



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Tesina

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍDIGO DE 6.78 KILOMETROS DE CARRETERA
TRAMO LEÓN - LA CEIBA**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Fabio Rene Morales Briceño

Tutor:

Ing. Fernando José Bustamante Arteaga

Managua, marzo 2016

DEDICATORIA

“Trabaja en silencio y deja que el éxito poco a poco haga el ruido” ... Anónimo

Agradeciendo a **Dios** por la oportunidad que me brinda por esta etapa de mi vida, haberme dado la sabiduría y entendimiento para cumplir una de las metas de tantas a cumplir.

A mis padres, Fabio Andi e Idalia del Socorro, principales fuentes de inspiración, disciplina y amor para alcanzar el máximo de mis esfuerzos y brindar calidad en todo lo que haga.

A mi tutor, ingeniero José Fernando Bustamante, por su paciencia y dedicación para conmigo y brindarme su experiencia en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1	INTRODUCCION.....	1
1.2	ANTECEDENTES.....	2
1.3	JUSTIFICACION.....	3
1.4	OBJETIVOS.....	4

CAPITULO II: ESTUDIO DEL TRÁNSITO..... 5

2.1.	Generalidades del Transito.....	6
2.2.	Cálculo del tránsito.....	10
2.3.	Resultados de la clasificación.....	12
2.4.	Cálculo del tránsito promedio TPDA.....	14
2.5.	Cálculo de la tasa de crecimiento.....	15
2.6.	Cálculo de Repeticiones Esperadas.....	17

CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELO..... 22

3.1.	Generalidades del suelo.....	23
3.1.1.	Clasificación de los suelos.....	23
3.2.	Ensayos para determinación de Propiedades Físico del suelo.....	26
3.3.	Ensayos para determinación de Propiedades mecánicas del suelo.....	28
3.4.	Resultados de los estudios de suelo en el tramo de estudio.....	31
3.5.	Resultados de los estudios en los bancos de materiales.....	35
3.6.	Análisis de los resultados.....	37

CAPITULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO..... 39

4.1.	Generalidades del pavimento rígido.....	40
4.2.	Diseño de la estructura de pavimento mediante el método PCA.....	44
4.3.	Módulo de Ruptura	47

4.4. Valor de reacción o soporte de la subrasante (K).....	48
4.5. Uso del programa BS – PCA.....	52
4.6. Análisis de Fatiga.....	54
4.7. Análisis de erosión.....	57
4.8 Aspectos complementarios al diseño.....	59
4.8.1. Juntas.....	59
4.8.2. Diseño de pasajuntas.....	63
4.8.3. Diseño de barras de amarre.....	63
CAPITULO V: ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	66
5.1 Generalidades.....	67
5.2 Descripción del medio ambiente en el sitio de influencia del proyecto.....	68
5.3 Descripción de los materiales que componen el pavimento rígido.....	73
5.4. Actividades principales de proyecto potencialmente impactantes.....	76
5.5 Plan de Gestión Ambiental.....	76
5.6 Plan de seguimiento y control ambiental institucional.....	90
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	94
BIBLIOGRAFIA.....	96
ANEXOS	

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo corresponde a un diseño de pavimento rígido a partir de concreto hidráulico de 6.78 kilómetros de carretera, la cual comunica a León municipio y La Ceiba, utilizando como herramienta principal el método de PCA del cual ayudará a proponer un espesor óptimo de pavimento que permita mejorar la infraestructura vial de los municipios referidos, en este sentido el presente trabajo se desarrollará en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se abordará el estudio de tránsito en dicho tramo, se especificará el procedimiento de campo utilizado, como se calculó el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) así también se refleja la proyección del tráfico a 5, 10, 15 años a partir del 2015, año en el cual se estima el inicio de operación. Así mismo se determinará las cargas que estará sometida la estructura.

Capítulo II: Incorpora todo lo concerniente a los sondeos realizados al suelo en el tramo de carretera, presentando las muestras más significativas de suelo, presentando las propiedades físico – mecánicas, realizando un análisis a la calidad del suelo según las normas técnicas vigentes y obtener datos que nos sirvan de parámetros al momento del diseño de pavimento a proponer en el tramo. De la misma manera se hará con los bancos de materiales presentes en el tramo de estudio.

Capítulo III: Comprende el diseño de pavimento rígido del tramo de carretera en mención del presente trabajo, se propondrán espesores que garanticen funcionalidad y confort para los usuarios de la vía utilizando el método PCA.

Capítulo IV: No se debe obviar el aspecto ambiental en todo proyecto vial, en este capítulo vamos a describir un estado inicial del proyecto y uno posterior a la ejecución del mismo, identificando los posibles impactos ambientales tanto negativos como positivos, de tal manera que se propongan medidas de mitigación a los impactos negativos y medidas de remediación donde sean necesarias de acuerdo al análisis realizado.

Capítulo V: este capítulo corresponderá a informar el cumplimiento de los objetivos propuestos, indicando los resultados óptimos del diseño así también consideraciones del autor e importancia del desarrollo de este tipo de diseños en nuestro país.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de toda comunidad, población o país depende en gran medida de las vías de comunicación con que se cuente, siendo esta indispensable para dotar a cualquier comunidad de servicios básicos, contribuyendo al desarrollo económico dado que se podrán transportar insumos, materias primas hacia comunidades lejanas o de poca accesibilidad.

El tramo de estudio es La Ceiba – León municipio, ambos ubicados en el departamento de León, se encuentra ubicado en la parte occidental del país siendo sus coordenadas geográficas $12^{\circ} 26'$ latitud norte y $86^{\circ} 53'$ longitud oeste teniendo una longitud de 6.72 kilómetros. Su inicio es en la ciudad de León, en el anexo del barrio Marco Antonio Medina específicamente en el estacionado 90+790 de la carretera que comunica León y Managua finalizando en la Ceiba al sureste de León.

La ubicación del municipio de León es estratégica, ubicada a 92 kilómetros de la capital de Managua, por ello el presente trabajo de tesina pretende proponer un diseño de pavimento rígido que continúe contribuyendo al desarrollo de ciudades estratégicas como lo es León, tomando en cuenta los estudios de tránsito, geotécnica y el impacto ambiental que pueda resultar garantizando un diseño óptimo que asegure durabilidad y funcionalidad del mismo.

