

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**BASES TEORICAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL
CENTRO POBLADO EL MILAGRO, TRUJILLO, 2018**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE BACHILLER**

AUTOR:

SOLANO ORBEGOSO JAIRO NEIL

TRUJILLO – PERÚ

2018



HOJA DE FIRMAS

Mg. Ing. Enrique Manuel Durand Bazán

Mg. Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz



DEDICATORIA

A Dios porque gracias al él logre mi objetivo, a mi padre Arterio por siempre estuvo apoyándome en todo momento, a mi madre que físicamente no está conmigo pero sé que siempre me guía para yo cumplir mis metas

A mis hermanos y a toda mi familia por su compañía y sus palabras de aliento para yo cumplir mis metas. A mi abuelito Antero por sus consejos para ser una mejor persona y a mis demás abuelos que sé que desde el cielo me guían para que todo me salga bien.

A mi esposa que siempre está conmigo apoyándome en todo momento con sus palabras de aliento, con su amor, su comprensión. A mi adora hija Ariana porque ella es mi motor y motivo para superarme cada día más.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecer a Dios brindarme una buena salud para poder logra mis objetivos.

Un agradecimiento especial a la Universidad Privada de Trujillo (UPRIT) por abrirme las puertas y permitirme ser parte de su institución y así yo lograr mi objetivo. Terminar mi carrera profesional, y así también el agradecimiento a todos los docentes por brindarme sus conocimientos, experiencias y su apoyo para poder culminar mi carrera.

A mi padre porque gracias a él me supo llevar por un buen camino a pesar de no tener el apoyo de mi madre él supo sacarme adelante con su amor su trabajo su paciencia su comprensión. A mi madre que siempre me guía desde el cielo.

Agradezco también a mi asesor JOSUALDO CARLOS VILLAR QUIROZ gracias por brindarme sus conocimientos científicos, por su apoyo, por su orientación para realizar un buen trabajo.

Y para finalizar agradezco a todos mis compañeros de clases que estuvieron todos los niveles conmigo ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral logramos todos juntos terminar nuestros estudios y seguir adelante.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE FIRMAS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CONTENIDOS	v
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
Capítulo I: INTRODUCCION.....	10
1.1 Delimitación del problema	11
1.2. Formulación de problema de investigación	12
1.3. Justificación.....	12
1.4. Objetivos	12
1.4.1 Objetivo general	12
1.4.2 Objetivos específicos	13
1.5. Procedimientos metodológicos seguidos	13
1.5.1. La técnica:	13
1.5.2. El instrumento	13



II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES, ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTIÓN”

2.1. Antecedentes	14
2.2. Bases Teóricas.....	19
2.2.1. Definición de pavimento	19
2.2.1.1. Pavimento flexible	20
Definición del cemento asfáltico.....	21
Elementos de un pavimento flexible y su función	21
Elementos de un pavimento:	22
Las características fundamentales que debe cumplir un pavimento flexible	26
2.2.1.2. Pavimento Rígido.....	28
Métodos de construcción.....	31
2.2.2. Datos necesarios para el diseño	32
2.2.3. Procedimiento del diseño de pavimento flexible	35
Levantamiento topográfico (estación total)	35
Estudio de Mecánica de Suelos.....	38
Análisis de tráfico	41
Tipos de Métodos de Diseño de Pavimento.....	52
III CONCLUSIÓN	54
IV REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
V ANEXOS	57



INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

TABLA N° 01: Clasificación de suelos de acuerdo al CBR.....	41
TABLA N° 02: Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera.....	42
TABLA N° 03: Índice de servibilidad.....	43
TABLA N° 04: Factor de Crecimiento.....	46
TABLA N° 05: Capacidad del Drenaje.....	50
TABLA N° 06: Valores m_i para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.....	51
GRAFICO N° 01: Corte transversal del pavimento flexible.....	20
GRAFICO N° 02: Corte transversal del pavimento rígido.....	28
GRAFICO N° 03: Componentes principales del pavimento rígido.....	29
GRAFICO N° 04: Procedimiento topográfico.....	37



RESUMEN.

La presente investigación se realizó en Trujillo, en la Universidad Privada de Trujillo, para elaborar dicha investigación se propuso el diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal del centro poblado el Milagro, y para lograr el objetivo se realizó: el estudio de todas las bases teóricas y antecedentes involucrados en el diseño de pavimento flexible, también se estudió todos los parámetros de diseño como son: estudio topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio de tráfico, para así realizar un diseño óptimo para mejorar la calidad de vida de la población reduciendo la contaminación por causas del polvo; la presente investigación realizada es de tipo no experimental de diseño transversal descriptivo, la recolección de datos se realizó utilizando la técnica de revisión y el análisis de contenido, el instrumento utilizado fue el análisis documental, el método utilizado fue la estadística descriptiva, el problema es que diferentes calles y avenidas no cuentan con una carpeta asfáltica esto ocasiona un mal estar en la población y afecta directamente a los transportistas.

Palabra clave:

Bases teóricas, transporte, pavimento, método AASHTO.



ABSTRACT.

The present investigation was carried out in Trujillo, in the private university of Trujillo, to elaborate this investigation the flexible pavement design was proposed for the improvement of vehicular and pedestrian passability of the Inca Roca street, the miracle center, and to achieve the The objective was realized: the study of all the theoretical bases and antecedents involved in the flexible pavement design, also studied all the design parameters such as: topographic study, study of soil mechanics, traffic study, in order to carry out a design optimal to improve the quality of life of the population by reducing pollution due to dust; the present investigation is a non-experimental type of descriptive cross-sectional design, the data collection was done using the review technique and content analysis, the instrument used was the documentary analysis, the method used was descriptive statistics, the problem is that different streets and avenues do not have an asphalt folder, this causes a bad situation in the population and directly affects the transporters.

Key word:

Theoretical basis, transport, pavement, AASHTO method

I. INTRODUCCIÓN.

El transporte es un elemento de gran influencia para el desarrollo socio-económico de las zonas urbanas y rurales, por ello es necesario de una adecuada planificación en los proyectos viales para mejorar y garantizar el mejoramiento de la calidad de vida de la población, por tal motivo realizamos esta investigación con la finalidad de tener una idea clara de diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de la infraestructura vial de calles y avenidas.

la presente investigación tiene por finalidad estudiar el diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de calles y avenidas que aún no cuentan con una carpeta de rodadura en óptimas condiciones, la investigación se realizó a partir de haber hecho un estudio del estado actual de las diferentes vías del centro poblado el milagro y no cuenta con una estructura adecuada para el transporte, se encuentra en terreno natural la cual causa incomodidad en la población y los trasportistas ya que genera daños al vehículo y enfermedades a las personas por causa del polvo.

La presente investigación presenta una gran información óptima para poder realizar un diseño óptimo con las características y estudios necesarios para una estructura que cumpla con las expectativas requeridas, para lograrlo se debe realizar el estudio topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio de tráfico, etc. Logrando obtener una estructura adecuada para satisfacer dicha necesidad.

1.1. Delimitación del problema.

En el Perú transporte es el motor fundamental que mueve al país generando más y mejores oportunidades, para el desarrollo económico y social de nuestro país, las vías de comunicación más utilizadas dentro del territorio son las terrestres. Dentro de estas se encuentran los caminos, carreteras, etc. Las carreteras permiten optimizar los tiempos de recorrido de los vehículos debido al diseño de su capa de rodadura. Es así como un buen diseño de estas carreteras es necesario para garantizar su correcto desempeño y durabilidad. En ese sentido esta investigación contempla el estudio de bases teóricas para el diseño del pavimento, utilizando diferentes metodologías con el fin de determinar la opción más económica. Se procede con el diseño del pavimento tanto flexible como rígido. Para lograr obtener el diseño correcto en primer lugar, se obtiene datos sustanciales como lo son los provenientes del estudio de tráfico correspondiente de la zona y el estudio de suelos del suelo de fundación, además de otros estudios que inciden en el diseño. Una vez obtenidos esos datos se procedió a diseñar los dos tipos pavimentos. En El Milagro la mayoría de calles no son pavimentadas la cual nos motiva a recurrir a las bases teóricas para realizar el proyecto: propuesta de diseño de pavimento flexible en la calle Inca Roca, centro poblado El Milagro, Trujillo, 2018, ya que la falta de pavimentación viene siendo una molestia e incomodidad tanto para trasportistas y peatones debido a cantidad huecos en las calles y el polvo que está causando daño en la población. El estudio realizado de la situación actual de las calles y avenidas de la población del centro poblado El Milagro nos ha permitido ver que el problema principal afecta directamente a la población. Siendo la causa principal: la falta de infraestructura vial en la zona y estructuras con condiciones técnicas y diseño inadecuado para la transitabilidad, en una situación futura con el conocimiento de las bases teóricas se realizara el diseño de pavimento flexible para solucionar una de las necesidades primordiales de la población tanto urbana como industrial mejorándose dicha red vial que interconecta la avenida principal con la vía de evitamiento y las canteras de agregados de construcción civil.

