtener las capas de la estructura que conforman al pavimento teniendo los espesores indicados para recibir las cargas de tránsito, así como para determinar las características que deben poseer los materiales utilizados; otra investigación existente es “Propuesta de metodología para

supervisión de pavimentos rígidos”, por Omar Amezcua Sánchez, 2008, obteniendo como conclusión la formulación de la presente metodología para la supervisión de pavimentos rígidos, la cual servirá para identificar los aspectos a supervisar, corregir y conservar, con la finalidad de aumentar o mantener la vida útil del diseño.

Planteamiento del Problema.

Una vía de comunicación, ya sea de terracería o pavimento en malas condiciones conlleva problemas para el automóvil, para los peatones y para el conductor; origina un continuo desgaste del vehículo, inconformidad del conductor, y un riesgo de lesión física para el peatón, por ende es necesario la construcción de concreto rígido que garantice su correcto funcionamiento para proporcionar al conductor, al peatón y al automóvil seguridad, comodidad y facilidad de traslado dentro de la colonia.

Para poder proporcionar un pavimento rígido que garantice su durabilidad, accesibilidad, seguridad, y un bajo costo es necesario llevar a cabo estudios y un diseño que satisfaga las condiciones requeridas para que el pavimento rígido cumpla con su vida útil de uso, y proporcione a los usuarios automovilistas y peatonales seguridad, agilidad en el tráfico, comodidad y reducción de tiempo de traslado.

Objetivos.

Objetivo general:

Diseñar y construir pavimento rígido para la colonia Santa Teresa, ubicada en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Objetivos específicos:

1. Comprobar que los pavimentos que se hacen cumplen con sus condiciones de servicio.
2. Definir el concepto de concreto
3. Definir el concepto de pavimento
4. Definir el pavimento a utilizar.

Pregunta de investigación.

¿Cuál es el diseño requerido para la construcción de concreto rígido en la colonia Santa. Teresa en la ciudad de Uruapan, Michoacán?

¿Qué tipo de pavimento será el más adecuado para la colonia Santa Teresa?

¿Qué características debe de tener pavimento rígido para que satisfaga las necesidades de la colonia?

Justificación.

Se considera de gran importancia realizar el diseño adecuado del pavimento rígido, para que éste cumpla las condiciones necesarias para su correcto funcionamiento y con las características para lo que fue diseñado, que son, vida útil, comodidad y seguridad.

Los usuarios más beneficiados serán los habitantes de la colonia y el personal en general que transite por las vialidades de la colonia, desde los prestadores de servicios, los habitantes de las colonias vecinas y por su puesto los habitantes de la colonia que usen la vialidad en su automóvil o caminando.

Con el paso del tiempo el crecimiento urbano en la zona beneficiará en un futuro a las colonias que están en desarrollo y planeación, aportando vialidades importantes para el egreso e ingreso de dichas colonias.

Marco de referencia.

La colonia Santa Teresa se encuentra ubicada en la zona sur-oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán; colinda con las colonias Zumpimito, Lomas de Zumpimito y Magisterial.

La colonia en la actualidad no cuenta con servicio públicos ni de salud, falta agua potable, luz eléctrica, drenaje y alcantarillado; los servicios que difícilmente fueron obtenidos por los colonos fueron realizados y costeados por ellos mismos los servicios de las colonias vecinas.

La actividad económica de la colonia es mixta, hay presencia de habitantes con micro-negocios, agricultores, jornaleros, comerciantes, cortadores de aguacate entre otros varios, haciendo que la economía de la colonia no favorezca su desarrollo de dicha colonia, lo que motiva juntas locales y vecinales para formar comités y así poder pedir el apoyo del H. Ayuntamiento para que brinden los servicios correspondientes.

CAPÍTULO 1

PAVIMENTO

En este capítulo se define el concepto de pavimento, así como su clasificación, y la definición de cada uno de ellos, además de las características especiales de cada pavimento, los factores que intervienen para la elaboración o fabricación de los pavimentos.

1.1- Concepto de pavimento.

Hablar de un pavimento significa hacer mención de “la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos, entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento.” (Rico, Del Castillo, 1996; 99)

Partiendo de lo dicho por los autores Rico y Del Castillo (1996), las funciones principales son proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a los agentes de interperismo, tránsito y otros agentes perjudiciales, como también transmitir las cargas a la base y sub-base provocadas por el tránsito. El pavimento es una obra vial que facilita el tránsito de vehículos proporcionando comodidad, seguridad y economía previstas en el proyecto. Las capas del pavimento pueden estar conformadas por una o varias capas de materiales naturales que pueden o no pueden haber sido sometidos a procesos de tratamiento antes de sus colocación en la obra.

El pavimento puede ser de losa de concreto hidráulico, carpeta asfáltica o materiales pétreos acumulados, el cual el especialista deberá elegir la más adecuada de acuerdo con las condiciones específicas del caso.

1.2- Tipos de pavimento.

Se puede señalar que “un pavimento rígido es aquel cuyo elemento fundamental resistente sea una losa de concreto hidráulico; en cualquier otro caso, el pavimento se considerará flexible.” (Rico y Del Castillo, 1996; 99)

De acuerdo con los autores Rico y Del Castillo (1996), a consecuencia de la evolución del vehículo en velocidad, peso, autonomía y comodidad surgió la necesidad de proporcionar una pista de circulación con condiciones de pendiente, visibilidad, sección transversal, grado de curvatura y textura, más apropiadas a un sistema de operación más exigente. Las terracerías no cumplen con estas características, por ende es necesario recubrirlas con una capa con las características de ser estable ante los agentes de intemperismo, resistente a las cargas del tránsito, textura de rodamiento apropiada, durable, impermeable y sobre todo económica.

1.3- Pavimentos rígidos.

Según Rico y Del Catillo (1996), cuando el elemento estructural fundamental es una losa de concreto hidráulico, se puede decir que es un pavimento rígido.

Dicha capa se apoya en la sub-base y la sub-rasante, deben que tener la suficiente calidad para poder colocar el concreto hidráulico sobre ella. Lo que proporciona la sub-base y la sub-rasante al concreto hidráulico es un apoyo uniforme y estable, y para lograr esto, dependerá mucho de la calidad de los materiales utilizados, el tipo de compactación, la humedad óptima, condiciones del clima y el drenaje.

Las losas de concreto que se utilizan son de resistencia alta, generalmente de 200 a 400 kg/cm² . Hay tres tipos de losas que se pueden utilizar, concreto simple, reforzado y pre-esforzado. Las losas tienden a ser cuadradas, de entre 3 y 5 metros, cuando se trata de concreto simple o reforzado, cuando son de concreto pre-esforzado permite la utilización de mayor superficie de áreas continuas, reduciendo el espesor de la losa, lo que conlleva a mayor uso del concreto pre-esforzado.

Las factores que afectan el ancho de la capa del concreto es el nivel de carga que van a soportar, la reacción del suelo, las propiedades mecánicas del concreto y el inflado de las llantas.

La mecánica de suelos no ha sido fundamental para el desarrollo de pavimentos rígidos, debido a que el ancho o espesor de la losa depende poco de la reacción del terreno en que se apoya, ocasionando poca atención a la calidad de los materiales de la sub-base, para lo cual se establecieron de forma empírica especificaciones con el motivo de prevenir el bombeo y otros efectos perjudiciales.

1.3.1- Propiedades de la sub-base.

Una sub-base es aquella que “consiste de una o más capas de materiales granulares, muchas veces estabilizados”. (Rico y Del Castillo, 1996; 206)

El uso de las sub-base inicia a partir de los fines de la segunda guerra mundial, cuando aumento el tráfico de vehículos pesados en las carreteras y la aparición de nuevos aviones más grandes y pesados en los aeropuertos, llegando a establecer una norma de construir sub-bases adecuadas para que cumplan con el funcionamiento para el que fueron diseñadas.

La sub-base tiene que cumplir con la función de proporcionar apoyo uniforme a la losa de concreto, incrementar la capacidad de carga en comparación a las terracerías, reducir a un mínimo el cambio de volumen, reducir las consecuencias de congelación en los suelos y evitar el bombeo.

Para poder decir que la sub-base es de buena calidad tiene que cumplir con un buen material granular, buena compactación, granulometría uniforme y relativamente grueso. Muchos de los problemas que se presentan en la sub-base se deben a los cambios volumétricos del terreno de apoyo, causados por el contenido de agua, teniendo una susceptibilidad de expansión del material o que el material se seque por evaporización antes de ser cubiertos por la losa de concreto, todo esto lleva a pérdidas locales de apoyo entre el concreto y la sub-base.

1.3.2.- Pruebas de control.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1996), la utilización de pruebas de control con altos niveles de energía específica y con pocos valores de humedad puede ser peligrosa cuando se trabaja con suelos expansivos; y cuando los ingenieros piensan que la humedad óptima de laboratorio debe ser la que se aplicará en el campo, cuando debería ser lo contrario: tomar en cuenta el contenido de agua óptimo en campo y no referir al del laboratorio, todo esto deberá ser bajo criterio del ingeniero. Hay dos tipos de pruebas, las AASHTO estándar y la AASHTO modificada, las cuales dan una idea del contenido de agua óptimo en el campo y la energía específica a utilizar.

1.3.3.- Bombeo.

El bombeo es la “pendiente transversal que se da en carreteras y en las aeropistas para permitir que el agua que cae directamente sobre ellas escurra hacia sus dos hombros.” (Crespo, 1980; 233).

Según Rico y Del Castillo (1996), cuando la carga de un tránsito pasa por una grieta o junta, esta ejerce una fuerza de presión a la sub-base, donde si el suelo está muy húmedo el agua tomará la mayor parte de la presión, que tenderá a escapar por la junta o grieta; después de pasar la presión, la losa recupera su estado normal originando una succión que provoca el movimiento del agua debajo de la losa, lo que arrastra partículas originando un vacío que finalmente causa la fractura o ruptura de la losa por falta de sustentación.

1.3.4.- Diseño de pavimentos rígidos.

De acuerdo con Crespo (1980) muy probablemente, el primer ingeniero que diseño pavimentos de concreto hidráulico fue Clifford Older, quien analizó que un pavimento era una estructura capaz de soportar cargas y que el punto más crítico del pavimento era la esquina.

Clifford Older mencionó “considérese una carga P aplicada en la intersección de una junta y la arista exterior del pavimento rígido. Al aplicar la carga P a la losa, esta tiende a romperse según la línea A-B a una distancia x de la esquina” (Crespo, 1980; 334).

Según Crespo (1980) el ingeniero Clifford Older desarrolló fórmulas para el cálculo del espesor de la losa, sin tomar en cuenta la reacción de la sub-rasante, por lo que el espesor de la losa era excesivo, aumentando el costo de la fabricación de la losa, esto originó que nuevos investigadores propusieran mejores fórmulas para el diseño de losas de concreto.

El Dr. H.M Westergaard dedujo una fórmula semiempírica para el cálculo de los esfuerzos provocados por las cargas y otra para el cálculo del esfuerzo causado por la diferencias de temperatura.

Las fórmulas propuestas por el Dr. Westergaard son las más utilizadas por los ingenieros, para el diseño pavimentos rígidos, debido a que Westergaard estudió los esfuerzos producidos por la carga de las ruedas en las esquinas, en el borde, a una distancia de la esquina y en el centro de la losa. Dichas formulas fueron un gran progreso con respecto a las fórmulas de Clifford Older, debido a que las fórmulas de

Westergaard si toman en cuenta la reacción de la sub-rasante, además toman en cuenta la distribución de las cargas en una área igual al apoyo de las ruedas sobre el pavimento.

A continuación se presenta la fórmula empírica del Dr. Westergaard para caso crítico de esquina:

$$S = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{l} \right)^6 \right]$$

Donde:

S = Esfuerzo provocado en la losa por carga P, en kg/cm².

P = Carga en Kg que se aplica en la esquina de la losa

a = Radio del círculo de área equivalente al área cargada, en centímetros

l = Radio de rigidez relativa entre losa y sub-rasante, en centímetros, que vale:

$$l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-u^2)k}}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad del concreto en kg/cm²

U = Coeficiente de poisson para el concreto con un valor medio de .15.

K = Módulo de reacción de la sub-rasante en kg/cm³ ; representa la presión necesaria en kg/cm² que debe aplicarse sobre una área circular (cuyo apoyo

diámetro estará comprendido entre 15 y 76 cms.) para producir un hundimiento de 1.27 centímetros.

En seguida se presenta la tabla de radios de rigidez relativa en centímetros:

Módulo de reacción "K" de la sub-rasante, en kg/cm ²	Espesores h de las losas, en cm.					
	15	17.5	20	22.5	25	30
1.4	88.4	96.8	109.7	119.9	128	148.8
2.8	74.4	81	92.2	100.8	107.7	125
5.6	62.5	67.6	77.7	84.8	90.2	105.2
8.4	56.6	63.5	70.1	76.7	81.5	95
11.2	52.6	58.9	65.3	71.4	77.2	88.4
14	49.7	55.9	61.7	67.6	72.9	83.3

Tabla 1.1.1.- Tabla de módulo de reacción "k".

Fuente: Crespo (1980)

De acuerdo con Crespo (1980) las fórmulas de Westergaard fueron sometidas a pruebas experimentales por el Departamento de Caminos Públicos de los Estados Unidos de América en el campo experimental en Arlington, lo que demostró que cuando las losas no tienen un buen contacto con la sub-rasante debido a la diferencia de temperatura y humedad, está provoca que la losa sea alabeada hacia arriba. Como resultado de las pruebas experimentales, se propusieron modificaciones a las fórmulas de Westergaard. Entre los propositores se encuentran:

a) Dr. Gerald Pickett, quien propuso:

$$S = \frac{4.2 P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{\sqrt{\frac{a}{l}}}{0.925 + \frac{22a}{l}} \right) \right]$$

“La fórmula de Pickett es aplicable cuando $\frac{a \times \sqrt{2}}{l}$ varié entre 0.1 y 1.0, valores que encierran probablemente todos los que se pueden representar, y para cuando no haya transferencia de carga de una losa a otra. La carga P usada debe ser igual a la carga estática por eje sencillo dividida entre dos. Con cargas en ruedas duales o ejes tándem se usa la carga equivalente. Cuando haya alguna transferencia de carga de una losa a otra, la fórmula debe multiplicarse por 0.8 para tomar en cuenta un 20% de transferencia ya que se supone es de ese orden.” (Crespo, 1980:338). Entonces la fórmula quedara así:

$$S = \frac{3.6 P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{\sqrt{\frac{a}{l}}}{0.925 + \frac{22a}{l}} \right) \right]$$

b) Royall D. Bradbury:

$$S = \frac{3 P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a}{l} \right)^{.6} \right]$$

c) E.F. Kelley:

$$S = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{l} \right)^{1.2} \right]$$

Debido a lo complicado y laborioso que resultan estas fórmulas se establecieron tablas para facilitar este procedimiento.

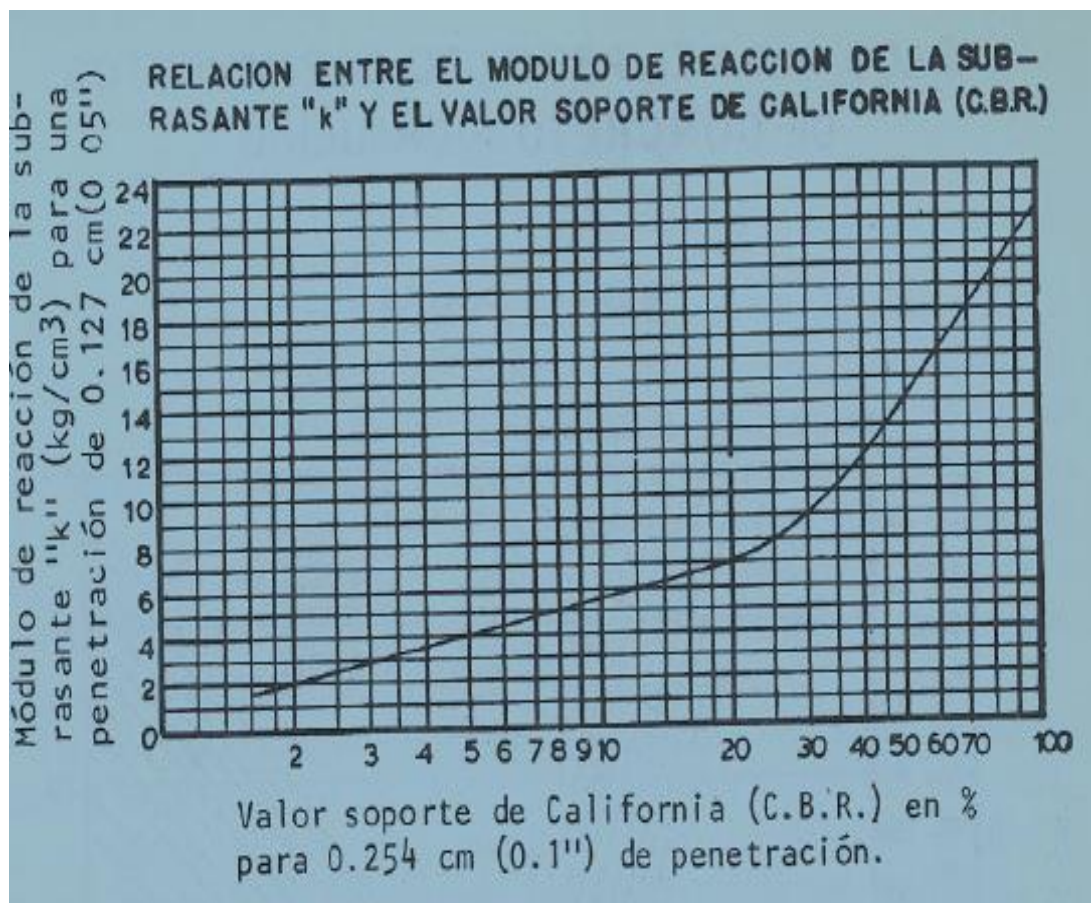


Tabla 1.1.2.- Relación entre el módulo de reacción de la sub-rasante.