1.2. ANTECEDENTES

Históricamente la Ceiba ha dependido en gran medida de la ciudad de León, en los años 70's y parte de los años 80's existió una estación de ferrocarril, principal medio de transporte y accesibilidad a la comunidad de La Ceiba, en el cual se observaba una fuerte actividad comercial y la producción agropecuaria se transportaba por dicho medio de transporte. Sin embargo, a partir de la desaparición del ferrocarril en los siguientes años, la situación de la población desmejoró notablemente, duró bastante tiempo para recuperarse del retroceso vivido ante tal situación continuando de manera posterior como medios de transporte a pie, a caballo y/o por carretera haladas por bueyes sobre un camino de todo tiempo del cual persiste hasta hoy día.

El tramo de carretera que inicia en el estacionado 89 + 900 desde el empalme La Ceiba presenta a lo largo del trayecto varios vados parcialmente azolvados por material desprendido y revenido del camino, en algunos sitios se observa socavación producida por las aguas de escorrentía lo cual indica presencia de algunos problemas de drenaje. El camino es caracterizado de "Todo Tiempo" según sus características, el derecho de vía está limitado por cercos de propiedades, casas y áreas cultivadas llegando hasta la última vivienda ubicada en el estacionado 6+722 siendo este el final del tramo de estudio.

El gobierno de Nicaragua a través del Ministerio de Transporte e infraestructura ha venido realizando una serie de obras viales de importancia en el departamento de León en coordinación con la Alcaldía municipal, siendo unas de las más importantes inversiones realizadas durante la cooperación "Cuenta Reto del Milenio" entre los años 2006 – 2007, periodo del cual se ejecutaron importantes aportes al sistema vial de León a Chinandega dinamizando de esta manera la economía de ambos departamentos de los cuales tienen alta producción agropecuaria, continuando hoy en día con dicho desarrollo.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El camino se caracteriza por ser un camino de todo tiempo, siendo actualmente un camino en avanzado estado de deterioro, con problemas en su superficie de rodamiento, problemas para la evacuación de las aguas debido a las malas condiciones del drenaje, pérdida de material, baches, cárcavas longitudinales, ahuellamiento, reduciéndose notablemente su capacidad y nivel de servicio.

También, ayudará a los pobladores a tener mejores oportunidades de negocio, les generará mayor grado de dinamismo a la actividad productiva, económica y social que les propiciará el desarrollo en todos sus órdenes, mejorando la calidad de vida de los pobladores de las comunidades localizadas en la zona de influencia directa e indirecta a la vía, lo cual le da un gran empuje al desarrollo económico social de los Municipios, Comunidades localizadas a lo largo del Camino y a aquellos que la utilizarán como tránsito hacia otros destinos; integrándolos de forma ágil junto con otros corredores viales que conforman la red de Caminos que dan servicio a éstos; mejorando considerablemente las condiciones del transporte, lo cual brindará mayores facilidades a la circulación del flujo vehicular, y además al ser mejoradas, el alineamiento horizontal y vertical así como las condiciones físicas de la vía; generará como consecuencia la mejoría sustancial de la seguridad vial y por ende la reducción de los riesgos de accidentes de tránsito para el flujo vehicular, al dotársele de todos los dispositivos de control de tráfico que brinden la información a los usuarios, así como de ser posible la construcción de una ciclovía para la circulación del transporte no motorizado.

No se debe dejar de mencionar que la ciudad de LEÓN es la segunda ciudad en importancia del país, siendo la cabecera del departamento de LEÓN, conocida como la "ciudad universitaria" y se encuentra ubicada en un llano entre dos depresiones: el Río Chiquito al sur y El Pochote al norte.

1.4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Diseñar estructura de pavimento rígido del tramo León – La Ceiba utilizando el método PCA.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar las proyecciones de tránsito posibles en el tramo de estudio que nos permitan obtener parámetros importantes a utilizar en el diseño de pavimento.
- Analizar las propiedades físico – mecánicas del suelo en el tramo de estudio y de los bancos de materiales a partir de resultados de los ensayos de laboratorio, determinando de esta manera si cumple con las normas técnicas mínimas para este tipo de diseño.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento rígido mediante el método PCA.
- Proponer un plan de gestión ambiental para la construcción del pavimento rígido a diseñar

CAPITULO II

ESTUDIO DEL TRÁNSITO

2.1 Generalidades del Tránsito

Al momento de ejecutar un diseño de pavimento para un tramo de camino, debemos realizar un estudio de tránsito, siendo este un factor de suma importancia, dado que se debe tener la información necesaria y precisa del volumen de tráfico y las cargas que transitarían por el pavimento a proponer. Garantizando un buen análisis del tráfico aseguraremos un diseño adecuado obteniendo durabilidad, funcionalidad para los usuarios y optimización de recursos.

2.1.1 Tránsito y Tipo de Tránsito

Definición de Tránsito

Cuando hablamos de tránsito nos referimos al “flujo de vehículos” que llevan persona u otros bienes (o ambas cosas) que circulan en un determinado tramo de carretera, vía o camino. Los componentes de tránsito, también para los efectos pertinentes del estudio estarán referidos a: los vehículos, la carretera, personas, bienes, recordando que la ingeniería de tránsito tiene que ver con el camino, red, terminales, tierras adyacentes y otros medios de transporte.

Tipos de tránsito

Tránsito Actual (Ta): corresponde a la composición de una cantidad de vehículos que durante una unidad de tiempo viajan en ambas direcciones, en una determinada carretera o entre origen y un destino.

Tránsito Futuro (Tf): el tránsito futuro se compone del valor proyectado del tránsito a partir del año en que se espera sea concluida la ejecución del proyecto. Estas se subdividen en:

- **Tránsito normal (Tn)**: es el resultante del crecimiento esperado del tránsito en las vías existentes, aunque no se lleve a cabo un proyecto. Es calculado

aplicándose tasas de crecimiento, obtenidas a través del análisis por métodos estadísticos del tránsito pesado.

- Tránsito desviado o tránsito atraído (Td): es el resultante del crecimiento esperado del tránsito, desviado de otras carreteras u otros medios de transporte (tránsito atraído), a la carretera proyectada (nueva o mejorada) en virtud de un menor costo del transporte.
- Tránsito generado (Tg): o inducido es el tránsito consecuente de las facilidades creadas por la construcción o mejoramiento de una carretera sin los cuales no sería originado.

2.1.2. Volumen del tránsito

Al proyectar una calle carretera, la selección del tipo de vía, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición.

El error que se cometa, ocasionará que la carretera o calle funcione durante el periodo de proyecto, funcionará bien con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los que se proyectó o mal con problemas de congestionamiento por volúmenes de tránsito altos muy superiores a los proyectados. Por ello calcularemos los volúmenes de tránsito en función de diseñar una vía que garantice confort y funcionabilidad para los beneficiarios directos e indirectos.