1.2. Formulación de problema de investigación.

¿Cuáles son las bases teóricas para realizar la propuesta de diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad en el centro poblado el Milagro, Trujillo, 2018?

1.3. Justificación.

La importancia de realizar y presentar esta investigación sobre las bases teóricas de diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad de las diferentes calles y avenidas de la ciudad de Trujillo, La investigación de las bases teóricas para el proyecto de pavimentación de la calle Inca Roca responde a la necesidad de contar con un estudio técnico que evalúe el comportamiento estructural del pavimento y que proporcione un diseño técnico científico y seguro, valorando además las particularidades de los tipos suelos y las cargas actuantes sobre la estructura ya que la estructura vial está expuesto a muchos daños y deformaciones si es que no se cuenta con un mantenimiento.

Los beneficiarios directos de la presente investigación son los futuros investigadores, ya que tendrán información de primera, de fuentes confiables con información de cómo realizar un diseño de pavimento flexible y de la importancia de la infraestructura vial y sus aportes al desarrollo del país

1.4. Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

Determinar las bases teóricas para realizar el diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad del centro poblado el Milagro, Trujillo, 2018.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Definir el pavimento y sus tipos
- Describir el estudio de mecánica suelo
- Describir el estudio de tráfico
- Describir el estudio topográfico
- Comparar antecedentes
- Definir el diseño de pavimento flexible

1.5. Procedimientos metodológicos seguidos.

1.5.1. La técnica:

La técnica de recolección de datos es la revisión y el análisis de contenido, porque nos permite investigar el contenido de los "antecedentes" mediante la clasificación en "categorías" de los elementos o contenidos manifiestos de dichos antecedentes o conceptos. En esta metodología de análisis interesa fundamentalmente el estudio de las ideas comprendidas en los conceptos y no de las palabras con que se expresan.

1.5.2. El instrumento:

El instrumento de recolección de datos es el análisis documental y/o la matriz de datos, ya que en esta se recolectan datos de fuentes secundarias. Libros, boletines, revistas, folletos, y periódicos se utilizan como fuentes para recolectar datos sobre las variables de interés.

II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES, ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTIÓN”

2.1. Antecedentes.

- “PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL PASAJE I DEL CENTRO URBANO INFORMAL DEL SECTOR SAN MIGUEL DISTRITO DE TRUJILLO, 2017”

(GUEVARA, 2017) estudiar y comprender más a fondo tanto el diseño como la construcción y así poder realizar más estudios y pruebas que puedan dar un mayor desarrollo a la tecnología en la construcción de vías de comunicación. La estructura de pavimento como parte de la infraestructura vial, juega un papel predominante, ya que su objetivo es ofrecer a los usuarios un rodaje cómodo, seguro y económico. Se realizó el levantamiento topográfico para ver planimetría y altimetría, estudió de suelos para ver la granulometría, contenido de humedad, límite de consistencia, CBR, densidad máxima, CLAS.SUCS, AASHTO. Con la ejecución del proyecto de pavimentación flexible se lograra mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular en las calles del sector san miguel.

Esta investigación aporta todos los métodos, estudios y procesos que se utiliza para realizar un adecuado diseño de una estructura de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular ofreciendo a los usuarios un rodaje cómodo, seguro y económico para la población

- “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS CALLES DEL AA.HH NUEVO INDOAMERICA, DEL DISTRITO DE LA ESPERANZA – TRUJILLO – LA LIBERTAD”.

(LOPEZ, 2015) Desarrollar el diseño de pavimento flexible basado en métodos tradicionales que permitan el diseño de acorde con la realidad del asentamiento humano Nuevo Indoamerica. El material de estudio es el terreno natural, en su generalidad corresponde a un suelo tipo A-3 de acuerdo al AASTHO (arena uniforme limpia de finos). Este material arenoso es un suelo suelto en estado parcialmente seco, posee una estructura tipo no cohesivo. El diseño de espesores, según el método del AASTHO-93, se obtuvo los espesores de carpeta asfáltica en caliente de 2” base de 6” y de sub base de 6”. Se realizaron dos tanteos para calcular los espesores del pavimento, optando por el segundo ya que esta tiene los espesores que cumplen con aportar adecuadamente con los esfuerzos producidos por la carga del tráfico y factores externos, así mismo porque durante el proceso constructivo es más trabajable.

Este proyecto aporta el diseño de espesores del pavimento según el método AASTHO-93 en carpeta asfáltica en caliente utilizando métodos tradicionales que permiten el diseño de acorde con la realidad para que así cumplan con aportar adecuadamente con los esfuerzos producidos por la carga del tráfico y factores externos.

- “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO – LA LIBERTAD”

(GOMEZ, 2014) Determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad. La metodología permitió establecer los métodos y técnicas que van relacionados con la durabilidad que está ligada a factores económicos y sociales. La durabilidad que se le desea dar al anillo vial, depende de la importancia de este.

Según la clasificación de los suelos que conforman el material base de la superficie actual de la carretera, las que alcanzaron una profundidad de 1.50 m., realizada a través de las calicatas pozos a cielo abierto, se puede constatar la presencia de los siguientes materiales de la zona de estudio. El Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible, del presente proyecto, obedece a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de servibilidad y confiabilidad.

Este proyecto aporta métodos y técnicas que se relacionan con la durabilidad de la estructura del pavimento, la durabilidad depende de la clasificación de suelos que conforman los materiales, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles servibilidad para ver los factores económicos y sociales.

- “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, BAJO INFLUENCIA DE PARÁMETROS DE DISEÑO DEBIDO AL DETERIORO DEL PAVIMENTO EN SANTA ROSA – SACHAPITE, HUANCVELICA - 2017.”

(ESCOBAR Y HUINCHO, 2017) Determinar la influencia de parámetros de diseño para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro del pavimento en SANTA ROSA - SACHAPITE HUANCVELICA – 2017. El presente trabajo de investigación realiza el análisis y evaluación del desempeño estructural del pavimento flexible mediante la aplicación de una de las variables obtenidas en laboratorio y el cálculo por medio de las ecuaciones de AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO. Esta dentro de los parámetros de diseño según la norma peruana del MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS. Se encontró con IMD 467 veh/día por tanto influye directamente ya que el diseño de la vía en estudio era en el año 2006 con un IMD de 275 veh/día por tanto cambia mucho en cuestiones de diseño al tomar coeficientes y valores de diseño de la carpeta asfáltica y los estudios específicos para el MANUAL DE

CARRETERAS DE SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS como también al usar las metodologías del AASTHO 93.

Este proyecto aporta los parámetros de diseño realizando el análisis y evaluación de desempeño estructural del pavimento flexible utilizando variables de laboratorio y cálculos de ecuaciones de AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro de acuerdo a los parámetro de diseño según la norma peruana del MANUAL DE CARRETRAS SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.

- “DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE LOS MÉTODOS INVIAS, AASHTO 93 E INSTITUTO DEL ASFALTO PARA LA VÍA LA YE - SANTA LUCIA BARRANCA LEBRIJA ENTRE LOS ABSCISAS K19+250 A K25+750 UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR

(SALAMANCA Y ZULIAGA 2014) Diseñar las estructuras de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS para medios y altos volúmenes de tránsito, AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO para la vía La Ye - Santa Lucia – Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el Departamento del Cesar. Recopilación de información general de la vía La Ye - Santa Lucia – Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 a K25+750 en el departamento de Cesar. Revisión de la información recopilada en oficina, Numero de ejes equivalentes de 8.2 ton para el periodo de diseño, Clasificación de la capacidad portante de la subrasante, Diseño de estructura de pavimento flexible bajo los métodos INVIAS para medios y altos volúmenes de tránsito, AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO, Recomendación de estructura de pavimento para el tramo de vía en estudio. Al evaluar las estructuras de pavimento por los diferentes métodos se evidencia que los espesores determinados por el método de la AASHTO 93 cumplen con el criterio general pero no la protección por capas, por lo tanto es necesario aumentar los espesores de carpeta asfáltica; de igual forma al verificar los espesores obtenidos por el

método INVIAS mediante el método del Instituto del Asfalto se evidenció que los mismos no cumplen con el criterio de falla por fisuramiento, por lo tanto fue necesario aumentar la carpeta asfáltica y disminuir granulares, lo que permitió optimizar los espesores obtenidos bajo los otros métodos. La capacidad portante de la subrasante donde estará apoyada la estructura de pavimento presenta dos condiciones, unos suelos con CBR en condición sumergida menores a 3% con potencial de hinchamiento alto y marginal que se encuentran en los Tramos homogéneos 1,3 y 5 y otra con CBR Método 1 al 95% de la densidad máxima mayor a 6% que corresponden a los sectores 2 y 4.