Fuente: Crespo (1980)

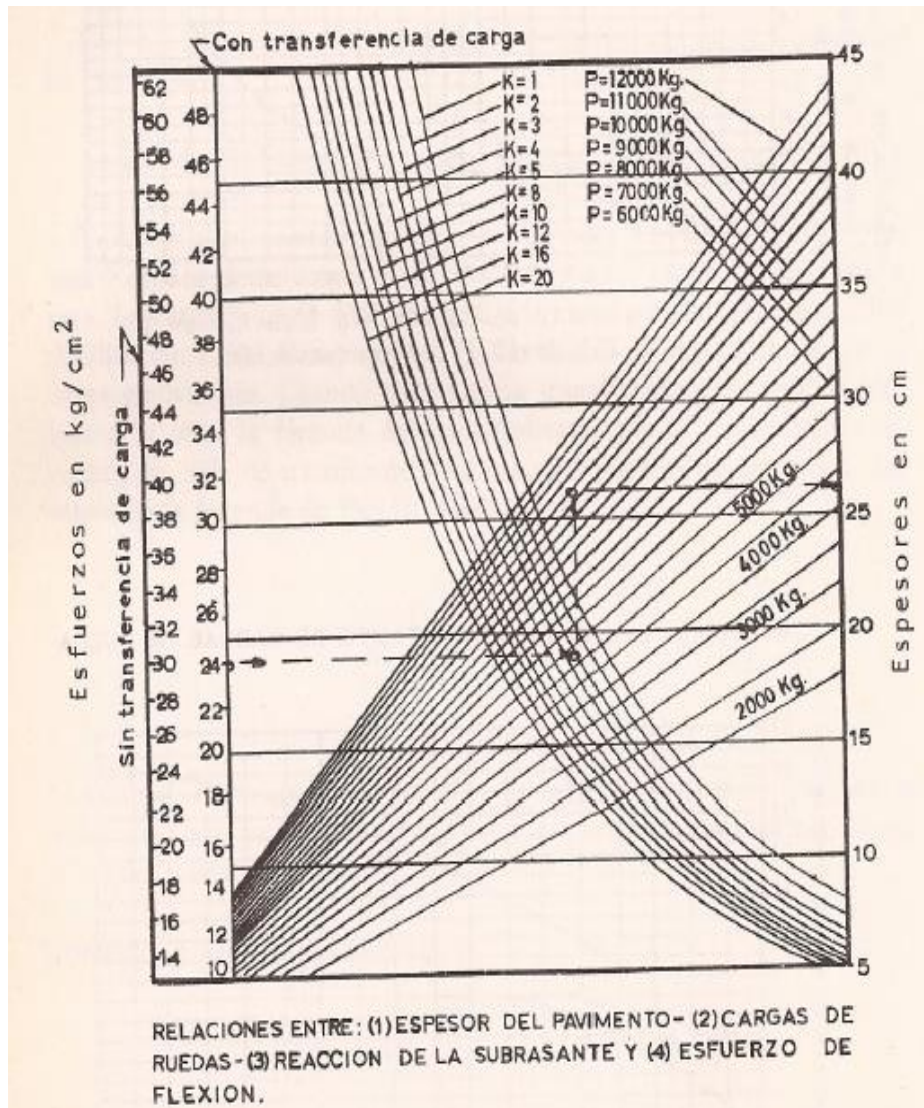


Tabla 1.1.3.- Abaco para el proyecto de pavimentos de concreto hidráulico.

Fuente: Crespo (1980)

d) Frank T. Sheets:

Sheets desarrollo relaciones empíricas para la sustentación del terreno basándose en Clifford Older. Las fórmulas propuestas son:

a) Para llantas neumáticas sencillas:

$$S = \frac{2.4 W.C}{h^2} \quad (\text{Sin transferencia de carga})$$

$$S = \frac{1.82 W.C}{h^2} \quad (\text{Con transferencia de carga})$$

b) Para llantas neumáticas dobles:

$$S = \frac{1.85 W.C}{h^2} \quad (\text{Sin transferencia de carga})$$

$$S = \frac{1.48 W.C}{h^2} \quad (\text{Con transferencia de carga})$$

1.3.4.1.- Combado o alabeo.

El combado es “cuando la parte superior de una losa de concreto hidráulico está a una temperatura más alta que la parte inferior, como ocurre un día de verano, la losa tiende a ponerse convexa respecto a la superficie. Cuando el gradiente de temperatura es inverso, las losas se ponen cóncavas”. (Crespo, 1980; 343)

Partiendo de lo dicho por Crespo (1980), cuando la parte superior de la losa está más fría que la parte inferior, se produce un alabeo hacia arriba, también ocurre algo similar en las diferencias de humedades entre la losa y la sub-rasante, esto origina que en las esquinas tenga menos soporte, debido a que la losa tiende a levantarse de la sub-rasante.

En la parte inferior de las losas, que están en contacto con la sub-rasante húmeda, y esta contiene más humedad que la parte superior provoca una expansión y combado hacia abajo. Para reducir los esfuerzos a flexión del concreto bajo esfuerzos normales, se debe establecer juntas bien localizadas para poder compensar el esfuerzo de combado.

1.3.5.- Juntas.

Las juntas son “puntos débiles en la superficie de rodamiento en las cuales pueden presentarse desperfectos al aumentar los pesos de los vehículos”. (Crespo, 1980;348)

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1996), hay 4 tipos de juntas: juntas de contracción, juntas de expansión, juntas de construcción y juntas de alabeo o articulación. La junta de expansión tiene la función de permitir la expansión de una con otra sin provocarse daños, las juntas de contracción sirven para permitir los esfuerzos de contracción del concreto, las juntas de construcción son interrupciones de colado pero que permitan su continuidad y las juntas de alabeo tienen la función de evitar agrietamientos en la eje de la losa.

1.3.5.1.- Juntas longitudinales.

Las juntas “son aquellas que se construyen paralelas al eje del camino con el fin de permitir los movimientos relativos de las diversas losas”. (Crespo, 1980;348)

Según Crespo (1980) las juntas longitudinales es común utilizar las losas de macho y hembra, pero también se puede pavimentar en una sola pieza y poderla dividir mediante juntas longitudinales de ranura y rellenarlas con cemento asfáltico o cemento asfáltico semi-duro. Los moldes a utilizar pueden ser metálicos o de madera, generalmente son metálicos debido a que no hay aumento de volumen por humedad a comparación de la madera.

1.3.5.2.- Juntas Transversales.

De acuerdo con Crespo (1980), el propósito de las juntas transversales es evitar el agrietamiento causado por el alabeo y la contracción de las losas, y pueden ser juntas transversales de dilatación, construcción y contracción. Estas últimas se utilizan para cuando disminuye el volumen de la losa, tendiendo a contraerse, dichas juntas se construyen de forma análoga a las juntas longitudinales. Éstas se construyen colocando una tira de madera en seguida del colado o vaciado del concreto para posteriormente ya endurecido el concreto ser retiradas y ser rellenadas con cemento asfáltico. Debido a que este tipo de junta resulta molesto por la irregularidad que deja sobre la superficie ocasionando saltos de los vehículos, resulta inconveniente y, por ende, están cayendo en desuso. La solución para este problema son las juntas sumergidas, que consiste en colocar una tira de asbesto cemento de

.5 cm de espesor y 8 cms de altura sujetadas mediante unas estacas metálicas lisas y rectas de 30 cm, las estacas permanecerán en sitio durante la colocación, vibrado y la pasada del rasero vibrador y se retirarán antes de la segunda pasada del rasero vibrador.

Las juntas por dilatación sirven para evitar la fricción entre una losa y otra, evitando el daño entre las mismas losas, para esto se aplica la fórmula siguiente:

$$S_2 = \frac{a \cdot h \cdot \frac{L}{2} \cdot f \cdot \gamma}{a \cdot h} = \frac{L \cdot \gamma \cdot f}{2}$$

Dónde:

S= Separación de la junta en metros.

a = Ancho de la losa en metros.

h = Espesor de la losa en metros.

L = Longitud de la losa en metros

f = Coeficiente de fricción entre el suelo y el concreto, y varia de 0.5 a 2.5, usualmente 2.

γ = Peso volumétrico del concreto en Ton/m³.

Por último están las juntas de construcción que son las que se deben hacer al final de cada periodo de trabajo o cada vez que exista un intervalo de 30 minutos, este tipo de juntas deber ser del tipo macho y hembra.

1.4.- Pavimentos rígidos reforzados.

Según Crespo (1980) el pavimento rígido reforzado consiste en colocar en proporciones razonables acero, perfectamente distribuidos para que éste contribuya a aumentar la resistencia estructural de la losa de concreto. Para esto es necesario colocar distintas parrillas de acero, tanto en la parte superior como en la parte inferior, pero esto resulta ser anti-económico, por lo que se aconseja armar losas con malla electro soldada, que no tiene la función de evitar grietas, si no evitar que se abran las grietas; estas mallas resultan más eficaces que las convencionales puesto que se obtiene una red más cerrada en comparación de las redes convencionales.

1.5.- Tipos de fallas más comunes en pavimentos rígidos.

De acuerdo con Rico y Del castillo (1996) las principales fallas son por defectos del concreto son, desde la utilización de agregados y materiales no adecuados, presencia de finos, el fabricado de una mezcla demasiado húmeda, agrietamientos excesivos por contracción, desintegración por reacción de los agregados hasta la presencia de sales. Se presentan diferentes tipos de fallas de los pavimentos rígidos, mencionados a continuación:

Una falla común es por defecto de construcción o deficiencia estructural, que está relacionado con la mala colocación, la mala transmisión de esfuerzos de la losa a la sub-rasante, el alabeo de las losas, y la mala localización de las juntas de contracción y expansión.

Otra falla común, es por el mal comportamiento estructural entre la losa, sub-base y sub-rasante. Esto se debe a las fallas por bombeo, la distorsión general, la ruptura de esquinas por falta de apoyo, el mal funcionamiento de juntas por falta o sobra de espacio. Todo esto lleva a un conjunto de procesos de fallas en forma de continua, una falla origina otra falla y así sucesivamente.

1.6.- Pavimentos flexibles.

Un pavimento se define como “La superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previsto por el proyecto.” (Rico y Del Castillo, 1996; 99)

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1996), la superficie terrestre nunca ofrecerá las condiciones necesarias para una superficie de rodamiento adecuada, por lo cual es necesario la utilización de suelo y fragmentos de roca, que pueden o no llevar un proceso de limpieza o trituración, para así obtener una superficie de rodamiento adecuada para el tránsito vehicular, para lo cual se debe considerar el volumen de tránsito que circulará en dicho pavimento.

Para un volumen de tránsito relativamente bajo, de menos de 200 vehículos diarios, las variables económicas asignaran la superficie de rodamiento, constituidas por mezcla de suelos y fragmentos de roca, que se seleccionarán y compactarán para la obtención de una superficie de rodamiento de bajo costo, que cumpla con su función de transitabilidad durante un determinado tiempo, teniendo presente la susceptibilidad del agua y otros aspectos importantes como el drenaje superficial, el grado de curva, la pendiente longitudinal y transversal.

Para mayor volumen de tránsito el pavimento tendrá que cumplir con los siguientes requisitos:

1. Ser estable ante los agentes de intemperismo.
2. Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
3. Tener textura apropiada al rodamiento
4. Ser durable
5. Tener condiciones adecuadas referente a la permeabilidad
6. Ser económica.

Lo anterior define lo que es un capa de muy buena calidad, con materiales granulares de alta calidad, es imposible de obtener de manera natural, debido a que el material granular tiene mayor resistencia potencial pero es inestable por falta de cohesión.

Según Rico y Del Castillo (1996), la construcción de un pavimento flexible de mayor calidad hace que el factor económico sea importante. Para resolver esto es necesario aplicar una capa de alto costo pero delgada, satisfaciendo los requisitos de

estabilidad, permeabilidad, textura y duración. La debilidad de la capa delgada es porque debido a su pequeño espesor los esfuerzos se transmitirán con mayor intensidad a las terracerías, afectándolas gravemente, por ende, a la superficie de rodamiento a causa del apoyo entre la terracería y la superficie de rodamiento. Debido al del problema anterior se ha tratado de equilibrar el espesor de la capa y su costo en dos líneas de conducta diferente:

1. La capa de rodamiento tiene que tener el suficiente espesor y calidad para asegurar que la transmisión de esfuerzos sea compatible con la terracería; éste tipo de capas son principalmente de pavimentos rígidos, como las losas de concreto hidráulico.
2. La superficie de rodamiento se construye con una capa bituminosa delgada, de alta calidad y de alto costo, constituida por varias capas de materiales seleccionados que conforme va avanzado la profundidad, va disminuyendo la calidad del material; esto se debe a los esfuerzos transmitidos por el tránsito vayan disminuyendo a causa de la distribución de los esfuerzos de las capas superficiales. A esta idea se conduce a los pavimentos flexibles.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1996), los problemas de estructuración de un pavimento son claros y sencillos, pero surgen incertidumbres de la definición de la óptima norma de conducta; éstas tienen dificultades de orden específico:

1. No existe una solución teórica rigurosa en la solución de pavimentos; esto se debe a que no se puede calcular la transmisión de esfuerzos en un sistema de multicapa sujetas a cargas expuestas por el tránsito.

2. Se presentan las dificultades a evaluar por los agentes climatológicos, a lo que todos los pavimentos quedan invariablemente e indefinidamente expuestos.
3. Las complicaciones del proyecto, las variantes del proyecto de los criterios que se tienen que adoptar. Esta hace que el ingeniero tenga que elegir entre varios materiales, unos se pueden encontrar más cerca, otros más lejos, unos pueden tener diferentes propiedades que se pueden convertir en ventajas o desventajas.
4. El tránsito y los efectos climatológicos deben quedar en niveles no destructivos. El tránsito puede variar en los aspectos de número, calidad y peso de los vehículos y en la intensidad, esta puede llegar a ser repetida, causando deformaciones transitorias y esfuerzos transitorios provocando en el pavimento fatiga y rebote elástico.
5. Los factores económicos de costo, vida útil, condiciones aceptables de servicio constituyen una compleja decisión a tomar para la construcción de pavimentos, ya que en ésta intervienen la inversión pública, factores sociales y las consideraciones de grado y calidad de servicio.

A continuación se mencionarán las características fundamentales para un pavimento flexible, considerado como un conjunto:

1. Resistencia estructural.
2. Deformabilidad.
3. Durabilidad.
4. Costo.
5. Requerimientos de conservación.
6. Comodidad.

1.6.1.- Resistencia estructural.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1996), la función que tiene el pavimento es resistir las cargas impuestas por el tránsito considerando una paulatina destrucción previstos en el proyecto, esto se debe a que el tránsito transfiere esfuerzos normales y cortantes al pavimento. Los esfuerzos cortantes son los principales causantes de la falla estructural, para esto es necesario llevar a cabo un análisis de la resistencia de los pavimentos, proporcionada por la mecánica de suelo.

Al hablar de capacidad de carga de mecánica de suelos significa hacer una mención a “a medios homogéneos e isótropos; la heterogeneidad de la estructura de los pavimentos flexibles, así como su anisotropía, producen así una primera incertidumbre en el planteamiento teórico de resistencia.” (Rico y Del Castillo, 1996; 102)

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1996), la determinación de la resistencia de los materiales que conforman el pavimento estará sujeta al tipo de suelo y su tratamiento, a los efectos de intemperie, y el más importante, la variación de contenido de agua.

Los factores que influyen importantemente en la resistencia estructural de un pavimento, son: el tipo de carga que se le aplica, la velocidad, el frenaje de los vehículos, la aceleración, entre otros, afectando la resistencia en un periodo de tiempo determinado; dichos factores producirán una fatiga llevando al pavimento a fracturas o al colapso.

La resistencia de los materiales que conforman los pavimentos está basado en dos puntos:

1. En la capacidad de carga que pueden soportar las capas constituyentes del pavimento que permitan resistir adecuadamente las cargas del tránsito.
2. La capacidad de carga de la sub-rasante, que es el nexo entre el pavimento y la terracería, para soportar los esfuerzos transmitidos y dichos esfuerzos puedan ser retransmitidos a niveles inferiores.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1996), es muy importante resaltar la importancia de la resistencia de la sub-rasante, debido a que ésta podrá tolerar niveles de esfuerzos altos, permitiendo usarse encima de ella espesores menores sin llegar a comprometer la estabilidad, lo que llevará a grandes ahorros monetarios, debido a la diferencia de costos de las diferentes capas del pavimento.

1.6.2.- Deformabilidad.

Partiendo de lo dicho por Rico y Del castillo (1992), la deformabilidad es lo opuesto a la resistencia, desde el punto de vista de la ingeniería, es importante tomar en cuenta las deformaciones en los pavimentos debido a que están muy relacionadas con los estados de falla, y este puede dejar de cumplir con las funciones asignadas.

La deformación elástica es producida generalmente por las cargas de tránsito, estas deformaciones suelen recuperarse de forma instantánea y suelen denominarse plásticas.

Para poder medir las deformaciones que el pavimento va a sufrir bajo la carga se dividen en dos fases:

1. La estimación de las deformaciones de acuerdo al tipo de materiales a utilizar en la construcción del pavimento, por medio de pruebas de campo que se llevan a cabo en terraplenes de prueba; una prueba es tipo plana, utilizando un deformómetro tipo Benkelman o con un aparato dinámico tipo Dynaflect o con deformómetro sónicos y eléctricos.
2. La medición de las deformaciones plásticas originadas por el efecto acumulativo de la carga repetida. Estas deformaciones solo han sido atacadas de forma empírica, lo que requiere de extrapolaciones experimentales.

1.6.3.- Durabilidad.

De acuerdo con Rico y Del castillo (1996), la durabilidad estará sujeta a los factores económicos y sociales del camino. Para pavimentos con alto tránsito y de gran importancia económica se requerirán pavimentos muy duraderos con el fin de no recurrir a interrupciones del tránsito, por lo contrario a una obra modesta que pueden ser menor la duración del pavimento al tal punto que las reconstrucciones valgan menos que el costo inicial.

Es difícil definir con exactitud la durabilidad de un pavimento debido a que están sujetos a efectos de tránsito, clima y efectos extraordinarios como son: lluvias ciclónicas, inundaciones, terremotos, entre otros. A consecuencia ningún autor ha podido establecer un método que permita cuantificar la durabilidad del pavimento.

1.6.4.- Costo.

Según Rico y Del castillo (1996), el diseño correcto será el que llegue a satisfacer los requerimientos necesarios del servicio a un costo mínimo. Para esto el ingeniero deberá tomar en cuenta varios criterios, como el tipo de pavimento, rígido o flexible, las ventajas y desventajas según el caso hablando comparativamente.

Algunos factores que se reflejan en el costo son la abundancia o escases del material a utilizar, la homogeneidad de los bancos de materiales, los métodos de extracción, los tratamientos a los diferentes materiales, el volumen de desperdicio y el material aprovechable.

1.6.5.- Conservación.