2.1.3. Cálculo del volumen de tránsito

El volumen de tránsito lo podemos entender como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal, de un carril o de una calzada, durante un período determinado. Este estudio es relacionado con el objetivo de obtener información relacionada con el movimiento vehicular sobre puntos específicos.

Se expresa en la siguiente formula:

$$Q = N/T$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (Vehículos / período).

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Período determinado (unidades de tiempo)

2.1.4. Tránsito Promedio Anual

Uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el número de vehículos que pasan por un lugar dado durante un año, dividido entre el número de días del año.

El TPDA es un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada, o que se estima utilizará la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios.

2.1.5. Tasa de crecimiento anual

En todo proyecto vial es posible un incremento en el tráfico, por ello es importante prever la tasa de crecimiento en función de diseñar una vía adecuada para tales crecimientos.

El método más común para la proyección de tráfico es la ecuación siguiente:

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{1/n} \right] - 1$$

Donde:

TC: Tasa de crecimiento

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Actual

TPDA₀: Tráfico Promedio Diario Actual del año base

N: la diferencia de años

También existen otros factores que se aplican al diseño como son el crecimiento poblacional, el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB), con las mínimas variaciones en los datos registrados de las tasas de crecimientos poblacionales y de crecimiento económico, pueden provocar cambios significativos en el volumen vehicular proyectado y su composición.

Sin embargo, para el cálculo del crecimiento del volumen de tránsito se utilizará las tablas de tasas de crecimiento que nos muestra las Estaciones Permanentes documentadas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura de nuestro país, con la salvedad que para los primeros 3 años utilizaremos la tasa de crecimiento más alta y para el resto de 17 años que contempla el periodo de diseño será del 50% de la tasa de crecimiento reflejada en la Estación a tomar.

2.1.6. Período de diseño

Se tomará en cuenta lo que establece el Manual Centroamericano: de “Normas diseño geométrico para carreteras regionales”, del cual determina como mínimo un periodo de 20 años.

2.1.7. Factor de sentido (FS)

Factor utilizado para diferenciar vías de un solo sentido o de doble sentido, esta toma un valor de 1 cuando es de un solo sentido y 0.5 si se opta por una vía de doble sentido.

2.1.8. Factor por carril (FC)

Factor utilizado para análisis del número de carriles por cada sentido de la vía.

2.1.9. Factor de seguridad de carga (FSL)

Este factor será utilizado para factorizar las cargas por eje, conociendo las repeticiones de cada tipo y su peso correspondiente.

2.2. Cálculo del tránsito

Para efecto de la recolección de los datos de campo del aforo y clasificación Vehicular, se ubicaron dos estaciones con adecuada visibilidad, que permitan captar el tráfico en ambos sentidos del camino. Realizándose el aforo y clasificación vehicular en cinco días continuos, de jueves a lunes durante 12 horas continuas entre las 06:00 horas y las 18: 00 horas.

La ubicación de las estaciones donde se realizó estos conteos de tráfico son presentados en el Cuadro N° 1:

Tabla No. 1: Ubicación de estaciones de Aforo

UBICACIÓN DE ESTACIONES DE AFORO DE TRAFICO		
TRAMO LEON – LA CEIBA		6.78 kilómetros
ESTACION No.	UBICACIÓN	DIAS (12 Hrs)
No. 1	Estacionado 0+150	Ju, Vi, Sa, Dom, Lun
No. 2	Estacionado 6+000	Ju, Vi, Sa, Dom, Lun

2.2.1. Procedimiento de Campo.

En las estaciones N° 1 y N° 2, se colocaron contadores por sentido del flujo vehicular, que contaron y clasificaron durante los cinco días consecutivos, el número y tipo de vehículos que circularán por las estaciones de conteo y clasificación.

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularan en ambas direcciones del flujo vehicular en la estación de conteo.

2.2.2. Tipos de vehículos

La tabla No. 2, presenta los tipos de vehículos y su descripción de conformidad a la Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos de la División de Administración Vial de Ministerio de Transporte e Infraestructura.

La clasificación vehicular en las tres estaciones de aforo comprendió a los vehículos Livianos, vehículos Pesados de Pasajeros y los Pesados de Carga, entre estos se muestran a continuación:

Tabla No. 2:

Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos PMS

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadriciclo, 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 coupe y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con liras 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 _x -S _x ≤4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo T _x -S _x ≤4
	T _x -S _x >=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi - Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	C _x -R _x ≤4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como C _x -R _x ≤4
	C _x -R _x >=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 civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motorizadoras, retroexcavadoras, Resuspensor de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadora.	
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 (Semovientes).

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico año 2014

2.3. Resultados del conteo y clasificación por día

Tabla No. 3

ESTACION No. 1 (Días de Aforo: 25 Oct, 26 Oct, 27 Oct, 28 Oct, 29 Oct - 2012) Horario: 06 am - 18 hrs													
Estación 0+150	Vehículos Livianos			Vehículos de Pasajeros			Pesados de carga				Pesados		Total
Días	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mbus>15	Bus	C2	C3	T2S2	T3S3	VA	VC	
Jueves	196	32	161	11	14	34	7	10	3	0	5	6	479
Viernes	147	38	164	0	10	40	2	9	16	0	2	0	428
Sábado	186	15	72	0	6	27	1	4	21	0	12	0	344
Domingo	156	57	184	19	26	90	36	0	16	0	23	0	607
Lunes	191	21	186	2	11	35	2	8	0	12	4	6	478
TOTAL	876	163	767	32	67	226	48	31	56	12	46	12	2336
TPDiurno (12hrs)	175	33	153	6	13	46	10	7	11	2	9	2	467
%	77.30%			13.92%			6.42%				2.36%		100%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro No. 3, se representa el conteo de la estación No. 1, ubicado en el estacionado 0+150 del inicio del proyecto, los resultados reflejan que el 77.30 % del total de vehículos son vehículos livianos, el 13.92 % corresponde a vehículos de transporte público de pasajeros, el 6.42 % son de pesados de carga y el 2.36% corresponde a vehículos pesados. En la composición de los vehículos livianos del 77.30%, el 37.47% son autos seguido de camionetas que tiene un 32.76% del total de vehículos. En los vehículos de pasajeros del 13.92%, los buses ocupan un 9.85% seguido de los microbuses mayores a 15 pasajeros con un 2.78%; en lo que corresponde a los de categoría de carga del 6.42%, los TxSx≥5 ocupan un 2.35% en su composición seguidos de los C2 con un 2.14%.

