UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 3 KM DE ADOQUINADO, LA GARZA-ERMITA LAS FLORES, MUNICIPO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Endersong Enmanuel Téllez López

Br. Johan Sebastián Putoy Miranda

Br. Milton Deogracias Gross Gómez

Tutor

Msc. Ing. Bernardo Calvo Rojas

Managua, Diciembre 2017

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo monográfico a nuestro creador por habernos brindado la sabiduría necesaria para culminar con éxitos nuestros estudios.

A nuestros padres, quienes han sido los encargados de apoyarnos y guiarnos durante esta etapa, hasta llegar a la culminación de los estudios profesionales. Gracias por sus sacrificios y su confianza depositada.

Y de igual forma a aquellos que participaron de forma directa o indirecta en el desarrollo de este documento.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios, por darnos toda la capacidad y sabiduría necesarias para lograr culminar exitosamente nuestros estudios, así como también el presente trabajo monográfico, y por todas las bendiciones que ha derramado en nuestras vidas.

Le damos gracias a nuestros padres, que han sido pilar fundamental e incondicional en toda nuestra formación como personas y como profesionales, sabiéndonos guiar en el camino del bien.

También agradecemos a nuestro tutor, el Ingeniero Bernardo Calvo, quien, con su amplio conocimiento y experiencia, supo orientarnos durante toda la etapa de trabajo de nuestra monografía.

INDICE

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Las vías de comunicación en una nación, son estructuras de vital importancia que promueven el desarrollo socioeconómico de un país, de una región o zona geográfica; independientemente de que estas sean urbanas o rurales ya que ambas forman parte de la infraestructura de desarrollo de una comunidad fundamentada sobre la base del crecimiento del campo agrícola y social, los cuales son los precursores generadores de empleo y divisas para dicha región.

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad, comodidad y eficiencia.

El tramo en estudio se encuentra localizado en el municipio de Masaya, departamento de Masaya, iniciando en la comarca LA GARZA (km 37 carretera Masaya-Granada Est. 0+000) y finalizando en la comarca ERMITA, las Flores (Est. 3+000) del departamento de Masaya. El tramo presenta un ancho de vía de 6 m que predomina a lo largo del tramo, con pendientes mínimas a moderadas.

Como toda nación del tercer mundo, Nicaragua enfrenta diferentes dificultades para desarrollar sus principales actividades socioeconómicas, a pesar de que cuenta con pocos recursos para la ejecución de obras civiles, ésta se diseña conforme a las necesidades, planes de desarrollo y progreso de la nación. Tomando en consideración todos los problemas que se presentan y que a su vez impide el progreso de una nación.

En primera instancia se diseñó la estructura de pavimento, con el objetivo de promover el desarrollo económico, agrícola y la facilidad de trasladarse a su centro laboral lo que traerá consigo grandes beneficios, mejorando la comercialización y movilización de los habitantes.

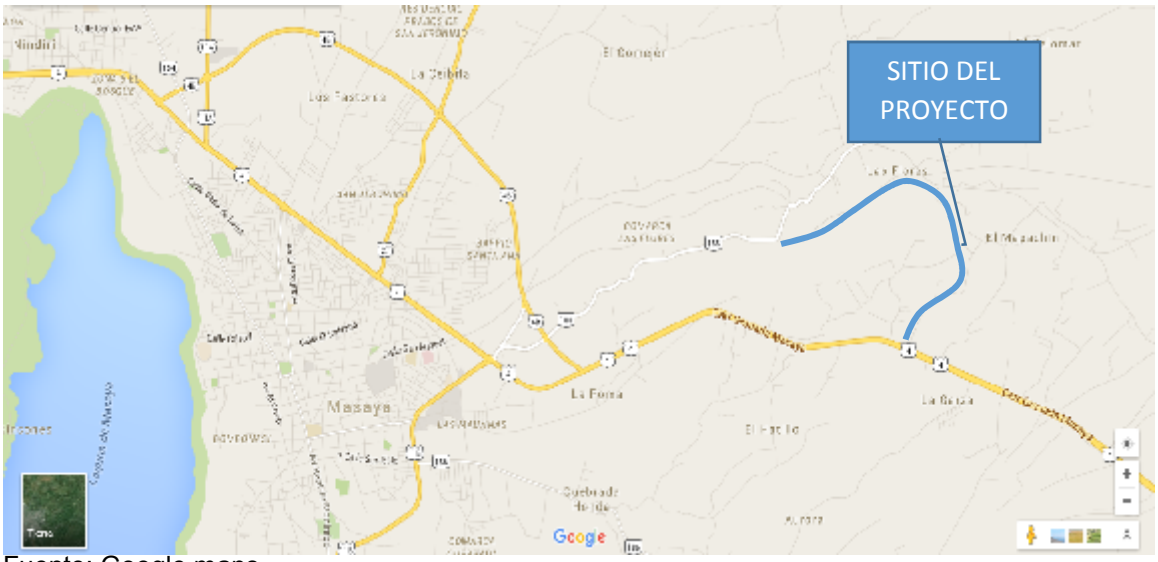
Como segundo punto se realizó el análisis del impacto ambiental para determinar el grado de afectación al ecosistema, en el área de influencia del proyecto.

Esta vía es la única que sirve de corredor, entre las comarcas la Garza y la Ermita así como otras comarcas dentro del tramo, lo que permitirá dar un mejor servicio de transporte tanto de pasajero como de carga, con un menor costo de transporte para los pobladores vecinos u otros usuarios ocasionales que circularan por dicho tramo.

El proyecto se sometió a las diferentes normas que rigen los diseños estructurales de pavimento, que se encuentran claramente explicados y son la base para el desarrollo del mismo, todos extraído del manual centroamericano para diseño de pavimentos (SIECA) y principalmente del diseño de pavimentos AASHTO 93.

1.2 MACRO LOCALIZACION.

Ubicación: Masaya.



Fuente: Google maps

1.3 MICROLOCALIZACIÓN.

Entrada de la comarca La Garza, km 37 de la carretera Granada-Masaya

Fuente: google maps.

1.4 ANTECEDENTES.

Masaya posee una extensión territorial de 141 km^2, la cabecera municipal está ubicada a 28 kms de la ciudad de Managua, su población total es de 184,913 habitantes dividida en población urbana 147,006 habitantes; y una zona rural comprendida por 37,907 habitantes, siendo uno de los departamentos del país más densamente poblado.

La principal actividad económica en la zona rural de estudio, se concentra en lo agropecuario, que proporciona a su vez el mayor ingreso a los habitantes y productores.

Los proyectos que se han realizado en la comarca y su zona aledaña han sido pocos, cabe destacar que por parte de la comuna municipal y del interés de que sea un beneficio para población en su desarrollo, se le brindó mantenimiento. En el año 2013 a inicios, se realizó la rehabilitación de 1.98 km con material selecto. Otro proyecto de mención es la construcción de gradas disipadoras y vado.

Después de su última rehabilitación de apenas 1.98 km del camino, no se le ha dado un mantenimiento continuo a toda la zona comprendida entre la Garza – Ermita-Las Flores, dejando parte del camino en mal estado y en tiempos de lluvia afectan la libre circulación de vehículos, dificultando el traslado de la producción agrícola que se genera para su venta en el mercado local y la movilización de los demás habitantes a sus centros de trabajo, la mayor parte se trasladan a las zona franca, así como también estudiantes.

1.5 JUSTIFICACIÓN.

Todas las ciudades necesitan contar con una red vial en buenas condiciones, para el desarrollo económico y social. Dado a esto es de vital importancia la construcción de una estructura de pavimento en las vías en estudio. Con la realización de dicho proyecto, se pretende mejorar la manera en que se desarrollan las diferentes actividades de los habitantes de la zona, se disminuyen los problemas de movilización en las distintas épocas del año para los pobladores y visitantes, dando como resultado un aumento en la producción, comercio agrícola y trabajo.

En la comarca La Garza ubicado en el municipio de Masaya, se ve directamente beneficiada la producción y calidad de vida de los habitantes, donde existe un total de 2 escuelas, 1 centro de salud y 3 iglesias.

Tomando en cuenta la cantidad y tipos de vehículo que circulan por el tramo, la estructura de pavimento que se consideró diseñar es a base de adoquines de concreto colocados sobre una capa de arena con un sello de arena calibrada entre las juntas, incluyendo la construcción de vigas transversales de amarre donde lo demande la topografía del terreno. Debido a la sencillez del proceso constructivo, se puede construir y dar servicio en un mismo día; en la colocación de los adoquines se requiere del uso de poca maquinaria para su fabricación y colocación, la labor de colocar las piezas será fundamentalmente artesanal.

El estudio del ambiente y su entorno nos ayudara a prevenir cualquier condición ambiental que pueda perjudicar el proyecto y a las comunidades aledañas, identificando para ello los impactos generados por el proyecto, los factores donde las acciones o componentes del proyecto no afecten y además establecer las medidas de mitigación adecuadas sin alterar significativamente el medio ambiente.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

- Diseñar la estructura de pavimento y estudio de impacto ambiental 3 km de adoquinado, La Garza-Ermita Las Flores, municipio de Masaya, departamento de Masaya.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Efectuar un aforo vehicular para determinar la demanda actual, realizar las proyecciones de tráfico y determinar el TPDA para cuantificar las cargas.
- Determinar las características físico-mecánicas de los bancos de materiales y la calidad de los suelos existentes a lo largo del camino en estudio, como información base para la definición del espesor de pavimento.
- Diseñar el espesor de la estructura de pavimento mediante el Método AASHTO 93.
- Aplicar procedimientos y metodologías recomendadas para realizar un estudio de impacto ambiental en la zona, haciendo uso de la matriz de Leopold.

CAPÍTULO 2: ESTUDIOS DE TRÁNSITO.

2.1 INTRODUCCION

El volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y las demandas de un proyecto vial. Es uno de los principales factores que se toma en cuenta para el diseño de un pavimento; para esto es necesario determinar los efectos que las cargas de los vehículos causaran sobre la superficie, por consiguiente, se debe conocer el número y tipo de vehículos que circularan por la vía.

Dado que el tráfico representa uno de los factores esenciales para la determinación de espesores de la estructura del pavimento, tanto la cantidad como composición del tráfico, son determinantes para establecer las cargas a las que estará sometido el pavimento en un periodo de diseño previamente establecido.

Aforo Vehicular

Se realizó un aforo vehicular en los puntos extremos del tramo, permitiendo obtener los volúmenes y la proyección del tráfico existente en la ruta de estudio. Durante 3 días por un periodo de 12 horas se realizó un conteo para tomarlo como una muestra de la cantidad y tipos de vehículos que circulan por el camino. Se definieron dos estaciones de conteo volumétricos, tomando los siguientes criterios:

- La existencia de caminos de acceso, con el propósito que el tráfico que se desvía a ellos no afecta el conteo.
- Visibilidad apropiada para identificar los vehículos.

Tipos de Trafico

Podemos asumir que el tráfico se divide en tres tipos según el Manual para revisión de Estudios de Transito, presentado por el Ministerio de Transporte e

Infraestructura MTI y elaborado por la empresa Corea y Asociados S.A, Los cuales son los siguientes:

- Transito normal: Es el resultante del crecimiento esperado del tránsito en las vías existentes, aunque no se lleve a cabo un proyecto.
- Tránsito atraído: Tránsito que utilizará el proyecto, por las ventajas o beneficios que ofrece. Es el resultante del crecimiento esperado del tránsito desviado de otras carreteras u otros medios de transporte (transito atraído), a la carretera proyectada (nueva o mejorada) en virtud de un menor costo de transporte.
- Tránsito generado: Se origina por el proyecto debido a mejores condiciones de oferta (tránsito nuevo por efecto del desarrollo del área de influencia. Es el tráfico consecuente de las facilidades creadas por la construcción o mejoramiento de una carretera, sin los cuales no sería originado.

2.1.1 Transito Promedio Diario (TPD).

Se define volumen de transito promedio diario (TPD) como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en día completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. El TPD se utiliza en trabajos de planeación. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de transito promedio diario, dados en vehículos por día.

2.1.2 Transito promedio diario anual (TPDA).

Este es uno de los elementos primarios más importantes, el cual se define como el volumen de vehículos que pasan por un punto o sección en un tiempo determinado, el cual es mayor de un día o menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendidos en dicha medición.

El TPDA se ha tomado como un indicador numérico para diseño, tanto por construir una medida característica de la circulación de vehículos como por su facilidad de obtención. El cálculo del TPDA para cada uno de los corredores de

Nicaragua sirve de parámetro para la planeación de las futuras intervenciones en la red vial.

Para calcular el transito promedio diario anual TPDA, tenemos que hacer uso de los factores de ajuste: día y temporada, los cuales se presentan en el anuario de aforos de transito publicado en la revista Anuario de Trafico, por el Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI.

2.1.3 Transito Promedio diario semanal (TPDS).

Se define el volumen de transito promedio diario semanal (TPDS), como el número total de vehículos que circulan sobre una vía durante una semana, dividido entre el número de días en una semana.

TPDS=TS/7; Donde TS: transito semanal

2.1.4 Transito Promedio diario mensual (TPDM).

Se define el volumen de transito promedio diario mensual TPDM, como el número total de vehículos que circulan sobre una vía durante un mes, divido entre el número de días del mes.

TPDM= TM/30; Donde TM: transito mensual

2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

La clasificación funcional agrupa a las carreteras y caminos según la naturaleza del servicio que están supuestas a brindar. La red vial básica nacional se clasifica de la siguiente manera:

2.2.1 Troncal

Tiene la función de asegurar la integración tanto en el ámbito nacional como internacional. Sirve para desplazamientos de grandes longitudes de viajes como el tránsito internacional o interregional cuyos índices de viajes son elevados. Entre las carreteras troncales tenemos: Troncal Principal la cual forma parte de

la red vial centroamericana y la Troncal Secundaria conecta cabeceras departamentales o centros urbanos con más de 50,000 habitantes.

2.2.2 Colectora

Tiene como función conectar centros de población, fuera de la red de carreteras troncales, dar acceso a la red troncal y es generadora de tráfico menor. Esta se caracteriza por conectar cabeceras departamentales o centros económicos importantes y centros generadores de tráfico, también atiende un volumen de tráfico mayor de 500 veh/día y es en casi su totalidad carretera pavimentada. Esa a su vez se clasifica en:

Colectora Principal

Esta comunica una o más cabeceras municipales con población superior a 10,000 habitantes, comunica centros de poblaciones no atendidos por la red troncal. Estas rutas generalmente están dentro de las municipalidades y tiene un flujo de tráfico mayor a 250 veh/día.

Colectora secundaria

La función de esta, es suministrar conexiones a una categoría superior de comunicación para centros urbanos y generadores de tráfico menor y son caminos de alta importancia municipal, con poblaciones servidas con mayores de 5,000 habitantes y atienden un flujo de tráfico mayor de 250 veh/día.

2.2.3 Caminos vecinales

Son caminos que aseguran el acceso a terrenos aledaños y son para viajes relativamente cortos. Su función además de brindar acceso a propiedades adyacentes, es proporcionar el acceso a zonas remotas del país que carecen de facilidades y transportes. Generalmente las zonas que conectan tienen menos de 1000 habitantes y volúmenes de tráfico menores de 50 veh/día.

2.3 CLASIFICACIÓN VEHICULAR.

Para el levantamiento de información es necesario tener en cuentas las características de los vehículos, ya que difieren unos de otros, actualmente en el país hay gran variedad de vehículos, para simplificar su estudio se agrupan en categorías:

2.3.1 Motocicletas:

Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatros ruedas de vehículos motorizados, con o sin transporte.

2.3.2 Vehículos Livianos:

Son vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen automóviles, camionetas y microbuses de uso personal.

2.3.3 Vehículos Pesados de Pasajeros:

Son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los microbuses pequeños (hasta de 15 de pasajeros y microbuses medianos de 25 pasajeros y los buses medianos y grandes.

2.3.4 Vehículos Pesados de Carga:

Son los vehículos destinados al transporte pesado de carga mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en 2, 3, 4, 5 y más ejes, estos vehículos incluyen los camiones de dos ejes (C2), camiones C3, C2R2 y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción.

2.4 CÁLCULOS DE ESTUDIOS DE TRÁNSITO.

El objetivo principal del Estudio de Transito es Determinar los volúmenes de tráfico en una vía determinada, así como su composición, desde el año de inicio de operación de la vía hasta el horizonte de proyecto, así como la cuantificación de los Ejes Equivalentes, lo cual es un dato importante para el cálculo de los espesores de pavimentos.

2.4.1 Conteo vehicular

El conteo vehicular se realizó en 7 días durante un periodo de 12 horas (06:00AM – 06:00PM), en lapsos de 15 minutos, para lo cual fueron establecidos como puntos de conteo, el inicio y final del tramo contando en ambos sentidos.

A continuación, se presenta el resumen de mayor volumen de tránsito obtenido durante el conteo vehicular:

Tabla 1: Conteo Vehicular (Sentido de mayor flujo vehicular).

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 3 KM
DE ADOQUINADO, LA GARZA-ERMITA MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA
RESULTADOS DE CONTEOS DE TRÁFICO

TRAMO CARRETERO:
ESTACIÓN: 3+000 SENTIDO: ERMITA - LA GARZA ID4 FECHA CONTEO: TOTAL

DÍA	Ciclomotores	Motos	Vehículos Pasajeros						Vehículos de Carga							Veh. Pesados		Otros	Total
			Vehículos Livianos			Autobuses			Camión			Camión/Semi Remolque							
			Autos	Camionetas Pick UPs	Jeep	Micros	Mediano	Grande	C2 Liv	C2	C3	C4/Rígido	C5/Rígido	T3S2/4	T3S3/5	Veh. Const.	Veh. Agríc.		
UN SENTIDO	389	833	448	162	23	16	16	51	52	48	11	-	-	-	-	-	-	7	2,062
TPDS(12h)	56	120	64	23	3	3	2	12	7	7	2	1	0	0	0	1	1	1	294

Fuente: Elaboración Propia.