Partiendo de lo dicho por Rico y Del castillo (1996), son muchos los factores que deben considerarse para la conservación de un pavimento, como son los climatológicos, la intensidad de tránsito, el futuro comportamiento de las terracerías, deformaciones, derrumbes, saturaciones locales, las condiciones de drenaje y sub-drenaje, la degradación estructural de los materiales, entre otros.

Debido a la falta de conservación de los pavimentos éstos reducen la vida útil o de servicio, debido a la escases de recursos económicos y sociales.

1.6.6.- Comodidad.

De acuerdo con Rico y Del Castillo (1996), la comodidad de un pavimento está sujeta a la seguridad, la estética y su efecto en las reacciones psicológicas del conductor, las pendientes, la visibilidad, el grado de curva entre otros muchos. Cabe mencionar que la comodidad de una carretera dependerá del tipo y uso de carretera por el cual el automovilista transitará.

CAPÍTULO 2

CONCRETO

En este capítulo se definirá el concepto de concreto, los componentes de las mezclas de concreto, las proporciones en las mezclas de concreto y todas sus características y propiedades que involucran en la fabricación de concreto hidráulico.

2.1.- Concepto de concreto.

El cemento Portland “es considerado universalmente como el material de construcción más importantes en la arquitectura moderna.” (Love, 2006;7)

Menciona Love (2006), el concreto puede ser utilizado en pavimentos, puentes, edificios y muros debido a su gran versatilidad y su bajo costo económico. La versatilidad del concreto se debe a que puede adoptar cualquier forma que se requiera en su estado plástico, y también se puede vaciar en cualquier tipo de cimbra. Un buen concreto, bien fabricado y bien vaciado generan estructuras duraderas, con buena presentación y con poco mantenimiento.

2.2.- Limitaciones.

Según Love (2006), las limitaciones del concreto evitan debilidades estructurales que afectan la apariencia y utilidad de las estructuras. Dentro de las desventajas del concreto se mencionan las siguientes:

1.- Poca resistencia a la tensión: el concreto trabaja a compresión, por lo que si es sometido a esfuerzos a tensión deberá ser reforzado con varillas de acero, malla de acero o alambre.

2.- Contracción al secar y cambios en la humedad: De acuerdo con la humedad y temperatura que presente el concreto al momento de vaciado y curado, este se puede expandir o contraer generándose grietas.

3.- Permeabilidad: Todos los concretos presentan un grado de permeabilidad, debido al contenido de compuestos solubles.

2.3.- Componentes de concreto.

De acuerdo con Love (2006), el concreto tiene varios componentes importantes para obtener un buen concreto, de buena calidad y de buena presentación como son: proceso químico, agregado, lechada, mortero entre otros. Mismas que se explican a continuación:

a) Proceso químico.

Según Love (2006), la hidratación es la reacción química entre el cemento y el agua para formar un material más fuerte. La mezcla de agua y cemento se conoce como pasta de cemento, pero no es factible en los procesos constructivos debido a su elevado costo económico, a su gran contracción al endurecer, por lo que se utilizan agregados de origen natural.

b) Agregado.

Hablar de agregados es hacer mención a “ciertos materiales de relleno inerte, como arena, piedra y grava, se añaden a la mezcla de cemento y arena en cantidades ya establecidas para aumentar el volumen de la mezcla.” (Love, 2006; 7)

Según Love (2006), cuando la mezcla de concreto es buena, todas las partículas del agregado quedan rodeadas por la pasta de cemento, y todos los espacios entre los agregados quedan totalmente llenos, por lo cual se puede decir que la pasta es el medio cementoso que une las partículas en una masa sólida.

c) Lechada.

La lechada “es una mezcla de cemento Portland, cal, agregados finos y agua en proporciones tales que la mezcla sea fluida.” (Love, 2006;8)

d) Mortero.

El Mortero “es una mezcla de cemento Portland, cal, agregados finos y agua en tal proporción que la mezcla sea plástica.” (Love, 2006;8)

2.4.- Propiedades del concreto.

Según Love (2006), las propiedades del concreto son la maleabilidad, indisgregabilidad y la uniformidad. Donde el concreto tiene que ser moldeable a cualquier tipo de cimbra, tener disgregación mínima y ser uniforme.

a) Maleabilidad.

La maleabilidad “es la propiedad que indica la relativa facilidad o dificultad de vaciar y consolidar el concreto en la cimbra.” (Love, 2006, 8)

De acuerdo con Love (2006), la maleabilidad se puede medir con la prueba de revenimiento, que ayuda para la obtención de requerimientos de maleabilidad para condiciones y métodos de colocación. Unas características de la maleabilidad son, si la mezcla es muy seca será difícil colocarla en secciones reforzadas, en cambio si la mezcla es más fluida se podrá vaciar en elementos reforzados con acero. Entonces la maleabilidad está en función de las cantidades y proporciones de los agregados, desde el fino hasta el grueso, para cierta cantidad de pasta de cemento.

b) Indisgregabilidad.

Indica Love (2006), la disgregación de un concreto en sus estado plástico debe ser la mínima, y la mezcla deberá mantenerse homogénea. Para evitar esto se debe evitar la caída libre 1.52 metros, manipularse con cuidado y evitar las escurrimientos.

c) Uniformidad.

Partiendo de dicho por Love (2006), para lograr la uniformidad se deberá seguir las especificaciones de proporciones establecidas. La uniformidad en concretos endurecidos es necesaria para la resistencia y las consideraciones económicas.

2.5.- Endurecimiento del concreto.

De acuerdo con Love (2006), la base de todo diseño en concreto es la forma final del concreto endurecido y sus características principales son, resistencia, durabilidad e impermeabilidad.

a) Resistencia.

La resistencia es “la capacidad del concreto a resistir cargas a compresión, flexión o al cortante. El principal factor que determina la resistencia es la proporción de cemento-agua.” (Love, 2006, 8)

De acuerdo con Love (2006), la resistencia está relacionada con la relación de cemento-agua, donde por lo general se llega a utilizar 10 litros de agua por cada bulto de cemento de 50 kilogramos, pero esta dependerá del tipo de mezcla que se desea fabricar, si la mezcla contiene más agua de la necesario se reducirá las propiedades del concreto y reducirá sus resistencia a los esfuerzos de compresión, flexión y cortante, en cambio si la mezcla contiene una cantidad optima de agua esta conservara sus propiedades.

b) Durabilidad.

La durabilidad del concreto “es la capacidad de la masa endurecida de resistir los efectos de los elementos, tales como la acción del viento, escarcha, nieve, hielo, las reacciones químicas de los suelos o los efectos de la sal y la abrasión.” (Love, 2006,8)

c) Impermeabilidad.

Refiere Love (2006), la permeabilidad de un concreto es fundamental, esta propiedad depende de la cantidad de agua en la mezcla y de las reacciones químicas entre el cemento y la arena. La impermeabilidad de un concreto se puede aumentar con el vibrado, ya que este elimina los vacíos generados dentro de la mezcla.

2.6.- Cemento Natural.

De acuerdo con Love (2006), la obtención del cemento natural es mediante al trituración y calcinación de una piedra caliza arcillosa que contiene 25 por ciento de material arcilloso. El cemento natural tiene una resistencia muy baja a la tensión y compresión, puede llegar hasta $1/3$ a $1/2$ de la resistencia de cemento Portland, por lo que es muy raro su uso en la actualidad. Por lo general el cemento natural tiene un color entre amarillo y café.

2.7.- Cemento Portland.

Los cementos Portland son “mezclas de materiales seleccionadas, extraídas, proporcionadas y calcinadas a una temperatura de fusión de aproximadamente 1482°C (2700°F) para lograr la composición química deseada. La cristalización que queda de la calcinación es finalmente pulverizada.” (Love, 2006, 9)

2.7.1.- Fabricación.

De acuerdo con Love (2006), las diferentes materiales empleados para la fabricación de cemento portland van desde piedra caliza, roca de cemento, concha

de ostras, conchas de coquina, marga, esquisto, arenas de sílice y mineral de hierro, que son pulverizados y mezclados para después ser llevados al horno giratorio con una temperatura de 1426.67°C a 1648.89°C hasta ser cristalizados los materiales, una vez cristalizados estos materiales se dejan enfriar para posteriormente ser polvorizados con una pequeña cantidad de yeso, que es agregado para regular el tiempo de fraguado. El tamaño de las partículas del cemento Portland tiene que pasar por una criba de 200 calados por 2.54 centímetros (pulgada lineal) o 40 000 aperturas por 6.45 centímetros cuadrados (pulgada cuadrada).

2.7.2.- Cementos Portland Comunes para ASTM.

Partiendo de lo dicho por Love (2006), hay diferentes tipos de cementos Portland de acuerdo a sus características físicas y químicas. La Sociedad Americana De Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials, ASTM) de acuerdo a ASTM C150 establece 5 tipos de cementos:

1.- ASTM Tipo 1: Este cemento es conocido como cemento Portland normal, y es el más fácil de conseguir, es utilizados para la construcción de pavimentos, edificios, puentes, vías de ferrocarril, tanques, depósitos, alcantarillas, tubos de agua entre otros, este cemento se utiliza generalmente cuando no está sujeto a efectos de sulfatación.

2.- ASTM Tipo 2: Este es un cemento modificado que se utiliza para tomar precauciones de presencia de sulfatos moderados, como por ejemplo en estructuras de drenes donde las concentraciones de sulfato en el suelo y mantos acuíferos son

más altos que los normales. Este tipo de concreto genera menos calor que el tipo 1 y por lo general se utilizan en columnas esbeltas, contrafuertes pesados, muros de contención pesados y cuando el clima es cálido.

3.- ASTM Tipo 3: Este tipo de cemento obtiene su resistencia más rápida a comparación del tipo 1 y 2, llega a alcanzar su resistencia máxima a los 7 días que a comparación del cemento tipo 1 y 2 que obtienen su resistencia máxima a los 28 días. Este cemento genera más calor durante el proceso de hidratación y se utiliza por lo general cuando se tiene que retirar rápidamente la cimbra para poner el concreto en funcionamiento lo más rápido posible.

4.- ASTM Tipo 4: Este tipo de cemento genera poco calor durante el proceso de hidratación, pero también es bajo el índice de resistencia, este tipo de cemento se utiliza por lo general en la construcción de presas de alta gravedad, donde el aumento de la temperatura por el calor generado durante el endurecimiento.

5.- ASTM Tipo 5: Este tipo de cemento es muy resistente al sulfato, por lo general se utiliza cuando la estructura está en contacto con el suelo o mantos freáticos. Este logra su resistencia más lentamente que el tipo 1.

2.7.3.- Otros cementos Portland ASTM.

De acuerdo con Love (2006), hay otros tipos de cementos Portland con características físicas y químicas diferentes, a continuación se mencionan 5:

1.- Cementos Portland con retentivos de aire: Este cemento contiene pequeñas cantidades de materiales retentivos de aire entremezclados durante el proceso de

fabricación, este tipo de concreto contiene pequeñas burbujas de aire bien separadas y distribuidas. Tiene alta resistencia a la congelación, a la nieve y al deshielo.

2.- Cemento Portland blanco: Este cemento satisface los requerimientos de la ASTM C150 Y C175, y tiene el terminado blanco solo para fines arquitectónicos.

3.- Cemento Portland a altos hornos: este tipo de cemento se fabrica mezclando la escoria granulada de alto horno con la escoria del cemento Portland y se emplea en la construcción en concreto general.

4.- Cementos Portland-pozzolan: este tipo de cemento es la mezcla de pozzolan, que está formado por silicio y aluminio, con escoria de cemento Portland. Por lo general se utiliza en la construcción de grandes estructuras hidráulicas como apoyos de presas y puentes.

5.- Cementos para albañilería: Este cemento es la mezcla de cemento Portland, aditivos para la retención de aire, y materiales complementarios seleccionados, para poder proporcionar las características de trabajo que son plasticidad y retención de agua

2.7.4.- Cementos Portland especiales.

Partiendo de lo dicho por Love (2006), existen otros tipos de cementos especiales que no están incluidos en las especificaciones de la ASTM, y son las siguientes:

- 1.- Cemento para pozos petroleros: Este cemento está fabricado para endurecerse bajo las elevadas temperaturas de los pozos petroleros profundos.
- 2.- Cemento Portland a prueba de agua: Este tipo de cemento se fabrica al mezclar materiales repelentes al agua con la escoria en la cual se basa.
- 3.- Cementos Plásticos: Este tipo de cemento se fabrica mezclando agentes plastificantes, se utiliza comúnmente para hacer mortero, aplanados y estuco.

2.7.5.- Aguas en la mezcla.

Indica Love (2006), la función del agua en la mezcla del concreto es combinar el cemento durante el proceso de hidratación con los agregados y así hacer manejable la mezcla. El agua para la utilización de la fabricación de concreto debe estar libre de materiales orgánicos, álcalis, ácidos y aceites y sobre todo se deben evitar la presencia de cantidades excesivas de sulfatos ya que este deteriora el concreto. Si existen impurezas en el agua este afectará el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y el volumen constante, además puede ocasionar salitre o corrosión en el refuerzo.

2.8.- Agregados para el concreto.

De acuerdo con Love (2006), los agregados son materiales inertes que representan del 60% al 80% del volumen del concreto. Las propiedades de los agregados influyen considerablemente en el costo del concreto y las proporciones de

la mezcla, debido a la forma del agregado, ya que si el agregado tiene una forma alargada y rugosa necesitarán más agua en comparación a un agregado con forma cubica o redonda, debido a que se debe mantener la relación correcta de cemento-agua, esto ocasiona que el costo de la mezcla sea más elevado.

Los agregados tienen que tener las siguientes características: deberán ser partículas limpias, sólidas, fuertes, duraderas, libre de químicos y de recubrimientos de arcillas o de otros materiales finos que afecten la adherencia con la pasta de cemento. Los principales materiales contaminantes de los agregados son materiales orgánicos como: tierra, sedimentos, arcilla, mica, sales, mantillo y sobre todo material fino suelto, la forma las usual para eliminar estos contaminantes es mediante un lavado de agregado.

Los agregados más comunes para la fabricación de concreto son: arena, grava, piedra triturada, escoria de fundición de altos hornos, cenizas, arcillas quemadas y escoria expandida de altos hornos; todos los agregados deberán cumplir con los requisitos establecidos por las “Especificaciones para Agregados del Concreto” (ASTM C33), la cual limita la cantidad de sustancias dañinas y verifica la graduación, abrasión, resistencia y solides de los agregados.

2.8.1.- Resistencia a la abrasión.

La resistencia a la abrasión del agregado es “un índice general de la calidad del mismo. Esta característica es esencial cuando el agregado se usa en un concreto sujeto a la abrasión, como sucede en pisos de alta resistencia.” (Love, 2006; 13)

2.8.2.- Resistencia al congelamiento y al deshielo.

Según Love (2006), la resistencia al congelamiento y al deshielo es muy importante en el concreto, debido a la relación que tiene el agregado con la porosidad, absorción y estructura de los poros; si un agregado absorbe suficiente agua entre los poros, no podrá resistir la expansión del agua durante el congelamiento, esto se puede comprobar, analizar y verificar mediante pruebas de congelamiento-deshielo en muestras de concreto establecidas por la ASTM C290.

2.8.3.- Estabilidad química.

Menciona Love (2006), los agregados químicamente estables no reaccionan de forma perjudicial, ni afectara químicamente a otras influencias externas con el cemento. Para que un agregado se considere químicamente seguro se deberán realizar pruebas por la ASTM, para identificar la relación alcalina, (ASTM C227, C289C y C586) en caso de que el agregado no tuviera un registro de comportamiento.

2.9.- Forma de la partícula y textura de la superficie.

Partiendo de lo dicho por Love (2006), lo que determina las propiedades de un concreto fresco son la forma y la textura de la superficie del agregado; los agregados con las características rugosas, planas, alargadas y filosas necesitarán más material fino para fabricar un concreto trabajable, en comparación a agregados de partículas redondas o cúbicas.

2.9.1- Graduación.

De acuerdo con Love (2006), debido al efecto relativo de operabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto es muy importante la graduación y el tamaño máximo del agregado para que cumpla con las características antes mencionadas. Las arenas muy finas o muy gruesas no son factibles para la fabricación de concreto debido a que no resulta económica y la mezcla es áspera y no operable.

La graduación o distribución del tamaño de las partículas de los agregados se determina mediante el cribado; para agregados finos se utilizan las cribas número 4, 8, 16, 30, 50 y 100. Las cribas están basadas en aberturas cuadradas consecutivas que se relacionan por una proporción constante. Para identificar un agregado, todo material que pasa la malla número 4 y es retenido en la número 200 es un agregado arenoso, el agregado que no pasa la malla número 4 es material grueso, y por último el que pasa la malla número 200 es material fino.

2.9.2.- Módulo de fineza.

Partiendo de lo dicho por Love (2006), el módulo de fineza es el indicador del grosor de un agregado, donde el porcentaje de material que es retenido entre las cribas, es sumado y después dividido entre 100. Para la obtención del módulo de fineza se tiene que obtener una muestra de por lo menos 500 gramos y pasarla por las cribas 4, 8, 16, 30, 50 y 100; el material retenido en cada criba será pesado y sumado en porcentaje para posteriormente dividirlo entre 100 y obtener el módulo de fineza.

2.9.3.- Graduación de agregado fino.

Según Love (2006), de acuerdo con el tipo de trabajo, riqueza de la mezcla y tamaño máximo del agregado es la graduación de agregado fino; por lo general cuando es una mezcla pobre, se utiliza un agregado más fino y cuando es una mezcla rica, se utiliza agregado más grueso, esto es por razones económicas y por efecto de operabilidad, terminado, textura de la superficie y ganancia de agua.

Para que el concreto obtenga una mayor operabilidad y mayor cohesión en muros delgados, pisos de acabados de concreto y superficies lisas, donde el concreto se vacía por medio de moldes es necesario que el concreto no contenga menos del 15% que haya pasado la criba 50 y por lo menos 3% que haya pasado la criba 100 pero no más del 10%.

2.9.4.- Graduación de agregado grueso.

Menciona Love (2006), el conservar la uniformidad en la graduación al manejar y fabricar agregado grueso, que ajustar las proporciones de variación en la graduación resulta ser más económico para poder producir un concreto operable.