El conteo de la estación No. 1 podemos definir que el Tránsito Promedio Diurno de cinco días en 12 hrs es de **467**.

Tabla No. 4

ESTACION No. 2													(Días de aforo: 25 Oct, 26 Oct, 27 Oct, 28 Oct, 29 Oct - 2012), Horario: 06 am - 18 hrs
Estacion 6+000	Vehículos Livianos			Vehículos de Pasajeros			Pesados de carga				Pesados		Total
Días	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mbus>15	Bus	C2	C3	T2S2	T3S3	VA	VC	
Jueves	8	9	51	0	5	17	1	0	0	0	12	0	103
Viernes	11	18	43	0	5	18	1	6	0	0	9	0	111
Sábado	3	16	49	0	2	17	5	0	0	0	16	0	108
Domingo	16	38	100	7	8	33	63	0	0	0	48	1	314
Lunes	0	14	59	0	0	22	0	3	0	0	22	0	120
TOTAL	38	95	302	7	20	107	70	9	0	0	107	1	756
TPDiurno (12hrs)	8	19	60	1	4	21	14	2	0	0	21	1	151
%	57.62%			17.22%			10.60%				14.57%		100%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro No. 4, se representa el conteo de la estación No. 2, ubicado en la estación 6+000 del proyecto, los resultados reflejan que el 57.62 % del total de vehículos son vehículos livianos, el 17.22 % corresponde a vehículos de transporte público de pasajeros, el 10.60% son de pesados de carga y el 14.57 % corresponde a vehículos pesados. En la composición de los vehículos livianos del 57.62%, el 39.74% son camionetas seguido de los jeeps que tiene un 12.58% del total de vehículos. En los vehículos de pasajeros del 17.22%, los buses ocupan un 13.91 % seguido de los microbuses mayores a 15 pasajeros con 2.65%, los de categoría de carga del 10.60%, los C2 ocupan un 9.28% en su composición lo cual es un dato muy significativo.

El conteo de esta estación podemos definir que el Tránsito Promedio Diurno de cinco días en 12 hrs es de **151**.

2.4. Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual TPDA

En función de la información de campo detallada anteriormente, se aplicarán factores, semana, fin de semana y expansión a TDPA de la estación de mayor cobertura de conteos volumétricos de tráfico del camino NIC -12, de la estación 1205, la cual es la más cercana al área de influencia del proyecto, dichos datos son del Sistema de Administración de Pavimentos (PMS) del MTI del año 2011, presentados a continuación:

Tabla No. 5

Factores de Expansión y temporada, Camino: NIC 12 Estación: 1205

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx>5	V.A	V.C	Otros	
Factor Día	1.27	1.37	1.19	1.28	1.15	1.51	1.26	1.23	1.42	1.17	1.00	1.41	1.00	1.00	1.19	1.00	1.20
Factor Semana	0.93	0.98	0.97	0.94	1.02	1.10	1.01	0.88	0.88	0.92	1.00	0.91	1.00	1.00	0.96	1.00	1.04
Factor Fin de Semana	1.21	1.04	1.09	1.19	0.96	0.82	0.99	1.48	1.50	1.28	1.00	1.34	1.00	1.00	1.10	1.00	0.91
Factor Expansión a TPDA	0.86	0.97	1.14	0.95	0.99	2.66	1.15	1.01	1.17	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	3.33	0.92

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2014, MTI, pagina 303.

A criterio del diseñador se tomará el volumen de tránsito mayor, en este caso datos obtenidos de la estación No. 1 (cuadro No.3) ubicado en el estacionado 0+150 a los cuales le aplicaremos los factores de día, semana y expansión del Anuario de Tráfico del MTI del año 2014, obteniendo lo siguiente:

Tabla No. 6

Calculo del TDPA

Descripción	Vehículos Livianos			Vehículos de Pasajeros			Pesados de carga				Pesados	
	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mbus>15	Bus	C2	C3	T2S2	T3S3	VA	VC
	175	33	153	6	13	46	10	7	11	2	9	2
Factor Día	1.37	1.19	1.28	1.15	1.51	1.26	1.42	1.17	1.41	1	1.19	1
Factor Semana	0.98	0.97	0.94	1.02	1.1	1.01	0.88	0.92	0.91	1	0.96	1
Factor Expansión TPDA	0.97	1.14	0.95	0.99	2.66	1.15	1.17	1.12	1	1	0.87	3.33
TPDA	228	43	175	7	57	67	15	8	14	2	9	7

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Tasa de Crecimiento Anual (TCA): León – La Ceiba

Para la determinación del volumen de tráfico hasta el horizonte del tramo del proyecto, se hizo uso de las tasas generadas por las de variables económicas y sociales. En este caso para proyectar el tráfico promedio diario anual se multiplicará los diferentes tipos de vehículos que conforman el flujo vehicular por las tasas de crecimiento proyectando la vida útil hasta el 2035 utilizando la tabla de crecimiento para las estaciones de mayor cobertura de la estación más cercana al área de emplazamiento del proyecto vial a como se muestra en el cuadro No. 7.

Tabla No. 7
Tasas de Crecimiento en Estaciones Permanentes

N°	CODIGO NIC	EST.	NOMBRE DEL TRAMO	TASAS				
				2010	2011	2012	2013	2014
1	NIC-1	101B	Zona Franca - La Garita	2.08%	0.70%	1.90%	2.31%	2.42%
2	NIC-1	107	Sébaco - Emp. San Isidro	3.04%	4.59%	4.75%	4.60%	4.79%
3	NIC-2	200	Entrada al INCAE - El Crucero	2.52%	4.14%	4.30%	4.07%	4.54%
4	NIC-3	300	Sébaco - Quebrada Honda	4.94%	4.27%	4.83%	4.30%	4.68%
5	NIC-4	401	Masaya - Granada	0.037%	2.42%	2.51%	3.44%	2.90%
6	NIC-7	700	Emp. San Francisco - Tecolostote	5.73%	5.10%	5.40%	5.28%	5.00%
7	NIC-12A	1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	4.73%	5.10%	5.47%	5.47%	4.51%
8	NIC-18A	1802	San Marcos - Masatepe	5.36%	5.49%	7.55%	6.49%	6.90%
9	NIC-24A	2404	Chinandega - Corinto	3.73%	6.72%	8.60%	7.97%	8.14%
10	NIC-24B	2400	Chinandega (Rotonda) - Rancheria	-	8.68%	7.68%	7.39%	7.60%
11	NIC-28	2803	Nagarote - La Paz Centro	1.43%	4.56%	5.67%	4.65%	5.10%
PONDERADA EN EL AÑO				3.36%	4.71%	5.33%	5.09%	5.14%

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico 2014, MTI, pagina 16.