2.5 CALCULO DE TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).

Para realizar este cálculo, se usó como referencia el Anuario de Aforos de Trafico del 2016, publicado por el MTI.

El conteo se realizó durante 12 horas, de 6:00 am a 6:00 pm y durante una semana, se ajustó el transito promedio diario con valores de factor día, y factor temporada, los cuales se obtuvieron en la estación de mayor cobertura del Anuario de aforo de trafico 2016, del MTI.

En la siguiente tabla, se muestran los resultados del TPDA ajustados con factores día, y temporada, para cada tipo de vehículo:

Tabla 2: Transito Promedio Diario Anual.

Resultados del Análisis de Tránsito									
Resultado del Tránsito Promedio Aplicando los Factores de Ajuste									
TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL APLICANDO LOS FACTORES DE AJUSTE									
Vehículos	Autos	Jeep	Camionetas Pick Ups	Mbus	Bus	C2 Liv.	C2>5Ton	C3	TOTAL
TPDiurnoS(12h)	**64**	**3**	**23**	**5**	**12**	**7**	**7**	**2**	**123**
Factor diario	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Factor Expansión	0.94	0.89	1.01	1.01	1.03	1.13	0.95	1.08	
TPDA	60	3	23	5	12	8	7	2	**120**
%TPDA	50%	2%	19%	4%	10%	7%	6%	2%	
%Vehi Liviano	76%				Veh. Pesados		24%		**100%**

Fuente: Elaboración propia, Anuario de Aforos 2016 MTI

2.6 TRÁNSITO A FUTURO.

Para el caculo del Transito Futuro, se toma en cuenta el Producto Interno Bruto en el periodo 2011 a 2015 y La tasa de crecimiento poblacional para el departamento de Masaya. En la siguiente tabla se muestra los valores históricos del Producto Interno Bruto de Nicaragua:

Tabla 3: Producto Interno Bruto.

PRODUCTO INTERNO BRUTO					
Comportamiento del PIB, NICARAGUA					
INDICADOR	2011	2012	2013	2014	2015
PIB (US$ Millones)	9,899	10,645	10,874	11,790	12,692
Crecimiento PIB	6.20%	5.10%	4.50%	4.6	4.90%

Fuente: Banco central de Nicaragua

El Producto Interno Bruto (PIB), según el Banco Central de Nicaragua, para el año 2015 es de **4.9%.**

La Tasa de Crecimiento Poblacional, según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), la ciudad de Masaya para el periodo 2016 es de **2.75%**

2.7 CALCULO DE LA TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR.

Para realizar el cálculo de la tasa de crecimiento vehicular, haremos el uso del tránsito promedio diario anual (TPDA) del año 2016 (resultado del aforo realizado) y el TPDA de los años anteriores, información la cual fue extraída de en la página web del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, (presentada en al aforo anual de trafico 2014), el cual se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 4: Historial de valores de TPDA para el municipio de Masaya

Tasa de Crecimiento del Transito		
Camino NIC-4, Estación 401, Tramo: Masaya-Granada		
AÑO	**TPDA***	**%G ****
2010	6080	0.04%
2011	6649	2.42%
2012	6867	2.51%
2013	7776	3.44%
2014	7555	2.90%
MEDIA GEOMETRICA		**2.262%**

Fuente: Anuario de trafico 2016 (MTI)

Con la siguiente ecuación se calcula la tasa de crecimiento entre los periodos de aforo, con los resultados obtenidos se calcula la media geométrica de los periodos analizados.

$$TC = \left[\left(\frac{TPDAi}{TPDAo}\right)\right]^{1/n} - 1$$

Dónde:

TPDAi: Trafico promedio diario actual.

n: Diferencia de años

TPDAo: Transito promedio diario actual del año base.

$$\boldsymbol{TC} = \left[\left(\frac{7{,}555}{1370}\right)\right]^{1/2} - \mathbf{1} \quad \text{TC=1.34}$$

Tomando en consideración la tendencia de la tasa de crecimiento del PIB durante el período 2011-2016, además que la población del departamento de Masaya se ha mantenido relativamente estable (según la tasa de crecimiento reportada por el INIDE) y dado que el tráfico TPDA muestra una tendencia ascendente, para el presente estudio se eligió una tasa de crecimiento del tránsito de 3**%**, considerando que el crecimiento económico de Nicaragua se muestra estable y su población no crece a ritmo acelerado.

Para el cálculo del tránsito futuro, utilizamos la siguiente ecuación, tomada del Manual de aforos de tráfico, emitido por el MTI:

$$\boldsymbol{Tn} = \boldsymbol{To}\,(\mathbf{1} + \boldsymbol{r})^{\boldsymbol{n}}$$

Dónde:

Tn: Transito en cualquier año n

To: Transito en el año cero (inicial)

r: Tasa de crecimiento vehicular

n: periodo de diseño

Tabla para valores de periodo de diseño.

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Se recomiendan períodos de diseño en la siguiente forma.

Tabla 7-1
Períodos de diseño

Tipo de Carretera	Período de Diseño
Autopista Regional	20 – 40 años
Troncales suburbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 – 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, 2,001

El periodo de diseño utilizado para el cálculo del tránsito futuro, será de 15 años, a como lo indica el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales.

Con el Transito Promedio Diario Anual, obtenido del conteo vehicular y la tasa de crecimiento seleccionada de 3%, se procede al cálculo del tránsito futuro:

$TPDA_{2031} = 120(1+0.03)^{15} = 187$ Veh/día.

Teniendo este resultado, se obtiene la clasificación vehicular de la carretera, presentado en la siguiente tabla:

Tabla 5: Clasificación Vehicular de la carretera

DESCRIPCION	Autopistas Regionales	Troncales		Colectoras	
		Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
TPDA, vehículo promedio diario	>20,000	20,000 - 10,000	10,000 - 30,000	3,000 – 5000	3,000 – 500

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras regionales, SIECA 2001

Con el tráfico promedio diario anual, proyectado a 15 años, 187 Veh/día, la carretera se clasifica como Colectora Rural.

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE SUELO

3.1 INTRODUCCION

El suelo, se define como la capa más superficial de la corteza terrestres, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios brusco de temperatura y por la acción del agua, el viento y de los seres vivos. Desde el punto de vista de la Ingeniería, el suelo no es más que el sustrato físico sobre el que se realizan un sin números de obras, del que importan las propiedades físico-mecánicas.

Para la obtención de la información geotécnica básica de los diversos tipos de suelos deben ejecutarse investigaciones, de campo y laboratorio, que determinen su distribución y propiedades físicas. Una investigación de suelo debe de comprender lo siguiente:

La primera labor consiste en la ejecución manual de perforaciones en el terreno de la vía de estudio, con el objetivo de determinar los diferentes tipos de suelos, así como sus propiedades físico-químicas y mecánicas. Teniendo en cuenta que es imposible realizar un estudio que permita conocer el perfil de suelos en cada punto de proyecto, es necesario acudir a la experiencia para determinar el espaciamiento entre las perforaciones con base a la uniformidad que presenten los suelos.

Para nuestro caso, es una carretera de adoquín, las perforaciones pueden realizarse entre cada 250 – 500mts de separación a una profundidad de 1.50mts.

En cada perforación ejecutada deberán tomarse muestras representativas de las diferentes capas de suelos encontradas, las cuales suelen ser de dos tipos; alteradas e inalteradas.

3.2 CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGÚN LA AASHTO.

AASHTO, es la denominación al sistema de clasificación de suelos determinado y confeccionado por el Departamento de caminos públicos de USA. Este sistema es básicamente un sistema de clasificación de los diferentes tipos de suelos en 7 grupos, cada uno de estos grupos está determinado por ensayos de laboratorios, los cuales serán especificados más adelante.

Este sistema de clasificación es utilizado para propósito de construcción de carreteras. Básicamente divide los suelos de manera general en dos grupos: Materiales Granulares, cuando el 35% o menos pasa por el tamiz Nº200 y los Materiales Limo-Arcillosos, cuando más del 35% pasan por el tamiz Nº200.

A los materiales granulares les corresponde del A-1 al A-3 y para el Limo-Arcilloso del A-4 al A-7, correspondiendo el grupo A-8 a los suelos orgánicos

Entre los Suelos Granulares tenemos los siguientes:

- **Grupo A-1:** El suelo típico de este grupo es una mezcla bien graduada de fragmento de roca o grava, arena gruesa y fina, y un material ligante poco plástico o incluso sin plasticidad alguna.
- **Grupo A-1-a:** Incluye los suelos que consisten predominantemente en trozos de roca o gravas, con un ligante de buena calidad o sin él.
- **Grupo A-1-b:** Incluye suelos que consisten predominantemente en arena gruesa, con un ligante de buena calidad, o sin él.
- **Grupo A-2:** Este grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares que constituyen la transición entre los suelos A-1 y A-3 y los limosos y arcillosos de los demás grupos.
- **Sub-Grupos A-2-4 y A-2-5*:*** Incluye suelos granulares que tienen una cantidad de finos que pertenecen a los subgrupos A-4 y A-5, es decir consistentemente en limos.

- **Sub-Grupos A-2-6 y A-2-7:** Incluye a suelos análogos a los de los sub-grupos A-2-4 y A-2-5, con la diferencia de que el material fino es arcilloso, perteneciente a los grupos A-6 o A-7, respectivamente.

- **Grupo A-3:** El material típico de este grupo es la arena fina de playa o dumas, sin material fino, arcilloso o limoso, o con una cantidad muy pequeña de limos no plásticos.

Los suelos limosos y arcillosos se dividen en:

- **Grupo A-4:** El tipo de suelo de este grupo es un limo plástico o sin plasticidad alguna. Se incluyen también las mezclas de limo con arenas y gravas, con tal que la parte retenida en el tamiz Nº200, no pase del 64%.

- **Grupo A-5:** El suelo típico de este grupo es similar al descrito en el grupo anterior, con la diferencia de que el material fino lleva parte de mica, lo cual se refleja en un alto límite. Esta circunstancia hace que estos suelos sean muy compresibles y elásticos.

- **Grupo A-6:** El suelo típico de este grupo es arcilla plástica que pasa en su mayor parte, por ejemplo, el 75% o más por el tamiz Nº200. También quedan incluidos en este grupo suelos arcillosos con mezcla de grava o arena.

- **Grupo A-7:** El suelo típico de este grupo también es arcilla plástica, pero con un límite liquido muy alto, que indica como el grupo A-5, la presencia de mica o diatomeas. Como en el grupo A-6, los suelos A-7, pueden contener arena o grava, siempre que el tanto por ciento retenido en el tamiz Nº200 no sea mayor al 64%.

- **Grupo A-7-5:** son suelos cuyo índice de plasticidad es relativamente pequeño en relación al límite líquido.

- **Grupo A-7-6:** Son suelos cuyo índice de plasticidad es pequeño en relación a su límite líquido. Los suelos de este sub grupo tienen cambios en el volumen extremadamente grandes y son también elásticas.

- **Grupo A-8:** El suelo típico de este grupo es la turba, que se compone principalmente de materia orgánica, y cuya compresibilidad es enorme. Pero también se incluye los suelos cuyo contenido de materia orgánica, sin ser tan grandes, es suficiente para darles compresibilidad e inestabilidad característica de la misma.

3.3 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

3.3.1 Banco de préstamo:

Es aquel lugar previamente estudiado y que está constituido por roca o material granular, sea arena, arcilla, grava, susceptible para ser utilizado en la construcción.

En cuanto a los bancos de materiales, se analizaron: banco San Antonio del Tepeyac ubicado en el empalme de Nandaime, Granada (material grueso) y el banco Santa María ubicado a 10 km del final del proyecto aproximadamente (arena limosa).

3.3.2 Sondeos Manuales:

Consiste en excavaciones de forma diversas realizadas mediante medios mecánicos convencionales que permiten la observación y extracción de muestras directa del terreno in situ a cierta profundidad.

3.4 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

El objetivo del estudio geotécnicos es analizar y cuantificar las características físico-mecánicas del subsuelo a lo largo del camino, por medio de la realización de ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas de los sondeos, el análisis de la información resultante, tiene como finalidad obtener los espesores del pavimento tomando, además; el tráfico y el clima en el área del proyecto.

Los trabajos geotécnicos de campo correspondieron básicamente en la realización de sondeos manuales a lo largo del rodamiento del camino, realizados cada 350 mts uno del otro alternadamente, con profundidades de 1.5 mts. A las muestras extraídas de los sondeos se procede a realizar los siguientes estudios de laboratorio:

3.4.1 Granulometría:

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o SUCS. El ensayo es importante ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de carreteras, dependen de este análisis. Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

3.4.2 Plasticidad:

Se puede definir como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. Para determinar la plasticidad se realizan diferentes pruebas, las más comunes son de Contracción lineal y límites de Atterberg.

3.4.3 Límites de Atterberg:

Los suelos que poseen algo de cohesión, según su naturaleza y cantidad de agua, pueden presentar propiedades que lo incluyan en el estado sólido, semi-solido, plástico o semi-plástico. El contenido de agua o humedad limite al que se produce el cambio de estado varia de un suelo a otro.

El método usado para medir estos límites se conoce como método de Atterberg y los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios de estados, se denominan límites de Atterberg. Ellos marcan una separación

arbitraria, pero suficiente en la práctica entre los cuatro estados definidos a continuación:

a) **Límite Líquido (LL):** Es la humedad de un suelo remoldeado en el límite de los estados líquido y plástico, expresado en porcentaje.

b) **Limite Plástico (LP):** Es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados plástico y semi-solido, expresado en porcentaje.

3.4.4 Compactación de suelo.

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo deformación de los mismos.

La compactación es la densificación del suelo por remoción de aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso específico seco. Cuando se agrega agua al suelo durante la compactación, esta actúa como un agente ablandador de las partículas del suelo, que hace que se deslicen entre si y se muevan a una posición de empaque más denso. El peso específico seco después de la compactación se incrementa primero conforme aumenta el contenido de agua.

La importancia de la compactación es obtener un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.

El método usado para la compactación de los suelos depende del tipo de material con el que se trabaje en cada caso, los métodos usados para determinar la densidad máxima y humedad óptima en trabajos de carretera son: Próctor Standard y Próctor Modificado.

3.4.5 Razón de soporte de California (CBR, California Bearing Ratio):

Este método se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de suelos de subrasante, como también de materiales empleados en la construcción de terraplenes, sub-bases, bases y capas de rodadura granulares.

Con el valor del CBR se puede clasificar el suelo usando la tabla siguiente:

Tabla 6: Rangos de CBR para determinar la calidad del suelo

% CBR	CLASIFICACION
0-5	Sub-rasante de muy mala calidad
5-10	Sub-rasante mala
10-20	Sub-rasante regular a buena
20-30	Sub-rasante muy buena
30-50	Sub-base buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: Diseño de pavimento AASHTO 93 (3ra Edición)

Tabla 7: Sondeo en línea

No.	Ensayo	Norma
1	Granulometría	ASTM D-422 o AASHTO T-88
2	Límite líquido	ASTM D-423 o AASHTO T-89
3	Limite plástico e índice de plasticidad	ASTM D-424 o AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 o AASHTO T-145
5	Próctor Estándar	ASTM D-698 o AASHTO T-99
6	CBR	ASTM D-1883 o AASHTO T-193

Fuente: Laboratorio de Materiales y suelo. Julio Padilla Méndez (FTC)

Tabla 8: Banco de Materiales

No.	Ensayo	Norma
1	Granulometría	ASTM D-422 o AASHTO T-88
2	Límite líquido	ASTM D-423 o AASHTO T-89
3	Limite plástico e índice de plasticidad	ASTM D-424 o AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 o AASHTO T-145
5	Próctor Estándar	ASTM D-698 o AASHTO T-99
6	Próctor Modificado	ASTM D-1557 o AASHTO T-180

Fuente: Laboratorio de Materiales y suelo. Julio Padilla Méndez (FTC)

3.5 RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.

Las muestras obtenidas de los sondeos de línea, previamente identificados se trasladaron del lugar de origen al laboratorio de suelos del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios, de la Universidad Nacional de Ingenierías (UNI-RUPAP), para ser sometidas a las pruebas y ensayes correspondientes.

Primero, se realizaron los análisis granulométricos a las muestras de los sondeos de línea, y luego los ensayes para determinar los Límites de Atterberg a cada una de las muestras.

Una vez, teniendo la granulometría y los límites de cada muestra, se clasificaron las muestras según la ASTM D 3282 (Tabla de Clasificación de suelos y mezclas de agregados de suelos para propósitos de construcción de carreteras) / AASHTO M 145 (Anexo 3), las muestras de características similares se reunieron y se determinaron los valores de Densidad Seca Máxima y % Humedad Optima para cada tipo de material.

Para la determinación del valor relativo soporte, las muestras se sometieron al ensaye CBR; de manera que se realizaron 4 pruebas de CBR para los principales tipos de suelos encontrados.

A continuación, se describen los resultados que se obtuvieron de las pruebas practicadas en el laboratorio a los tipos de suelos encontrados en el camino en estudio.

3.5.1 Sondeos de línea

Los estratos de suelos de este camino están conformados a lo largo de la vía por los siguientes tipos: A-4 (0-4), A-6(8), A-2-4(0), A-1-b (0). Las características de estos suelos se describen a continuación:

- El tipo de suelo A-4, es un material limo plástico o con poca plasticidad, se encontró mayormente en capa intermedia, de sus partículas pasan el tamiz Nº200 entre 39 a 75% con una plasticidad entre 2 a 10%.
- El tipo de suelo A-6, es un material arcilloso con mezcla de arena que pasa entre un 40 a 60% por el tamiz Nº200, siendo más arcilloso el suelo A-6 con índice de grupo de 8. Tiene plasticidad de entre 11 a 20%.

- El tipo de suelo A-2-4 es un material de grava y arena limosa que pasa entre un 26 a 35% el tamiz Nº200, no tiene índice de plasticidad.
- El tipo de suelo A-1-b es un suelo de grava y arena, que pasan un 25% el tamiz Nº200 y no tiene índice de plasticidad.