Para poder utilizar el agregado grueso se debe graduar el tamaño más grande que se puede utilizar en condiciones de trabajo; no debe de exceder de 1/5 de la dimensión de los miembros no reforzados, $\frac{3}{4}$ de la separación entre barras de refuerzo y cimbras y 1/3 de profundidad de firmes en piso sin refuerzo. Entre más grande sea el tamaño del agregado grueso, menores serán las cantidades de agua,

mortero, cemento para producir cierta calidad; por tanto la cantidad de agua disminuye con el aumento del tamaño máximo del agregado, al igual que la cantidad de cemento disminuye cuando el agregado más pequeño tiene una resistencia a la compresión más alta que el concreto con agregados de tamaño máximo más grandes. A continuación se presentan los requisitos de graduación grueso:

Cantidad más fina que cada cribado en laboratorio (aberturas cuadradas), porcentaje por peso								
Número de tamaño	Tamaño nominal (cribas) con aberturas cuadradas	4 pul.	3 1/2 pul.	3 pul.	2 1/2 pul.	2 pul.	1 1/2 pul.	1 pul.
1	3 1/2 a 1 1/2 pul.	100	90 a 100		25 a 60	0 a 15		
2	2 1/2 a 1 1/2 pul.			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	
357	2 pul. al núm. 4				100	95 a 100		
467	1 1/2 pul. al núm. 4					100	95 a 100	
57	1 pul. al núm. 4						100	95 a 100
67	3/4 pul. al núm. 4							100
7	1/2 pul. al núm. 4							
8	3/8 pul. al núm. 8							
3	2 a 1 pul.				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15
4	1 1/2 a 3/4 pul.					100	90 a 100	20 a 55

Cantidad más fina que cada cribado en laboratorio (aberturas cuadradas), porcentaje por peso							
Número de tamaño	Tamaño nominal (cribas) con aberturas cuadradas	3/4 pul.	1/2 pul.	3/8 pul.	núm. 4 (4 760-micra)	núm. 8 (2 380-micra)	núm. 16 (1 190-micra)
1	3 1/2 a 1 1/2 pul.	0 a 5					
2	2 1/2 a 1 1/2 pul.	0 a 5					
357	2 pul. al núm. 4		10 a 30		0 a 5		
467	1 1/2 pul. al núm. 4	35 a 70		10 a 30	0 a 5		
57	1 pul. al núm. 4		25 a 100		0 a 10	0 a 5	
67	3/4 pul. al núm. 4	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2 pul. al núm. 4	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	3/8 pul. al núm. 8		100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	
3	2 a 1 pul.		0 a 5				0 a 5
4	1 1/2 a 3/4 pul.	0 a 15		0 a 5			

Tabla 2.1.- Graduación para agregado grueso.

Fuente: Love (2006)

2.10.- Absorción y humedad en la superficie.

De acuerdo con Love (2006), para poder controlar el contenido de agua en el concreto es necesario determinar la absorción y la humedad en la superficie de los agregados para poder corregir los pesos acumulados en la mezcla. Hay cuatro tipos de estados, que se mencionan a continuación:

- 1.- Secado con horno: poros perfectamente secos, completamente absorbente.
- 2.- Secado al aire: seco en la superficie, pero contiene algo de humedad interior; más o menos absorbente.
- 3.- Superficie seca saturada: ni absorbe ni aporta agua a la mezcla de concreto.
- 4.- Mojado o húmedo: contiene un exceso de humedad en la superficie.

2.11.- Aditivos para el concreto.

Los aditivos son “los materiales que se agregan al concreto durante o antes del mezclado se denominan aditivos. Se usan para mejorar el desempeño del concreto en ciertas situaciones, así como para disminuir su costo.” (McCormac, 2006; 10)

De acuerdo con Love (2006), los aditivos sirven para mejorar ciertas características como operabilidad, resistencia, durabilidad, impermeabilidad y resistencia al uso, para acelerar retardar el fraguado y endurecimiento. A continuación se mencionan los aditivos y se describen brevemente:

1.- Aditivos inclusores de aire: son los que cumplen con los requisitos establecidos por la ASTM C260 Y C618, su uso principal es para aumentar la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo, así como el deterioro de las sales des congelantes; los agentes inclusores ocasionan la formación de una espuma en el agua de mezclado formando burbujas uniformemente distribuidas que se incorporan al concreto, para cuando el concreto se congela en agua penetra en las burbujas aliviando la presión del concreto y cuando el concreto se descongela, el agua pueda salir de las burbujas, generando un menor agrietamiento en comparación sin usar aire atrapado.

2.- Aditivos acelerantes: acelera el desarrollo de su temprana resistencia; son utilizados para reducir los tiempos requeridos para el curado y protección del concreto, así como el pronto retiro de la cimbra; se usan principalmente en climas fríos; algunos agentes acelerantes son el cloruro de calcio, sales solubles y otros compuestos orgánicos.

3.- Aditivos retardadores: son utilizados para retardar el fraguado así como el aumento de temperatura del concreto; los agentes retardantes son principalmente ácidos, azúcares o derivados de azúcar; se utilizan principalmente para el concreto es demorado por el tránsito, en grandes coladas, aumentos de temperaturas entre otras circunstancias.

4.- Superplastificantes: son utilizados principalmente para reducir el contenido de agua en los concretos e incrementar su revenimiento, también se pueden utilizar para mantener proporciones de agua-cemento constantes usando menos cemento;

son comúnmente usados para fabricar concretos manejables con resistencias superiores usando la misma cantidad de cemento.

5.- Aditivos impermeables: se pueden aplicar a superficies endurecidas de concreto o también en la mezcla del concreto; generalmente consisten un tipo de jabón o productos derivados del petróleo, como las emulsiones asfálticas que ayudan a retardar la penetración del agua en los concretos porosos.

2.12.- Proporciones de mezcla.

Partiendo de lo dicho por Love (2006), hay tres métodos para determinar la proporción de cantidades de agua, cemento y agregados para la fabricación de una mezcla de concreto, las cuales son: especificación, prueba de mezcla y volumen absoluto.

2.12.1.- Método por especificación.

El método por especificación es “un procedimiento teórico en el cual se usan datos establecidos para elaborar las proporciones de la mezcla.” (Love, 2006; 23). Este método en la práctica requiere de ajustes, debido a la diversidad de materiales usados; las mezclas de concreto se realizan buscando la combinación más práctica y económica que proporcione la maleabilidad del concreto fresco y las características necesarias en el concreto endurecido.

El método teórico por especificación requiere del conocimiento de las características de los materiales como; el tamaño y forma de los miembros estructurales, la resistencia requerida y las condiciones a las que estará expuesto el concreto. Para poder hacer la selección de una mezcla de concreto adecuada es necesario conocer los factores de proporción de cemento-agua, características del agregado, cantidad de penetración del aire y el revenimiento.

La resistencia, durabilidad e impermeabilidad del concreto endurecido son los factores necesarios para poder determinar la proporción de agua-cemento. Estos factores generalmente se especifican o se estiman en el diseño estructural con el fin de considerar proporciones tentativas.

En el caso de diseño de pavimentos se debe diseñar para la resistencia a la flexión más que la resistencia a la compresión, para ello se debe realizar pruebas para determinar la relación entre la proporción de agua-cemento y la resistencia a la flexión. A continuación se presenta una fórmula para determinar la relación aproximada entre la resistencia a la flexión y a la compresión:

$$f'c = \left(\frac{R}{K}\right)^2$$

Donde:

f'c = resistencia a la compresion en psi.

R = resistencia a la flexion(modulo ruptural), en psi, carga de tres puntos.

K = constantes, por lo general entre 8 y 10.

Para la elección adecuada de una proporción de agua-cemento se presenta la siguiente tabla:

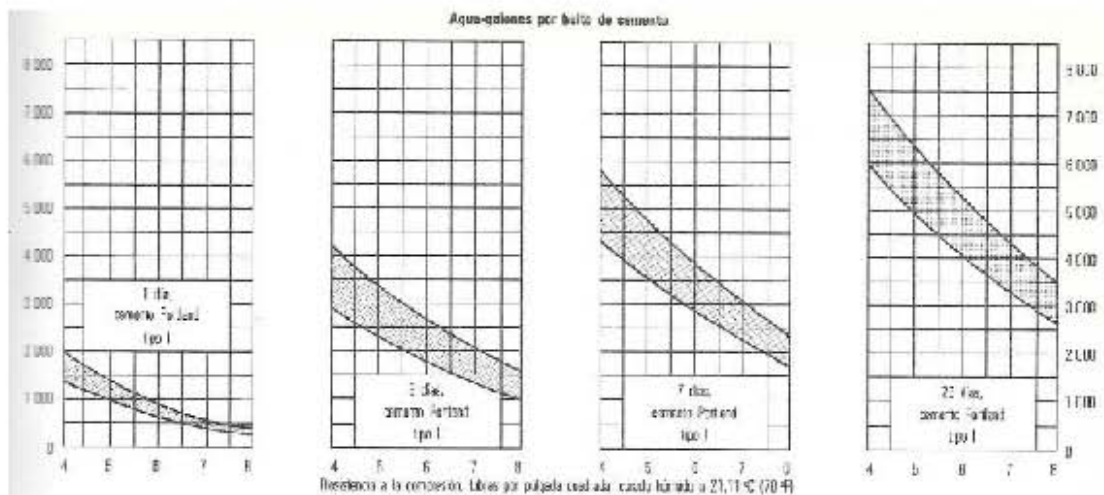
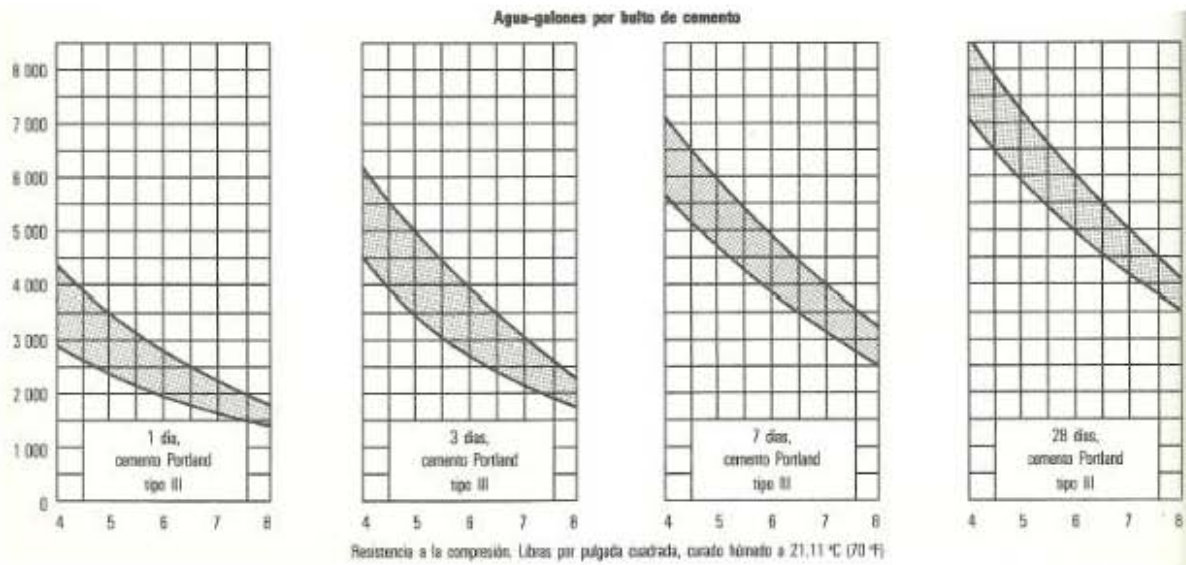
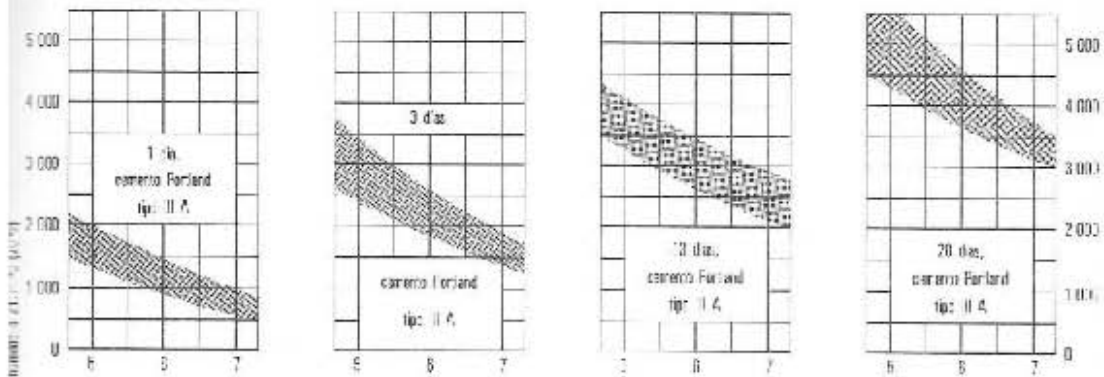


Figura 3.1. Continuación.



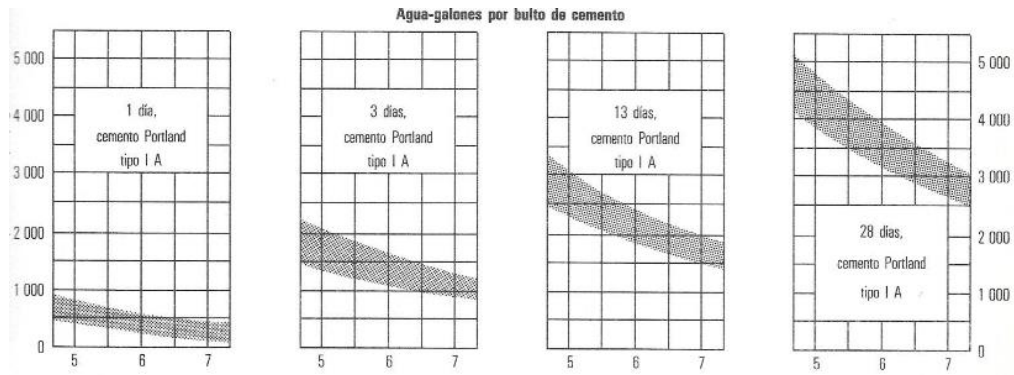


Tabla 2.2.- Relación de resistencia a la compresión-tiempo.

Fuente: Love (2006)

El revenimiento es una medida de la consistencia del concreto. Por lo general se usa para probar diferentes cargas de la misma mezcla con proporciones diferentes y con distintos tipos de y tamaños de agregados. Para obtener cambios en el revenimiento de la mezcla se requieren cambios de materiales, proporciones de mezcla y el contenido de agua. A continuación se presentan los rangos de revenimiento aceptables:

Tamaño máximo del agregado en pulgadas	Concreto con inyección de aire				Concreto sin penetración de aire			
	Promedio total recomendado de contenido de aire, porcentaje ¹	Revenimiento, pulgadas			Cantidad aproximada de aire atrapado, porcentaje	Revenimiento, pulgadas		
		1 a 2	3 a 4	5 a 6		1 a 2	3 a 4	5 a 6
		Agua, galones por yarda cúbica de concreto ²				Agua, galones por yarda cúbica de concreto ²		
3/8	7.5	37	41	43	3.0	42	46	49
1/2	7.5	36	39	41	2.5	40	44	46
3/4	6.0	33	36	38	2.0	37	41	43
1	6.0	31	34	36	1.5	36	39	41
1 1/2	5.0	29	32	34	1.0	33	36	38
2	5.0	27	30	32	0.5	31	34	36
3	4.0	25	28	30	0.3	29	32	34
6	3.0	22	24	26	0.2	25	28	30

Tabla 2.3.- Requerimientos de aproximados de agua para diferentes revenimientos.

Fuente: Love (2006)

2.12.2.- Método de prueba.

De acuerdo con Love (2006), el método de prueba es utilizado para poder determinar las características de la mezcla, no utiliza las tablas como en el método de especificaciones sino utiliza los materiales de esta para poder obtener las proporciones de la mezcla. A continuación se presentan las mezclas sugeridas para un concreto sin inyección de aire:

28

Tabla 3.4. Mezclas de prueba sugeridas para concreto sin inyección de aire de consistencia media con un revenimiento de 3 a 4 pulgadas (7.62 a 10.16 cm)¹

Proporción agua-cemento, galones por bulto	Tamaño máximo de agregado, pulgadas	Contenido de aire (aire atrapado), porcentaje	Galones de agua por yarda cúbica de concreto	Sacos de cemento por yarda cúbica de concreto	Con arena fina, Módulo de finura = 2.50		
					Agregado fino, porcentaje del agregado total	Agregado fino, libras por yarda cúbica de concreto	Agregado grueso, libras por yarda cúbica de concreto
4.5	3/8	3	46	10.3	50	1 240	1 260
	1/2	2.5	44	9.8	42	1 100	1 520
	3/4	2	41	9.1	35	960	1 800
	1	1.5	39	8.7	32	910	1 940
	1 1/2	1	36	8.0	29	880	2 110
5.0	3/8	3	46	9.2	51	1 330	1 260
	1/2	2.5	44	8.8	44	1 180	1 520
	3/4	2	41	8.2	37	1 040	1 800
	1	1.5	39	7.8	34	990	1 940
	1 1/2	1	36	7.2	31	960	2 110
5.5	3/8	3	46	8.4	52	1 390	1 260
	1/2	2.5	44	8.0	45	1 240	1 520
	3/4	2	41	7.5	38	1 090	1 800
	1	1.5	39	7.1	35	1 040	1 940
	1 1/2	1	36	6.5	32	1 000	2 110
6.0	3/8	3	46	7.7	53	1 440	1 260
	1/2	2.5	44	7.3	46	1 290	1 520
	3/4	2	41	6.8	39	1 130	1 800
	1	1.5	39	6.5	36	1 080	1 940
	1 1/2	1	36	6.0	33	1 040	2 110
6.5	3/8	3	46	7.1	54	1 480	1 260
	1/2	2.5	44	6.8	46	1 320	1 520
	3/4	2	41	6.3	39	1 190	1 800
	1	1.5	39	6.0	37	1 120	1 940
	1 1/2	1	36	5.5	34	1 070	2 110
7.0	3/8	3	46	6.6	55	1 520	1 260
	1/2	2.5	44	6.3	47	1 360	1 520
	3/4	2	41	5.9	40	1 200	1 800
	1	1.5	39	5.6	37	1 150	1 940
	1 1/2	1	36	5.1	34	1 100	2 110
7.5	3/8	3	46	6.1	55	1 560	1 260
	1/2	2.5	44	5.9	48	1 400	1 520
	3/4	2	41	5.5	41	1 240	1 800
	1	1.5	39	5.2	38	1 190	1 940
	1 1/2	1	36	4.8	35	1 130	2 110
8.0	3/8	3	46	5.7	56	1 600	1 260
	1/2	2.5	44	5.5	48	1 440	1 520
	3/4	2	41	5.1	42	1 280	1 800
	1	1.5	39	4.9	39	1 220	1 940
	1 1/2	1	36	4.5	35	1 160	2 110

¹ Aumente o disminuya agua por yarda cúbica en 3 % por cada aumento o disminución de una pulgada en el revenimiento; posteriormente calcule las cantidades por el método del volumen absoluto. Para agregado fino fabricado, aumente el porcentaje de agregado fino a 3 y de agua a 17 libras por yarda cúbica. Para concretos menos trabajables, como pavimentos, disminuya el porcentaje de agregado fino a 3 y de agua a 8 libras por yarda cúbica de concreto.