Debido a que no se cuenta con un historial de crecimiento vehicular en el tramo de proyecto se optará por obtener el crecimiento vehicular en un periodo de diseño de 20 años respectivamente, utilizando una tasa de crecimiento de 4.51%. Sin embargo, considerando que la tasa de crecimiento es muy alta y

tomando en cuenta que el manual de pavimentos de concreto considera que la tasa más alta puede ser aplicada para un periodo entre 3 a 5 años y previendo que no habrá un aumento significativo en el volumen de tránsito del tramo, consideramos una tasa de crecimiento de 4.51% para los primeros 5 años de funcionamiento del volumen de tránsito y 2.26% para los 15 años del periodo de diseño del pavimento rígido.

Se calculará el tránsito promedio diario durante los próximos 20 años de diseño mediante la siguiente formula:

$$T_n = T_o * (1 + i)^n$$

Donde:

Tn: Tránsito del año n

To: Tránsito del año base

i: Tasa de crecimiento (obtenida del cuadro No. 7)

n: Periodo de proyección

Tabla No. 8
PROYECCIÓN DEL TRÁFICO LEÓN – LA CEIBA PARA LOS PRIMEROS CINCO AÑOS (2015 – 2020)

TC =4.51%	Vehículos Livianos			Vehículos de Pasajeros			Pesados de carga				Pesados	
	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mbus>15	Bus	C2	C3	T2S2	T3S3	VA	VC
N= 5 años												
TPDA 2015	228	43	175	7	57	67	15	8	14	2	9	7
TPDA 2020	284	54	218	9	72	84	18	11	18	2	11	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 9
PROYECCION DEL TRAFICO LEON – LA CEIBA PARA LOS SIGUIENTES
QUINCE AÑOS (2020 – 2035)

TC=2.255%	Vehículos Livianos			Vehículos de Pasajeros			Pesados de carga				Pesados	
	Autos	Jeep	Cta.	Mbus	Mbus>15	Bus	C2	C3	T2S2	T3S3	VA	VC
N=5 años												
TPDA 2020	284	54	218	9	72	84	18	11	18	2	11	8
TPDA 2035	397	76	305	12	100	117	25	15	25	3	16	12

Fuente: Elaboración propia

2.6. Cálculo de repeticiones esperadas

Utilizando formula obtenida del Manual de Pavimentos de Concreto de la CEMEX (pag.51).

$$Re = TPDA \times \%Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 365$$

Donde:

TPDA = Transito Promedio Diario Anual

% Te % del TPDA para cada tipo de eje

FS = Factor Sentido

FC= Factor Carril

Pd = Periodo de diseño

FCA = Factor de crecimiento Anual

365 = Días de un año.

Factor de Crecimiento Anual (FCA)

$$FCA = \frac{(1 + i)^n - 1}{(i) (n)}$$

Donde:

FCA = Factor de Crecimiento Anual

n = Vida útil en años

i = Tasa de crecimiento anual

Calculando para los tres primeros cinco (5) años de diseño:

$$FCA = \frac{(1+0.045)^5 - 1}{(0.045)(5)} \quad FCA = 1.0943$$

Calculando para el periodo de quince (15) años:

$$FCA = \frac{(1+0.023)^{15} - 1}{(0.023)(15)} \quad FCA = 1.1744$$

Para el cálculo de las repeticiones esperadas se empleará el tráfico promedio diario anual del año 2015, factor de crecimiento (FCA), factor por sentido (FS), factor por carril (FC).

Valor de Factor por sentido (FS): es utilizado para hacer diferencia de vialidades entre una vía de un solo sentido o de doble sentido. Si la vía fuese de un solo sentido el Fs sería igual a 1, sin embargo, siendo que es de doble sentido, su valor será equivalente a 0.5.

Valor por carril (FC): es utilizado para el análisis del número de carriles por cada sentido de la vía, se recomienda el valor de 1 para un carril por sentido.

Tabla No. 10
Repeticiones esperadas para un periodo de 5 años

Calculo de Repeticiones esperadas para los primeros 5 años								
Vehiculo	TPDA	% Tipo de eje	FS	FC	Pd	FCA	365	Repeticiones Esperadas
Auto	228	0.3747	0.5	1	5	1.0943	365	85,308
Jeep	43	0.0707	0.5	1	5	1.0943	365	3,036
Camioneta	175	0.3276	0.5	1	5	1.0943	365	57,247
Mbus	7	0.0128	0.5	1	5	1.0943	365	89
Mbus >15	57	0.0278	0.5	1	5	1.0943	365	1,582
Bus	67	0.0985	0.5	1	5	1.0943	365	6,590
C2	15	0.0214	0.5	1	5	1.0943	365	321
C3	8	0.015	0.5	1	5	1.0943	365	120
TxSx≥5	14	0.0235	0.5	1	5	1.0943	365	329
CxRx≥5	2	0.0043	0.5	1	5	1.0943	365	9
VA	9	0.0193	0.5	1	5	1.0943	365	173
VC	7	0.0043	0.5	1	5	1.0943	365	30

Fuente: Elaboración propia

Tabla No.11
Repeticiones esperadas para un periodo de 15 años

Calculo de Repeticiones esperadas para los primeros 15 años posteriores								
Vehiculo	TPDA	% Tipo de eje	FS	FC	Pd	FCA	365	Repeticiones Esperadas
Auto	284	0.3747	0.5	1	15	1.1744	365	342,115
Jeep	54	0.0707	0.5	1	15	1.1744	365	12,274
Camioneta	218	0.3276	0.5	1	15	1.1744	365	229,599
Mbus	9	0.0128	0.5	1	15	1.1744	365	370
Mbus >15	72	0.0278	0.5	1	15	1.1744	365	6,435
Bus	84	0.0985	0.5	1	15	1.1744	365	26,600
C2	18	0.0214	0.5	1	15	1.1744	365	1,238
C3	11	0.015	0.5	1	15	1.1744	365	530
TxSx≥5	18	0.0235	0.5	1	15	1.1744	365	1,360
CxRx≥5	2	0.0043	0.5	1	15	1.1744	365	28
VA	11	0.0193	0.5	1	15	1.1744	365	683
VC	8	0.0043	0.5	1	15	1.1744	365	111

Fuente: Elaboración propia

2.6.1. Total de repeticiones Esperadas

El peso de los ejes se determinó a través de los diagramas de cargas permisibles por tipo de vehículos que regula el Ministerio de Transporte e infraestructura MTI. Ver Anexo I.