3.5.2 Características de los suelos

En toda la longitud del tramo de carretera, se encontraron cuatro tipos de suelos diferentes, y a la vez, cada tipo de suelo con índices de grupos distintos, lo cual se determinó con las pruebas de laboratorio (granulometría y límites de Atterberg). Entre los tipos de suelos, tenemos suelos arenosos, arcillosos, y limos plásticos.

A continuación, se muestran las características y propiedades de los diferentes tipos de suelos encontrados en el camino del proyecto:

Tabla 9: Característica de los Suelos.

TIPO DE SUELO	PASA MALLA (%)			LL	IP	CBR (%)
	Nº4	Nº40	Nº200	%	%	95
A-4(0-4)	84	71	55	33.40	7.69	17.8
A-6(8)	96	81	60	38.8	16.80	5.5
A-2-4(0)	68	58	28	0	0	7.8
A.1-b (0)	74	44	23	0	0	15.4

Fuente. Elaboración propia.

Tabla de resumen con los datos de CBR de la sub rasante.

Tabla 10: CBR de diseño

NUMERO DEL TRAMO	ESTACION	PROFUNDIDAD (MTS)	%CBR	CLASIFICACION DEL SUELO
1	0+000	0.60	7.8%	A-2-4
	0+350			
2	0+350	0.60	17.8%	A-4
	0+700			
3	0+700	0.60	15.4%	A-1-b
	1+050			
4	1+050	0.60	7.8%	A-2-4
	1+400			
5	1+400	0.60	17.8%	A-4
	1+750			
6	1+750	0.60	7.8%	A-2-4
	2+100			
7	2+100	0.60	5.5%	A-6
	2+450			
8	2+450	0.60	7.8%	A-2-4
	2+800			
9	2+800	0.60	17.8%	A-4
	3+335			
		PROMEDIO	**11.72%**	

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3 Estudio de banco de préstamos

Se realizó la investigación de los bancos de materiales existentes y viables sobre la vía o a sus cercanías. Se tomaron en cuenta: banco San Antonio del Tepeyac ubicado en el empalme de Nandaime, Granada y el banco Santa María ubicado a 10 km del final del proyecto aproximadamente. De estos dos bancos

se procedió hacer una estabilización de 70% selecto y 30% hormigón para cumplir los requisitos de la NIC-2000 (especificada en anexos tabla 24).

Tabla 11: Resultado de los bancos de materiales.

Banco	San Antonio del Tepeyac (HORMIGON)	Santa María (SELECTO)	Estabilización De suelos	
% pasa 2”	100	100	100	
% pasa 1 ½ “	100	100	100	
% pasa 1”	95	100	98	
% pasa ¾”	91	100	96	
% pasa ½”	84	100	94	
% pasa 3/8”	77	100	92	
% pasa No. 4	54	100	89	
% pasa No. 10	40	87	78	
% pasa No. 40	14	34	35	
% pasa N0. 200	2	8	9	
Límites de Consistencia				
Limite liquido	------	------	------	
Limite plástico	NP	NP	NP	
Ensayes Adicionales				
Peso volumétrico seco suelto (PVSS) (kg/m³)	1,318 Kg/m³	1,505.11 Kg/m³	1457 Kg/m³	
Densidad máxima seca(Kg/m^3)	1,568 Kg/m³	1,680.8 Kg/m³	1,610 Kg/m³	
Humedad óptima (%)	10.9	13.2	11.2	
Clasificación				
Clasificación.	A-1-a (0)	A-1-b (0)	A-1-a (0)	
Color	Rojo claro	Gris	--	
Material	Grava con limo y arena	Arena limosa		
Abundamiento	1.18	1.11	1.10	
Próctor	Modificado	Modificado	Modificado	
Valor relativo de soporte (CBR %)	30%	40%	90%	25.8
			95%	60
			100%	76.6

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE PAVIMENTO.

4.1 INTRODUCCION

Se define Pavimento, al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe de funcionar eficientemente. El pavimento debe presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, así como también debe presentar una adecuada visibilidad. 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 que son materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan lo más económicos.

El diseño de pavimento se define como el proceso de determinación de una combinación de materiales y espesores de capas, que garanticen tanto el comportamiento estructural de su conjunto, cuando es sometido a los efectos impuestos por las variables actuantes sobre la estructura, como el cumplimiento de las funciones para las cuales ha sido diseñado.

4.2 CARACTERÍSTICA QUE DEBE DE CUMPLIR UN PAVIMENTO.

Un pavimento debe de satisfacer los siguientes propósitos:

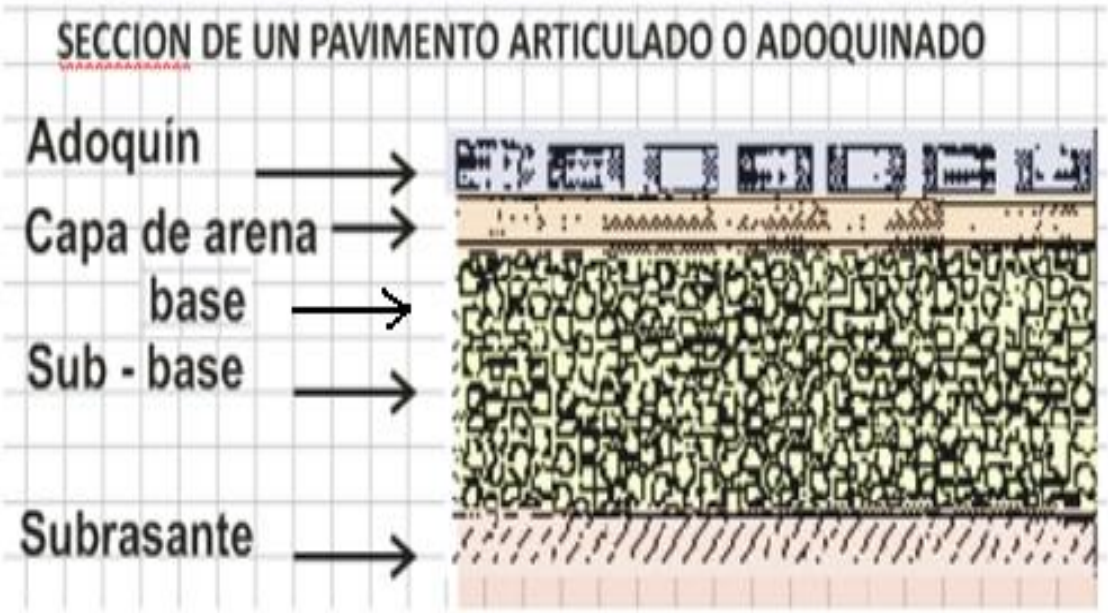
- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.
- Resistir la acción destructora de los vehículos.
- Tener resistencia ante los agentes atmosféricos.
- Poseer superficie de rodamiento cómoda, segura y fácil de los vehículos.
- Presentar flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de base o sub base.
- Debe ser duradero y económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito, tanto diurno como nocturno.

- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permita una adecuada comodidad a los usuarios.

4.3 PAVIMENTO ARTICULADO O DE ADOQUINES.

Los Pavimentos Articulados o de Adoquines están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme; estos se colocan sobre una capa delgada de arena, la cual a su vez, se apoya sobre una capa base granular o directamente sobre la sub rasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

En la siguiente figura se muestran las capas que generalmente conforman un pavimento articulado, cabe señalar que no siempre se posee esta estructura en estos pavimentos, varían según criterio del diseñador:



4.4 ELEMENTO QUE COMPONEN UN PAVIMENTO.

Entre los elementos que conforman un pavimento flexible tenemos los siguientes:

4.4.1 Sub-rasante

Es la capa de terreno natural de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno, y una vez compactada debe de tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El material de la subrasante tiene que estar libre de vegetación y materia orgánica, de lo contrario el material deberá reemplazarse por material adecuado para subrasante en el tramo correspondiente o considerar la estabilización de los suelos subyacente.

En general, los materiales apropiados para capa de subrasante, son los suelos de preferencia granulares, que no tengan características inferiores a los suelos que se presentan en el tramo. Según la AASHTO M-145 los suelos clasificados A-8, son materiales inadecuados para la capa subrasante, ya que son suelos orgánicos.

Para compactar la capa subrasante, el espesor de esta debe escarificarse, homogenizarse, mezclarse, conformarse y compactarse en su totalidad, hasta lograr la densidad máxima según AASHTO T 180.

4.4.2 Sub-base

Es la primera capa de la estructura del pavimento que se dispone sobre la sub-rasante, con el fin de facilitar un buen drenaje en el pavimento y permitir la construcción del resto de la estructura. En esta capa se presenta una disipación parcial de esfuerzos. Tiene capacidad de absorber algunos cambios de volumen sobre la sub-rasante y puede sustituir económicamente parte de la base. No

siempre es utilizada en el diseño. Se construye con material con menos exigencias y por ende es mucho más económico que el utilizado en la base.

El material de la sub-base deberá ser seleccionado y tener mayor valor soporte CBR que el material de sub-rasante y su espesor varia por tramos, dependiendo de las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante.

El material de la sub-base debe ser tendido en capas no mayores de 20 centímetros de espesor.

4.4.3 Base

Es la capa que se construye sobre la sub-base, y en su construcción se emplean materiales de mejor calidad y con mejores especificaciones de construcción. Su importancia radica en su capacidad estructural y de protección del resto del pavimento. Además, permite la circulación de vehículos mientras se construye la capa de rodadura. Esta capa es indispensable para cualquier sistema de pavimentos, ya que en ella se presenta la mayor disipación de esfuerzos.

4.4.4 Superficie de rodadura

Es la capa superior del pavimento y sobre ella circulan los vehículos durante su vida útil. Debe ser resistente a la abrasión generada por el tráfico y a la agresión del medio ambiente. Tiene la función de proteger la estructura, impermeabilizando la superficie del pavimento, debe ser suave y de superficie continua para que sea cómoda la circulación de vehiculas sobre ella, y debe ser rugosa para asegurar la adherencia de los vehículos.

Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4cm).

4.5 FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

Para el diseño de un pavimento, se deben de considerar los siguientes elementos estructurales, funcionales, constructivos y económicos, definidos a continuación:

4.5.1 El Tránsito.

El transito es una de las variable más importante en el diseño de pavimentos. Para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos que las cargas de los vehículos causaran sobre el pavimento, por lo cual se debe conocer el número y tipo de vehículos que circularan por una vía, así como la intensidad de la carga y la configuración del eje que le aplica. La repetición de las cargas de tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento son fundamentales en el cálculo.

4.5.2 La Sub-rasante.

Parte fundamental en diseño de pavimentos. De la calidad de esta capa depende el espesor de un pavimento, ya sea flexible o rígido. Como parámetro fundamental, se emplea la capacidad soporte del suelo o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante de diversas formas bajo las cargas de tránsito. Hay que tener en cuenta la sensibilidad de los suelos a la humedad tanto en lo que se requiere a su resistencia como a las eventuales variaciones de volumen.

4.5.3 El clima.

Los factores que más afectan en el país son las lluvias, un poco menos los cambios de temperatura. Suele tenerse en cuenta en la elección de los materiales y en determinados elementos constructivos, como el drenaje, que en el diseño de pavimento son objetos de consideración, las temperaturas diarias y estacionales.

Las lluvias por su acción directa tienen una acción contundente y especial sobre el pavimento especialmente en la base y la sub base. También cuando la carpeta está expuesta de manera constante a la acción del agua se manifiesta un deterioro sustancial en las propiedades del rodamiento.

4.5.4 Materiales.

Los materiales, son determinantes para la selección de la estructura de un pavimento más adecuado técnica y económicamente. También, se debe de considerar la disponibilidad de los agregados en los bancos de materiales cercanos a la zona del proyecto. Además de la calidad requerida que depende tanto de la naturaleza de los agregados como de los tratamientos a los que se someten.

4.6 VARIABLES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

4.6.1 El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el periodo de diseño seleccionado W18 (ESAL`S)

Esta variable se refiere al número de repeticiones de cargas equivalentes de 18,000lbs en el carril de diseño durante la vida útil de pavimento.

Para el cálculo del tránsito, el método actual contempla los ejes equivalentes sencillos de 18,000 lbs (8.2ton) acumulados durante el periodo de diseño, por lo que no ha habido grandes cambios con respecto a la metodología original de AASHTO. La siguiente ecuación puede ser usada para calcular el parámetro del tránsito W18 en el carril de diseño:

$$W_{18} = TPDA \cdot fs \cdot fc \cdot FCA$$

Dónde:

W18= Transito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton en el carril de diseño.

TPDA= transito promedio diario anual (actual)

fs= Factor sentido.

fc= Factor de distribución por carril.

FCA = factor de crecimiento anual = $\left[\frac{(1+i)^n-1}{i}\right] * 365$

n= periodo de diseño

i= tasa de crecimiento = 3%

365 = días del año

4.6.2 El parámetro de confiabilidad R

La Confiabilidad no es más que la probabilidad de una sección diseñada usando el proceso en el cual se comportara satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño.

Con el parámetro de Confiabilidad "R", se trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, duraran como mínimo el periodo de diseño.

El actual método AASHTO para el diseño de la sección transversal de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 hasta 99.9, para el parámetro R, de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que en niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios.

4.6.3 Desviación Estándar So

Este parámetro está ligado directamente con la confiabilidad R. En este paso deberá seleccionarse un valor So "Desviación Estándar Global", representativo de condiciones locales particulares, que considere posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

La AASHTO presenta una serie de valores de desviación estándar para pavimentos flexibles, los cuales se muestran a continuación:

- Pavimentos Flexibles 0.40 – 0.50
- Construcciones Nuevas 0.35- 0.40
- En sobre-capas 0.50

4.6.4 Pérdida de Serviciabilidad

La Serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad que tiene el mismo para servir a la clase de transito que no lo va a utilizar. El índice de Serviciabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto).

El cambio o pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, se define en el método con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

**Fuente: Guía de diseño de estructura de pavimento, AASHTO 93

Dónde:

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

Po = Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para pavimentos flexibles)

Pt = Índice de servicio terminal, para el cual AASHTO 93 maneja valores de 3.0, 2.5 y 2.0 recomendado 2.5 o 3.0 para caminos principales y 2.0 para caminos secundarios.

4.6.5 Módulo de Resilencia Mr de la Sub-rasante

En el método actual de la AASHTO, la parte fundamental para caracterizar debidamente a los materiales, consistió en la obtención del Módulo de Resilencia, con base en pruebas de laboratorios, realizados en materiales a utilizar en la capa sub-rasante.

El método AASHTO 93 requiere el módulo resilente MR de la sub-rasante para cuantificar la cantidad de capacidad de soporte del pavimento articulado. El ensayo del módulo resilente MR proporciona una propiedad del material que representa mucho mejor al comportamiento de los suelos y bases bajo cargas en movimiento.

Para calcular el módulo resilente, la guía AASHTO propone el uso de la conocida correlación con el CBR, la cual se presenta a continuación:

- Mr = 4326 * ln CBR + 241; utilizada para suelos granulares por la AASHTO.

4.6.6 Determinación de los coeficientes de drenaje

Los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje.

El método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles proporciona un sistema para ajustar los coeficientes estructurales en forma tal que tomen en consideración los niveles de drenaje sobre el comportamiento del futuro pavimento.

4.6.7 Determinación de los coeficientes estructurales

Son coeficientes que están relacionados con parámetros resistentes de bases granulares, bases tratadas con asfalto y bases tratadas con cementos. Conforme a estos coeficientes, se puede proceder al diseño estructural de un pavimento flexible. En los anexos grafica 1, grafica 2 se muestran los gráficos para determinarse los coeficientes estructurales para bases granulares, sub-bases y bases granulares.

4.6.8 Determinación del Numero Estructural (SN)

Es el número que expresa la resistencia del pavimento en términos del valor de soporte del suelo. El método está basado en el cálculo del Numero Estructural

SN sobre la capa sub-rasante. Para esto se hará uso del nomograma presentado en el Anexo Grafica para el SN requerido.

4.6.9 Determinación de los espesores de pavimento flexible

La estructura de pavimento flexibles está formado por un sistema de varias capas por lo cual debe dimensionarse cada una de ellas considerando sus características propias.

Una vez que se ha obtenido el numero estructural SN para la sección estructural del pavimento, se requiere determinar una sección multicapa, que en conjunto provea una suficiente capacidad del soporte, equivalente al número estructural de diseño. Para este fin se utilizara la siguiente ecuación que permitirá obtener los espesores de las capas de rodamiento o carpetea de la capa base y de la sub-base.

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

Fuente: Método AASHTO 93

Dónde:

a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de capas de carpeta, base y sub-base, sub rasante respectivamente.

d1, d2, d3 = espesor de la carpeta, base y sub-base respectivamente.

m2, m3 = coeficientes de drenaje para base y sub-base respectivamente.

De la misma manera se deberá obtener los coeficientes estructurales de la capa base (a2) y de la capa sub-rasante (a3), utilizando los valores del módulo de Resilencia correspondiente a cada una de ellas. Para ello se hará uso de las gráficas: (Ver anexos pág. 99 (base) y pág. 100(sub base)).

4.7 DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE

4.7.1 INTRODUCCION

El diseño de pavimento se define como el proceso de determinación de una combinación de materiales y espesores de capas construidas con tales materiales, que garanticen tanto el comportamiento estructural de su conjunto, cuando es sometido a los efectos impuestos por las variables actuantes sobre la estructura, como el cumplimiento de las funciones para las cuales ha sido diseñado. El diseño de espesores de la estructura del pavimento flexible del tramo en estudio está basado en el método AASHTO 93.

4.7.2 METODO AASHTO 93

El método AASHTO 93, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles de carreteras. El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un numero estructural SN para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado.