<i>Con arena promedio. Módulo de fineza = 2.75</i>			<i>Con arena gruesa. Módulo de fineza = 2.90</i>		
<i>Agregado fino, porcentaje del total del agregado</i>	<i>Agregado fino, libras por yarda cúbica de concreto</i>	<i>Agregado grueso, libras por yarda cúbica de concreto</i>	<i>Agregado fino, porcentaje del total del agregado</i>	<i>Agregado fino, libras por yarda cúbica de concreto</i>	<i>Agregado grueso, libras por yarda cúbica de concreto</i>
52	1 310	1 190	54	1 350	1 150
45	1 170	1 450	47	1 220	1 400
37	1 030	1 730	39	1 080	1 680
34	980	1 870	36	1 020	1 830
32	960	2 030	33	1 000	1 990
54	1 400	1 190	56	1 440	1 150
46	1 250	1 450	48	1 300	1 400
39	1 110	1 730	41	1 160	1 680
36	1 060	1 870	38	1 100	1 830
34	1 040	2 030	35	1 080	1 990
55	1 460	1 190	57	1 500	1 150
47	1 310	1 450	49	1 360	1 400
40	1 160	1 730	42	1 210	1 680
37	1 110	1 870	39	1 150	1 830
35	1 080	2 030	36	1 120	1 990
56	1 510	1 190	57	1 550	1 150
48	1 360	1 450	50	1 410	1 400
41	1 200	1 730	43	1 250	1 600
38	1 150	1 870	39	1 190	1 830
36	1 120	2 030	37	1 160	1 990
57	1 550	1 190	58	1 590	1 150
49	1 390	1 450	51	1 440	1 400
42	1 240	1 730	43	1 290	1 680
39	1 190	1 870	40	1 230	1 830
36	1 150	2 030	37	1 190	1 990
57	1 590	1 190	59	1 630	1 150
50	1 430	1 450	51	1 480	1 400
42	1 270	1 730	44	1 320	1 680
39	1 220	1 870	41	1 260	1 830
37	1 180	2 030	38	1 220	1 990
58	1 630	1 190	59	1 670	1 150
50	1 470	1 450	52	1 520	1 400
43	1 310	1 730	45	1 370	1 600
40	1 260	1 870	42	1 300	1 830
37	1 210	2 030	39	1 250	1 990
58	1 670	1 190	60	1 710	1 150
51	1 520	1 450	53	1 560	1 400
44	1 350	1 730	45	1 400	1 680
41	1 290	1 870	42	1 330	1 830
36	1 250	2 030	39	1 280	1 990

Tabla 2.4.- Mezclas de pruebas sugeridas para concreto sin inyección de aire.

Fuente: Love (2006)

2.12.3.- Método de volumen absoluto.

El método de volumen absoluto se detalla en el informe de Recomendaciones prácticas para la elección de proporciones para el concreto, del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute, ACI). En este método es necesario conocer datos adicionales como: la gravedad específica de los agregados finos y gruesos, el peso unitario del agregado grueso seco, y el módulo de fineza del agregado fino. A continuación se presentan las mezclas sugeridas para un concreto con inyección de aire:

33

Tabla 3.5. Mezclas de prueba sugeridas para concreto con inyección de aire de consistencia media con un revenimiento de 3 a 4 pulgadas (7.62 a 10.16 cm) ¹

Proporción cemento, pulv. por parte	Tamaño máximo de agregado, pulgadas	Contenido de aire deseado, porcentaje	Cantidad de agua por parte cúbica de concreto	Cemento por parte cúbica de concreto	Con arena fina, Módulo de finura = 2.50		
					Agregado fino, porcentaje del agregado total	Agregado fino, libras por parte cúbica de concreto	Agregado grueso, libras por parte cúbica de concreto
4.5	3/8	7.5	41	8.1	50	1 250	1 200
	1/2	7.5	39	8.7	41	1 080	1 520
	3/4	8	36	8.2	35	870	1 800
	1	8	34	7.8	32	800	1 940
	1 1/2	5	32	7.1	29	670	2 110
5.0	3/8	7.5	41	8.2	51	1 230	1 260
	1/2	7.5	39	7.8	42	1 140	1 520
	3/4	8	36	7.2	37	1 040	1 800
	1	8	34	6.8	33	970	1 940
	1 1/2	5	32	6.4	31	830	2 110
5.5	3/8	7.5	41	7.5	52	1 280	1 260
	1/2	7.5	39	7.1	44	1 190	1 520
	3/4	8	36	6.5	38	1 090	1 800
	1	8	34	6.2	34	1 010	1 940
	1 1/2	5	32	5.8	32	860	2 110
6.0	3/8	7.5	41	6.8	53	1 330	1 260
	1/2	7.5	39	6.5	45	1 230	1 520
	3/4	8	36	6.0	39	1 120	1 800
	1	8	34	5.7	35	1 040	1 940
	1 1/2	5	32	5.3	32	1 010	2 110
6.5	3/8	7.5	41	6.3	54	1 380	1 260
	1/2	7.5	39	6.0	46	1 280	1 520
	3/4	8	36	5.5	39	1 150	1 800
	1	8	34	5.2	36	1 080	1 940
	1 1/2	5	32	4.9	33	1 040	2 110
7.0	3/8	7.5	41	5.8	54	1 430	1 260
	1/2	7.5	39	5.6	48	1 300	1 520
	3/4	8	36	5.1	40	1 180	1 800
	1	8	34	4.8	38	1 100	1 940
	1 1/2	5	32	4.6	33	1 060	2 110
7.5	3/8	7.5	41	5.5	55	1 430	1 260
	1/2	7.5	39	5.2	47	1 330	1 520
	3/4	8	36	4.8	40	1 210	1 800
	1	8	34	4.5	37	1 140	1 940
	1 1/2	5	32	4.3	34	1 080	2 110
8.0	3/8	7.5	41	5.1	55	1 480	1 260
	1/2	7.5	39	4.9	47	1 380	1 520
	3/4	8	36	4.5	41	1 240	1 800
	1	8	34	4.3	37	1 180	1 940
	1 1/2	5	32	4.0	34	1 110	2 110

¹ Aumentar o disminuir agua por parte cúbica en 2.5 gal por cada aumento o disminución de una pulgada en el revenimiento; porcentajes calculados por el método del volumen absoluto. Para agregado fino fabricado, aumente el porcentaje de agregado fino a 3 y de agua a 17 libras por parte cúbica de concreto. Para concreto hecho totalmente con cementos, disminuya el porcentaje de agregado fino a 7 y de agua a 9 libras por parte cúbica de concreto.

Tabla 3.5. (Continuación.)

Con arena promedio. Módulo de fineza = 2.75			Con arena gruesa. Módulo de fineza = 2.90		
Agregado fino, porcentaje del total del agregado	Agregado fino, libras por yarda cúbica de concreto	Agregado grueso, libras por yarda cúbica de concreto	Agregado fino, porcentaje del total del agregado	Agregado fino, libras por yarda cúbica de concreto	Agregado grueso, libras por yarda cúbica de concreto
53	1 320	1 190	54	1 360	1 150
44	1 130	1 450	46	1 180	1 400
38	1 040	1 730	39	1 090	1 680
34	970	1 870	36	1 010	1 830
32	950	2 030	33	990	1 990
54	1 400	1 190	56	1 440	1 150
46	1 210	1 450	47	1 260	1 400
39	1 110	1 730	41	1 160	1 630
36	1 040	1 870	37	1 080	1 830
33	1 010	2 030	35	1 050	1 990
55	1 460	1 190	57	1 500	1 150
46	1 260	1 450	48	1 310	1 400
40	1 160	1 730	42	1 210	1 680
37	1 080	1 870	38	1 120	1 830
34	1 050	2 030	35	1 090	1 990
56	1 500	1 190	57	1 540	1 150
47	1 300	1 450	49	1 350	1 400
41	1 190	1 730	42	1 240	1 680
37	1 110	1 870	39	1 150	1 830
35	1 090	2 030	36	1 130	1 990
56	1 530	1 190	58	1 570	1 150
48	1 330	1 450	50	1 380	1 400
41	1 220	1 730	43	1 270	1 680
38	1 150	1 870	39	1 190	1 830
36	1 120	2 030	37	1 160	1 990
57	1 570	1 190	58	1 610	1 150
49	1 370	1 450	50	1 420	1 400
42	1 250	1 730	44	1 300	1 680
38	1 170	1 870	40	1 210	1 830
36	1 140	2 030	37	1 180	1 990
57	1 600	1 190	59	1 640	1 150
49	1 400	1 450	51	1 450	1 400
43	1 280	1 730	44	1 330	1 680
39	1 210	1 870	41	1 250	1 830
37	1 170	2 030	38	1 210	1 990
58	1 630	1 190	59	1 670	1 150
50	1 430	1 450	51	1 480	1 400
43	1 310	1 730	44	1 360	1 680
40	1 230	1 870	41	1 270	1 830
37	1 190	2 030	38	1 230	1 990

Tabla 2.5.- Mezclas de pruebas sugeridas para concreto con inyección de aire.

Fuente: Love (2006)

2.13.- Acabados para el concreto.

Según Love (2006), los acabados en el concreto proporcionan el efecto deseado en la superficie del mismo; existen varias formas, dependiendo del efecto que se busque, por lo general solo se busca corregir defectos en la superficie, limpiarla o llenar agujeros. Las superficies que no utilizan cimbra solo necesitan un enrase para darle una forma y altura adecuada o un acabado escobillado, de llana o a regla.

2.13.1.- Enrase

El enrase es “el proceso de eliminar el exceso de concreto para lograr una determinada altura del elemento” (Love, 2006; 126). Esta operación se puede realizar después de haber sido vaciado el concreto y haber tenido un vibrado posteriormente. En el proceso de enrasar es necesario una regla recta o curva con una longitud poco mayor a la distancia de la losa a enrasar, donde los operadores se apoyan en tiras de metal o madera que sirven de guías, haciendo movimientos hacia adelante y hacia atrás como aserrar.

2.13.2.- Acabados en llana y llana metálica.

De acuerdo con Love (2006), el acabado en llana es para la obtención de una superficie más fina que la que proporciona el enrase, este procedimiento se lleva a cabo poco tiempo después del enrase, donde el concreto todavía tenga las

características de plasticidad y operabilidad. El enrasado de llana tiene tres funciones: emparejar elevaciones y depresiones, eliminar las imperfecciones ligeras y compactar el concreto en la superficie. La llana metálica sirve para darle a la superficie un acabado suave y denso, luego de que el brillo o el agua de la superficie desaparesca y cuando el concreto se haya endurecido lo suficiente.

2.13.3.- Escobillado.

Según Love (2006), el escobillado crea una superficie antiderrapante, el escobillado consiste en efectuar rayados muy severos en pisos y banquetas, mediante cepillos de alambre o de fibras gruesas, este debe hacerse en un sentido de tal manera que forme un ángulo recto con respecto a la dirección del tráfico.

2.14.- Hidratación.

La hidratación es “agregar agua al cemento Portland y la formación de una pasta de cemento-agua inicia una reacción química en la cual el cemento representa el agente de unión”. (Love, 2006; 130). El periodo de hidratación es en forma decreciente en medida de que el agua de la mezcla y las condiciones de temperatura son favorables. Una vez que se haya eliminado el agua, la hidratación termina y no se puede reiniciar. Las ventajas de la hidratación son que mejora las propiedades del concreto como el esfuerzo, impermeabilidad, resistencia al uso y estabilidad hasta alcanzar la resistencia máxima. A continuación se presenta la gráfica de curado húmedo y curado en aire:

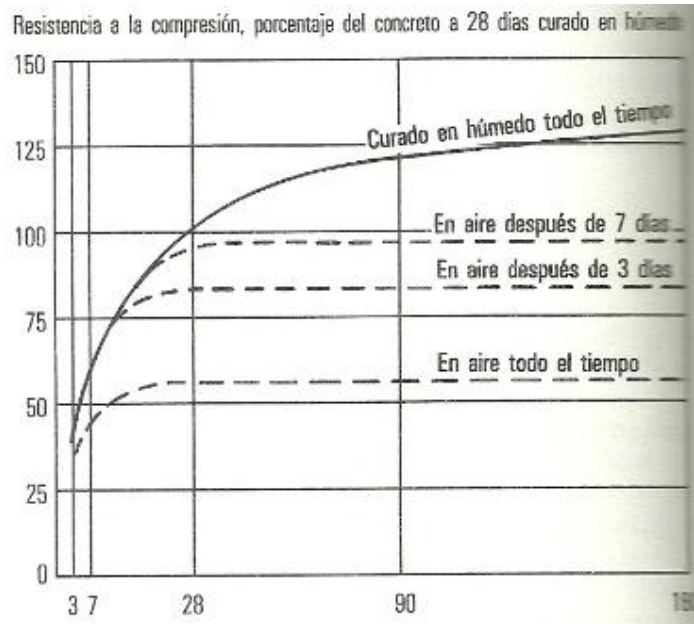


Tabla 2.6.- efecto de la humedad en el curado

Fuente: Love (2006)

2.14.1.- Duración del periodo de curado.

La duración del periodo de curado depende del tipo de cemento, proporciones de la mezcla, resistencia requerida, temperatura, condiciones de exposición futuras y tamaño y forma de la masa requerida de concreto. Existen dos métodos de curados, los que aportan humedad adicional y los que previenen la pérdida de humedad. A continuación se presenta la tabla de los dos métodos anteriormente mencionados:

<i>Método</i>	<i>Ventaja</i>	<i>Desventaja</i>
Rociado con agua o cubierta con una arpillera húmeda Paja Tierra húmeda	Excelentes resultados si se mantiene constantemente húmeda Aislante en invierno Barata pero problemática	Es posible que se seque entre los periodos de rociado. Dificultad en muros verticales. Se puede secar, volar o quemar. Manchas en el concreto, se puede secar, problema para quitar.
Estanque en superficies planas Compuestos para curado	Excelentes resultados, mantiene la temperatura uniforme Fácil de aplicar, barato	Necesita considerable trabajo, no deseable en climas muy fríos. Se necesita rociador. Una cubierta inadecuada permite que se seque. La película se puede romper o rasgar antes de que el curado se complete. A menos que esté pigmentado, puede calentar demasiado el concreto.
Papel impermeabilizante Película plástica	Excelente protección, evita que se seque Completamente impermeable, excelente protección. Ligera y fácil de manejar	Puede haber costos excesivos. Se debe mantener enrollado; problemas de almacenamiento y manejo. Se debe pigmentar para la protección al calor. Necesita de cuidados razonables, los escurrimientos se deben parchar. Se debe asegurar para evitar que se vuele.

Tabla 2.7.- Métodos de curado

Fuente: Love (2006)

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se mencionará la ubicación de la colonia Santa Teresa, las características geográficas, físicas e hidrológicas en la que se encuentra la colonia, incluyendo un reporte geográfico.

3.1- Generalidades.

Dentro de esta investigación se llevará a cabo el diseño del pavimento rígido para las vialidades de la colonia Santa Teresa, tomando en cuenta la normativa y aspectos teóricos de construcción de la ciudad de Uruapan.

En este trabajo se realizará un estudio geotécnico dentro de predio seleccionado, el cual es necesario para la recolección de las características del suelo, debido a que en este se desplantará el pavimento rígido; en dicho estudio se obtuvo una muestra inalterada y una alterada para posteriormente ser analizadas en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Don Vasco.

También se realizó un levantamiento topográfico mediante un GPS, (Sistema de Posicionamiento Global) donde se obtuvieron las coordenadas UTM, necesarias para realizar el plano en AutoCAD, y así mismo conocer el área total y las dimensiones en general.

Otro estudio importante realizado es el aforo vehicular, proporcionando información del tipo y número de vehículos que estarán circulando dentro de las

vialidades de la colonia; es importante recaudar esta información para poder realizar un diseño óptimo y adecuado de la distribución del tránsito

3.1.1.- Objetivo.

El objetivo primordial de este proyecto es el diseño de un pavimento rígido, que cumpla con las normas de construcción, cumpliendo la función de brindar a los usuarios y/o habitantes un pavimento funcional y en buenas condiciones, aplicando los factores teóricos que influyen en el pavimento rígido.

3.1.2.- Alcance del proyecto.

En el presente proyecto se menciona el procedimiento de diseño del pavimento rígido, que se compara con la terracería que se encuentra actualmente en la colonia, estableciendo la situación en que se encuentra la vialidad con respecto a las normas vigentes de la construcción de pavimentos rígidos.

3.2.- Resumen ejecutivo.

En esta investigación se logró obtener planos de las vialidades pertenecientes a la colonia, los accesos a la colonia, el número de lotes sin habitar y habitantes ya establecidos dentro de la colonia, lo cual nos permitirá estimar la cantidad de vehículos que transitaran en la colonia.

Se realizó la visita al lugar para poder determinar las condiciones del estado actual y de servicio que ofrece la terracería a los usuarios, se observó las malas condiciones de la terracería, baches que fueron rellenados por los propios habitantes

con escombros productos de la construcción; se observó en tiempo de lluvia que la vialidad se vuelve intransitable, haciendo que los vecinos se organicen y cooperen monetariamente para el arreglo de la terracería.

También se analizó la normativa establecida por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte la cual establece los parámetros de calidad de los materiales que se deben utilizar para la construcción de pavimentos rígidos.

3.3.- Entorno geográfico.

Michoacán es uno de los 32 estados de la entidad federativa de México, cuenta con una superficie de 58 585 km², representando el 3% de la superficie nacional de México, estableciéndose en el lugar número 16 de los estados del país; Michoacán está ubicado en la zona centro-oeste de la República Mexicana, limitado por los estados de Guanajuato y Querétaro al norte, con Colima y Jalisco al noroeste, al sur con Guerrero, al suroeste con el Océano Pacífico y al este con el Estado de México. Michoacán está ubicado en las coordenadas latitud norte 20°24' y 17°55' y en las coordenadas longitud oeste 100°04' y 103°44'.



Imagen 3.1.- Estado de Michoacán en la República Mexicana.