Tabla No. 12

Vehiculo	Tipo de Eje	Peso en KIPS	Repeticiones Esperadas
Auto	Sencillo	2.2	427,423
	Sencillo	2.2	427,423
Jeep	Sencillo	2.2	15,310
	Sencillo	2.2	15,310
Camioneta	Sencillo	2.2	286,846
	Sencillo	4.4	286,846
Mbus	Sencillo	4.8	460
	Sencillo	8.8	460
Mbus >15	Sencillo	8.8	8,017
	Sencillo	17.6	8,017
Bus	Sencillo	11	33,190
	Sencillo	22	33,190
C2	Sencillo	11	1,559
	Sencillo	22	1,559
C3	Sencillo	11	650
	Doble	36.3	650
T2S2	Sencillo	11	1,688
	Sencillo	19.8	1,688
	Triple	44	1,688
T3S3	Sencillo	11	36
	Doble	35.2	36
	Triple	44	36
VA	Sencillo	11	856
	Sencillo	22	856
VC	Sencillo	11	141
	Sencillo	22	141

Fuente: Elaboración propia

2.6.2 Resumen de repeticiones Esperadas

Tabla No. 13

Tipo de Eje	Peso en KIPS	Repeticiones Esperadas
Sencillo	2.2	1,172,311
	4.4	286,846
	4.8	460
	8.8	8,477
	11	38,121
	17.6	8,017
	19.8	1,688
	22	35,746
Doble	36.3	650
	35.2	36
Triple	44	1,725

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

ESTUDIO DEL SUELO

3.1. Generalidades del Estudio de Suelo

Se denomina **suelo** a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que se asientan sobre ella.

Desde el punto de vista de ingeniería se denomina al sustrato físico sobre el cual se realizan las obras, del cual nos interesa las propiedades físico – químicas, especialmente las mecánicas.

Entre los parámetros más significativos está la granulometría (distribución de los tamaños de grano que constituye un agregado) y la plasticidad (variación de consistencia del agregado en función del contenido del agua).

El tamaño de las partículas va desde los tamaños granulares conocidos gravas y arenas, hasta los finos como arcilla y limo, las cuales detallamos a continuación:

Partículas Granulares: son conjuntos de cristales minerales cuarzo y feldespatos principalmente, se les puede observar y se presentan de formas redondeadas y angulares.

Partículas Arcillosas: son partículas laminares minúsculas que se les puede ver a través de un microscopio.

3.1.1. Clasificación de los suelos

Es el ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen propiedades semejantes, el propósito es facilitar las actitudes de un suelo en comparación con otros de la misma clase conociendo sus propiedades.

Existen varios sistemas de clasificación de los cuales los más utilizados en el país son:

- Sistema de clasificación de los suelos según AASHTO.
- Sistema de clasificación de los suelos según SUCS.

En ambos métodos se basan en la determinación de la composición granulométrica del suelo y de los límites de Atterberg de la fracción fina de los mismos. Cabe mencionar que el método de clasificación de suelos de la AASHTO es utilizado en proyectos de diseños viales y el SUCS para cimentaciones de estructuras verticales.

3.1.1.2. Clasificación de los suelos – AASHTO

Esta clasificación se basa en los resultados obtenidos como el límite líquido, índice de plasticidad y el material que pasa por el tamiz No. 10, 40 y 200.

De acuerdo con este sistema de clasificación los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. Los suelos orgánicos se clasifican en siete grupos que van del A -1 al A -7 y los suelos con elevada concentración de materia orgánica se clasifican como A-8.

Suelos Granulares

Son todos aquellos que tienen el 35% o menos del material fino que pasa por el tamiz No. 200, estos a su vez forman los grupos A-1, A-, A-3.

Grupo A-1: son mezclas de suelos bien gradados, de fragmentos de piedra, grava, piedra, arena y material ligante poco plástico, se incluyen también en este grupo mezclas bien gradadas que no tienen material gradante.

Sub grupo A-1 a: son materiales formados por roca, grava con o sin material ligante.

Sub grupo A-1 b: Son materiales formados por arena gruesa bien gradada con o sin ligante.

Grupo A- 2: comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino y que no pueden ser clasificados como A-1 y A-3. Este grupo se subdivide en A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7.

Grupo A-3: en este grupo se encuentran incluidas las arenas finas de playa y aquellas que tengan poca cantidad de limo y que no tengan plasticidad.

Suelos Finos

Son aquellos suelos limo – arcillosos que tiene más del 35% que pasa por el tamiz No. 200, a este tipo de suelos les corresponde los grupos A-4, A-5, A-6, A-7.

Grupo A- 4: son suelos limosos poco o nada plásticos, que tiene un 75% o más de material fino que pasa del tamiz No. 200, así mismo se incluyen mezclas de limo con grava y arena en un 64%.

Grupo A-5: son suelos semejantes al grupo A-4, son elásticos y tienen un límite líquido elevado.

Grupo A – 6: a este grupo le pertenecen las arcillas plásticas, por lo menos el 75% de estos suelos deben pasar el tamiz No. 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo – arenosas, cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%.

Grupo A- 7: los suelos de este grupo son semejantes al grupo A-6, pero son elásticos, sus límites líquidos son elevados y se subdividen en A-7-5 y A-7-6. El índice de plasticidad del sub grupo A-7-5 es igual o menos a $LL - 30$ y el del sub grupo A-7-6 es mayor que $LL - 30$. (Ver Anexo II: Clasificación se suelos según sistema de la AASHTO).

La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se hace por medio del “Índice de Grupo”, mismo que se calcula con la siguiente formula:

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

Donde:

IG = Índice de Grupo

F = Porcentaje de suelo que pasa por el tamiz No. 200

LL = Límite Líquido

IP = índice de Plasticidad

3.2. Ensayes para la determinación de propiedades físicas del suelo

Las propiedades físico mecánicas del suelo son las características usadas para la selección de los materiales, para las especificaciones de construcción y para el control de calidad, para todo esto es necesario tomar una serie de muestras en el lugar de desarrollo de un proyecto y luego ser llevadas al laboratorio para determinar sus propiedades.