Para el método AAHSTO 93 la fórmula de diseño es la siguiente:

$$Log_{10}W_{18} = Zr \cdot So + 9.36 \cdot Log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{Log_{10}\left|\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right|}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot Log_{10} Mr - 8.07$$

Dónde:

W18: número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80KN acumuladas en el periodo de diseño (n)

Zr: valor del área bajo la curva de distribución normal, función de la confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

So: desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

ΔPSI: pérdida de Serviciabilidad prevista en el diseño.

Mr: Modulo de Resilencia de la sub-rasante y de las capas bases y sub-bases granulares.

SN: numero estructural o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones de diseño

4.7.3 VARIABLES A CONSIDERAR

4.7.3.1 Esal`s de diseño

Esta variable se refiere al número de repeticiones de cargas equivalentes de 18,000 lbs, en el carril de diseño durante la vida útil de pavimento. Para el cálculo del ESAL que se le aplicara a la estructura de pavimento, es necesario asumir el numero estructural SN para pavimentos flexibles.

Para realizar el cálculo se utilizaron tablas de factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, lo cual asumiremos un SN=3; Este es un número arbitrario que uno puede elegir entre SN=1 y SN=5, y un Pt=2, tomando en cuenta que nuestra carretera está clasificada como troncal rural, y también tomando en cuenta los siguientes rangos:

- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico: **Pt = 2.5 – 3.0**

- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas interurbanas: **Pt = 2.0 – 2.5**

- Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de: **Pt = 1.8 – 2.0**

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 12: ESAL de diseño

Tipo de vehículo	T0	Peso por eje en LBS	Tipo de eje	TD	F. ESAL	ESAL Diseño
Autos	60	2200	Simple	203074	0.00038	77
		2200	Simple	203074	0.00038	77
Jeep	3	2200	Simple	9711	0.00038	4
		2200	Simple	9711	0.00038	4
Camioneta	23	2200	Simple	79099	0.00038	30
		4400	Simple	79099	0.0034	269
Mbus	2	4400	Simple	7836	0.0034	27
		8800	Simple	7836	0.0502	393
Bus	12	11000	Simple	40458	0.1265	5118
		22000	Simple	40458	2.35	95075
C2 Liviano	8	8800	Simple	28220	0.0502	1417
		17600	Simple	28220	0.9206	25980
C2 >5ton	6	9920	Simple	21882	0.07708	1687
		19841	Simple	21882	1.522	33305
C3	2	11000	Simple	5761	0.1265	729
		36300	Simple	5761	19.75	113779
Total ESAL de diseño						**277970**

Fuente: Elaboración propia

El ESAL de diseño para un periodo de 15 años es de = 277,970 ejes equivalentes de 8.2 ton

Para elegir los factores equivalentes de cargas, se hizo uso de los siguientes datos: tipo de vehículo, Serviciabilidad final y del SN asumido.

De acuerdo al tipo de vehículo, se obtiene un peso por eje para cada vehículo, este peso se obtuvo haciendo uso de él diagrama de cargas permisibles, emitida por el MTI, presentada en anexos tabla 26, para luego proceder a ubicarlos en las tablas de los factores equivalentes de cargas para pavimentos flexibles (Ver anexo, tabla 29) para ello asumimos un valor de SN=3.

El factor de crecimiento fue tomado de la fórmula:

$$F_c = \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right] * 365$$

$$Fc = \left[\frac{(1+3)^{15}-1}{\%}\right] * 365 = 6789$$

El transito actual se tomó del aforo vehicular realizado por los autores, presentado en el capítulo 1 Estudios de Transito. Teniendo los pesos por ejes, el transito actual y la tasa de crecimiento, se calcula el tránsito de diseño. El factor direccional y el factor carril fueron tomados de las siguientes tablas:

Tabla 13: Factor de distribución por dirección

FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN	
Nº de carriles en ambas direcciones	FD (%)
2	50
4	45
6 o mas	40

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de pavimento SIECA

Tabla 14: Factor Carril

FACTOR CARRIL	
Nº de carriles en una dirección	**F`c**
1	1
2	0.8 - 1.0
3	0.6 - 0.8
4	0.5 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de pavimento SIECA

El factor carril que utilizado fue de 1 (100%) ya que nuestra vía en estudio tiene un solo carril por sentido. El factor direccional que utilizamos fue de 0.5 (50%).

Teniendo el tránsito de diseño y factor ESAL para cada tipo de vehículo, y el factor carril y factor direccional, se calcula el ESAL total para el tramo de carretera en estudio, el ESAL obtenido es de 277,970 ejes equivalentes para el tramo en estudio.

4.7.3.2 Confiabilidad R

Con el parámetro confiabilidad R, se trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtenga duraran como mínimo el periodo de diseño.

En la siguiente tabla se sugieren diferentes niveles de confiabilidad:

Tabla 15: Niveles de confiabilidad sugerida para diferentes carreteras.

NIVELES DE CONFIABILIDAD		
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	**URBANA**	**RURAL**
Carretera interestatal o autopista	85-99.99	80-99.99
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras de transito	80-95	75-95
Carreteras locales	50-80	50-80

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93.

Para el tramo de carretera elegimos un nivel de confiabilidad de 80%, ya que la vía en estudio se clasifico como Colectora de tránsito, ubicada en una zona rural. Este valor se tomó de forma modesta tomando en cuenta las cargas vehiculares en este sector, dejándolo en el rango aceptable para este tipo de carretera.

Cabe mencionar que un nivel alto de confiabilidad implica que un pavimento sea más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero también pasara más tiempo hasta que ese pavimento necesite una reparación y por ende los costos de mantenimiento serán menores.

4.7.3.3 Desviación estándar SO

Este parámetro está ligado directamente con la confiabilidad (R). En este estudio se utilizara un valor de desviación estándar desarrollado por la AASHTO para pavimentos flexibles de So=0.45.

4.7.3.4 Pérdida de Serviciabilidad

La Serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad que tiene el mismo para servir a la clase de transito que no lo va a utilizar.

Para el cálculo de la pérdida de Serviciabilidad, haremos uso de la siguiente ecuación (**ecuación tomada de La Guía de Diseño de Estructura de Pavimento AASHTO 93, Capitulo II-9):

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. La serviciabilidad inicial Po es la condición inmediata después de la construcción. La serviciabilidad final Pt es la condición final que tendrá el pavimento, en otras palabras es la condición en el cual el pavimento falla y necesita rehabilitación.

La serviciabilidad inicial que nos corresponde es de Po = 4.2, y la serviciabilidad final es de Pt = 2.0.

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2 = 2.2$$

4.7.4 MÓDULO DE RESILENCIA MR DE LA SUBRASANTE

En el método actual de la AASHTO, la parte fundamental para caracterizar debidamente los materiales, consiste en la obtención del Módulo de Resilencia, con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la capa sub-rasante.

Los suelos que se eligieron fueron los que se encuentran por debajo de los 150mm, la cual será nuestra subrasante.

Para determinar el valor de resistencia CBR de diseño es el propuesto se procedió a calcular de acuerdo a método de diseño AASHTO

Determinación de los coeficientes estructurales

- **Capa Base**

Según anexos en la gráfica 1 para coeficiente estructura de base, se toma en cuenta el CBR base = 60% y el Modulo Resiliente MR base = 26,000 psi, se obtiene un valor de **a2 = 0.128.**

- **Capa Sub-base**

Según la gráfica 2 del anexo para coeficiente estructural para sub-base, y tomando en cuenta el CBR sub-base = 40% y el Modulo Resiliente MR sub-base = 16,199 psi, se obtiene un valor de **a3 = 0.12.**

Mr = 4326 * ln40 + 241

Mr = 16,199 psi

- **Sub-rasante**
- **CBR = 11.72**
- **Mr = 4326 * ln 11.72 + 241 = 10,889 psi**

Determinación de los espesores de pavimento flexible

La fórmula general que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa siguiente:

$$SN = a1 * D1 + a2 * m2 * D2 + a3 * m3 * D3$$

En donde:

a1, a2, a3: son los coeficientes estructurales o de capa, de la superficie de rodadura, base y sub-base respectivamente.

m2, m3: son los coeficientes de capa en pulgadas para la superficie de rodadura, base y sub-base.

Determinación de los coeficientes de drenajes

Para la determinación del coeficiente de drenaje de la base (m2) y el coeficiente de drenaje de la sub-rasante (m3), utilizaremos la tabla recomendada por la AASHTO de acuerdo a la calidad del drenaje y el tiempo en año durante el cual se espera el pavimento este normalmente expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Tabla 16. Valores de m, recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y sub-base granulares

CALIDAD DEL DRENAJE	% DE TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A NIVEL DE HUMEDAD PRÓXIMO A LA SATURACIÓN			
	<1%	1 - 5%	5-25%	>25%
EXCELENTE	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
BUENO	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
ACEPTABLE	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
POBRE	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
MUY POBRE	1.05-0.95	0.95-0.70	0.75-0.40	0.4

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO 93

De acuerdo con la tabla tomamos un valor para el coeficiente de drenaje de la base m2 = 1 y un valor para el coeficiente de drenaje de sub-rasante m3 = 1 considerando una calidad de drenaje de buena, dado que el terreno en esta zona es de tipo montañoso con pendiente que permiten que el agua se escurra rápidamente, también consideramos un % de tiempo de exposición de la estructura de pavimento a nivel de humedad próximo a la saturación >25%, ya

que en esta zona llueve con mucha frecuencia y es muy posible que se llegue a ese porcentaje.

4.7.5 CALCULO DE ESPESORES DE LA CARPETA RODAMIENTO:

Coeficientes Estructurales (a1): El coeficiente estructurales una medida de la habilidad relativa de una unidad de espesor de un material/mezcla determinado, para servir como un componente estructural de un pavimento Los coeficientes estructurales (a1) que son empleados en el Método AASHTO 93 los cuales se utilizara en el diseño son los siguientes:

Dado que la bibliografía no da un coeficiente estructural para el adoquín de concreto, se considera usualmente un coeficiente de 0.45, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capitulo 7 – Diseño de espesores de pavimento con adoquín, Método AASHTO.

a1=	0.45	
D1=	4	Plg
SN1=a1xD1	1.8	

Nota: Este valor no se corrige por que el espesor del adoquín no varia .

- **Base**

Del nomograma se obtiene SN2= 3.0

$D2 = \frac{SN2-SN1}{a_2 \cdot m_j} = \frac{3.0-1.8}{0.128} = 9.38$; Se proponen 9.5 “de Base

$SN2 = 9.5 \cdot 0.128 = 1.216$

- **Sub-base**

Del nomograma se obtiene SN3= 3.2

$$D3 = \frac{SN3 - SN2 - SN1}{a_3 \cdot m_j} = \frac{3.2 - (1.216 + 1.8)}{0.12 \cdot 1} = 1.53''$$

Por tanto no se requiere de sub-base ya que es muy delgada, recalculando la base

$D2 = \frac{SN3 - SN1}{a_2 \cdot m_j} = \frac{3.2 - 1.8}{0.128} = 10.99$; **= 11" pulg.**

SN2 = 11*0.128 = 1.408

Para comprobar si el numero estructural requerido SN es mayor o igual a los estructurales de la carpeta, base y sub-base calculados SN1, SN2, SN3.

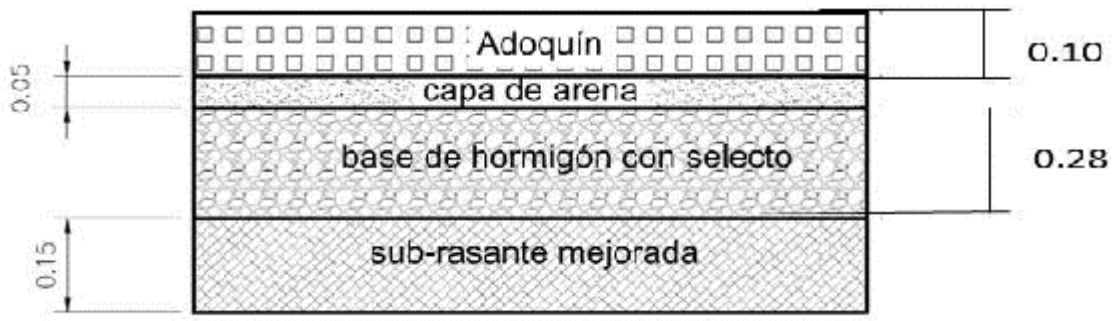
SN1+SN2+SN3 ≥ SN requerido

1.8+1.408 = 3.208 ok

Los espesores de pavimento son los siguientes:

- Carpeta de adoquín = 10cm (4")
- Capa de arena = 5 cm (2")
- Base = 28 cm (11")

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN



CAPITULO 5: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1 INTRODUCCION

En la actualidad existe una conciencia creciente en todo el mundo del impacto ambiental en los proyectos de Desarrollo rural, especialmente donde se involucre la construcción y mantenimiento de caminos rurales. En los últimos años los ambientalistas, especialistas en Desarrollo y comunidades locales se ha identificado con varias inquietudes relacionadas con el efecto de proyectos de caminos rurales en los ambientes sensibles, el patrón de uso de la tierra y el reasentamiento de numerosos pobladores.

El impacto de un camino rural desde el punto de vista nacional o regional puede ser mínimo, sin embargo, a nivel comunitario el impacto puede resultar muy significativo, afectando el ambiente adyacente. Las instituciones involucradas deben entender como sus actividades relacionadas con caminos pueden o no, afectar el ambiente y las comunidades locales. El personal de las instituciones debe prestar más atención a los pobladores a lo largo del camino, la flora y la fauna, y tener la capacidad de identificar preocupaciones ambientales potenciales.

Un estudio de ambiente natural y social en donde se va a ejecutar un proyecto de caminos rurales ayudara a superar algunas de las inquietudes. Sin embargo, para llevar a cabo tal estudio, se necesita saber más allá de los aspectos técnicos de construcción y mantenimiento de caminos. Se requiere también conocimiento de los procedimientos apropiados para estudiar el ambiente y la capacidad de analizar la información recabada.

La ejecución de un Estudio Ambiental (EA) previo a la construcción es de suma importancia a la construcción de caminos porque nos ayuda a prever cualquier condición ambiental posible que pueda perjudicar el proyecto y las comunidades adyacentes. También contribuirá para evitar demoras en la construcción que representará más costo, integrará mejor el proyecto con el ambiente y generará

información física, bilógica y social del sitio del proyecto. En la mayoría de los países el EA es un requisito para cualquier proyecto, por lo tanto se debe tomar en cuenta en la programación de actividades y en el presupuesto, desde el principio.

5.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

5.2.1 Metodología.

Para la identificación de impactos generados por el proyecto se utilizó la matriz de Leopold adecuada a la etapa de construcción, considerando las actividades de la obra en columnas y los factores ambientales a afectar en las filas. Luego se les dará valores con el signo negativo donde se considera que éste provoca un impacto negativo en el medio ambiente y con signo positivo donde se considera aquellos impactos benéficos, cabe destacar que en los factores donde las acciones y/o componentes de proyecto no afecten, estos quedaran sin ningún valor para que no favorezcan o desfavorezcan a ningún factor independiente, esto identificara las actividades que ocasionan daños al medio ambiente.

En este acápite se realizará una matriz de importancia que consiste en realizar una valoración cualitativa de los impactos identificados, cada casilla de cruce en la matriz o elemento tipo, dará una idea del efecto de cada acción sobre el factor ambiental. Esta matriz de importancia es basada en la matriz causa-efecto, donde se sustituyen las acciones por resultados en valores obtenidos de la matriz anterior.

Signo:	Valor:
Impacto beneficioso	+1

Impacto perjudicial	-1

Esta matriz se valorará de acuerdo a criterio propio del especialista, y del nivel del impacto. Las casillas de matriz estarán ocupadas por la valoración correspondiente:

5.2.2 Análisis de impactos que genera el proyecto.

El proyecto generara actividades de construcción y transporte en toda la zona por edificación de plantel, movilización de materiales.

Impacto ambiental puede considerarse como el cambio de ambiente de alguno de sus componentes debido a actividades o acciones externas. Dicho cambio produce ganancias o pérdidas en el valor individual o global de los elementos del ambiente natural y social.

La identificación de impactos ambientales resulta del análisis de las interacciones entre las diferentes acciones del proyecto y los factores ambientales presentes en el área de influencia del mismo.

La identificación se hará en la etapa de construcción

- Matrices causa-efecto de construcción.
- Matriz Valoraciones de importancia de impactos.
- Impactos Generados y medidas ambientales.

5.3 ACTIVIDADES DEL PROYECTO Y SUS DEFINICIONES.

5.3.1 Movilización y Desmovilización.

- Movilización: esta actividad comprende el traslado de todo el personal, maquinaria y equipo a utilizar en la ejecución del proyecto.

- Desmovilización: consiste en el retiro de todo el personal, maquinaria y equipo que fue utilizado, una vez concluido el proyecto.

5.3.2 Planteles

El plantel es el sitio donde se les da mantenimiento a los vehículos, maquinaria y equipos utilizados en la construcción de la obra. Para la ejecución del proyecto; no se construirá campamento ya que es una zona urbana.

5.3.3 Excavación y movimiento de tierra.

Esta actividad consiste en la extracción del material existente en la superficie natural del terreno de la vía, cuando este no cumple con los requisitos de calidad para ser usado como sub-rasante.

Botar material de excavación.

Es la acción de retirar el material extraído donde se pretende construir la vía y posteriormente ser depositado en un lugar determinado y aprobado por las leyes ambientales.

Nivelación y Compactación. Es el proceso de nivelar y compactar con equipo todo el material a usarse a lo largo de la vía a pavimentarse, mediante el cual se le da la resistencia según las especificaciones del proyecto.

Pavimento de adoquines.

Consiste en la colocación de adoquines sobre la capa base, previamente nivelada y compactada.

Corte en los Bancos

Es la extracción de material de banco, que se necesita para compensar el material extraído de la superficie natural del terreno en las dimensiones donde se pretende construir dicha vía, así también para la construcción de la capa base.

Tabla 17: Los factores Ambientales a considerarse en el proyecto.