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

La ciudad de Uruapan es la segunda ciudad más importante y poblada del estado de Michoacán, se encuentra en el centro-occidente del estado de Michoacán, con una extensión territorial de 954.17 km². Limitada por los municipios de Charapan, Paracho y Nahuatzen al Norte, con Gabriel Zamora al Sur, Tingambato, Taretan, Ziracuaretiro al Este y con Periban, Los Reyes y Nuevo Parangaricutiro al Oeste.

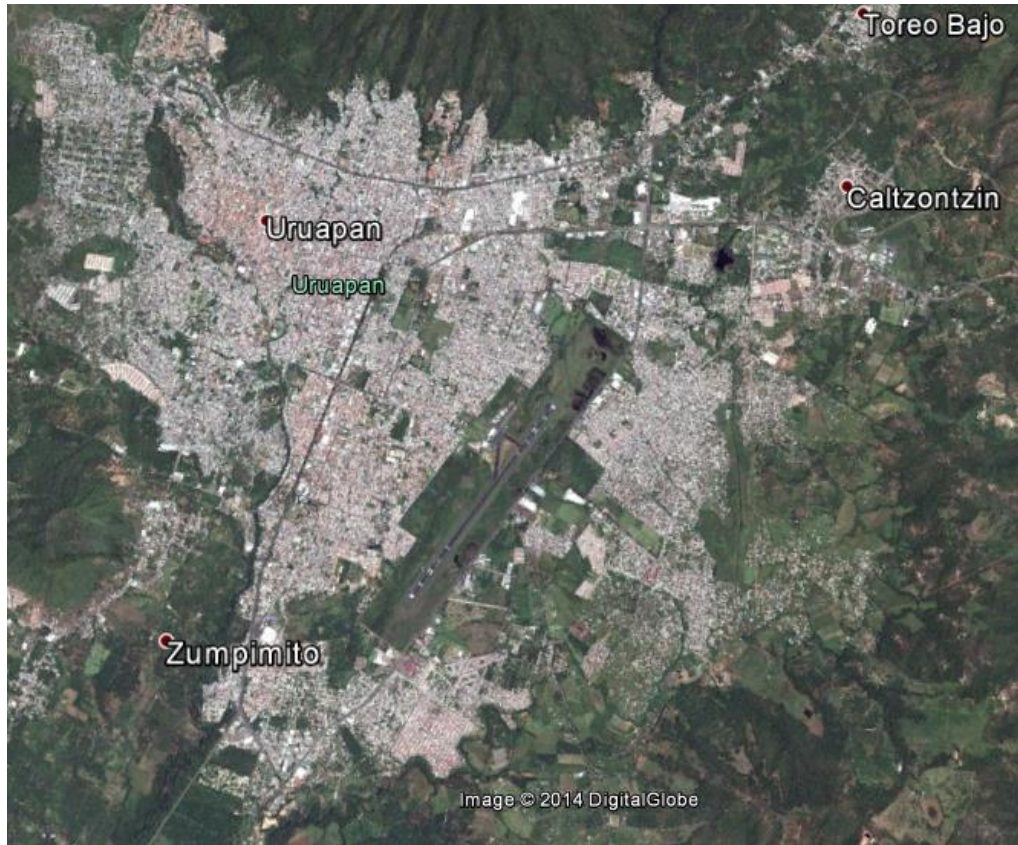


Imagen 3.2.- Uruapan Michoacán.

Fuente: Google Earth 2013.

3.3.1.- Macro y microlocalización.

El predio está ubicado en las coordenadas $19^{\circ}22'31.77''$ de latitud Norte y $102^{\circ}03'03.66''$ longitud Oeste con una altura de 1575 metros sobre el nivel del mar. Esta limitada por las colonias La Magisterial y Río Verde al Norte, por Zumpimito al Este, por Quirindavara al Oeste, y por Lomas de Zumpimito al Sur. El pedio cuenta con $35,397 \text{ m}^2$, con $2,031 \text{ m}^2$ y con 154 viviendas o lotes.



Imagen 3.3.- Ubicación de la Colonia Santa Teresa en Uruapan Michoacán

Fuente: Google Earth 2013.

3.3.2.- Geología regional y de la zona de estudio.

La geología del estado de Michoacán está formada por rocas ígneas extrusivas e intrusivas. En la sierra madre del sur afloran las rocas más antiguas, siendo las Metamórficas del Paleozoico, donde se logra apreciar las vetas de hierro y cobre, siendo una de las mayores reservas de estos metales. En el eje Neo volcánico afloran las rocas de la edad cenozoica emitidas por los volcanes el Jorullo y el Parícutín.

En la zona de estudio se aprecia a la vista un material fino de tipo limoso, color café rojizo y de consistencia suave; de acuerdo con la clasificación del SUCS es un Limo Inorgánico de Alta Compresibilidad (MH).

3.3.3.- Hidrología y clima.

Michoacán cuenta con 4 lagos importantes como el lago de Cuitzeo, lago de Pátzcuaro, lago de Zirahuén y el lago de Chapala, también cuenta con varias presas importantes, como la Francisco J. Mujica, la presa de Zicuirán, la Villita, Chilatán e Infiernillo. Su río principal es el Lerma que nace en el Estado de México y recorre el estado de Michoacán, además cuenta con otro río llamado Balsas que recorre los estados de Michoacán, Guerrero y el Estado de México.

En la ciudad de Uruapan se nace el río Cupatitzio, y su corriente de agua es de norte a sur, este se encuentra en la región hidrológica del río Balsas, y forma parte de la cuenca del río Tepalcatepec-infiernillo y del río Tepalcatepec. Uruapan tiene 4 importantes afluentes: el río Cupatitzio, la Tzaráracua, Salto escondido y la presa de Caltzontzint.

De acuerdo con los datos obtenidos en el INEGI, Uruapan cuenta con 5 tipos de clima con lluvias en verano: en el norte templado subhúmedo, en el centro templado húmedo, en otro sector del centro semicálido húmedo, al sur semicálido subhúmedo y en el extremo sur cálido subhúmedo, con temperaturas que van de los 12° a los 28°. Cuenta con una precipitación pluvial media de 1,760 mm.

En la zona de estudio atraviesa un drenaje de aguas negras y grises residuales que son transportadas a la planta de tratamiento San Antonio, ubicada en la colonia Zumpimito, al sur de la ciudad de Uruapan, este no perjudica de ninguna forma por q las dimensiones son lo suficientemente grandes sin provocar inundaciones o desbordamientos.

3.3.4.- Actividades de la región.

Según la página de internet <http://cuentame.inegi.org.mx>, Michoacán ocupa de los primeros lugares en las actividades primarias como lo son en la agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza, aportando un 11.27% al PIB estatal. Las actividades secundarias suman un 19.97% como son la minería, industria manufactureras, construcción, electricidad, agua y gas. Por otra parte las actividades terciarias aportan un 68.76%, como son comercios, restaurantes, hoteles, transportes y demás servicio.

En Uruapan las principales actividades económicas son el comercio y la agricultura, donde el fruto de la región es el aguacate, Uruapan es considerado a nivel nacional la Capital Mundial del Aguacate. En la zona turística tenemos la Tzaráracua, la Huatapera, el parque la Pinera, el Parque Nacional y la rodilla del diablo.

Dentro del predio sus actividades económicas principales son el comercio y la agricultura, la colonia está limitada por huertos de aguacate; en la ganadería dueños

particulares cuentan con caballerizas y granjas de gallos de pelea; en el comercio hay dos pequeñas tiendas de abarrotes en la colonia vecina.

3.4.- Informe fotográfico.

Se presenta un informe fotográfico de la colonia Santa Teresa, donde se observa las condiciones del suelo, las condiciones en las que se encuentra cada vialidad de la colonia, y los tipos de vehículos que circulan en dichas vialidades.



Imagen 3.4.- Acceso a la calle principal de la colonia Santa Teresa.

Fuente: Propia

En la imagen 3.4. Se observa la entrada a la calle principal, donde se encuentra una rejilla recolectora de agua pluvial y un amontonamiento de tierra y escombros para retener el agua.



Imagen 3.5.- Calle principal de la colonia santa teresa.

Fuente: Propia

En la imagen 3.5. Se observa un pozo generado por las lluvias e intentado ser tapado por los habitantes con escombros productos de la construcción, ocasionando en daño material a los vehículos y pudiendo provocar una lesión a peatón.

En la siguiente imagen 3.6. Se observa la el deterioro de la terracería, la acumulación de los escombros hacia los laterales, arrojados por los vehículos al momento de transitar la vialidad propiciando que el peatón sea lastimado físicamente.



Imagen 3.6.- Condiciones de la calle principal de la colonia Santa Teresa.

Fuente: Propia

En la imagen 3.7. Se observa en las malas condiciones que se encuentra la vialidad, además de la densa vegetación que impide el amplio aprovechamiento de toda la vialidad designada al tránsito, además de que representa un refugio para animales peligrosos como serpientes, arañas y alacranes.



Imagen 3.7.- Condiciones inapropiadas para el flujo vehicular y peatonal.

Fuente: Propia

Se observa en las imágenes 3.7. Y 3.8. el mejoramiento de la terracería por parte de la coordinación de los vecinos, aportando económicamente para la compra de material y la contratación de maquinaria.



Imagen 3.8.- Mejoramiento de la vialidad por parte de los vecinos.

Fuente: Propia



Imagen 3.9.- Compra de viajes de material para mejorar la vialidad.

Fuente: Propia



Imagen 3.10.- Tipos de vehículos que transitan la vialidad.

Fuente: Propia

En la imagen 3.10. Se logra observar los tipos de vehículos que transitan las vialidades, importantes para el diseño óptimo y construcción apropiada del pavimento rígido propuesto.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se menciona el método y procedimiento que se utiliza para realizar un análisis, y poder encontrar la solución más apropiada para la investigación en proceso. También se menciona el enfoque de la investigación, alcance de la investigación, diseño de la investigación, descripción del proceso de la investigación así como los instrumentos utilizados para la recopilación de datos.

4.1- Método empleado.

Dentro de esta investigación realizada debido a que los resultados finales, se trata de diseñar un pavimento de tipo rígido, el cual requiere un conjunto de cálculos y estudios cuantitativos; el método más apropiado a utilizar para poder llegar a un resultado final es el método matemático.

El método científico es “un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizados generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica.” (Tamayo y Tamayo, 2000; 35).

De acuerdo con Tamayo (2000), el método científico es un conjunto de procedimientos donde se plantean problemas de carácter científico y se ponen a prueba los instrumentos de trabajo investigativo y las hipótesis. Lo fundamental del método científico es poder determinar el procedimiento para poder demostrar que un

enunciado es así, debido a que cada ciencia requiere y plantea un método especial, de acuerdo con la naturaleza que estudia.

El inicio para el método científico es la realidad de su interpretación objetiva, permitiendo formular problemas de investigación, que no sean de carácter general sino especificarlos y delimitarlos, para que tengan un tratamiento adecuado; el método científico nos permite eliminar la subjetividad en la interpretación de la realidad, permitiendo la objetividad en el proceso de investigación.

El método científico elimina los procedimientos que busquen manipular la realidad de una forma caprichosa, imponiendo prejuicios, creencias o deseos que se adapten a la realidad y de los problemas que se investigan.

La investigación científica tiene sus elementos que se mencionará a continuación:

- Los conceptos.
- El concepto como abstracción.
- Conceptos y comunicación.
- Definición operacional.
- La hipótesis.

El método científico se da en el pensamiento reflexivo, es decir, que conjuga la inducción y la deducción. En este proceso de pensar reflexivo se dan cinco etapas que se mencionan a continuación:

- Percepción de una realidad.

- Identificación y definición de la dificultad.
- Soluciones propuestas para el problema: hipótesis.
- Deducción de las consecuencias de las soluciones propuestas.
- Verificación de las hipótesis mediante la acción.

Las características principales del método científico son las siguientes:

- Es fáctico.
- Trasciende los hechos.
- Verificación empírica.
- Auto correctivo.
- Formulaciones de tipo general.
- Es objetivo.

La aplicación del método científico es para la solución de diversos tipos de problemas. El científico que realiza la investigación utiliza este método para obtener nuevos conocimientos; los que cultivan la investigación aplicada, lo utilizan para hallar un producto que mejore la condición de vida existente.

4.1.1.- Método matemático.

El método matemático es un método cuantitativo, que se basa en la utilización de números o cantidades. Para en esta investigación se hacen cálculos numéricos, procedimientos posteriormente establecidos y estudios cuantitativos, concluyendo que este método es el más adecuado para la presente investigación.

El método matemático es generalmente utilizado en las ciencias exactas, dentro de la cual se encuentra la ingeniería civil. Para poder diseñar un pavimento rígido es necesario realizar cálculos y procedimientos adecuados para lograr una mayor exactitud al objetivo planteado.

4.2.- Enfoque de la investigación.

La investigación es “un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno.” (Hernández y Cols, 2010; 4). Una investigación es la búsqueda de soluciones a problemas establecidos a resolver, como también puede ser la búsqueda de procedimientos y conocimientos para determinada ciencia.

El enfoque cuantitativo es “la recolección de datos para probar hipótesis, con base a la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.” (Hernández y Cols, 2010; 4).

A continuación se presenta un esquema de las fases del proceso cuantitativo:

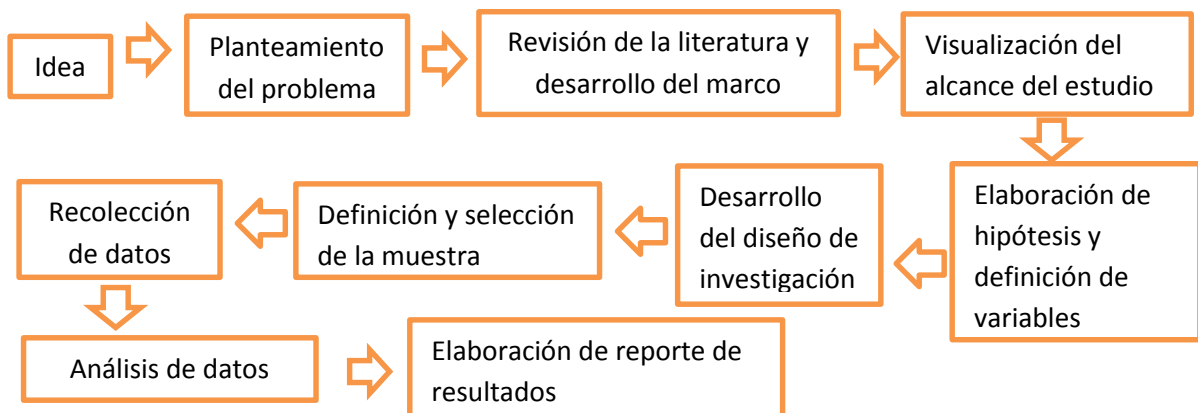


Figura 1.1.- Fases del proceso cuantitativo.

Fuente: Hernández y Cols (2010)

Dentro de esta investigación se pretende diseñar un pavimento rígido, por lo que se trabajará con la investigación cuantitativa, con la cual se puede obtener ampliamente más resultados, así como un control estricto sobre los procesos a realizar.

4.2.1.- Alcance de la investigación.

La presente investigación se clasifica como de alcance descriptivo, ya que describe situaciones, eventos y hechos, es decir, como es y cómo se manifiesta el fenómeno analizado; se evalúa o recolectan datos como las dimensiones, aspectos y componentes del fenómeno a investigar.

Los estudios descriptivos son los que “buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.” (Hernández y Cols, 2010; 80).

4.3.- Diseño de la investigación.

El diseño es “el plan o estrategia que se desarrolla para obtener información que se requiere en una investigación.” (Hernández y Cols, 2010; 121). El diseño sirve para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto particular y así poder aportar evidencias de los lineamientos de la investigación.

Partiendo de lo dicho por Hernández y Cols (2010), existen dos tipos de diseños, la investigación experimental y la no experimental; la investigación experimental se divide de acuerdo a las categorías de Campbell y Stanley en

preexperimentos, experimentos puros y en cuasiexperimentos; la investigación no experimental se subdivide en diseños transversales y diseños longitudinales.

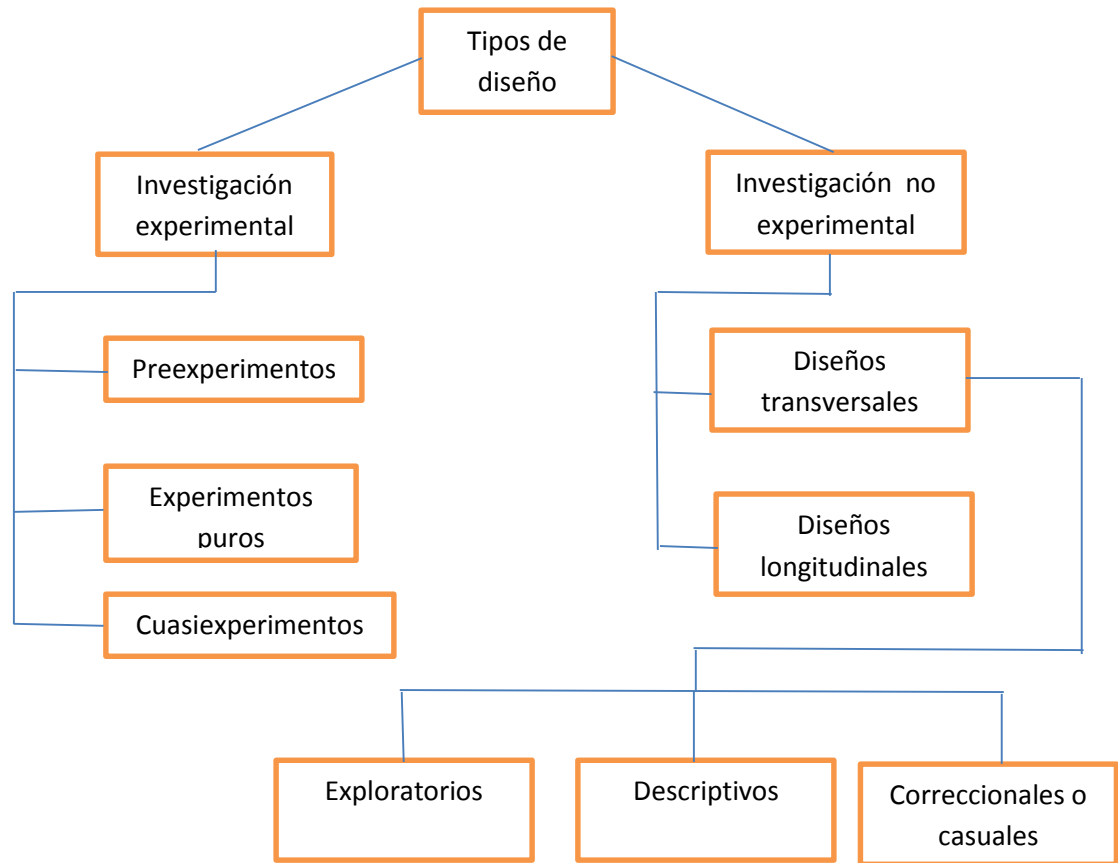


Figura 1.2.- diagrama de tipos de investigación

Fuente: Propia (información de Hernández y Cols, 2010; 121)

En la presente investigación es no experimental, debido a que se recolectan datos de un solo momento, en un tiempo único, con el propósito de analizar y describir las variables de su incidencia y la interrelación en dicho momento.