Este proyecto aporta la importancia de utilizar varios métodos para lograr hacer un diseño para altos volúmenes de tránsito. Los métodos de INVIAS, AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO para realizar el diseño de estructuras de pavimento flexible bajo métodos de INVIAS para medios y altos volúmenes de tránsito

➤ “DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACION SECTOR GUACAMAYO 1º ETAPA”

(GALLARDO, 2015) Proyectar la construcción de un pavimento flexible en la Avenida Circunvalación Sector Guacamayo 1º Etapa en función de las solicitudes del tráfico. En esta comparación se obtiene que las diferencias principales entre los métodos se presentan a nivel de las capas granulares, más no en la capa estructural de asfalto. En cuanto a los costos asociados a ambos métodos las diferencias son mínimas, teniendo un menor costo de ejecución el método AASHTO 93. En la realización del diseño estructural de una obra vial el objetivo principal es optimizar el aspecto económico y constructivo sin significar esto un desmedro en la calidad de la obra a ejecutar. Esto implica siempre buscar que el proyecto cumpla con los estándares requeridos de calidad a un bajo costo monetario. Una manera de determinar en primera instancia la diferencia en costos de dos métodos de diseño distintos es analizar los resultados entregados por ambos métodos en lo que a espesores de las distintas capas del pavimento se refiere. En base a los análisis realizados se concluye que los

resultados obtenidos para ambos métodos de diseño son válidos y representan una alternativa viable de aplicar para la solución de caminos nuevos. La elección entre la aplicación de un pavimento flexible o un pavimento rígido para este proyecto queda sujeto a otros factores distintos al diseño estructural tales como el costo económico entre las distintas soluciones, al tiempo de ejecución de las obras, a los costos de mantenimiento del pavimento, etc.

Este proyecto aporta la importancia de la comparación de costos que se debe realizar en una vía de comunicación utilizando diferentes métodos llegando a utilizar el de menor costo en la ejecución. Esto implica siempre buscar que el proyecto cumpla con los estándares requeridos de calidad y un bajo costo monetario.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Definición de pavimento:

Se llama pavimento al conjunto de capas conformadas por materiales seleccionados que son asentados sobre el nivel superior del terreno de fundación, la cual su función principal es de proporcionar una superficie de rodadura uniforme, de color y textura apropiados, que permita el tránsito seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas, bajo cualquier condición climática posible y otros agentes perjudiciales; así mismo, debe transmitir adecuadamente los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tráfico al terreno de fundación (FANO Y CHAVEZ, 2017). Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías, además de que son los materiales que más

comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.(ARQHYS,2012) Es importante tener en cuenta que el pavimento puede revestirse con diferentes materiales, como piedras o maderas. El término, sin embargo, suele asociarse en algunos países al asfalto, el material utilizado para construir calles, rutas y otras vías de comunicación. Las denominadas mezclas asfálticas y el hormigón son los materiales más habituales para crear el pavimento urbano, ya que tienen un buen rendimiento de soporte y permiten el paso constante de vehículos sin sufrir grandes daños. (PEREZ Y GARDEY, 2009)

Existen varios tipos de pavimento pero solo se profundiza dos los que son más usados en el Perú: pavimento flexible y pavimento rígido.

2.2.1.1. Pavimento flexible

Los pavimentos flexibles son los revestimientos ejecutados con concreto asfálticos, denominados comúnmente pavimento de asfalto. Tal como se ha mencionado precedentemente se debe recordar que la utilización de esta solución requiere de la ejecución de dos capas granulares de apoyo; base y subbase.(GENESIS, 2005)

Corte transversal:

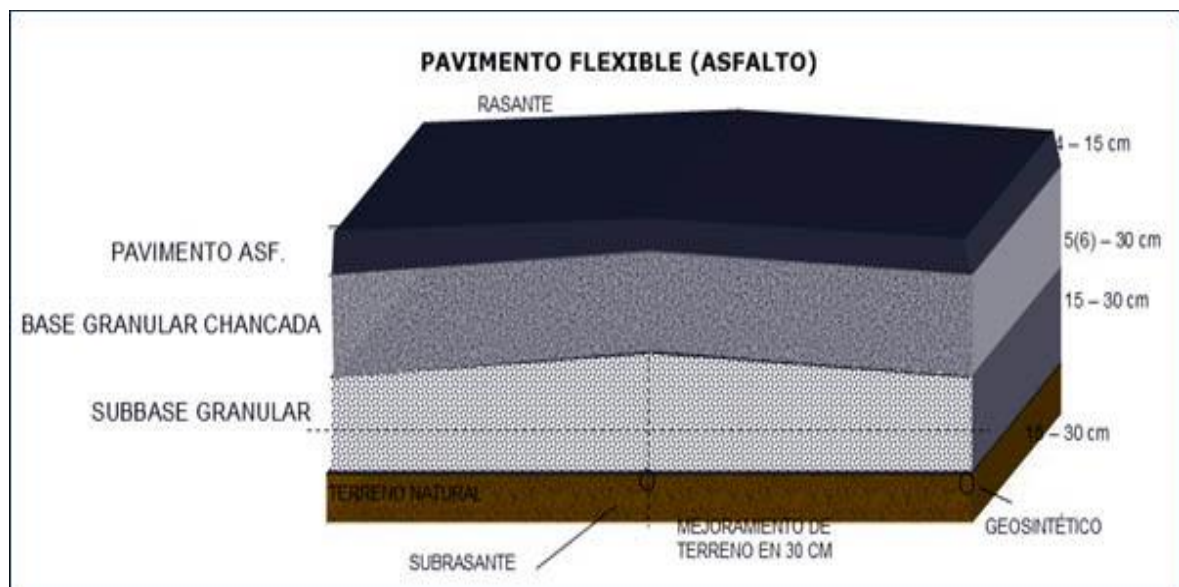


Fig. 01 corte transversal del pavimento flexible (GÉNESIS. 2005)

Definición del cemento asfáltico.

La ASTM define al asfalto o cemento asfáltico como “un cemento de color marrón oscuro a negro en el que sus componentes predominantes son los asfáltenos que pueden ser naturales u obtenidos como residuo en la refinación del petróleo crudo”

El asfalto posee características tanto químicas como físicas, que son elementos que le proveen todas sus particularidades y hacen de este el producto esencial que es hoy en la industria de la construcción. Este cemento contiene tres importantes propiedades químicas: consistencia, pureza y seguridad, donde la primera se debe a su habilidad para fluir a diferentes temperaturas, esto en razón a que el asfalto es un material termoplástico, es decir, se fluidifica a altas temperaturas. La segunda define la composición química del asfalto, donde las impurezas de este, son prácticamente inertes. La tercera precisa el comportamiento de afinidad química con las diferentes cargas eléctricas de aglutinación esto debido a su constitución principalmente de asfáltenos y máltenos, que son los elementos que proporcionan dichas particularidades; este último define la capacidad del asfalto para ser manejado a altas temperaturas con seguridad.

Elementos de un pavimento flexible y su función (JIMENEZ, 2009):

Un pavimento flexible tiene una serie de funciones las cuales se describen a continuación:

- Proporcionar una superficie de rodamiento seguro, cómodo y de características permanentes, bajo las cargas repetidas del tránsito a lo largo del periodo de diseño considerado.
- Resistir el tránsito previsto para el periodo de diseño y distribuir las presiones verticales producidas por las cargas del tránsito, de tal manera que solo llegue una mínima porción de estas cargas, a la capa subrasante, para que esta se capaz de soportarlas.

- Construir una estructura que sea capaz de resistir los factores climatológicos del lugar en el que se construirá dicha estructura: en especial factores como el agua y la temperatura. Ya que son estos los que producen efectos más adversos en los comportamientos de los materiales que contribuyen el pavimento.