Factores Ambientales	
Aire	-Calidad del aire -Niveles de partículas -Nivel de ruidos
Suelos	-Contaminación -Erosión -Valores Geológicos
Agua	-Recursos hídricos superficiales -Recursos hídricos subterráneos
Flora	-Especies herbáceas -Especies arbóreas -Cultivos
Fauna	-Aves -Mamíferos -Reptiles y anfibios
Paisaje	-Calidad paisajística -Fragilidad paisajística
Territorio	-Cambio de uso de tierra -Desarrollo turístico -Desarrollo urbano
Cultura	-Zona comercial --Educación -Estilo de vida
Infraestructura	-Comunicación

Aspectos Humanos	-Calidad de vida -Seguridad ciudadana -Salud e higiene -Densidad de población -Nivel de empleo -Desplazamiento de la población
Economía	-Ingresos -Economía local -Niveles de consumo

Tabla 18: Matriz de Leopold

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE 3 KM COMARCA LA GARZA, MASAYA.								
MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVO								
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		**ETAPA DE CONSTRUCCION Y ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO.**						
		Movilización y Desmovilización	**Plantel**	**Excavación y Movimiento de**	**Botar material de excavación**	**Estabilización de la calzada**	**Pavimento de adoquines**	**Corte en los bancos**
Aire	Calidad del aire	-	-	-	-	-	-	-
	Nivel de partículas	-	-	-	-	-	-	-
	Nivel de ruidos	-	-	-	-	-	-	-
Suelos	Contaminación	-	-	-	-	-		
	Erosión			-				-
	Valores geológicos							-

Agua	Recursos Hídricos Superficiales		-		-	-		
	Recursos Hídricos Subterráneos		-			-		
Flora	Especies herbáceas		-		-			-
	Especies arbóreas		-		-			-
	Cultivos							
Fauna	Aves	-	-	-	-	-	-	-
	Mamíferos	-	-		-	-	-	-
	Reptiles y anfibios	-	-	-	-	-	-	-
Paisaje	Calidad paisajística	-	-	-	-	-	-	-
	Fragilidad paisajística		-	-	-			-
Territorio	Cambio de uso de tierra							
	Desarrollo turístico	-	-	-	-	-	-	-
	Desarrollo urbano							

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE 3 KM COMARCA LA GARZA, MASAYA.	
MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVO	
	ETAPA DE CONSTRUCCION Y ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO.

FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		Movilización y Desmovilización	Plantel	Excavación y Movimiento de tierra	Botar material de excavación	Estabilización de la calzada	Pavimento de adoquines	Corte en los bancos
Cultura	Zona comercial	+	+					
	Educación							
	Estilos de vida	-	-	-	-	-	-	
Infraestructura	Comunicación			-		-	-	
Aspectos humanos	Calidad de vida	-		-		-	-	
	Seguridad ciudadana	-		-	+	-	-	
	Salud e higiene		-		+			-
	Densidad poblacional							
	Nivel de empleo	+	+	+	+	+	+	+
	Desplazamiento poblacional							
Economía	Ingresos	+	+	+	+	+	+	+
	Economía local	+	+	+	+	+	+	+
	Niveles de consumo	+	+					

Tabla 19: Tabla de valoraciones de importancia de impacto potenciales

Actividad del Proyecto	**Impacto Generado**	**Valores de Importancia**
Movilización y Desmovilización	-Nivel de empleo -Generación de ruidos -Accidentes laborales -Seguridad ciudadana -Calidad de agua -Calidad del aire -Calidad de vida -Impacto a la fauna	+1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
Plantel	-Nivel de empleo -Accidentes laborales -Salud e higiene -Calidad del agua -Fauna silvestre -Vegetación	+1 -1 -1 -1 -1 -1
Excavaciones y movimientos de tierra	-Nivel de empleo -Calidad del aire -Calidad el agua -Calidad de vida -Generación de ruido -Seguridad ciudadana -Accidentes laborales	+1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
Botar material de excavación	-Nivel de empleo -Calidad del aire -Generación de ruido -Accidentes laborales -Seguridad ciudadana -Valor paisajístico	+1 -1 -1 -1 -1 -1

Estabilización de la calzada	-Nivel de empleo -Calidad del aire -Calidad el agua -Calidad de vida -Generación de ruido -Seguridad ciudadana	+1 -1 -1 -1 -1 -1
Pavimento de adoquines	-Nivel de empleo -Generación de ruido -Accidentes laborales -Seguridad ciudadana -Calidad del aire -Calidad de vida	+1 -1 -1 -1 -1
Corte en los bancos	-Nivel de empleo -Calidad del aire -Calidad del agua -Generación de ruido -Valor paisajístico -Fauna silvestre -Vegetación -Erosión -Accidentes laborales	+1 -1 -1 -1 -1 -1 -1

5.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS POTENCIALES GENERADOS.

5.4.1 Impactos positivos

- Empleo

Causa:

- Necesidad de mano de obra.

Impacto Esperado.

Vendrá a mejorar la economía de la zona donde se realizara dicho proyecto tanto de los individuos (obreros) involucrados directamente en la construcción de la vía; así como también los habitantes aledaños a la vía ya que estos podrían prestar servicios básicos al personal.

El comercio local (restaurantes, pulperías) también se verá beneficiado económicamente al haber mayor demanda de sus productos lo cual incrementara los ingresos.

5.4.2 Impactos negativos y medidas de mitigación.

1) **Generación de ruidos**

Causa:

- Uso de maquinarias y equipos

Impacto esperado.

El uso de equipos y maquinarias a horas no adecuadas perturba la tranquilidad de las personas cercanas a la obra, este uso es perjudicial en todas las actividades de construcción.

Maquinarias y equipos en mal funcionamiento genera mayor cantidad de ruidos afectando al personal laboral como a los pobladores aledaños.

Medida ambiental.

El uso de la maquinaria y equipo se tendrá que hacer entre el lapso de las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde después deberán encontrarse en un sitio de estacionamiento fuera de la vía, este sitio debe contener las señalizaciones respectivas.

Para reducir el ruido generado por las máquinas y el equipo es necesario que su estado mecánico este en óptimas condiciones.

2) Accidentes laborales.

Causas:

- Personal no calificado.
- Maquinarias y equipos en mal estado mecánico.
- Falta de señalización.
- No usar equipos de protección

Impactos esperados

Riesgo de accidentes en los trabajadores en el manejo de maquinarias y equipos, donde pueden tener una afectación temporal o permanentemente en el individuo.

Medidas ambientales

- Las personas encargadas o designadas para la realización de cualquier actividad, deben estar debidamente capacitadas para ello.
- Los obreros que ejecuten las actividades constructivas del proyecto, deberán contar con las medidas de seguridad respectivas.
- Los equipos deben estar en óptimas condiciones mecánicas.
- Se debe señalar mediante rótulos que sean visibles sin luz diurna y nocturna, la existencia de obreros y operaciones de máquinas pesadas

sobre la vía, para que los usuarios tomen las medidas correspondientes. Las señales deberán ser de acuerdo a las características del trabajo que se está realizando.

- Los operarios de los equipos y maquinarias deben contar con las medidas de seguridad, según las normas del Ministerio del trabajo.

3. **Seguridad ciudadana.**

Causa.

- Uso de transporte inadecuado.
- Falta de señalización.
- Desactualización de la población acerca de las obras en construcción.

Impactos Esperados.

- La población verse involucrada en accidentes, en la acción de movilización y desmovilización.
- Obstáculos a peatones, desviaciones y cierre total del camino cuando se están dando las diferentes actividades como: excavación y movimiento de tierra, estabilización de la calzada y pavimentación.
- Las fuentes de agua existentes están comprometidas por el uso humano para labores domésticas (lavados y consumo) algunas de ellas se aprecian fuertemente contaminadas por aguas residuales, otras con muy bajo caudal.

Medida ambiental.

- El transporte debe estar en óptimas condiciones, así como transportar cargas adecuadas a su diseño.
- Se debe colocar rótulos luminosos preventivos, de color naranja brillante a 100 metros previos al estacionamiento donde se está trabajando.

- Durante la noche se debe colocar faros de destellos, linterna, rótulos fluorescentes, a fin de guiar y prevenir la circulación vehicular y peatonal del peligro.
- Se debe regular la velocidad del tráfico a un mínimo de 15 km/h en los estacionamientos donde se esté trabajando a fin de reducir la vibración y por el ende el derrumbe.
- Se deberán crear carriles alternos debidamente señalizados para no obstaculizar el paso. Notificar a los pobladores de la duración de cierre del acceso y recomendación de caminos alternos.
- Se tiene que planificar con el contratista la extracción de agua especificando las fuentes previa inspección por la supervisión ya sea para la etapa de construcción del proyecto y consumo humano.

4. Calidad del agua

Causa

- El uso indispensable

Impactos esperados

- Contaminación por medio de la extracción del agua de una fuente natural, sin sus debidas precauciones ya que se esta será utilizada para usos necesarios en las diferentes actividades constructivas.
- El plantel es el sitio donde se les da mantenimiento a los vehículos, maquinaria y equipos utilizados en la construcción de la obra, el mantenimiento más común es el cambio de lubricantes, este, por el mal manejo puede llegar al suelo.
- Producto de las precipitaciones en la zona del proyecto, la calidad del agua superficial (ríos y quebradas), se puede ver comprometidas debido al

incremento de disponibilidad de material sedimentable que se tiene que extraer en algunos estacionamientos y bancos.

Medidas ambientales

- Extraer el agua de manera adecuada haciendo uso de bombas o motores de riego, para que este succione el agua sin que este contamine, construyendo un tipo de represa temporal durante la construcción.
- Los desechos provenientes del mantenimiento de los vehículos, maquinaria y equipos, generalmente son derivados de hidrocarburos, estos pueden ser colectados en recipientes (barriles) herméticos, para su posterior eliminación fuera del área.
- Si existe un alto volumen de trabajo y el proyecto lo justifica, el piso del área de mantenimiento debe ser cubierta por un embaldosado e instalación de un bordillo en sus límites para la retención de derrames u otras eventualidades.
- No se pueden utilizar los cuerpos de agua naturales o artificiales para la disposición final de los desechos sólidos provenientes del área de mantenimiento, los desechos serán depositados en el basurero municipal.
- Se exigirá al contratista un diseño de la distribución del taller de mantenimiento, patio de maquinaria, la propuesta de ubicación y los depósitos de saneamiento. También deberá especificar el método de recolección de los desechos sólidos.
- Se dejara un área de lavado de maquinarias con sus respectivo canales y fosas séptica para el tratamiento de las agua residuales e impermeabilizar el suelo.
- Los tanques de almacenamiento de combustibles deberán de estar protegidos en caso de derrame, se deberá construir muro de contención perimetral y pila colectora, para evitar el derrame son re el suelo.

- Se deberá garantizar la señalización preventiva, restrictiva e informativa en las áreas del plantel (tales como área de peligro, solo personal autorizado, entre otras)
- Si hay material suelto sedimentable que puede ser arrastrado a un rio o quebrada debido a precipitación, este debe ser cubierto con plástico.

5. Calidad del Aire

Causa

- Movimiento de tierra
- Uso de maquinaria y equipos

Impactos esperados:

- Maquinarias en mal funcionamiento afecta a la salud de los trabajadores y a los habitantes aledaños al proyecto (contaminación del aire por mayor emisión de gases)
- La calidad del aire se verá afectada por el incremento de las partículas de polvo y aditivos a usarse, disueltas en el ambiente, que podría ocasionar daños a la salud de los pobladores y trabajadores.

Medidas ambientales:

- Los vehículos deberán estar en óptimas condiciones para que la cantidad de emisión sea dentro de los parámetros establecidos por el MARENA; aunque los vehículos de construcción están exentos a cumplir estas normas. El límite de velocidad en las cercanías de las áreas habitadas será de 20 km/h.
- Para preservar la calidad del aire y reducir la cantidad de material suspendido (polvo), se deberá aplicar riego continuo y constante en las áreas donde se presenten los movimientos y cortes de tierra.

- Los obreros se les debe garantizar los instrumentos adecuados de protección, como mascarillas y gafas para evitar las partículas de polvo en su organismo.

6. **Calidad de vida**

Causa

- Construcción del proyecto.

Impacto esperado

- Las actividades cotidianas de las personas aledañas a la construcción se verán afectadas debido a la realización de todas las obras requeridas por el proyecto, ya que esta le provocara problema de movilización, generación de ruidos y emisión de gases y gran cantidad de polvo penetrado en las viviendas.

Medida ambiental

- Se deberán dejar rutas alternas para la libre y espontánea circulación de los habitantes aledaños a la construcción.
- La maquinaria a utilizar debe estar en condiciones óptimas de operación para evitar mayor generación de ruidos y emisiones de gases; así también como laborar en horario diurno.
- Riego constante para evitar o reducir las partículas de polvos esparcidas en el aire.

7. **Salud e Higiene.**

Causa:

- Necesidades biológicas
- Necesidades básicas
- No usar equipos de protección adecuados y necesarios para el desarrollo de actividades que lo ameriten.

Impactos esperados:

- Cuando el plantel tenga que ser movilizado a otro sitio, puede ser objeto de dejar desechos sólidos que pondrían en riesgo la salud de los pobladores y/o recursos naturales de la zona.
- Se puede ver afectada la salud de los obreros por las partículas de polvo y ruido excesivo y constante

Medidas ambientales:

- Los desechos sólidos orgánicos, deberán ser seleccionados previamente y colocados en recipientes adecuados para ser soterrados. Los desechos sólidos inorgánicos deberán ser almacenados en recipientes debidamente herméticos y eliminados en el basurero municipal de la localidad.
- Todos los recipientes de latas, desperdicios, construcciones de servicios sanitarios y cualquier otro material deberán ser removido y eliminados. Se les debe aplicar desinfectantes a las fosas sanitarias y rellenarlos con tierra.
- Los obreros se les deben garantizar los instrumentos adecuados de protección, como mascarillas, gafas, tapones para protección de los oídos, para evitar las partículas de polvo en su organismo y los perjuicios causados por el ruido.

8. Fauna silvestre

Causa:

- Instalación del plantel.
- Corte en los bancos.

Impactos esperados:

La fauna silvestre puede afectarse por los ruidos que ocasionaran las maquinarias.

- Se verán afectados debido a la invasión de su habitad natural.
- Alteración del medio natural, flora y fauna, estos desarrollan su vida utilizando el suelo para sobrevivir en su habitad natural.

Medidas ambientales:

- Usar maquinarias en óptimas condiciones para reducir los decibeles de ruidos y apagar los motores cuando no se estén operando.
- La tierra vegetal debe ser extraída a una profundidad de 15 cm y colocados en sitios reguardados para evitar su perdida y para su posterior uso en el cierre del banco.

9. Vegetación

Causa:

- Instalación del plantel.
- Corte en los bancos.

Impacto esperado:

- Perdida de la capa superficial vegetal.
- Descapote para la extracción de material y erosión del suelo.
- Acumulación de polvo sobre la vegetación circundante al banco en explotación.

Medidas ambientales:

- Una vez desmantelado el plantel se debe garantizar la siembra de la vegetación que existía en el sitio.
- La tierra vegetal debe ser extraída a una profundidad de 15 cm y colocados en sitios reguardados para evitar su perdida y para su posterior uso en el cierre del banco.

- Se debe regar constantemente durante se esté cortando material, para evitar la suspensión de partículas de polvo que pueden perjudicar la vegetación.

10. Valor paisajístico

Causa:

- Corte de material en los bancos.
- Botar material de excavación.

Impacto esperado:

- El paisaje se verá afectado debido al cambio que presentara la geología en los bancos a explotarse
- Alteración del paisaje al botar material de excavación ya que este material quedara en un lugar donde no existía.

Medidas ambientales:

- Cuando se trate de bancos de préstamo nuevos, los suelos orgánicos existentes en la corteza deberán ser conservados acopiándolos apropiadamente para recubrir con ellos el banco y recuperar la vegetación autóctona.
- Establecer un lugar determinado para botar el material de excavación, donde no haya presencia de vida humana, animal y vegetal regida por las leyes ambientales.

11. Erosión

Causa:

- Corte de material en los bancos

Impacto esperado:

- Debido al descapote para retirar el material orgánico que cúbrela parte

superficial de los bancos a explotar, esto permite que queden expuestos a efectos de erosión provocados por fenómenos naturales como el agua y el viento

Medidas ambientales:

- Una vez concluida la explotación de los banco s se procederá a la reforestación

CONCLUSIONES

Habiendo alcanzado nuestros objetivos y realizado los cálculos pertinentes, concluimos:

- El estudio de transito que se realizó durante una semana por periodo de 12 horas, y utilizando el método del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, de estaciones sumarias, se determinó un TPD de 123veh/día.

- Utilizando los factores de corrección proporcionados por el anuario de aforo vehicular del Ministerio de Transporte e Infraestructura se estimó un TPDA del año base de 120 Veh/día, clasificando el tramo como Troncal Rural.

- En base a los resultados obtenidos en el laboratorio, a lo largo de la vía, se encontró que la subrasante está conformada según clasificación AASHTO por suelos tipo A-4 (0-4), A-6(8), A-2-4(0), A-1-b (0), predominan suelos finos con presencia de gravas y arenas, plasticidades que clasifican de medianas a altas.

- Los valores de CBR al 95% de compactación de los suelos existentes en la vía resultaron ser muy bajos, varían de 5% a 20%. Mediante el método del Instituto del Asfalto se determinó un CBR de diseño de 11.72%.

- Para la estructura de la base se realizó una estabilización de suelo comprendida de 70% selecto y 30% hormigón para lograr alcanzar las especificaciones básicas que establece la NIC2000 para material de base.

- Los Bancos de Prestamos ya estabilizados presentan valores de CBR al 95% de compactación de 60%, los cuales cumplen para ser utilizado como material de base en la estructura del adoquinado.

- Se determinó un ESAL de diseño de 277,970 para un periodo de diseño de 15 años con una tasa de crecimiento vehicular de 3%.