Una investigación no experimental son “Los estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después ser analizados.” (Hernández y Cols, 2010; 149).

De acuerdo con Hernández y Cols (2010), una investigación no experimental no se hacen variar las variables de manera intencional para ver su efecto sobre otras variables, sino observar los fenómenos en un contexto natural, para poder ser analizados posteriormente, es decir, que la investigación no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan las situaciones ya existentes, sin manipular de manera intencional las variables independientes debido a que no se tiene control directo sobre dichas variables, ni se puede influir sobre ellas, porque ya sucedieron al igual que los efectos.

La investigación no experimental se clasifica por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos del tiempo, en donde se recolectan datos, esta investigación se centra en:

- Analizar cuál es el nivel o modalidad de una o diversas variables en un momento dado.
- Evaluar una situación, comodidad o evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo.
- Determinar o ubicar cuál es la relación entre un conjunto de variables en un momento.

Según Hernández y Cols (2010), una investigación transaccional o transversal tiene la función de recolectar datos en un solo momento, en un tiempo exacto, además de describir las variables, así como analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Los diseños transaccionales se dividen en tres: exploratorios, descriptivos y correlacionados-casuales.

La función de los diseños transaccionales exploratorios es conocer las variables o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento o una situación, donde se aplican problemas de investigación nuevos o poco conocidos.

El objetivo de los diseños transaccionales descriptivos es indagar la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables proporcionando una descripción de dichas variables, son estudios puramente descriptivos.

En la presente tesis se tomara el diseño de investigación transaccional o transversal descriptivo, debido a que la recopilación de datos en esta investigación son tomados en un momento único, observando su incidencia en el objetivo y describiendo variables finales de la investigación.

4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

En la presente investigación se ha recopilado datos por medio de una investigación cuantitativa utilizando una estación total para el trazo y nivelación de las calles a pavimentar, obteniendo las pendientes del terreno, los cortes y terraplenes que se realizarán. Una estación total es un instrumento electro-óptico utilizado generalmente en la topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la

tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Se utilizó el programa asistido por computadora llamado AutoCad versión 2010, para interpretación de los puntos geográficos obtenidos por la estación total, así como para obtener el mejor el diseño del pavimento, el volumen total de excavación, el volumen total de material utilizado para el mejoramiento del suelo, el área total a pavimentar y los metros cúbicos de concreto necesarios. El programa AutoCAD es un software que permite realizar dibujos digitales de plano de edificios, puentes, carreteras, etc. o recreación de imágenes 3D.

Dentro de la investigación se han recopilado datos por medio de la observación cuantitativa, es decir, se cuantifico el número de viviendas, el número de vehículos que transitan por las vialidades, considerando la clasificación de los vehículos y las consideraciones de cargas que estos aplican al pavimento.

Ya obtenido los datos necesarios, se utilizó programas de cómputo de la paquetería de Microsoft Office llamados Excel y Word para poder realizar una hoja de cálculo del diseño de un pavimento rígido, facilitando la realización de las iteraciones y cálculos requeridos en este método. Excel es un software que permite crear tablas, y calcular y analizar datos. Word es un software que permite crear documentos en un equipo; Word sirve para crear textos con una buena apariencia mediante fotografías o ilustraciones multicolores como imágenes y agregar figuras como mapas y tablas.

4.5.- Descripción del procedimiento de investigación.

Primero se ubicó el sitio donde se realizará la tesis, se hizo uso de programas de cómputo sobre ubicación satelital como Google Earth y Google Maps para obtener la ubicación exacta del sitio, posteriormente se hizo una visita al sitio de investigación para conocer las condiciones actuales de las vialidades, con una cámara digital se tomaron fotografías para documentar en las condiciones en que se encontraba.

Se realizó una consulta bibliográfica general para poder conocer la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte para la construcción de pavimentos rígidos, manuales de construcción de pavimentos, así como diferentes libros de reconocidos autores.

Ya obtenida toda la información necesaria para el diseño del pavimento rígido se realizó una hoja de cálculo, mediante la utilización de softwares de computo como Excel y Word, elaborando una hoja de cálculo en el software Excel como ayuda para las iteraciones y tanteos necesarios para la construcción del pavimento rígido. Por último se utilizó el software de computo llamado AutoCAD versión 2010 realizando un dibujo digital del plano del pavimento rígido.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En este capítulo se realizará el cálculo y diseño del pavimento rígido, así como un levantamiento topográfico, un aforo vehicular en el dicho predio y se realizaron pruebas en un laboratorio de mecánica de suelos para obtener el VRS.

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

A continuación se presenta la tabla para la obtención del módulo de reacción por el VRS.

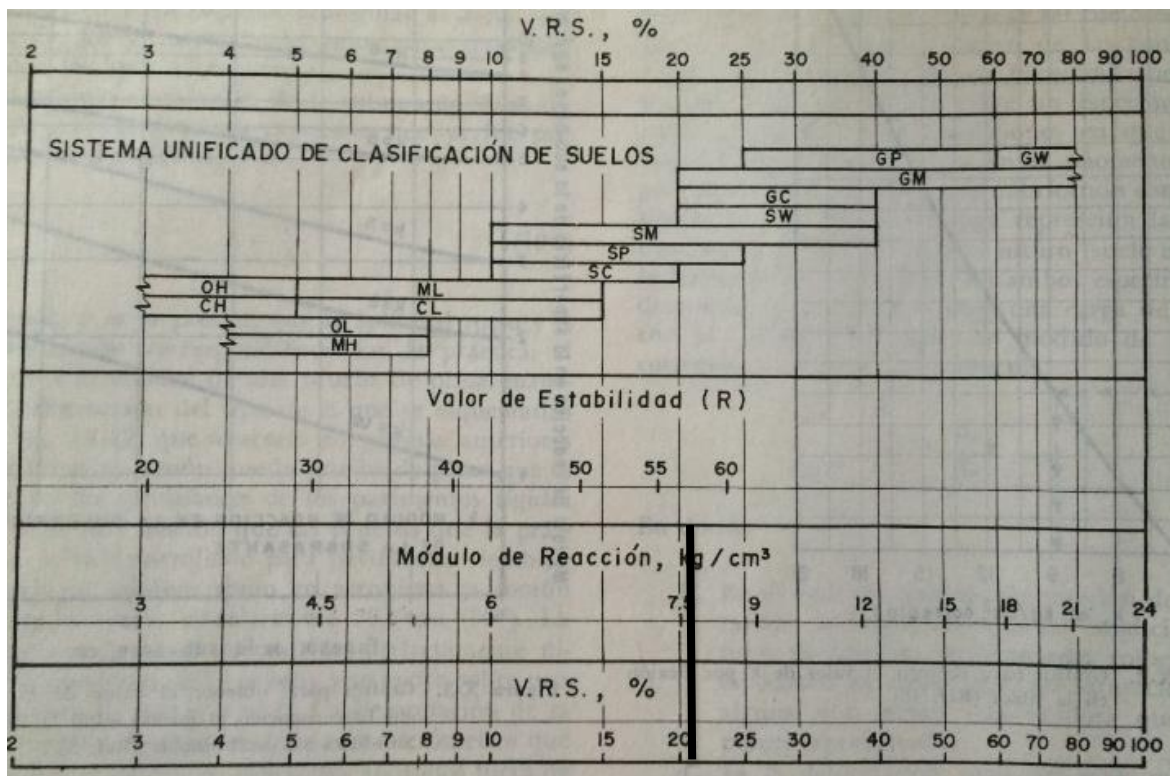


Imagen 5.1.-Obtención del módulo de reacción por el VRS.

Fuente: Rico y Del Castillo; 212: 1994.

De acuerdo con el VRS obtenido en la prueba de laboratorio, el cual es de 22.48% se obtiene el Módulo de Reacción el cual es de 7.8 Kg/cm³. El valor obtenido de la gráfica anterior, es necesario mejorarlo, para la cual se propone un espesor de la sub-base de 20 cm. Con los siguientes datos se analizarán en la siguiente gráfica para obtener el Módulo de Reacción mejorado.

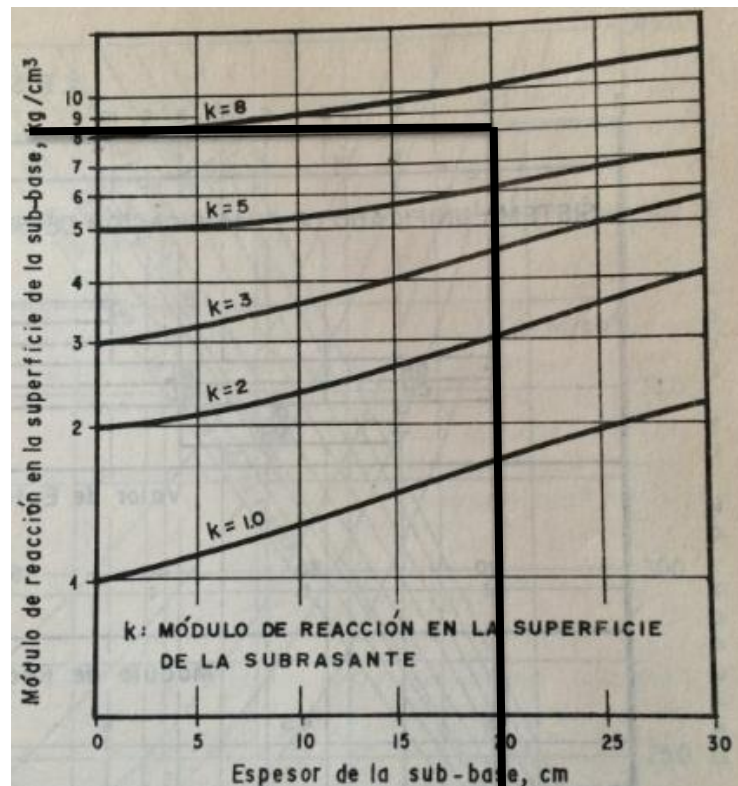


Imagen 5.2.- Gráfica para obtener el Módulo de Reacción mejorado.

Fuente: Rico y Del Castillo; 211: 1994.

Como se logra apreciar en la gráfica anterior, se obtuvo un Módulo de Reacción mejorado proponiendo el espesor de la sub-base de 20 cm y el Módulo de Reacción de 7.8 Kg/cm³, obteniendo el Módulo de Reacción Mejorado con un resultado de 9 Kg/cm³, el cual es necesario para el cálculo del espesor de la losa de concreto.

A continuación se presentará el aforo vehicular realizado durante las fechas de 8 al 12 de Septiembre del 2014, durante los horarios de 1 a 2 PM Y 6 a 7 PM.

Fecha							
	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes		
	08-sep-14	09-sep-14	10-sep-14	11-sep-14	12-sep-14		
Clasificacion							
1:00 a 2:00 PM						Sub-Total	
Ap	21	16	13	8	12	70	
Ac	14	10	5	7	9	45	
B						0	
C2						0	
C3						0	
T2-S1	2	2	1		2	7	
T2-S2						0	
T3-S2	2	2	1	1	1	7	
6:00 a 7:00 PM						Sub-Total	
Ap	18	18	12	5	10	63	133
Ac	12	8	10	7	9	46	91
B						0	0
C2						0	0
C3						0	0
T2-S1	1		1	1	1	4	11
T2-S2		1		1		2	2
T3-S2	1	1	1		1	4	11
						Transito total	248
Clasificacion	%						
Ap	53.62903						
Ac	36.69355						
B	0						
C2	0						
C3	0						
T2-S1	4.435484						
T2-S2	0.806452						
T3-S2	4.435484						
TDPA	198.4	por lo tanto	199				

Diagrama de tipos de vehículos clasificados de Ap a T3-S2 con sus respectivas dimensiones y capacidades:

- Ap: 1. Carga = 2.5 ton
- Ac: 2. 25 pasajeros
- B: 3. Carga = 5.1 ton
- C2: 4. Carga = 6.7 ton
- C3: 5. Carga = 9.7 ton
- T2-S1: 6. Carga = 13.0 ton
- T2-S2: 7. Carga = 16.0 ton
- T3-S2: 8.

Imagen 5.3.- Aforo vehicular

Fuente: Propia

Es necesario utilizar la siguiente gráfica para poder conocer el esfuerzo actuante en ejes sencillos (MR), se propondrá un espesor de losa de concreto hidráulico de 15 cm, el Módulo de Reacción Mejorado (K) de 9 Kg/cm³, y los pesos en ejes sencillos según el tipo de vehículo, los cuales serán de 2.5, 9.7, 13.3 y 16 toneladas.

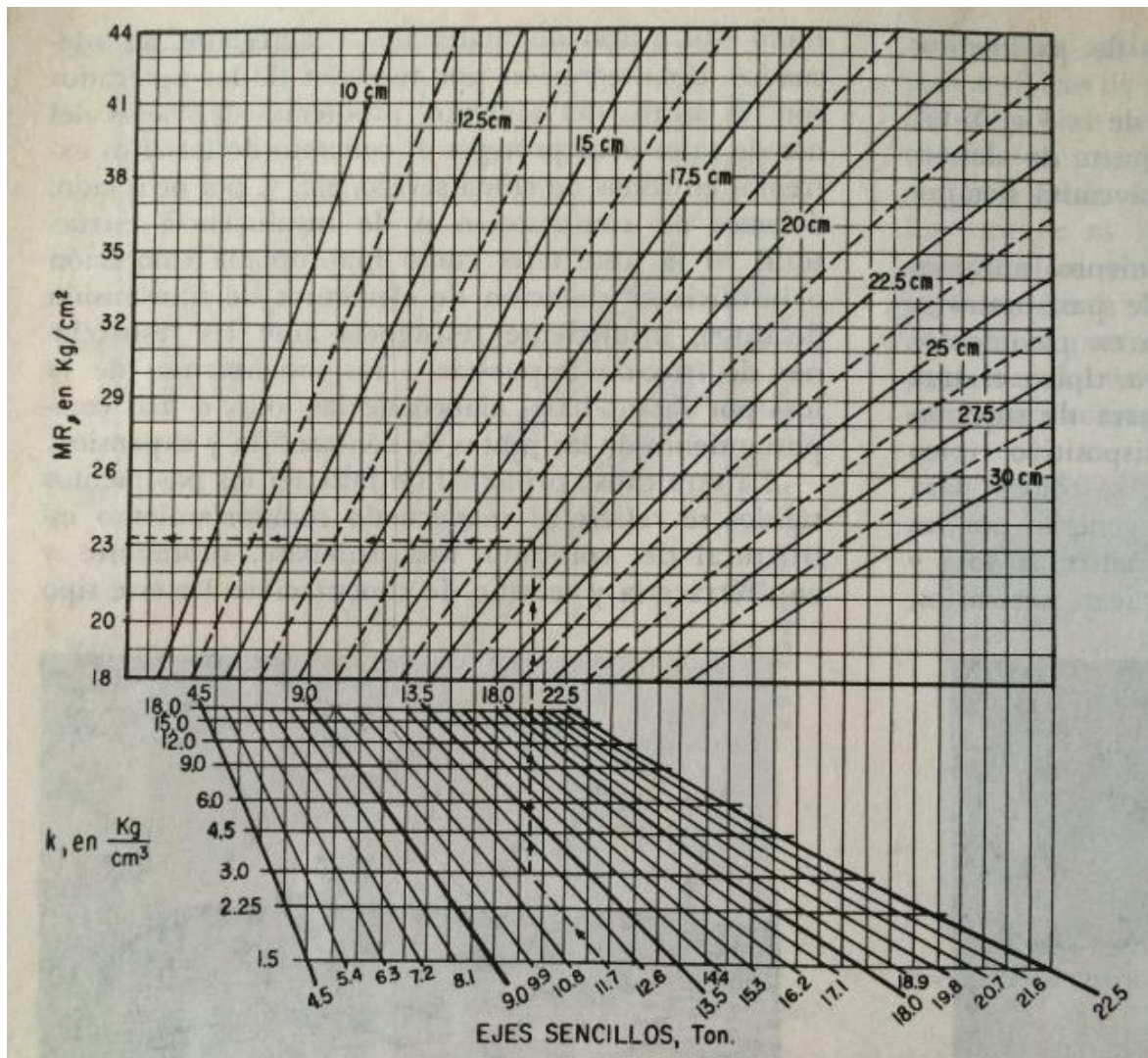


Imagen 5.4.- Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes sencillos.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

Al entrar con los valores anteriormente dichos se obtiene que para 2.5 t se tiene un MR menor de 18 Kg/cm².