Elementos de un pavimento:

Un pavimento está constituido por varias capas, el nombre de estas capas es en orden descendente.

- ❖ Carpeta
- ❖ Base
- ❖ Sub-base

La cimentación del pavimento hasta constituido por la subrasante; esta última capa se encuentra apoyada sobre otras dos en el orden siguiente:

- ❖ Subrasante
- ❖ Subyacente
- ❖ Cuerpo del terraplén

La carpeta.

Es la parte que soporta directamente el tránsito vehicular y es la capa que se encarga de brindar las características funcionales al pavimento. Estructuralmente, absorbe los esfuerzos horizontales ya transmite los verticales hacia las capas que yacen bajo ella.

La carpeta es construida con mezclas asfálticas (en frío) o concreto asfáltico (en caliente), la carpeta además puede tener algún agente modificador para modificar alguna característica,

De acuerdo a la temperatura o a la intensidad pluvial de la zona en la que se construya.

De acuerdo a la norma “N-CMT-4-04”, los materiales pétreos a utilizar en las mezclas asfálticas para la construcción de carpetas asfálticas pueden ser naturales seleccionados o sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado.

Según el tipo de mezcla en el que se vaya a utilizar, los materiales pétreos se clasifican como se indica a continuación.

- Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría densa
- Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría semiabierta
- Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría abierta
- Materiales pétreos para mortero asfáltico
- Materiales pétreos para carpetas por el sistema de riegos
- Materiales pétreos para mezclas asfálticas para guarniciones

Cada una de las clasificaciones anteriores tiene un uso, el cual esta anotado en la misma norma; además para cada caso, la secretaria también indica los requisitos de calidad con los que deben cumplir los materiales pétreos.

La base.

Es la capa que se construye bajo la carpeta y su función es básicamente la de resistir los esfuerzos verticales, además de transmitirlos de forma uniforme a la sub-base; debe además contar con la suficiente rigidez para no deformarse bajo la repetición constante del tránsito.

Está compuesto por materiales granulares como grava, arenas y una pequeña cantidad de limos, estos materiales se clasifican de acuerdo al tratamiento que hayan recibido en:

- Materiales cribados.

Son las gravas, arenas y limos, así como las rocas alteradas y fragmentadas, que al ser extraídas quedan sueltas y pueden disgregarse mediante el uso de maquinaria.

- Materiales parcialmente triturados.

Cuentan con poca o nula cohesión, son mezclas de gravas, arenas y limos que al ser extraídos pueden ser disgregados entre el 25 y 75 % de las partículas de la mezcla son mayores a 3" de diámetro.

- Materiales totalmente triturados.

Son aquellos materiales que después de ser extraídos de un banco requieren un proceso mecánico de trituración total y cribado.

- Materiales mezclados

Son los obtenidos mediante la mezcla de dos o más materiales mencionados en los 3 puntos anteriores, la mezcla debe ser la adecuada para satisfacer la granulometría indicada.

La sub-base

Es la capa construida bajo la base y sobre la subrasante, esta capa puede ser o no construida dependiendo de la capacidad de soporte de la subrasante. Su función básica es la de proporcionar una cimentación uniforme, para la correcta colocación y compactación de la base; en la medida de lo posible, debe también tener una función drenante, por lo cual esta capa debe carecer de materiales finos, la sub-base también cumple una función de transición entre la subrasante y la estructura del pavimento.

Está constituido por materiales granulares que se clasifican de acuerdo al tratamiento que recibieron en:

- Materiales naturales
- Materiales cribados
- Materiales parcialmente triturados
- Materiales totalmente triturados
- Materiales mezclados

La subrasante.

Es la capa construida bajo la sub-base, su función es la de recibir las cargas transmitidas por el pavimento y transmitir las en forma uniforme hacia la subyacente y el cuerpo del terraplén.

Si esta capa es de buena calidad, el espesor del pavimento será menor, con lo cual existirá un ahorro económico, sin perder calidad en el pavimento.

Está conformado con suelos naturales, seleccionados o cribados, producto de cortes o de la extracción de bancos.

De acuerdo al número de ejes equivalentes de tránsito esperados durante la vida útil del pavimento, se tendrán las siguientes consideraciones:

- Si el tránsito esperado es menor a 1 millón de ejes equivalentes, el espesor mínimo de esta capa será de 20 cm.
- Si el tránsito esperado es de entre 1 millón y 10 millones de ejes equivalentes el espesor mínimo será de 30 cm.
- Si el tránsito esperado es mayor a 10 millones de ejes equivalentes, será requerido un diseño especial para esta capa.

La subyacente

Esta capa se construye bajo la subrasante y puede o no ser requerida, esto dependerá del número de ejes equivalentes de tránsito esperados durante la vida útil del pavimento

Los materiales que constituyen esta capa, son suelos y fragmentos de roca, producto de cortes o de la extracción de bancos.

El cuerpo del terraplén

Su función es la de alcanzar el nivel de desplante para la construcción de la subyacente

Esta capa se construye con suelos y fragmentos de roca, producto de cortes o de la extracción de bancos, y en ningún caso deben ocuparse materiales altamente orgánicos y/o producto de desplantes.

Las características fundamentales que debe cumplir un pavimento flexible es:

(RICO, 1999)

- Durabilidad del pavimento: una pavimentación que tenga un ciclo de vida aceptable no solo evita la incomodidad de los usuarios al interrumpir la vía, sino que también la necesidad de cambiar una nueva carpeta asfáltica
- Estructura del pavimento: el pavimento debe ser capaz de soportar las cargas de los vehículos, de tal manera que la los daños sean paulatinamente y que se cumpla con el ciclo de vida definido en el proyecto
- Deformación del pavimento: la deformación del pavimento debe controlarse debido a que es una de las principales causas de falla en la estructura del pavimento y si la deformación e permanente, él pavimento deja de cumplir sus funciones para la que fue construido principalmente se presentan dos tipos de deformación en una vía: elástica (recuperación instantánea) y plástica (permanente)

- Conservación del pavimento: la conservación es un requisito muy importante para evitar fallas y deformaciones. Las condiciones de drenaje y sub-drenaje juegan un rol muy importante en el ciclo de vida del pavimento
- Comodidad del pavimento: una pavimentación tiene que quedar liza y cómoda para el paso de vehículos y peatones

Estimación del tránsito.

El método actual distingue el “Período de Diseño” del “Período de Análisis”, de la siguiente manera:(RICO, 1998)

Un pavimento debe ser diseñado para soportar los efectos acumulados del tránsito para cualquier período de tiempo; el período seleccionado, en años, se define como “Período de Diseño”. Al término de éste, se espera que el pavimento requiera alguna acción de rehabilitación mayor, como puede ser una sobrecarpeta de refuerzo para restaurar su condición original. La vida útil del pavimento, o “Período de Análisis”, puede ser extendida indefinidamente, a través de sobrecarpetas u otras acciones de 48 rehabilitaciones, hasta que la carretera sea obsoleta por cambios significativos en pendientes, alineamiento geométrico y otros factores.

Método de la AASHTO para el Diseño de la Sección Estructural de los Pavimentos.

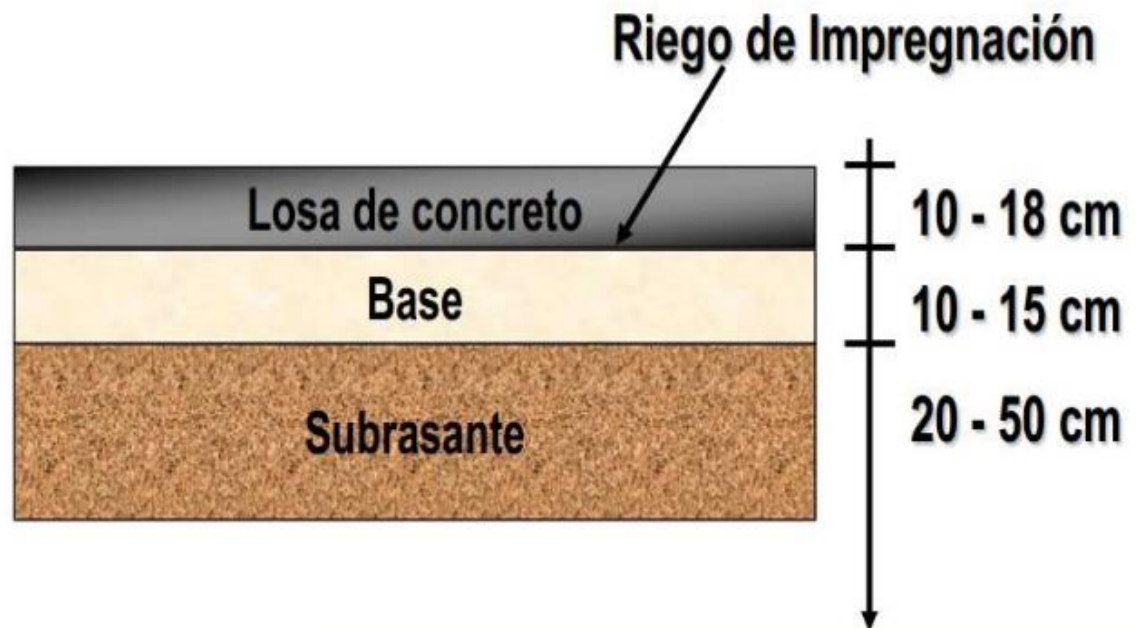
El actual método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles y rígidos de carreteras. En el caso de los pavimentos flexibles, el método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería.