- Los espesores por cada capa calculados mediante el método de la AASHTO se determina que debe cumplir: 6 in (15cm) de sub-rasante, 11 in (28 cm) de base y superficie de rodadura: adoquín 4 in (10cm), cama de arena 2 in (5cm).

- El impacto que generara el proyecto será de carácter positivo, sobre todo en el aspecto social, dando una mayor aceptación de la población y un crecimiento económico de la zona, sin omitir que la mayoría de los impactos generados son negativos, pero estos son temporales mientras dure el periodo de ejecución del proyecto.

RECOMENDACIONES

- Cumplir con los espesores por cada capa calculados: 6 in (15 cm) de sub-rasante, 11 in (28 cm) de base y superficie de rodadura: adoquín 4 in (10cm), cama de arena 2 in (5cm).

- Se recomienda que se cumpla con lo establecido según la NIC 2000 en su sección 203.09 inciso (a), que se debe escarificar el camino hasta una profundidad mínima de 150mm (15cm), siendo el nuevo espesor de la capa de sub-rasante 6 in (15cm).

- Realizar una buena compactación en la preparación del terreno tanto en la base como en la sub-rasante, para que no se generen deformaciones o hundimientos en la superficie de rodadura.

- El material del banco de San Antonio del Tepeyac de hormigón rojo, como el material selecto del banco Santa María no cumplen para ser utilizados de forma individual en la estructura de pavimento, se deberá realizar una estabilización de suelo entre ambos a una relación de 70% selecto y 30% hormigón.

- Se recomienda dar mantenimiento rutinario a la carretera cuando se presenten zonas inestables que interrumpan con la seguridad y el confort que ofrece la carretera, estando acorde con la última versión del Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras.

- En lugares cercanos a colegios o de esparcimiento colocar reductores de velocidad para garantizar la seguridad del peatón.

- Se recomienda la ubicación de señales de tránsito que estén acorde con el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el control del Tránsito:

- ✓ Las señales se deben mantener en condiciones de visibilidad y adecuado nivel reflector.
- ✓ La señalización deberá ubicarse según las condiciones y características de la vía, prestando especial atención a retirar aquellas que pierdan vigencia.
- ✓ Las señales deberán estar en perfectas condiciones, libres de tierra y oxido, perfectamente sujetas a la estructura.

- Se debe mantener el control de la vegetación cumpliendo con los siguiente componentes objetivo:
  - ✓ Permitir una mejor visibilidad de la vía y sus componentes.
  - ✓ Controlar el flujo de las aguas superficiales y evitar la erosión.

BIBLIOGRAFÍA.

- AASHTO, e. a. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edición). San Juan: instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.
- Anuario de Aforos Tráfico. Managua,2013, 2014.Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- Banco Central de Nicaragua. (Biblioteca Rubén Darío)
- Camino rurales con impacto ambientales mínimos, curso sobre el impacto ambiental generados por los caminos rurales. Pantasma/ Nicaragua- USAID: 2005
- Diseño de pavimento Flexible con adoquín 303.47 ml de calles del barrio Miguel Ortez del municipio de Palacaguina, departamento de Madrid; López Hernández, Ramón Uriel, López Gutiérrez, Pedro Antonio. 2012 Biblioteca Francisco Buitrago, UNI, Nicaragua.
- Especificaciones Generales Para la Construccion De caminos,calles y puentes NIC-2000.Ministerio de Trasporte e Infraestructura.
- Estudio y Diseño del Sistema de drenaje pluvial - Montiel, Marvin Antonio, Francisco Javier. Mon-1997, Biblioteca Francisco Buitrago, UNI, Nicaragua.
- Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto construcción, rehabilitación y mejoramiento de 75.89 km de camino rural: ciudad del Rama a la comunidad de KUKRA HILL. Berna Guisselle González Cruz. Centro de documentación UNI, 2009 monografía.
- http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/10057/Capitulo4.pdf.
- http://www.construdata.com/BancoConocimiento/C/cartilla_de_adoquines/adoqunies3.htm
- https://www.scribd.com/doc/111975795/DISENO-DE-PAVIMENTOS-POR-METODO-AASHTO-93
- INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.

- Juárez- Eulalio. Mecánica de Suelos 1: fundamentos de la mecánica de suelos/ Eulalio Juárez- México. Limusa 2005
- Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala: SIECA-USAID.
- Manual Para la Revision de Estudios Geotecnico 3-08/2008. Ministerio de Transporte e Infraestructra

ANEXOS

Tabla 20: Tabla vehicular de conteos de tráfico

Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico de la oficina de diagnóstico y evaluación de pavimentos

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimotos, Cuadraciclos,Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA T>5x>4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo T>5x>4.
	T>5x>5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	C>5x>4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como C>5x>4
	C>5x>5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizan las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras viales. Pueden ser de diferentes tipos, Moconiveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadores.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Remolcadores)

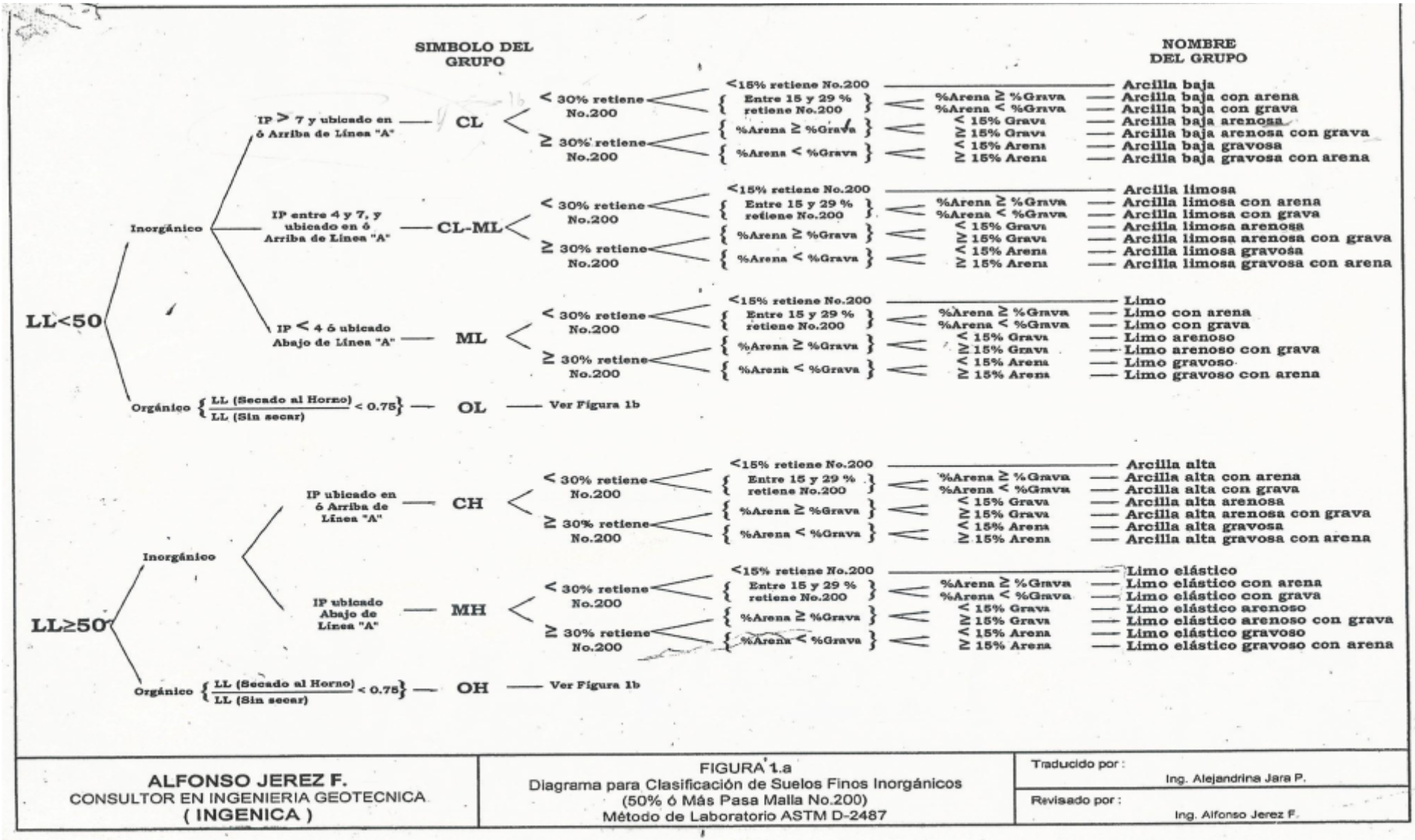
Tabla 21: Clasificación de los suelos y mezclas de agregados de suelos para propósitos de construcción de carreteras A.S.T.M. d – 3282 / A.A.S.T.H.O. m – 145

Clasificación general	**Materiales granulares (35 o menos pasan la malla Nº200)**							**Materiales limo - arcilla (más del 35% Pasan malla Nº200)**			
Clasificación por grupos y sub - grupos	**A- 1**		**A-3**	**A-2**				**A-4**	**A-5**	**A-6**	**A-7**
	A-1-a	**A-1-b**		**A-2-4**	**A-2-5**	**A-2-6**	**A-2-7**				**A-7-5**
											A-7-6
Análisis de malla (%)que pasan por la:											
Nº10	50Máx.										
Nº40	30Máx.	50Máx.	51Máx.								
Nº200	15Máx.	25Máx.	10Máx.	35Máx.	35Máx.	35Máx.	35Máx.	36Min.	36Min.	36Min.	36Min.
200 características de la fracción que pasan la malla Nº40								40Máx. 10Máx.	41Min. 10Máx.	40Máx. 11Min.	41Min. 11Min.
Limite líquido (%)				40Máx.	41Min.	40Máx.	41Min.				
Índice de plasticidad (%)	6Máx.		N.P.	10Máx.	10Máx.	11Min.	11Min.				
Índice de grupo	0		0	0		4Máx.		8Máx.	12Máx.	16Máx.	20Máx.
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	fragmentos de piedra, grava y arena		arena fina	grava y arena limosa y arcillosas				suelos limosos		suelos arcillosos	
clasificación general como sub-rasante	Excelente a bueno						Regular a pobre				

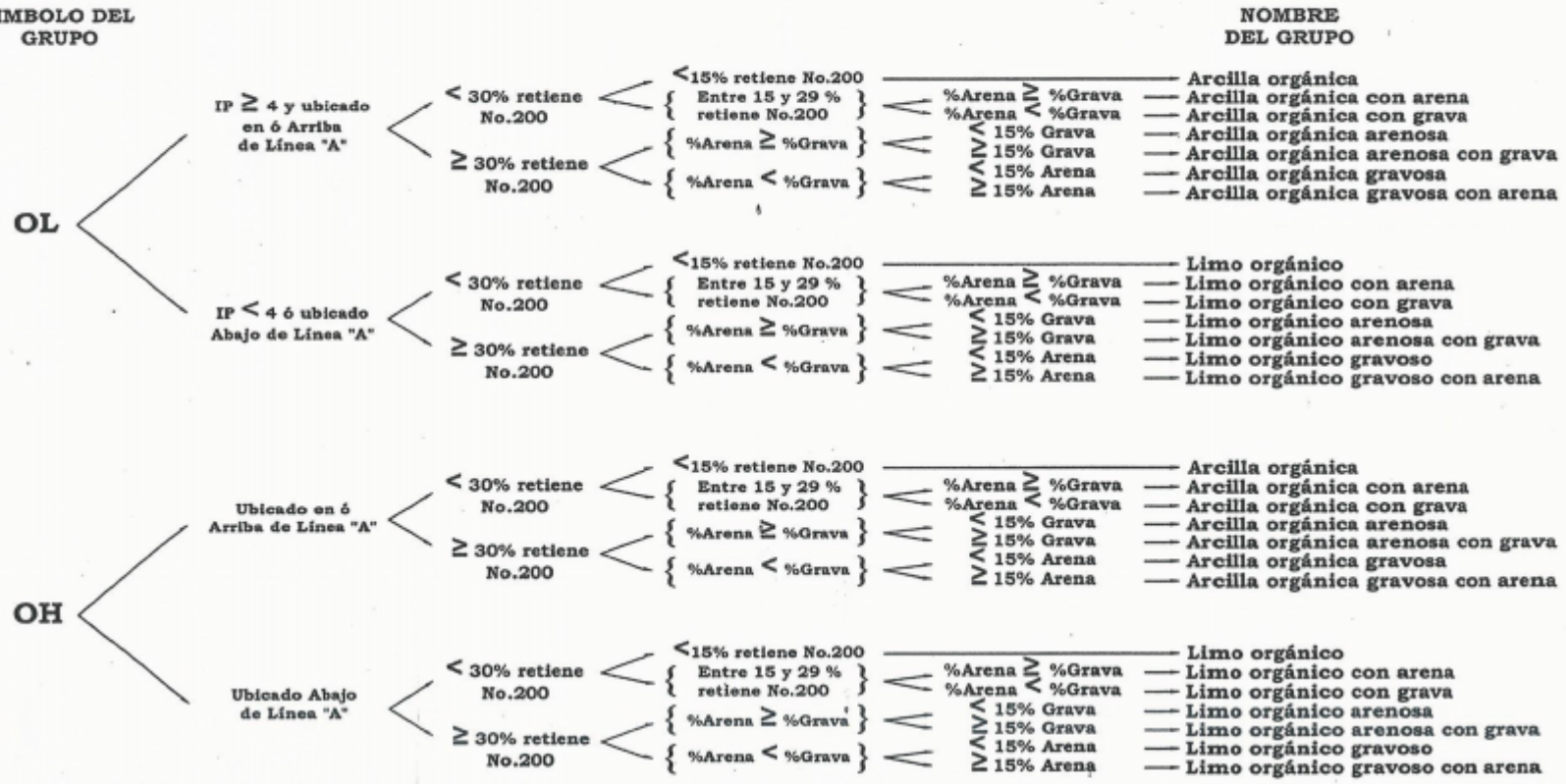
PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACION: Con los datos requeridos y disponibles de prueba, procédase de Izquierda a derecha en la carta y, por proceso de eliminación se encontrara el grupo correcto. El primer grupo de la Izquierda, en el cual coinciden los datos de las pruebas, será la clasificación correcta.
El IP del subgrupo A-7-5 es igual o menor que el LL menos 30.
El IP del subgrupo A-7-6 es mayor que el LL menos 30.

$$IG= (F-35) [0.2 + 0.005 (WL - 40)] + 0.01 (F - 15) (IP - 10)$$

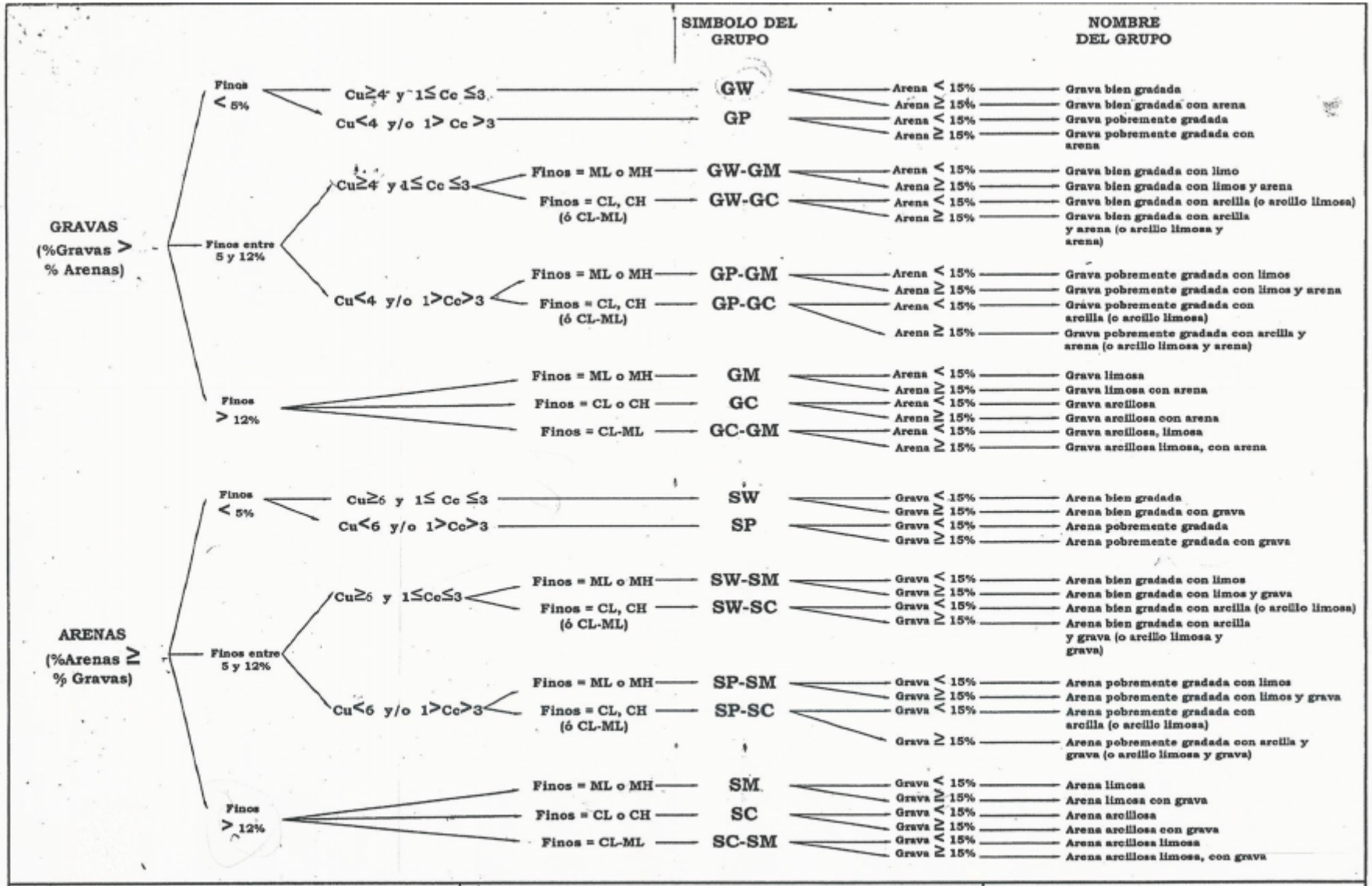
Tabla 22: del Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS).