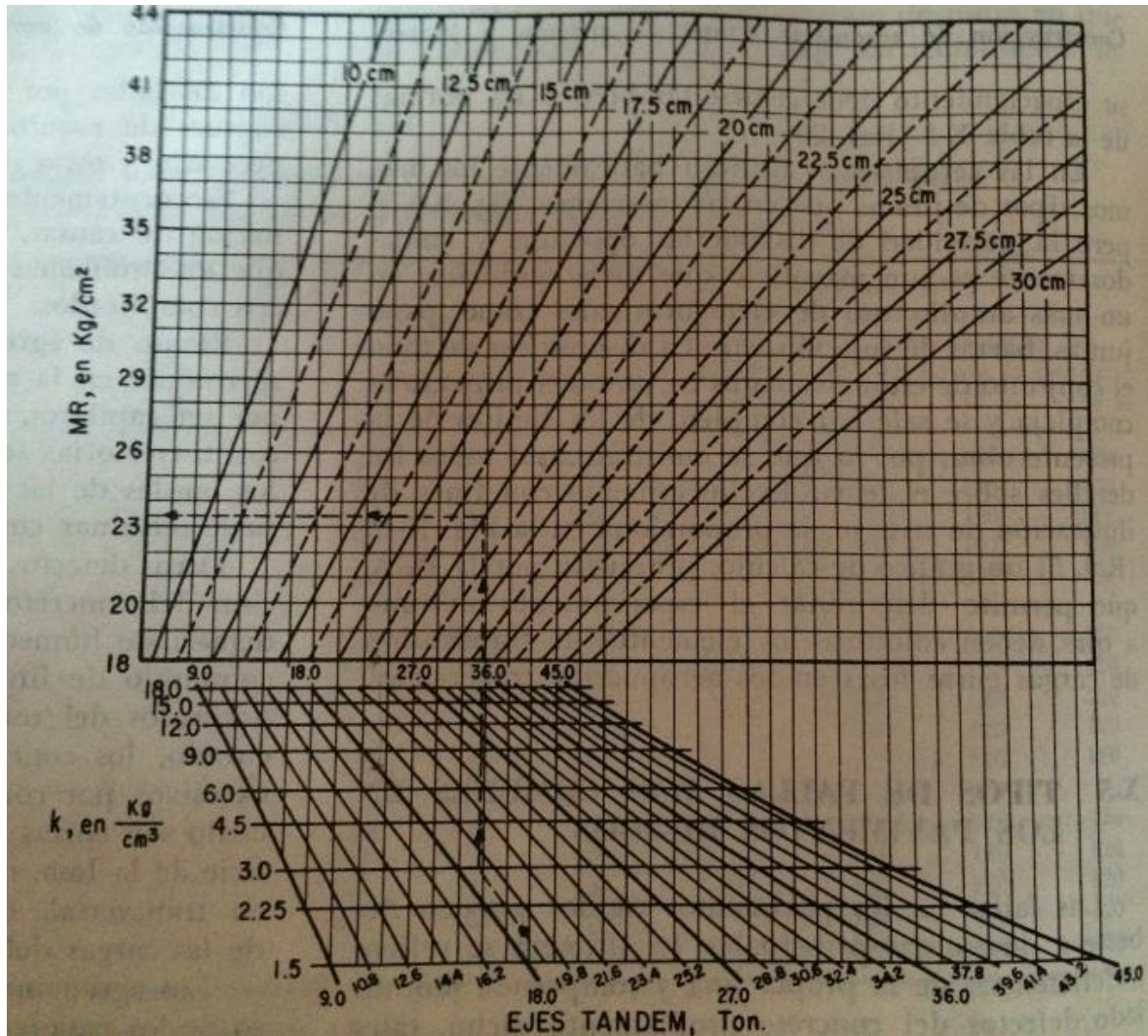


Imagen 5.5.- Gráfica para obtener el esfuerzo actuante en ejes tándem.

Fuente: Rico y Del Castillo; 222: 1994.

Al entrar con los valores correspondientes se obtiene que para 9.7 t se tiene un MR menor de 18 Kg/cm², para 13.3 t se tiene un MR 18.7 Kg/cm² y para 16 t se obtiene un MR de 22 Kg/cm². Ahora al tener los valores de MR para ejes sencillos y ejes tándem es necesario calcular la relación de resistencias, la cual solo se

calculará para los valores de MR mayor a 18 Kg/cm² los que sean menores se tomará una relación de resistencias de 0.50. Esta relación de resistencias se calculará mediante la siguiente formula:

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

Calculando para ejes sencillos:

$$\underline{Rr = 0.50}$$

Calculando para ejes tándem:

$$Rr = \frac{18.7}{36}$$

$$\underline{Rr = 0.52}$$

$$Rr = \frac{22}{36}$$

$$\underline{Rr = 0.61}$$

Con los valores de relación de resistencias obtenidos se observara la siguiente imagen, para determinar si es permisible el número de repeticiones.

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

Imagen 5.6.- Tabla para obtener el número permisible de repeticiones.

Fuente: Rico y Del Castillo; 215: 1994.

A continuación se procederá a calcular el porcentaje de fatiga consumido, a partir del valor numérico obtenido en la tabla anterior, calculándose de la siguiente manera:

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

Los cálculos se realizarán en una hoja de cálculo para facilitar el procedimiento, a continuación se presenta la hoja de cálculo.

METODO PORTLAND CEMENT ASOCIATION.								
CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN PORCENTAJE:						DATOS GENERALES:		
Ap =	51.00%	Ac =	36.00%	B2, B3 =	2.00%	TPDA 1 =	199.0	
C2 =	1.00%	C3 =	1.00%	T2 - S1 =	4.00%	TASA CRECIMIENTO ANUAL	1.10%	
T2 - S2 =	1.00%	T3 - S2 =	4.00%			PERIODO DE DISEÑO AÑOS	20.0	
Suma Porcentaje =	100.00%							
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Número de Vehículos	Número de Ejes del Vehículo			Peso de los Ejes. (Ton)	
				Delanteros	Traseros	TOTALES	Delanteros	Traseros
EJES SENCILLOS								
Ap	5.0	51.0%	101	101	101	202	1.0	1.0
Ac	5.0	1.0%	2	2	2	4	1.6	3.3
B2	17	2.0%	4	4	4	8	4.2	8.3
C2	10	1.0%	2	2	2	4	5.5	---
C3	17.0	1.0%	2	2	---	2	5.5	---
T2-S1	25	4.0%	8	8	---	8	5.5	---
T2-S2	25	1.0%	2	2	---	2	5.5	---
T3-S2	30.0	4.0%	8	8	---	8	5.5	---
EJES TANDEM								
C2	10	1.0%	2	---	2	2	---	18.0
C3	17	1.0%	2	---	2	2	---	18.0
T2-S1	25	4.0%	8	8	8	16	18.0	18.0
T2-S2	25	1.0%	2	2	2	4	18.0	18.0
T3-S2	30	4.0%	8	8	8	16	18.0	22.5
Tipo de Vehículo.	Peso Total (Ton)	Composición de Tránsito	Clasificación de Ejes		Total Ejes	REPETICIONES ESPERADAS		
			Peso Eje	Total Ejes	C/1000 Vehic			
EJES SENCILLOS								
A2	2.0	0.5%	1	202	1015.08	100,939.24		
B2	15.5	2.0%	5.5	26	130.65	12,992.18		
C2	15.5	1.0%	10	4	20.10	1,998.80		
C3	23.0	1.0%						
T2-S1	24.5	4.0%						
T2-S2	31.5	1.0%						
T3-S2	39.0	4.0%						
T3-S3	43.0	0.0%						
EJES TANDEM								
C2	15.5	1.0%	18	32	160.80	15,990.37		
C3	23.0	1.0%	22.5	8	40.20	3,997.59		
T2-S1	24.5	4.0%						
T2-S2	31.5	1.0%						
T3-S2	39.0	4.0%						
T3-S3	43.0	0.0%						
CALCULO DEL VOLUMEN TOTAL DE VEHICULOS EN LA VIDA DE PROYECTO.								
TPDA1	199.0	Tránsito promedio diario anual.		n =	20.0	P. de diseño (años).		
FP =	1.24	Factor de Proyección.						
N =	2.0	Numero de carriles en un sentido.						
r =	1.10%	Tasa de crecimiento anual.						
Tcp =	11%	Porcentaje de vehículos pesados.						
CCP =	1.0	Factor corrección de tránsito en el carril de diseño.				vt =	99,440.14	

METODO PORTLAND CEMENT ASOCIATION.						
CALCULO DE ESPESORES:						
Resistencia de proyecto; Concreto f'c kg/cm ² =	270.00	Modulo de Ruptura kg/cm ² =	32.40			
Factor de seguridad=	1.0	Camino secundario "VIALIDAD INTERNA"				
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 15 CM.						
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido	
EJES SENCILLOS						
1.0	1.0		0.50	400,000.00	25.2%	
5.5	5.5		0.50	400,000.00	3.2%	
10.0	10.0		0.50	400,000.00	0.5%	
EJES TANDEM						
18.0	18.0		0.52	300,000.00	5.3%	
22.5	22.5		0.61	24,000.00	16.7%	
SUMA =					51%	MENOR AL 100% CORRECTO
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 17.5 CM.						
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido	
EJES SENCILLOS						
1.0	1.0		0.50	400,000.00	25.2%	
5.5	5.5		0.50	400,000.00	3.2%	
10.0	10.0		0.50	400,000.00	0.5%	
EJES TANDEM						
18.0	18.0		0.50	400,000.00	4.0%	
22.5	22.5		0.50	400,000.00	1.0%	
SUMA =					34%	MENOR AL 100% CORRECTO
SUPONIENDO UN ESPESOR DE LOSA DE 14 CM.						
Peso por Eje	Peso afectado por F.S.	Esfuerzo actuante	Relación de Esfuerzos	Repeticiones permisibles	Porcentaje de Fatiga consumido	
EJES SENCILLOS						
1.0	1.0		0.50	400,000.00	25.2%	
5.5	5.5		0.50	400,000.00	3.2%	
10.0	10.0		0.50	400,000.00	0.5%	
EJES TANDEM						
18.0	18.0		0.60	32,000.00	50.0%	
22.5	22.5		0.67	4,500.00	88.8%	
SUMA =					168%	MAYOR AL 100% INCORRECTO

Imagen 5.7.- Cálculo por el método PCA

Fuente: Propia

Al momento de calcular y sumar el porcentaje de fatiga consumido con diferentes espesores, se llega a la seleccionar la losa con 15 cm de espesor, debido a que es la más cercana al cien por ciento, además de que brindará un factor de seguridad que se interpretará en mayor tiempo de servicio del pavimento rígido.

ESPEJOR PAVIMENTO (cm)	TAMAÑO DE VARILLA (cm)	Distancia al extremo libre			
		305 cm	366 cm	427 cm	732 cm
12.7	1.27 x 61	76 cm	76 cm	76 cm	71 cm
14.0	1.27 x 64	76 cm	76 cm	76 cm	64 cm
15.2	1.27 x 66	76 cm	76 cm	76 cm	58 cm
16.5	1.27 x 69	76 cm	76 cm	76 cm	53 cm
17.8	1.27 x 71	76 cm	76 cm	76 cm	51 cm
19.1	1.27 x 74	76 cm	76 cm	76 cm	46 cm
20.3	1.27 x 76	76 cm	76 cm	76 cm	43 cm
21.6	1.27 x 79	76 cm	76 cm	71 cm	41 cm
22.9	1.59 x 76	91 cm	91 cm	91 cm	61 cm
24.1	1.59 x 79	91 cm	91 cm	91 cm	58 cm
25.4	1.59 x 81	91 cm	91 cm	91 cm	56 cm
26.7	1.59 x 84	91 cm	91 cm	91 cm	53 cm
27.9	1.59 x 86	91 cm	91 cm	91 cm	51 cm
29.2	1.59 x 89	91 cm	91 cm	91 cm	48 cm
30.5	1.59 x 91	91 cm	91 cm	91 cm	46 cm

Imagen 5.8- Tabla de recomendaciones de espaciamiento.

Fuente: Manual del Constructor; 180: 2003.

En seguida se procederá a analizar en la tabla anterior las recomendaciones de espaciamiento máximo así como el tamaño de la varilla para una losa de 15 cm y una distancia al extremo libre de 3.66 cm, obteniendo como resultado una varilla de 1.27 x 66 cm y una distancia de 76 cm.

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

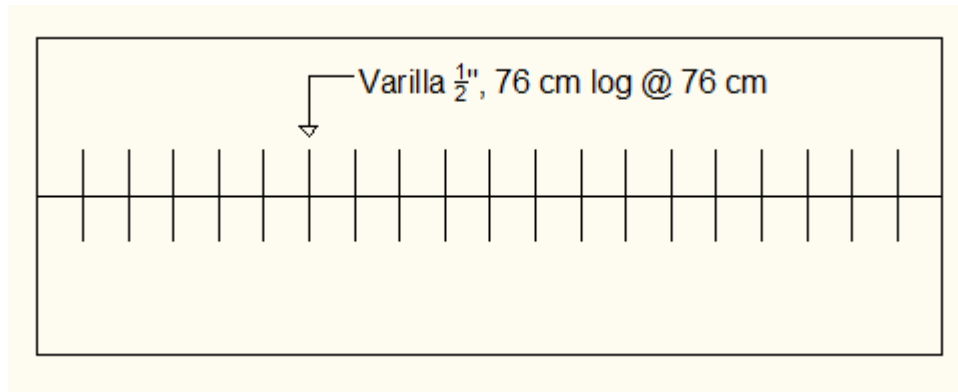


Imagen 5.9.- Juntas longitudinales para diseño de pavimento rígido.

Fuente: Propia.

Ahora se determinará el diseño de pasajuntas analizando la tabla de diámetros y longitudes recomendadas en pasajuntas.

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
mm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	35	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18

Imagen 5.10.- Diámetros y longitudes recomendadas en pasajuntas.

Fuente: Manual del Constructor; 182: 2003.

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

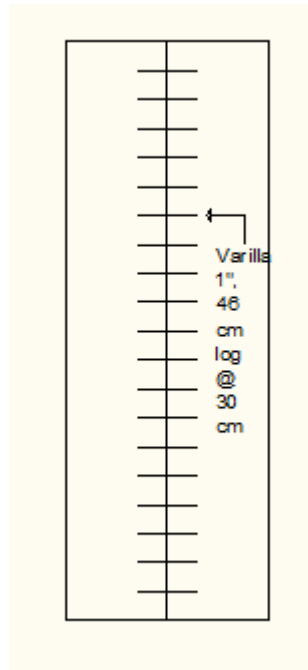


Imagen 5.11.- Juntas transversales para diseño de pavimento rígido.

Fuente: Propia.

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

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

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

Donde:

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

D = Espesor del pavimento.

Calculando para un espesor de 15 cm.

$$\text{SJT} = (24) \times 15$$

$$\underline{\text{SJT} = 360 \text{ cm} < 500 \text{ cm}}$$

Para aceptar este valor tiene que cumplir con la expresión siguiente:

$$0.71 < X / Y < 1.4$$

En donde:

X = Distancia vertical de la losa.

Y = Distancia horizontal de la losa.

Calculando se tiene:

$$\frac{3.6}{4} = 0.9$$

$$\underline{0.71 < 0.9 < 1.4}$$

Por lo tanto cumple y la separación de juntas será de 3.6 m. Y quedará de la siguiente forma:

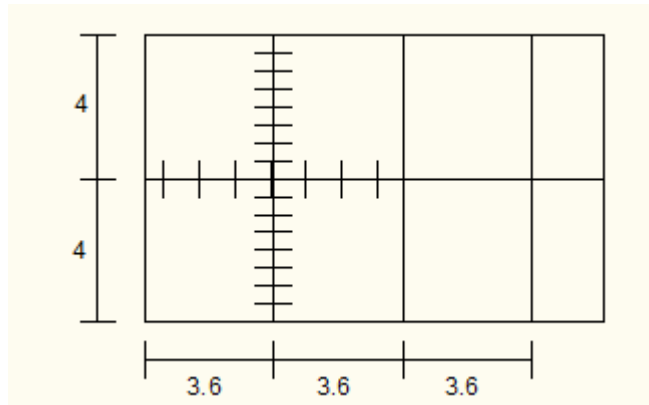


Imagen 5.12.- Diseño de Losas.

Fuente: Propia.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con la investigación realizada y partiendo de que el objetivo general que se pretendía era diseñar y construir pavimento rígido para la colonia Santa Teresa, ubicada en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán. Se ha llegado a la conclusión de que el objetivo general sí se cumplió. El objetivo se logró mediante la indagación de fuentes de información teórica y práctica, necesarios para conocer el procedimiento para el diseño y construcción de dicho pavimento rígido, para posteriormente obtener las muestras inalteradas de campo, estas fueron analizadas en un laboratorio de mecánica de suelos para la obtención del Valor Relativo de Soporte (VRS), módulo de reacción y el peso específico del suelo. También se realizó un aforo vehicular en el predio analizado para determinar el tipo y cantidad de flujo vehicular que transita en las vialidades de la colonia.

Una vez obtenidos todos los datos anteriormente mencionados, se realizó el cálculo del pavimento rígido por el método PCA (Portland Cement Association), para poder determinar el espesor de la losa de pavimento rígido, llegando a la conclusión que el espesor de la losa más favorable es de 15 cm.

Con respecto a los objetivos particulares, en el primero se busca comprobar si el pavimento que se diseñó cumplirá con las condiciones de servicio, llegándose a la conclusión de que el pavimento rígido brindará sus condiciones de servicio por más de 20 años. Otro objetivo era definir el concepto de concreto, el cual es una mezcla

de un aglomerado, generalmente cemento Portland con agregados, agua, y aditivos específicos.

Para definir el concepto de pavimento se llegó a la conclusión de que es un conjunto de capas apropiadas, comprendidos entre el nivel superior de la terracería y la superficie de rodamiento. El último objetivo era definir el pavimento a utilizar; se utilizará pavimento rígido con un espesor de losa de 15 cm, de acuerdo a los cálculos realizados.

En cuanto a la pregunta de investigación ¿Cuál es el diseño requerido para la construcción de concreto rígido en la colonia Santa. Teresa en la ciudad de Uruapan, Michoacán?, se concluyó que se diseñó por el Método PCA (Portland Cement Association), el cual se consideró el más apropiado para dicho pavimento.

Ahora bien, también se resolvieron otras dudas, como, ¿Qué tipo de pavimento será el más adecuado para la colonia Santa Teresa?, encontrándose que el pavimento más adecuado es el pavimento rígido, debido a su durabilidad, comodidad y la buena calidad que proporcionará. Así mismo, en cuanto a, ¿Qué características debe de tener pavimento rígido para que satisfaga las necesidades de la colonia?, las características principales será un concreto con un MR de 24 y un espesor de losa de 15 cm, a todo lo largo y ancho de la losa.

Con respecto a los principales hallazgos teóricos son el método PCA, debido a que no tenía el conocimiento teórico de como diseñar y calcular el pavimento. Otro hallazgo es el tipo de ejes que tienen los vehículos, de los cuales actualmente puedo comprender el significado de eje sencillo y eje tándem.

BIBLIOGRAFÍA

Love T.W. (2011)

El concreto en la construcción.

Ed. Trillas, México.

Cemex Concretos (2003).

Manual del Constructor.

Ed. Cemex.

Crespo Villalaz, Carlos (1996).

Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos.

Ed. Limusa, México.

Hernández Sampieri, Roberto y Colaboradores (2003).

Metodología de la Investigación.

Ed. McGraw Hill, México.

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

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas.

Ed. Limusa, México.

Tamayo y Tamayo, Mario (2000).

El Proceso de la Investigación Científica.

Ed. Limusa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

www.inegi.com.mx

www.wikipedia.com

www.googlemaps.com.mx

ANEXOS