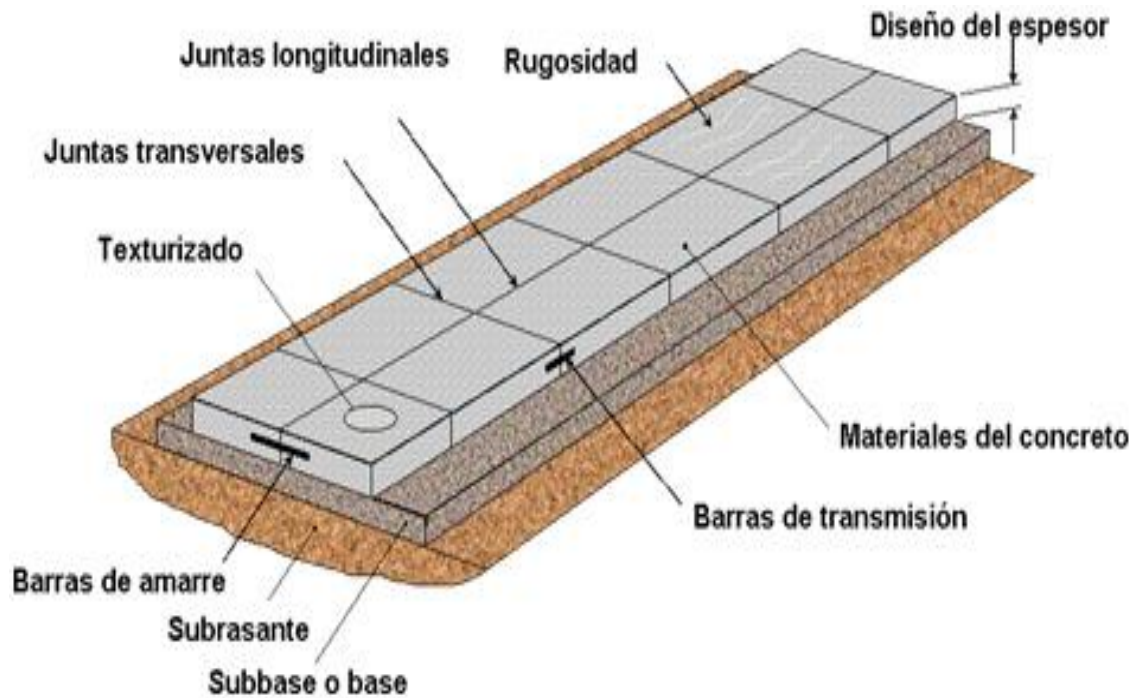
En este trabajo únicamente se resume el procedimiento para pavimentos flexibles, con el objeto de que el usuario disponga de una metodología práctica y sencilla de uso frecuente en su ámbito de trabajo

2.2.1.2. Pavimento Rígido.

El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

Sección Transversal:





El concreto hidráulica es el producto obtenido de una mezcla adecuada de cemento portland, agregados pétreos y agua. El proporcionamiento, dosificación, mezclado, inspección y muestra del concreto deberán ser supervisados por el laboratorio. Será fijado y controlado por el laboratorio, y variara de acuerdo con las características del laboratorio.

Dosificación.

El cemento y los agregados deberán ser dosificados por peso, excepto en que los casos en que la cantidad requiera requerida de concreto sea menor de 20 m³.

Mezclado.

Se hará en mezcladoras de concreto de tipo standard, de tambor giratorio mecánico, cuando menos de un saco de capacidad y con una velocidad de más 13 revoluciones por minuto. No deberán usarse revolventoras que se encuentren en malas condiciones mecánicas, o que presenten un dejaste mayor de 3/4" en las aspas.

Transporte.

Cuando el concreto venga de planta, deberá transportarse en camiones revolvedores, o en vehículos apropiados, que no permitan pérdida de agua, y deberá descargarse en la obra antes de 30 minutos de haberse hecho la mezcla. El concreto entregado no deberá presentar segregación de los materiales. No se permitirá el empleo de concreto que presente fraguado inicial.

ESPECIFICACIONES:

Cemento.

Deberá satisfacer los requisitos estipulados por la dirección general de normas, de la secretaria de economía para cemento portland.

Agregado grueso.

Constará de grava, o piedra triturada, que llenara una de las siguientes granulometrías, de acuerdo con el tamaño máximo de agregado que se tenga.

La curva granulométrica del material, representada gráficamente, deberá ser más o menos paralela a las curvas construidas con las especificaciones, y entrar dentro de la zona del tamaño máximo correspondiente.

El contenido de arcilla no será mayor de 1.5%. No deberá contener más de 3 % en peso, de material que pase la malla no 200. El contenido de materia orgánica deberá dar los colores 1 o dos.

Agua.

Deberá ser clara y limpia y no contener, en solución o suspensión, materias nocivas al concreto, tales como cloruros, sulfatos, materias orgánicas, etc.

Métodos de Construcción:

Espesores.

Serán los que marque la oficina de pavimentos, según las condiciones de la base, la magnitud de las cargas y la intensidad del tránsito.

Moldes.

El concreto se vaciara en moldes rígidos e indeformables, que no sufran variaciones alineamientos y niveles, y que estén fijados firmemente a la base.

Antes del vaciado se engrasaran las superficies de los moldes que entraran en contacto con el concreto, estos no se aflojaran ni removerán antes de que el concreto haya endurecido lo suficiente, para no deteriorarlo en la maniobra respectiva.

Colocación y vibrado. Antes de iniciar la colocación del concreto sobre el terreno, se deberá regar perfectamente la superficie de este para que se sature de humedad, pero sin que formen charcos.

JUNTAS:

Longitudinales.

El pavimento se dividirá longitudinalmente en fajas de ancho variable, entre 2.50 y 3.50 m, de acuerdo con el proyecto mediante juntas de construcción con machihembrado, que se formara con un ángulo metálico de 5 x 5 cm , colocado a la altura media del molde, que de preferencia será una sección estructural tipo canal.

Al retirar los moldes y en cuanto la superficie machihembrada se encuentre lo suficientemente seca para asegurar una buena adherencia del producto asfáltico.

El sistema de vaciado será tal, que las fajas centrales queden confinadas entre elementos estructurales previamente terminados.

Curado.

El curado tiene por objeto conservar el agua del mezclado del concreto, para que este fragüe y endurezcan en condiciones satisfactorias, y debe dársele especial atención por tratarse de un factor de gran importancia para la resistencia y durabilidad del concreto.

Inmediatamente después de terminarse la superficie de la obra, se procederá a cubrirla con una capa impermeable de algún otro producto aprobado por el laboratorio, que se aplicara finamente atomizada, por un tiempo mínimo de 24horas, al cabo de las cuales se podrá seguir usando, o hacer algunos de los siguientes procedimientos:

- Arena húmeda.-Con un espesor de 2" y manteniéndola constantemente húmeda.
- Lámina de agua.-Con un tirante de 2", retenida con bordos de arcilla.
- Riego de agua. Para conservar constante y eficientemente húmeda toda la superficie.