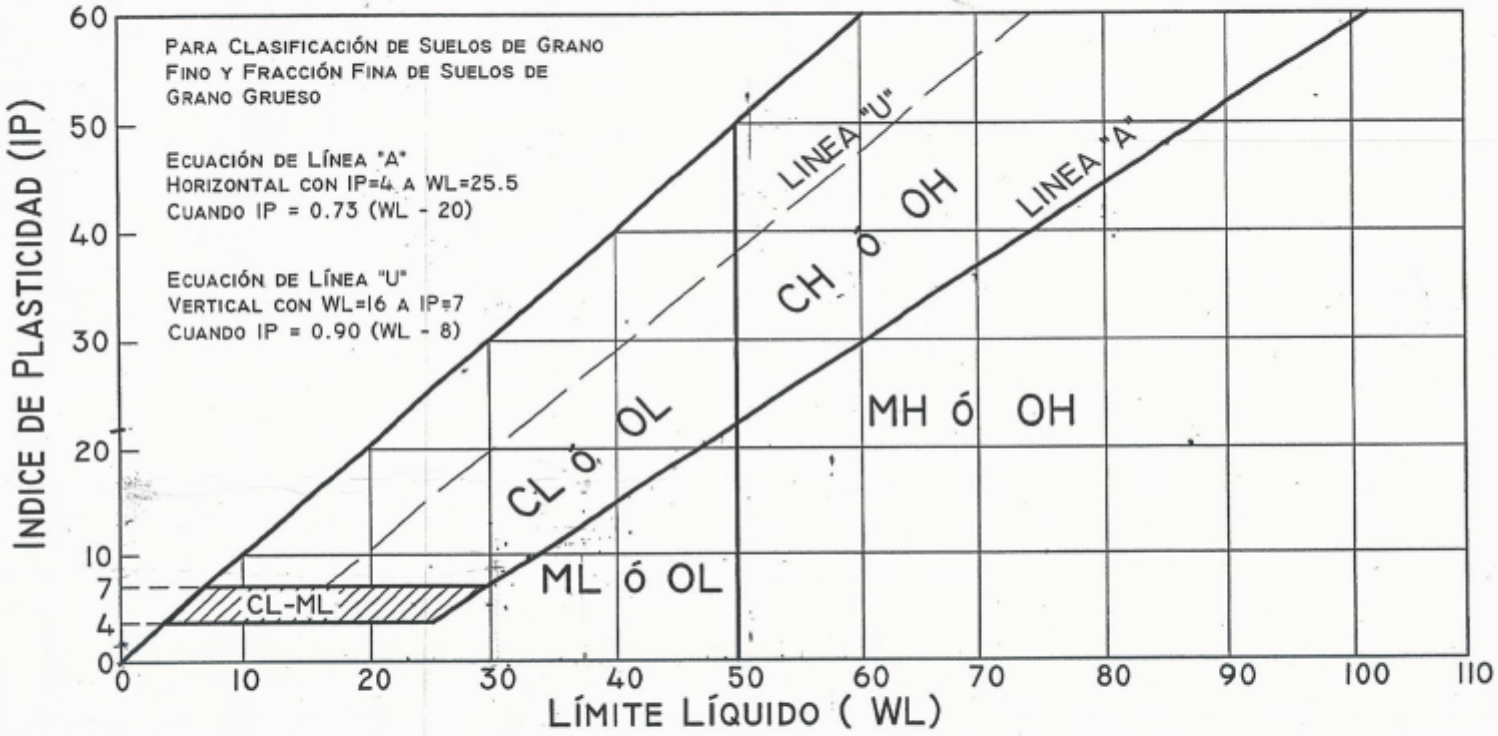
ALFONSO JEREZ F. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA (INGENICA)	FIGURA 1.a Diagrama para Clasificación de Suelos Finos Inorgánicos (50% ó Más Pasa Malla No.200) Método de Laboratorio ASTM D-2487	Traducido por : Ing. Alejandrina Jara P. Revisado por : Ing. Alfonso Jerez F.



ALFONSO JEREZ F. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA **(INGENICA)**	FIGURA 1.b Diagrama para Clasificación de Suelos Finos Orgánicos (50% ó Más Pasa Malla No.200) Método de Laboratorio ASTM D-2487	Traducido por : Ing. Alejandrina Jara P. Revisado por : Ing. Alfonso Jerez F.



ALFONSO JEREZ F. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA (·INGENICA)	FIGURA 2 Diagrama para Clasificación de Suelos Gruesos (Más de 50% es retenido por Malla No.200) Método de Laboratorio ASTM D-2487	Traducido por : Ing. Alejandrina Jara P. Revisado por : Ing. Alfonso Jerez F.



ALFONSO JEREZ F. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA **(INGENICA)**	FIGURA 3 CARTA DE PLASTICIDAD Método de Laboratorio ASTM D-2487	Traducido por : Ing. Alejandrina Jara P. Revisado por : Ing. Alfonso Jerez F.

Tabla 23: Resultado de ensayes de laboratorio de suelos.

ESTACION	Nº SONDEO	Nº DE MUESTRA	PROFUNDIDAD (MS)	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ									LL (%)	IP (%)	CLASIFICACION HRB	CARACTERISTICA DEL MATERIAL
				1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
0+000	1	1	0.6	100	98	97	95	93	85	76	52	32	30.2	9.45	A-2-4	GRAVA Y ARENA LIMOSA
		2	0.5	100	100	100	100	100	97	92	79	61	30.2	9.45	A-4	SUELO LIMOSO
		3	0.4	100	98	97	95	93	85	76	52	32	NP	NP	A-2-4	GRAVA Y ARENA LIMOSA
0+350	2	1	0.4	100	100	100	100	99	94	89	73	49	NP	NP	A-4	SUELO LIMOSO
		2	0.5	100	100	100	100	99	91	84	71	55	33.4	7.69	A-4	SUELO LIMOSO
		3	0.4	100	98	97	95	93	85	76	52	32	NP	NP	A-2-4	GRAVA Y ARENA LIMOSA
		4	0.2	100	100	100	100	99	91	84	71	55	33.4	7.69	A-4	SUELO LIMOSO
0+700	3	1	0.8	100	100	98	94	91	81	74	44	23	NP	NP	A-1-B	FRAGMENTO DE GRAVA Y ARENA
		2	0.7	100	100	98	94	91	81	74	44	23	NP	NP	A-1-B	FRAGMENTO DE GRAVA Y ARENA
1+050	4	1	0.8	100	98	94	89	85	73	68	50	28	NP	NP	A-2-4	GRAVA Y ARENA LIMOSA
		2	0.7	100	100	98	94	91	81	74	44	23	NP	NP	A-1-B	FRAGMENTO DE GRAVA Y ARENA
1+400	5	1	0.9	100	100	100	100	100	97	92	79	61	30.2	9.45	A-4	SUELO LIMOSO
		2	0.7	100	100	100	100	100	97	92	79	61	30.2	9.45	A-4	SUELO LIMOSO
1+750	6	1	0.8	100	98	97	95	93	85	76	52	32	NP	NP	A-2-4	GRAVA Y ARENA LIMOSA
		2	0.7	100	100	100	100	100	99	96	81	60	38.8	16.8	A-6	SUELO ARCILLOSO
2+100	7	1	0.5	100	100	100	100	100	99	96	81	60	38.8	16.8	A-6	SUELO ARCILLOSO
		2	1	100	100	100	100	100	99	96	81	60	38.8	16.8	A-6	SUELO ARCILLOSO
2+450	8	1	0.75	100	98	94	89	85	73	68	50	28	NP	NP	A-2-4	GRAVA Y ARENA LIMOSA
		2	0.75	100	92	85	75	69	54	46	23	7	NP	NP	A-1-A	FRAGMENTO DE GRAVA Y ARENA
2+800	9	1	0.8	100	100	100	100	99	94	89	73	49	NP	NP	A-4	SUELO LIMOSO
		2	0.7	100	100	100	98	96	89	84	63	37	NP	NP	A-1-A	FRAGMENTO DE GRAVA Y ARENA

PERFIL ESTRATIGRAFICO COMARCA LA GARZA

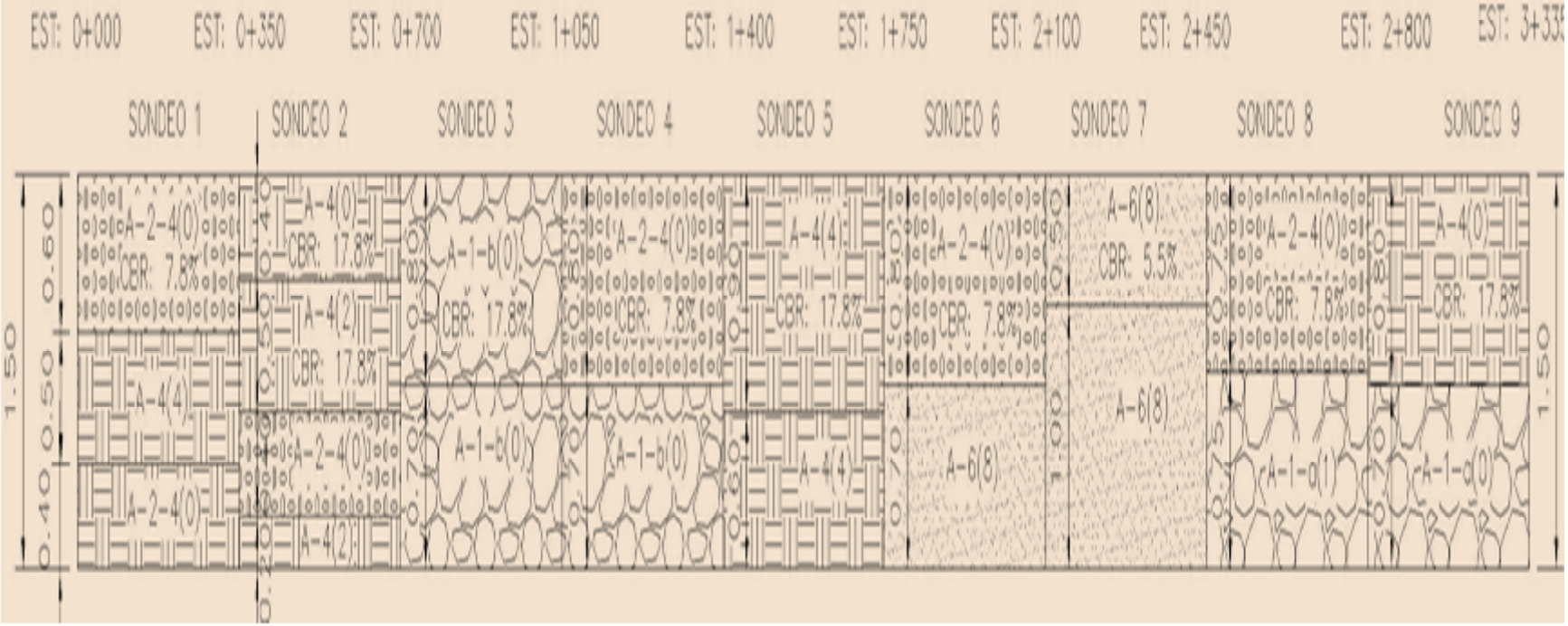


Tabla 24: Especificaciones básicas para sub-rasante, base y subbase, NIC-2000.

1003.09 Agregado para Capas de Subbase, Base o de Revestimientos Superficiales.-

(a) **Generalidades.-** El agregado deberá ser de partículas o fragmentos, durables de piedra, escoria o grava triturados que cumplan con los siguientes requisitos:

(1) Desgaste Los Angeles, AASHTO T 96.....50% máx.
(2) Intemperismo acelerado, 5 ciclos, AASHTO T 104 (Pérdida).....12% máx.
(3) Indice de Durabilidad (grueso). AASHTO T 210.....35% mín.
(4) Indice de Durabilidad (fino), AASHTO T 210.....35 min.
(5) Caras Fracturadas, FLH T 507.....50% mín.
(6) Libre de materia orgánica y pelotas de lodo

No usar material que se quiebre cuando es alternativamente mojado y secado.

La graduación del agregado deberá ser obtenida mediante los procesos de trituración, cribado y mezcla según sea necesario. El agregado fino será material que pase por el tamiz de 4.75 mm y podrá ser arena natural o triturada y partículas minerales finas.

(b) **Agregados para Subase o Base.-** Además de lo estipulado anteriormente en (a), deberá cumplir con lo siguiente:

(1) Graduación.....Cuadro 1003-3
(2) Límite Líquido, AASHTO T 89.....25 máx.

(c) **Agregado para Capas de Revestimiento Superficial.-** Además de lo estipulado anteriormente en (a), deberá cumplir con lo siguiente:

(1) Graduación.....Cuadro 1003-3 (f)
(2) Límite Líquido, AASHTO T 89.....35 máx.
(3) Indice de Plasticidad, AASHTO T 90.....8 (± 4)

No usar material que contenga fibras de asbesto.

Fuente: Norma MTI_NIC-2000 Pagina 520.

Tabla 25: Márgenes del valor para graduaciones de subbase, base o capas superficiales de agregados.

CUADRO 1003-3
Márgenes del Valor Meta para Graduaciones de Subbase, Base o Capas Superficiales de Agregados

Tamaño del Tamiz	Porcentaje en Peso que pasa el Tamiz Designado (AASHTO T 27 y T 11)					
	Designación de la Graduación					
	A (Subbase)	B (Subbase)	C (Base)	D (Base)	E (Base)	F Superficie
63 mm	100(1)					
50 mm	97-100(1)	100(1)	100(1)			
37.5 mm		97-100(1)	97-100(1)	100(1)		
25.0 mm	65-79(6)			97-100(1)	100(1)	100(1)
19.0 mm			67 81 (6)		97-100(1)	97-100(1)
12.5 mm	45-59(7)					
9.5 mm				56-70(7)	67-79(6)	
4.75 mm	28-42(6)	40-60(8)	33-47(6)	39-53(6)	47-59(7)	41-71(7)
425 µm	9-17(4)		10-19(4)	12-21(4)	12-21(4)	12-28(5)
75 µm	4.0-8.0(3)	0.0-12.0(4)	4.0-8.0(3)	4.0-8.0(3)	4.0-8.0(3)	9-16(4)

(1) Los procedimientos estadísticos no son aplicables.
( ) Desviaciones Permisibles (±) de los valores meta.

Fuente: Norma MTI_NIC-2000 Pagina 521.

(b) Fuentes de Materiales.

El material natural para subbase o base, puede ser obtenido de cualquiera de las siguientes fuentes:

(1) Bancos de préstamo.
(2) Areas de Desecho ("Botaderos")
(3) Excavación en cortes de la vía, ensanchándolos, si fuera necesario.

II.- Requisitos de los Materiales.

(a) Subbase (incluyendo material estabilizado mecánicamente).

La graduación y demás requisitos, después de la colocación y compactación del material, se ajustarán a lo siguiente:

Gravas:
Tamaño máximo.....75 mm.
Indice de Plasticidad.....15 máx.

Arenas, limo y arena arcillosa:
- % que pasa el tamiz de 2 mm.....95.0 máx.
- % que pasa el tamiz de 0.075 mm.....10.0 mín - 30.0 máx
- Indice de Plasticidad.....mín. 5 - 12 máx.
- Límite Líquido.....máx. 35%

Para todos los materiales:
- Coeficiente de uniformidad.....mín. 5
- * Módulo de Plasticidad.....máx. 250
- CBR al 95% de ASHTO Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación).....mín. 40%
- 10% de finos (Húmedo).....mín. 50 kN

Nota: *Módulo de Plasticidad = I.ndice de Plasticidad x % de finos que pasa el tamiz de 0.425 mm.

La graduación del material, después de su colocación y compactación, deberá ser una curva suave que esté dentro la envolvente del Cuadro 1003-12 y sea aproximadamente paralela a ella:

(b) Base (incluyendo material estabilizados mecánicamente).

Los requisitos que debe cumplir el material, después de colocado y compactado, son los siguientes:

	Tipo 1	Tipo 2
- Graduación	Cuadro 1003.10	Cuadro 1003.10
- Desgaste, Los Angeles	máx. 50%	máx. 50%
- Valor de Trituración del Agregado (ASTM D 2940-71 T)	máx. 35%	máx. 35%
- Indice de Plasticidad	máx. 10	máx. 15
- Módulo de Plasticidad	máx. 200	máx. 400
- CBR al 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación.	mín. 80%	mín. 60%
- 10% de finos (Húmedo)	mín. 50 kN	mín. 50 kN

El Tipo 2 se usa solamente para acabado superficial y cuando los niveles de tráfico no exceden de 300 ejes equivalentes estándar (EE) (8200 Kg) por día.

Fuente: Norma MTI_NIC-2000 Pagina 530-531.