3.2.1. Determinación del contenido de humedad

Este ensayo consiste en determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de peso seco (ASTM D 2216, AASHTO T 625).

3.2.2. Determinación del límite líquido:

El límite líquido (LL) está definido como el contenido de humedad que tiene un suelo al momento de pasar a un estado plástico un estado semilíquido (ASTM D 4318, AASHTO T 89).

El estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que un ligero esfuerzo lo hace fluir.

3.2.3. Análisis Granulométrico

La granulometría de partículas se determina por un análisis de tamices, efectuado sobre las muestras del agregado (ASTM D 422, AASHTO T 88). Este ensayo consiste en pasar la muestra por una serie de tamices de diferentes aberturas (MOP – 001 – F – 2002).

La granulometría se determina al calcular el peso retenido en cada tamiz, después de haber efectuado el análisis de tamices. Luego se resta el peso retenido en cada tamiz del peso total de la muestra. Un suelo según su granulometría puede clasificarse en:

- Agregado grueso
- Agregado fino
- Relleno mineral
- Polvo Mineral

3.2.3.1. Clasificación del suelo según Análisis Granulométrico

Agregado grueso: material retenido en el tamiz de 4.75 mm (No.4)

Agregado fino: material que pasa por el tamiz de 4.75 mm (No. 4)

Relleno mineral: fracciones de agregado fino que pasa por el tamiz 0.60 mm (No. 30).

Polvo mineral: fracciones de agregado fino que pasa por el tamiz 0.075 mm (No. 200).

3.2.4. Determinación del Límite Plástico (LP):

El límite Plástico (LP) es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo. En este estado el suelo puede ser deformado rápidamente o moldeado sin recuperación elástica, existen cambios de volumen, agrietamiento o desmoronamiento. (ASTM D 4318, AASHTO T 90).

Con los valores del Límite Plástico (LP) y el Límite Líquido (LL) se puede determinar el índice de Plasticidad (IP) que se define como la diferencia entre estos dos límites.

3.2.5. Ensayes de compactación:

Se le llama compactación al proceso de aplicación de carga sobre una mezcla de suelo con su consecuente reducción de volumen y aumento de densidad, es conveniente la compactación de un suelo ya que reduce su compresibilidad, incrementa su esfuerzo al cortante y lo hace más impermeable. Para suelos gruesos están normada su compactación en ASTM D 1557, AASHTO T 180 y para suelos finos ASTM D 698, AASHTO T 99.

Dentro de este ensaye al suelo debemos tomar en cuenta dos parámetros importantes:

Densidad seca máxima: es el peso seco máximo, obtenido cuando el material se mezcla con diferentes porcentajes de agua y se compacta de una manera normal preestablecida de acuerdo al material utilizado.

Optimo contenido de humedad: es el porcentaje de agua con el cual se obtiene la densidad seca máxima para el esfuerzo de compactación especificado.36.3.

3.3. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas del suelo

Los ensayos de resistencias miden la capacidad actual de los materiales para resistir deformaciones. Existen diferentes métodos para medir la resistencia de los suelos de la subrasante que se han sometido a cargas mecánicas de tránsito, entre estos ensayos tenemos:

- Relación de valor soporte California (CBR)
- Valor de Resistencia Hveem (Valor R)
- Ensayo de plato de carga (Valor K)
- Penetración dinámica con cono (PR)
- Módulo Resilente (Mr)

3.3.1. Relación de valor soporte California (CBR)

El índice de california es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo las condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas.

Su objeto es simular las condiciones de saturación a las cuales van a estar sometidos los suelos como la subrasante de una carretera, obteniendo de esta forma las condiciones más críticas a las cuales era sometido el suelo por acciones de cargas vehiculares.

El equipo y procedimiento para este ensayo está determinado en las normas: CBR de campo ASTM D 4429, CBR de laboratorio ASTM D 1883, AASHTO T 193.

3.3.2. Ensayo de plato de carga, valor K

Esta prueba es generalmente aplicada para el diseño de pavimentos rígidos, pero en la actualidad también es utilizado para pavimentos flexibles (AASHTO T 222).

Este ensayo se utiliza para evaluar la capacidad cortante de la subrasante, las bases y en ocasiones pavimentos completos.

El valor de K está dado por la siguiente fórmula:

$$K = P / \Delta$$

Donde

K: Módulo de reacción del suelo

P: Presión aplicada al suelo

Δ : Deformación producida en el suelo

3.3.3. Módulo de Resiliencia

El objetivo de este ensayo es analizar las propiedades que tienen los materiales de comportarse bajo cargas dinámicas con las ruedas de tránsito (AASHTO T 294). Este ensayo no es destructivo de la muestra ya que estos no fallan durante el análisis. Estas muestras las cuales son cilíndricas son colocadas en una cámara triaxial que permite ejercer presiones de confinamiento de la muestra.

El comportamiento esfuerzo – deformación de un suelo puede ser de dos tipos: Resiliente y Plástico.

Las deformaciones resilientes o elásticas son de recuperación instantánea y las deformaciones plásticas son aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora.

Es importante mencionar que durante pruebas de carga repetidas se puede observar que después de cierto número de ciclos de carga, el módulo llega a ser

aproximadamente constata y la respuesta del suelo puede asumirse como elástica.