Este curado deberá darse por 14 días si se usó cemento normal, o 4 días si se empleó cemento de resistencia rápida. (LUCIA GOMPA)

2.2.2. Datos necesarios para el Diseño

Aunque algunas metodologías pueden variar entre sí, los siguientes factores son necesario para el diseño del pavimento en la mayoría de ellos:(GUEVARA, 2017)

- ✓ Estudios topográficos
- ✓ Estudios de mecánica de suelos
- ✓ Estudios hidrológicos-pluviométricos
- ✓ Estudio de trafico

Uno de los aspectos más importantes, si no el determinante para el diseño es determinar el flujo de vehículos; es decir, que tipo de vehículos transitan por la zona a analizar, según la clasificación del reglamento nacional de vehículos. (MTC, 2003) y con qué frecuencia lo hacen

Así mismo una vez obtenido esta información es necesario estimar una tasa de crecimiento para proyectar cual será el flujo de vehículos dentro de los años que contemplara el diseño.

Este flujo vehicular se expresa utilizando un parámetro conocido como ESAL (Equivalent Single Axle Load) o carga equivalente de eje simple, que considera un eje simple equivalente de 18 kips. Este valor representa el efecto dañino que producen los vehículos sobre el pavimento. O el valor del consumo de fatiga y el daño por erosión en el caso de la metodología de la PCA.

Clasificación de los vehículos.

Según el reglamento nacional de vehículos, esto se clasifican según la cantidad y el tipo de ejes que lo componen (simple, tándem o tridem), además del peso máximo permitido para cada uno de ellos. El peso bruto vehicular máximo permitido es de 48 toneladas.

Con esta clasificación se determina el tipo de vehículo que transita por la zona de acuerdo al tipo de ejes que lo conforman y a la cantidad de ellos. Esto es muy importante por dependiendo del peso que cargue cada eje se le asigna un factor destructivo sobre la vía dependiendo del tipo de pavimento a utilizar.

Estudio de mecánica de suelos.

Estos ensayos son necesarios para caracterizar el material granular que servirá como base o subbase. Asimismo, para hallar uno de los parámetro de diseño más importante, el módulo de resiliencia de la subrasante, se puede realizar una correlación en base al CBR del terreno natural.

Estudios hidrológicos-pluviométricos

La información necesaria es la precipitación media diaria de la estación seleccionada registrada todos los días durante varios años para poder tener un registro confiable.

Estos datos son muy importantes para determinar el coeficiente de drenaje (CD) necesario en la metodología de la AASHTO para pavimentos rígidos o para hallar el valor de m_1 que modifica los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles

Asimismo, se puede obtener la temperatura promedio del aire durante el año. Esta sería el parámetro del Mean Annual Air Temperature (MAAT) requerido para elegir el gráfico correspondiente y hallar el espesor de la carpeta asfáltica en la metodología del instituto del asfalto

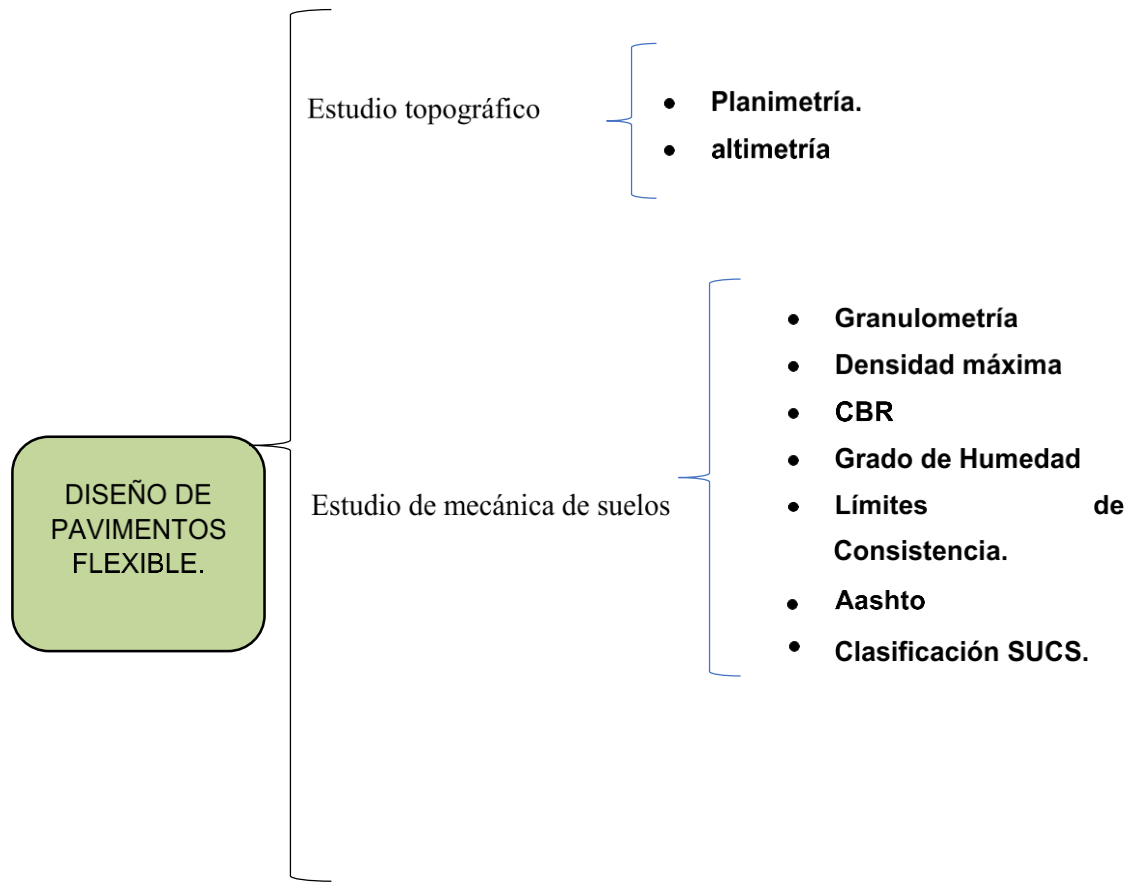
Estudio de canteras y fuentes de agua.

Otro aspecto a tomar en cuenta es el tipo de material que se encuentra disponible en la zona porque de ello dependerá la capacidad de soporte de las capas granulares y, por tanto, del pavimento como estructura.

Las especificaciones que debe cumplir el material granular son muchas pero dos de las más importantes son la granulometría y el CBR mínimo.

En cuanto a las fuentes de agua, se debe tener en consideración la cantidad de sulfatos, sólidos en suspensión y el pH del agua. (MTC, 2000)

2.2.3. Procedimiento del diseño de pavimento flexible:



Levantamiento topográfico (estación total).

Se define como tal el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres

coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota. Para realizar levantamientos topográficos se necesitan varios instrumentos, como el nivel y la estación total.

El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a edificar, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás. Existen dos grandes modalidades:

- Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.
- Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación.

La realización de un levantamiento topográfico de cualquier parte de la superficie de la tierra, constituye una de las actividades principales de la labor cotidiana de los topógrafos. En todo trabajo han de utilizarse los métodos fundamentales de la topografía, la intersección, el itinerario y la radiación, aprendiendo a escalonarlos adecuadamente unos con otros y evitando la acumulación de errores

El funcionamiento del aparato se basa en un principio geométrico sencillo y muy difundido entre los técnicos catastrales conocido como Triangulación, que en este caso consiste en determinar la coordenada geográfica de un punto cualquiera a partir de otros dos conocidos. En palabras claras para realizar un levantamiento con Estación Total se ha de partir de 2 puntos con coordenadas conocidas o en su defecto asumidas, y a partir de esa posición se observan y calculan las coordenadas de cualquier otro punto en campo. Se ha difundido universalmente la nomenclatura para estos tres puntos, y es usada por igual en cualquier modelo de Estación Total:

- ***Coordenadas de la Estación (Stn Coordinate)***: Es la coordenada geográfica del punto sobre el cual se ubica el aparato en campo. A partir del mismo se observaran todos los puntos de interés.

- **Vista Atrás (Back Sight):** Es la coordenada geográfica de un punto visible desde la ubicación del aparato. El nombre tiende a confundir al pensar que este punto se ubica hacia atrás en el sentido que se ejecuta el levantamiento, pero más bien se refiere cualquier punto al que anteriormente se le determinaron sus coordenadas, mediante el mismo aparato o con cualquier otro método aceptable.
- **Observación (Observation):** Es un punto cualquiera visible desde la ubicación del aparato al que se le calcularán las coordenadas geográficas a partir del *Stn Coordinate* y el *Back Sight*.

Operacionalmente el proceso sigue también la misma secuencia:

1. Centrado y Nivelación del aparato (Stn Coordinate).
2. Orientación del Levantamiento (Back Sight).
3. Observación (Observation).