Tabla 26: Diagramas de cargas permisibles (MTI)

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA

DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD

Departamento de pesas y dimensiones

Diagramas de cargas permisibles

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES		
TIPO DE VEHICULO	**PESO POR EJE EN TON**	**PESO POR EJE EN LBS**
AUTOMOVIL	1*1	2200*2200
JEEP	1*1	2200*2200
CAMIONETA	1*2	2200*4400
MICROBUS -	2*4	4400*8800
BUS	5*10	11000*22000
C2-LIV	4*8	8800*17600
C2 > 5TON	4.5*9	9920*19841

Tabla 27: Diagrama de cargas.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

a : *Eje sencillo llanta sencilla.*
b : *Eje sencillo llanta doble.*

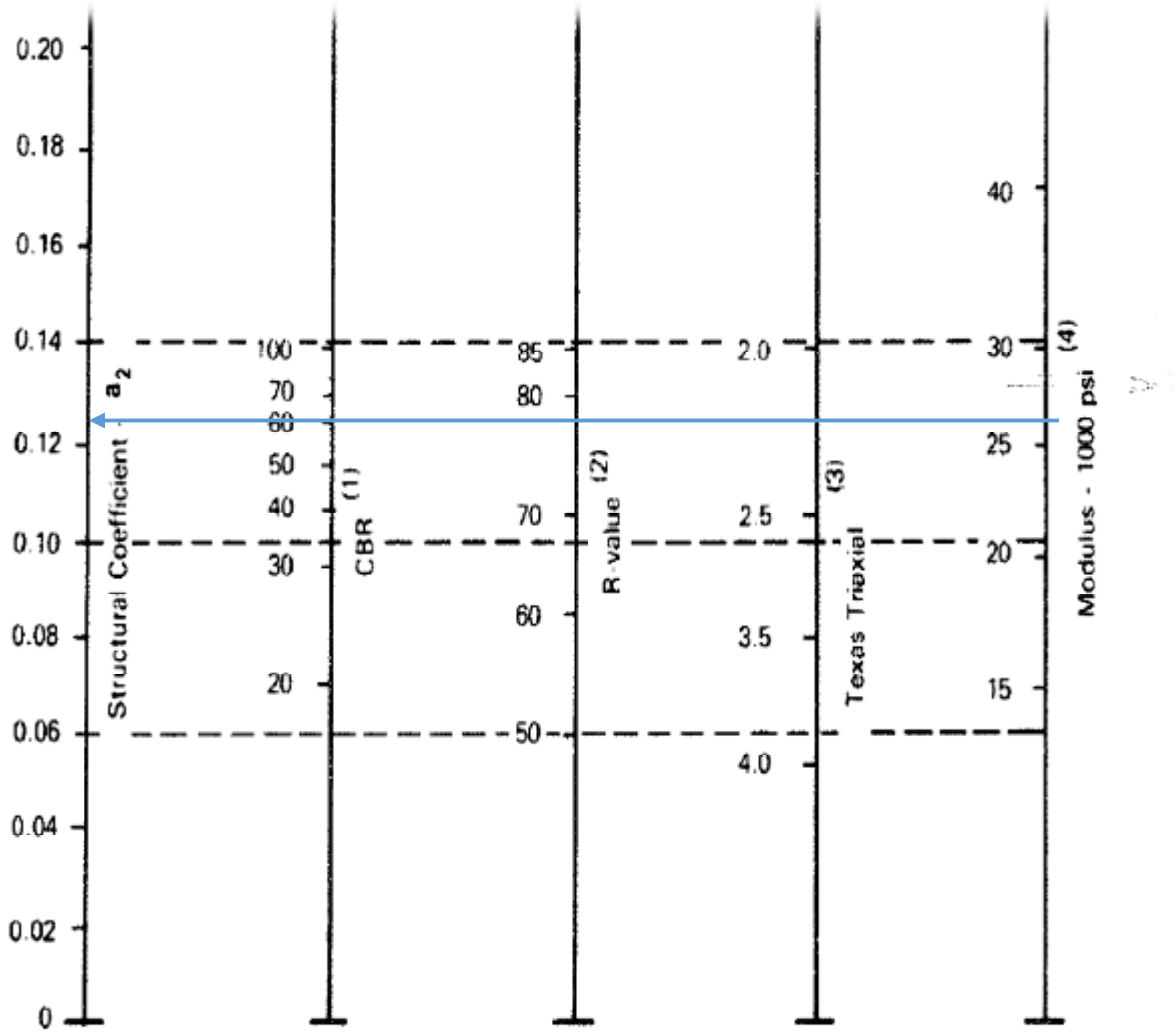
Tabla 28: Factores equivalentes de carga

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, Pt = 2,0

Carga p/eje (kips)[6]	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Manual de la SIECA Capitulo 3 pág. 6

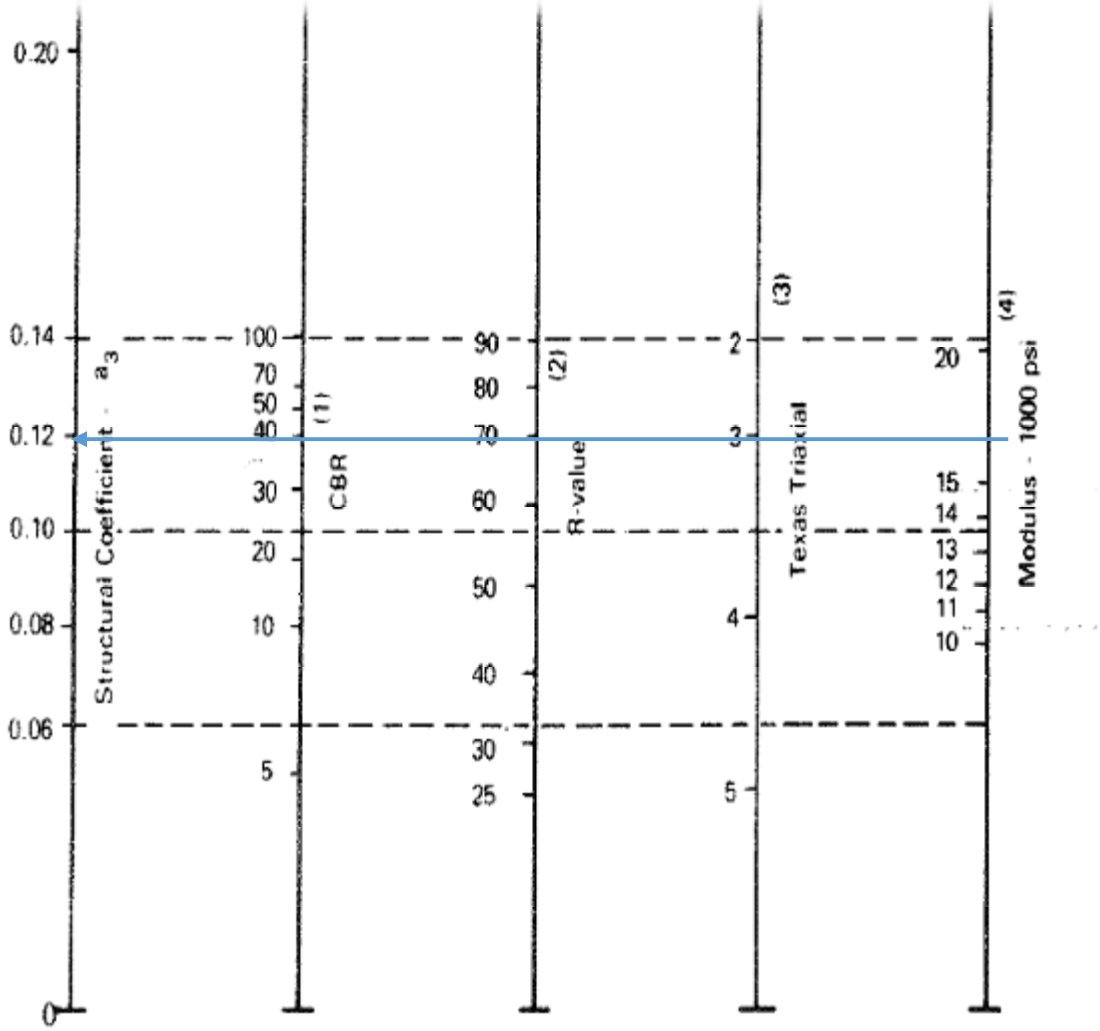
Gráfica 1. Coeficiente estructural A2 (capa base)



(1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois.
(2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming.
(3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
(4) Scale derived on NCHRP project *(3)*.

Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (*3*)

Gráfica 2: Coeficiente Estructural A3 (capa sub-base)



(1) Scale derived from correlations from Illinois.

(2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming.

(3) Scale derived from correlations obtained from Texas.

(4) Scale derived on NCHRP project *(3)*.

Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (*3*)

Gráfica 3: Determinación del Número Estructural SN de diseño requerido

Capítulo 7 manual SIECA pág. 6

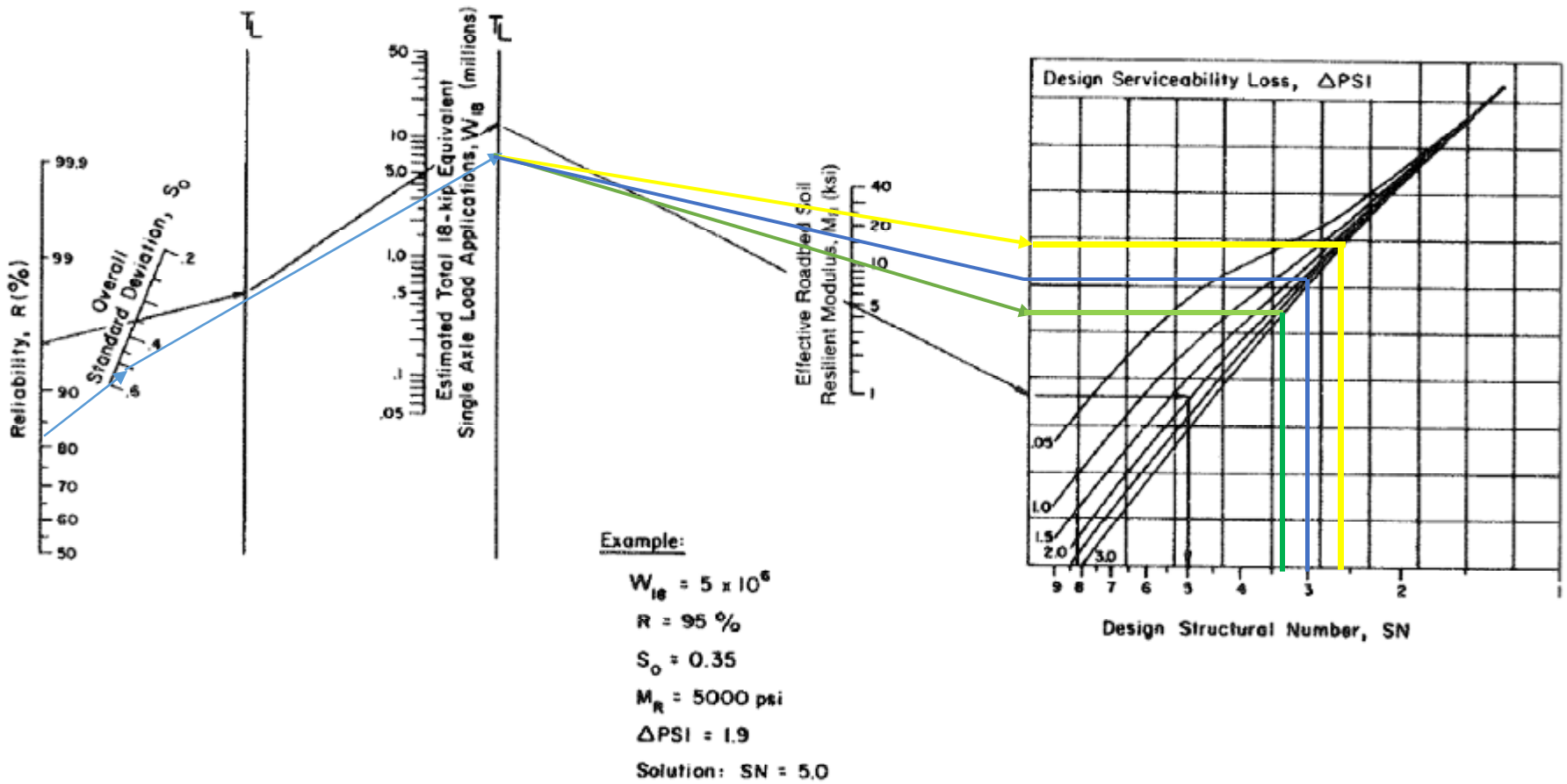


Figure 3.1. Design Chart for Flexible Pavements Based on Using Mean Values for Each Input

Tabla 29: Matriz de Leopold

DISEÑO ESTRUCTURAL E IMPACTO AMBIENTAL DE UN TRAMO DE 3 KM DE CARRETERA EN LA COMUNIDAD LAGRIZA-ERMITA		AIRE										SUELO						PAISAJE					SOCIOECONOMICO							SINIESTROS			
COMPONENTES Y ACCIONES DEL PROYECTO	COMPONENTES DEL SISTEMA	CALIDAD	TEMPERATURA	DISMINUCION DE LA CAPACIDAD OZONO	GENERACION DE RUIDO	GASES	SEDIMENTACION DE RIOS Y LAGOS	DERRAME DE COMBUSTIBLE	COLOR DEL AGUA	OLOR DEL AGUA	PERDIDA DE OXIGENO	DEFORESTACION	ZONAS INESTABLE	RESIDUOS SIN CONTROLAR	REDUCCION DE FAUNA	DISMINUCION DE LA VEGETACION	COMPACTACION	DEGRADACION DEL PAISAJE	COBERTURA VEGETAL	PERDIDA DE FAUNA	PERDIDA DE FLORA	CALIDAD VISUAL	NIVEL DE INGRESO	EMPLEO	MOVILIDAD	DESARROLLO ECONOMICO	CALIDAD DE VIDA	RENTABILIDAD	NIVEL DE PRODUCTIVIDAD	N° DE INTERACCIONES -	N° DE INTERACCIONES +	Σ -	Σ +
PRELIMINARES	LIMPIEZA INICIAL	-5/4	-6/5		-7/6						-4/3	-7/6						-6/5	-6/5	-5/5	-6/5	-8/8	7/7	8/7	8/7	6/5	7/7	7/7	7/7	10	7	58/52	50/47
	TRASLADO DE POLICIA PREVENTIVO				-4/3																									1	0	-4/3	0/0
	TRAZO Y NIVELACION				-3/2							-6/5											5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	2	7	9/7	35/35
	OTROS TRABAJOS PRELIMINARES	-2/2	-2/2	-2/2	-5/5		-5/5																6/4	6/4	6/4	6/4	6/4	6/4	6/4	5	7	16/16	42/28
	TRASLADO DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS			-5/5		-8/7		-8/7			-5/5				-7/5			-8/8					9/8	9/8	8/7	8/8	9/8	8/8	9/8	6	7	41/37	60/55
MOVIMIENTO DE TIERRA	CORTE Y RELLENO	-8/8	-9/8	-9/8	-9/9	-9/9	-8/7	-5/5			-5/4		-5/4		-8/7			-8/8	-8/8	-8/8	-8/8	-8/8	9/8	9/8	9/8	9/8	9/8	9/8	9/8	15	7	115/101	63/56
	CONFORMACION Y COMPACTACION		-8/8	-9/8	-9/9	-9/9		-5/5			-5/5						-9/9	-7/6	-8/8	-8/8	-8/8	-8/8	9/8	9/8	9/8	9/8	9/8	9/8	9/8	13	7	93/91	63/56
	ACARREO DE MATERIALES DE PRESTAMO	-9/9			-9/9	-9/9																4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	3	8	27/27	32/32
	BOTAR MATERIAL DE EXCAVACION	-7/6		-8/7	-9/9	-9/9					-4/3			8/7	5/4			-4/4				5/4	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	6	10	40/40	53/50
CARPETA DE RODAMIENTO	CONFORMACION DEL TERRENO CON ARENA	-7/6	-7/6		-7/6	-7/6	-5/5	-7/6		4/3		5/5	-4/3		5/4	3/3								7/7	7/7	7/7	7/7	7/7	7/7	7	11	44/38	63/53
	COLOCACION DE ADOQUIN		-5/5		-9/9										3/3			3/3				3/3	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	2	10	14/14	65/65
	SELLO DE ADOQUIN	-7/5	-5/5		-7/5		-5/5		4/3	4/3	-5/5												5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	4	9	29/25	43/41
	CONSTRUCCION DE VIGAS TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL	5/5	-5/5		-9/9										3/3			3/3				3/3	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	8/8	2	11	14/14	70/70
LIMPIEZA FINAL	LIMPIEZA FINAL	-5/5			-5/5	-5/5					-5/5				-5/5	-5/5		4/3	-4/3				3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	7	8	34/33	25/24
SINIESTROS	N° DE INTERACCIONES -	8	8	5	13	7	4	4	0	0	7	2	2	0	3	1	1	5	4	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	83			
	N° DE INTERACCIONES +	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	4	1	0	3	0	0	0	4	12	13	13	13	13	13	13		109		
	Σ -	43/40	47/41	38/30	92/	56/54	23/22	25/23	0	0	33/30	13/11	9/7	0	20/17	5/5	9/9	27/26	26/24	21/21	22/21	24/24	0	0	0	0	0	0	0			532/511	
	Σ +	5/5	0	0	0	0	0	0	4/3	8/6	0	5/5	0	8/7	16/14	3/3	0	10/9	0	0	0	18/17	78/73	86/73	85/79	83/78	85/80	84/80	84/80				666/612
PROMEDIO DEL PROYECTO																																64/46	6/56

Imágenes de trabajo de campo y laboratorio.

En la Estación 0+000, se realiza la extracción (sondeo) del material in situ del proyecto.

Est. 0+300 se realizó la medición de la calicata del sondeo de suelos para una altura de 1.50 mts.

Estación: 1+300 material es depositado en una bolsa según el cambio de estrato de suelo para ser llevado al laboratorio de suelo y analizar sus propiedades.

Se clasifica el material según estratos y grupo, para realizar diferentes pruebas de suelos tales como: granulometría, límites líquidos y límite plástico.

Clasificación de los agregados por número de sondeo, de acuerdo a su granulometría.

Lavado y cribado del material, extraído del sitio, para determinar porcentaje de fino en su granulometría.

Ensayo de límite líquido y limite plástico, de acuerdo a las normas AASHTO y ASTM.

Ensayo de prueba próctor de banco de materiales y de los suelos de subrasante encontrado en el sitio.

Ensayo para la determinación de CBR.

Ensayo a la comprensión CBR.