Pasó a Paso:

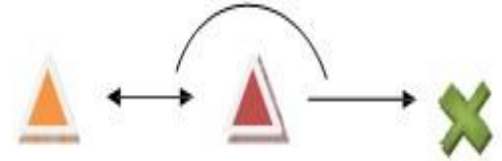
El aparato se ubica en el punto "1" y se orienta hacia el punto "2", ambos con coordenadas conocidas.

El aparato realiza un giro para observar el punto "3" obteniendo un ángulo " Θ " y una distancia "d".

A partir de toda esta información se realiza un cálculo matemático (algoritmo) para obtener las coordenadas del punto "3".

Grafico procedimiento topográfico (HERNANDEZ, 2011)

La triangulación no necesariamente debe formar un triángulo perfecto (isósceles) como el de la figura, de hecho la relación podría ser hasta lineal y el principio se aplica por igual.



Estudio de Mecánica de Suelos.

Un estudio de suelos se caracteriza por tener tres etapas claramente definidas:

- ❖ Trabajo en terreno
- ❖ Trabajo en laboratorio
- ❖ Redacción de informe final

Trabajo en el terreno.

Es la etapa donde se inspecciona y se toman las muestras del terreno, las que seguidamente irán al laboratorio.

Para este proceso se utiliza diferentes métodos, siendo la más utilizada la calicata.

Calicata.

La calicata consiste en realizar una excavación a cielo abierto, hasta la profundidad deseada, tomando las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de material de las paredes que pueda afectar la seguridad del investigador o contaminar la muestra que se espera obtener.

La idea de realizar una calicata es tener una visión directa del terreno, que generalmente no se ve, para su caracterización y análisis.

Para hacer una calicata se puede hacer manual utilizando una pala o con maquinaria utilizando una retroexcavadora.

En vías o carreteras la profundidad mínima es 1.50m en zonas urbanas a cada 50m y en zonas rurales de 150m a 450m.

Trabajo en laboratorio.

En el laboratorio se hacen los ensayos tales como:

Análisis granulométrico de agregados de agregados

La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

Determinación del contenido de humedad de un suelo.

El presente modo operativo establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Límite de consistencia.

Determinación del límite líquido de los suelos.

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Los límites líquidos y plástico de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que $2\mu\text{m}$ para determinar su número de actividad

Determinación del límite plástico (l.p.) de los suelos e índice de plasticidad (i.p.)

Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo

Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Próctor modificado)

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ($2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56\,000\text{ pie}\cdot\text{lbf}/\text{pie}^3$)).

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos.

Método AASHTO para el diseño de pavimentos.

Diseño de pavimento flexible.

Objetivos Método AASTHO 93.

- Estudiar los diferentes parámetros involucrados en el diseño de pavimentos flexibles
- Aprender calcular los espesores para las diferentes capas que componen un pavimento flexible por el método AASHTO. Comparar las diferentes tablas y gráficos brindadas por el método AASHTO 93 y adaptadas en el MINISTERIO DE TRANSPORTE Y TELECOMUNICACIONES (MTC).
- Verificar que se cumplan los espesores mínimos recomendados por el AASHTO 93

Determinacion del CBR.

Tabla 1: clasificacion de suelos de acuerdo al CBR.

CBR %	CLASIFICACION	USOS
(0 - 3)	muy pobre	subrasante
(3 - 7)	pobre a regular	subrasante
(7 - 20)	regular	subbase
(20 - 50)	bueno	subbase y base
> 50	excelente	base

(USAT, 2017)

Análisis de tráfico

Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multiruedas para determinar la carga total sobre una superficie mayor, con el fin de reducir las tensiones y deformaciones que se producen al interior de la superestructura.

El tráfico es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos. Para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, a partir de un tráfico inicial medido en el campo a través de aforos. El número y composición de los ejes se determina a partir de la siguiente información:

- Periodo de diseño.
- Distribución de ejes solicitantes en cada rango de cargas.
- Tránsito medio diario anual de todos los vehículos TMDA o TPDA.
- Tasas de crecimiento anuales de cada tipo de vehículo.
- Sentido del tráfico.
- Número de carriles por sentido de tráfico.

- Porcentaje del tránsito sobre el carril más solicitado.
- Índice de servibilidad.
- Factores de equivalencia de carga.

Periodo de diseño

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable.

Generalmente el periodo de diseño será mayor al de la vida útil del pavimento, porque incluye en el análisis al menos una rehabilitación o recrecimiento, por lo tanto éste será superior a 20 años.

Los periodos de diseño recomendados por la AASHTO se muestran en la tabla .1

Tabla 1: Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Índice de servibilidad

Se define el Índice de Servibilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

Tabla 1: índice de servibilidad.

Índice de Servibilidad (PS	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Actualmente, una evaluación más objetiva de este índice se realiza mediante una ecuación matemática basada en la inventariación de fallas del pavimento:

$$\text{Pavimento Flexible: } p = 5,03 - 1,91 \cdot \log[1 + S_V] - 0,01 \cdot [C_f + P]^{0,5} - 1,38 \cdot RD^2$$

Donde:

- S_V : Variación de las cotas de la rasante en sentido longitudinal en relación a la rasante inicial (Rugosidad en sentido longitudinal).
- C_f : Suma de las áreas fisuradas en pies² y de las grietas longitudinales y transversales en pies lineales, por cada 1000 pies² de pavimento.
- P : Área bacheada en pies² por cada 1000 pies² de pavimento.
- RD : Profundidad media de ahuellamiento en pulgadas. Mide la rugosidad transversal.

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial p_o depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de $p_o = 4,2$.

El índice de servicio final p_t representa al índice más bajo capaz de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible su rehabilitación mediante un refuerzo o una reconstrucción. El valor asumido depende de la importancia de la carretera y del criterio del proyectista, se sugiere para carreteras de mayor tránsito un valor de $p_t \geq 2,5$ y para carreteras de menor tránsito $p_t = 2,0$.

Tránsito medio diario anual:

El TMDA representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios de tránsito aforados durante un año, en forma diferenciada para cada tipo de vehículo.

Clasificación de los vehículos:

- Automóviles y camionetas
- Buses
- Camiones de dos ejes
- Camiones de más de dos ejes
- Remolques □ □ Semirremolques

Factor de crecimiento

Una forma sencilla de encontrar el factor de crecimiento es adoptar una tasa de crecimiento anual y utilizar el promedio del tráfico al principio y al final del periodo de diseño:

$$FC = 0,5 \cdot [1 + (1 + r)^P]$$

Donde:

r = tasa de crecimiento anual en
decimales

P = periodo de diseño en años.

La Asociación del Cemento Portland utiliza el tráfico a la mitad del periodo de diseño:

$$FC = (1+r)^{0,5 \cdot P}$$

La AASHTO recomienda calcular el factor de crecimiento para el tráfico de todo el periodo de diseño:

$$FC = \frac{(1+r)^P - 1}{r}$$

Los valores del factor de crecimiento para diferentes tasas anuales y periodos de diseño se muestran en la tabla siguiente, de acuerdo al criterio de la AASHTO:

Tabla 1: Factor de Crecimiento

Período de diseño, años (<i>n</i>)	Sin Crecimiento	Tasa de crecimiento anual, <i>g</i> en porcentaje						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Tránsito equivalente

Los resultados obtenidos por la AASHTO en sus tramos de prueba mostraron que el daño que producen distintas configuraciones de ejes y cargas, puede representarse por un número equivalente de pasadas de un eje simple patrón de rueda doble de 18 kips (80 kN u 8,2 Ton.) que producirá un daño similar a toda la composición del tráfico.

Factores equivalentes de carga (lef)

La conversión del tráfico a un número de ESAL's de 18 kips (Equivalent Single Axis Loads) se realiza utilizando factores equivalentes de carga LEFs (Load Equivalent Factor). Estos factores fueron determinados por la AASHTO en sus tramos de prueba, donde pavimentos similares se sometieron a diferentes configuraciones de ejes y cargas, para analizar el daño producido y la relación existente entre estas configuraciones y cargas a través del daño que producen.

El factor equivalente de carga LEF es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad ocasionada por una determinada carga de un tipo de eje y la producida por el eje patrón de 18 kips.

$$\text{LEF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ESALs de 18 kips que producen una pérdida de serviciabilidad } \Delta\text{PSI}}{\text{N}^\circ \text{ de ejes de X kips que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

Factor de camión

Para expresar el daño que produce el tráfico, en términos del deterioro que produce un vehículo en particular, hay que considerar la suma de los daños producidos por cada eje de ese tipo de vehículo. De este criterio nace el concepto de Factor de Camión, que se define como el número de ESAL's por número de vehículo. Este factor puede ser calculado para cada tipo de camiones, o para todos los vehículos como un promedio de una determinada configuración de tráfico.

N° ESALs

Factor de Camión = $TF =$ _____

N° de camiones

Se ha demostrado que el eje delantero tiene una mínima influencia en el daño producido en el pavimento, por ejemplo en el ahuellamiento, la fisuración y la pérdida de serviciabilidad su participación varía de 0,13 al 2,1 %. Por esta razón el eje delantero no está incluido en los factores de equivalencia de carga, lo cual no afecta a la exactitud del cálculo

Para el cálculo del tránsito, el método considera los ejes equivalentes simples de 18 kips (8,2 ton) acumulados durante el período de diseño, en el carril de diseño, utilizando la ecuación siguiente:

$$W_{18} = F_d \cdot FC \cdot W_{18}$$

Donde:

W_{18} = Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 18 Kips (8,2 ton), en el carril de diseño.

F_d = Factor de distribución direccional; (50% para la mayoría de las carreteras).

W_{18} = Ejes Equivalentes acumulados en ambas direcciones.

FC = Factor de distribución por carril. (Tabla IV.3.)

Una vez calculados los ejes equivalente acumulados en el primer año se deberá estimar, sobre la base de la tasa de crecimiento anual y del período de diseño en años, el total de ejes equivalentes acumulados, los cuales se multiplican por el factor de camión para obtener los ESAL's de diseño.

Número total de ejes simples equivalentes (esal's)

Se calcula para el carril de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$ESALs' = \sum_{i=1}^m p_i \cdot F_i \cdot P \cdot (TPD) \cdot (FC) \cdot F_d \cdot F_c \cdot 365$$

Donde:

- p_i Porcentaje del total de repeticiones para el i-ésimo grupo de vehículos o cargas.
- F_i Factor de equivalencia de carga por eje, del i-ésimo grupo de eje de carga (tablas IV.9 a IV.17).
- P Promedio de ejes por camión pesado.
- TPD Tránsito promedio diario.
- FC Factor de crecimiento para un período de diseño en años.
- F_d Factor direccional.
- F_c Factor de distribución por carril (Tabla IV.3.)

Coefficiente de drenaje c_d

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. Dicho porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje, la AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1: Capacidad del Drenaje

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

De acuerdo a las capacidades de drenaje la AASHTO establece los factores de corrección m_2 (bases) y m_3 (sub-bases granulares sin estabilizar), los cuales están dados en la Tabla 7, en función del porcentaje de tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Tabla 2: Valores m_i para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a nivel de humedades próximas a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: AASHTO,

Tipos de metodologías para el diseño de pavimentos:

✓ **Método de la AASHTO para el Diseño de la Sección Estructural de los Pavimentos.**

El actual método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles y rígidos de carreteras. En el caso de los pavimentos flexibles, el método establece que la superficie de rodadura se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería.

✓ **Método del Instituto Nacional de Vías (Invias)**

El Instituto Nacional de Vías (Invias) de Colombia es una entidad estatal creada en 1992 que opera bajo la administración del Ministerio de Transportes, y se encarga de ejecutar políticas, estrategias, planes y programas relacionados con la infraestructura vial pública del país, que se compone de siete carreteras troncales de norte a sur, y se extienden por 13.000Km, además de ocho carreteras transversales que se conectan con las carreteras de este a oeste. La agencia también es responsable de la infraestructura ferroviaria y fluvial de Colombia. Invias tiene su sede en la capital del país, Bogotá.

✓ **Método Instituto del Asfalto**

El método más reciente del Instituto del Asfalto, editado en 1991 y publicado en 1993, presenta algunos cambios significativos, respecto a los métodos anteriores para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles. El método se basa principalmente en la aplicación de la teoría elástica en multicapas, que utiliza resultados de investigaciones recientes por parte de ese organismo sin embargo, se reconoce que por los avances en la tecnología de los pavimentos asfálticos, se requieren más conocimientos sobre las propiedades de los materiales para las necesidades actuales de los sistemas carreteros, por lo que el método vigente, probablemente requiera revisión e implementación futuras. Este método de diseño permite el empleo de asfalto sólido o emulsiones asfálticas, en la totalidad o en parte de la estructura del pavimento, e incluye varias combinaciones decapa de rodadura y bases de concreto asfáltico; de capa de rodadura y bases con emulsiones asfálticas, así como capas de rodadura asfálticas con base y sub base granulares.

El método considera al pavimento con un sistema elástico de varias capas y para su análisis se emplean conceptos teóricos y experimentales así como datos de ensayos y un programa de computador, sin embargo con el objeto de simplificar el método del instituto del asfalto, después de varias corridas de su programa, obtuvo una serie de graficas que permiten la aplicación del método en forma rápida y sencilla.



III CONCLUSIÓN

En la presente investigación se establecen las bases teóricas y antecedentes para el proyecto, diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad del centro poblado el Milagro, Trujillo, 2018

- Se logró obtener toda la información posible de publicación de tesis, libros que fueron fuente de desarrollo del proyecto diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en el centro poblado el Milagro, obteniendo resultado altamente favorables que aportan para realizar un buen proyecto.
- Se logró estudiar todos los parámetros de diseño como son: estudio topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio de tráfico, etc. Para así poder realizar un diseño óptimo con las características necesarias para mejorar la transitabilidad.
- Se identificó en las publicaciones revisadas, que en el Perú el método más usado es la AASHTO 93, para el diseño de pavimento flexible.

IV REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REVISTA ARQHYS DISEÑO DE PAVIMENTO. Obtenido de <http://www.arqhys.com/contenidos/pavimento-concepto.html>.

SEGUIMIENTO DE UN PROYECTO DE URBANIZACION. Obtenido de http://www7.uc.cl/sw_educ/construccion/urbanizacion/html/concepto.

(GUEVARA, 2017) “PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL PASAJE I DEL CENTRO URBANO INFORMAL DEL SECTOR SAN MIGUEL DISTRITO DE TRUJILLO, 2017” Trujillo

(LOPEZ, 2015) “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS CALLES DEL AA.HH NUEVO INDOAMERICA, DEL DISTRITO DE LA ESPERANZA – TRUJILLO – LA LIBERTAD”. Trujillo

(GOMEZ, 2014) “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO – LA LIBERTAD” Trujillo

(ESCOBAR Y HUINCHO, 2017) “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, BAJO INFLUENCIA DE PARÁMETROS DE DISEÑO DEBIDO AL DETERIORO DEL PAVIMENTO EN SANTA ROSA – SACHAPITE, HUANCVELICA - 2017.” Huancavelica

(SALAMANCAY ZULIAGA 2014) “DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MEDIO DE LOS MÉTODOS INVIAS, AASHTO 93 E INSTITUTO DEL ASFALTO PARA LA VÍA LA YE - SANTA LUCIA BARRANCA LEBRIJA ENTRE LOS ABSCISAS K19+250 A K25+750 UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR” Colombia

(GALLARDO, 2015) “DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACION SECTOR GUACAMAYO 1°ETAPA”

USAT. (2017) diseño de pavimentos flexibles AASHTO 93. Chiclayo, Perú.

GENESIS (2005) PAVIMETO FLEXIBLE

FANO Y CHAVEZ, (2017) *DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO BÁSICO RECICLADO Y MEJORADO CON CEMENTO PORTLAND*

RICO. A. Y. (1999). LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES.

MTC. (2000). ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS EG 2000. LIMA- PERU.

HERNANDEZ, L. (2011). MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACION TOTAL.

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES. LIMA, PERU.*

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES. LIMA, PERU.*

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES. LIMA, PERU.*

UPT. (2014) DISEÑO DE PAVIMETO FLEXIBLE AASHTO 93. TACNA –PERU.

UPT. (2014) DISEÑO DE PAVIMETO FLEXIBLE AASHTO 93. TACNA –PERU.



V. ANEXOS.

ANEXO N° 01: Ficha de registro.

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS N° 01
REVISIÓN DE LAS PUBLICACIONES REFERIDAS AL TEMA**

DENOMINACIÓN DE LA FICHA:
ELABORADO POR:
A. - PUBLICACIONES DE TESIS.
1.
2.
3.
B. - GUIAS.
1.
2.
3.
C.- NORMAS TÉCNICAS
1.
2.
3.