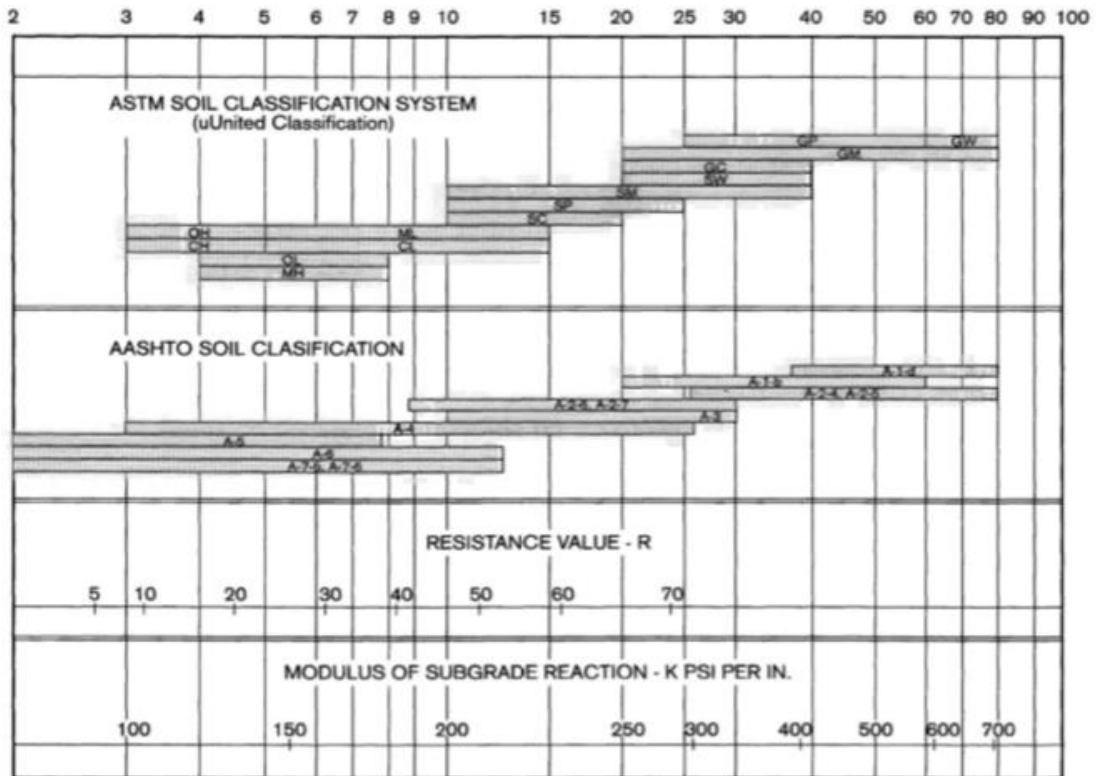
Cuando no es posible efectuar ensayos de laboratorio por carencia de los equipos necesarios, se acude a los ensayos tradicionales de resistencia (CBR y plato de carga), utilizando las siguientes correlaciones:

$$Mr \text{ (psi)} = 1500 \text{ CBR, donde } \text{CBR} \leq 10$$

En función de facilitar el trabajo a diseñadores y en vista que muchos laboratorios no poseen los elementos necesarios para efectuar cualquier ensayo de resistencia, se han establecido relaciones empíricas entre las diversas medidas de resistencia las cuales se muestran en la siguiente imagen No. 01.

Figura No. 1

Relación Aproximada entre las clasificaciones de suelo y sus valores de resistencia



Fuente: Manual de Pavimentos de Concreto CEMEX, (página 50).

Mediante estas relaciones es posible determinar el valor aproximado de resistencia de un suelo, expresado en términos de algún ensayo, en función de otro calculado con una prueba diferente.

3.4. Resultados de los estudios del Suelo del tramo de estudio

El objetivo del Estudio Geotécnico es conocer las características físico-mecánicas del sub-suelo a lo largo del camino, por medio de la realización de ensayos de laboratorio y el análisis de la información obtenida, con la finalidad de recomendar espesores del pavimento.

La investigación incluye también conocer las características de Bancos de Materiales, más cercanos al sitio que puedan ser necesarios para la construcción del Proyecto.

3.4.1. Situación Actual del camino

El tramo inicia en el Km 89 + 900 aproximadamente en el empalme hacia la Ceiba. Conforme se avanza en el camino se encuentran varios vados parcialmente cubiertos por el material del camino. En algunos sitios se observa la socavación producida por las aguas en la estación lluviosa. También se observó indicios de que existen problemas de drenaje.

El camino es de todo tiempo, los derechos de vías están limitados por los cercos de las casas o los terrenos cultivados que existen a lo largo del camino, terminando en la última vivienda que se encuentra a 6.5 Km desde el inicio.

3.4.2. Características Geotécnicas

El material de revestimiento existente en el tramo se observa tiene buen desempeño resultado del mantenimiento que se ha dado (relleno con material de banco). Este material superficial es de buena calidad y puede ser re-utilizado en la estructura del pavimento del presente diseño de pavimento. El estudio

contempla conocer sus propiedades físicas y mecánicas, así como la de los suelos de sub-rasante.

En el área de influencia del proyecto se encontraron dos Bancos de Materiales importantes los cuales se asumen fueron utilizados para la fase de rehabilitación (mantenimiento), y de los cuales formaran parte de este análisis.

3.4.3. Trabajo de campo y sondeos

Para realizar el estudio, se efectuó un total de sesenta y seis (66) sondeos manuales, en el tramo León – La Ceiba, con profundidades máximas de 1.5 metros. La ubicación de los sondeos fue a cada cien metros, alternadamente al centro, izquierda y derecha de la carretera.

El muestreo de los sondeos se hizo con posteadora y barra, clasificándose el material preliminarmente en el sitio, visualmente y al tacto, seleccionándose de esta manera un total de ciento cuarenta y un (141) muestras, las cuales luego fueron trasladadas al laboratorio para su clasificación definitiva.

Una vez tomadas las muestras de suelo de los sondeos de línea y de los bancos de materiales, éstas fueron resguardadas y llevadas al Laboratorio en donde se analizaron de acuerdo con los métodos siguientes:

Tabla No. 14: Ensayes de laboratorio

SONDEO EN LÍNEA		
No	Ensayo	Norma
1	Granulometria	ASTM D - 422 o AASHTO T - 88
2	Límite Líquido	ASTM D - 423 o AASHTO T - 89
3	Límite plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D - 424 o AASHTO T -90
4	Clasificacion HRB	ASTM D - 3282 o AASHTO T - 145
5	Proctor Standard	ASTM D - 698 o AASHTO T - 99
6	CBR	ASTM D - 1883 o AASHTO T - 193
7	Humedad Natural	ASTM D - 2216

Fuente: Informe de ensayos de Suelo, LAMSA Ingenieros Consultores.

Finalmente, con las muestras clasificadas se formaron doce (12) grupos de suelos similares con los que se realizaron igual número de ensayos de penetración CBR, necesarios para el diseño.

Los suelos existentes a lo largo del Proyecto, de acuerdo a los sondeos realizados y a los ensayos de laboratorio, presentan de manera general las características siguientes:

Tabla No. 15

Grupo 1 - 5: Propiedades físicas - mecánicas del Suelo

ESTACION	GRUPO NO.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES					
			0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %
0+000 - 1+000	1	90	10.9	10.3	0.1	A-1-a (0)	1,931	15.6	1,938	16.0
		95	40.3	42.2	0.0					
		100	46.4	47.5	0.0					
0+000 - 1+000	2	90	5.2	5.7	0.1	A-2-4 (0)	1,931	15.2	1,230	14.8
		95	17.0	17.8	0.1					
		100	38.5	41.6	0.0					
1+000 - 2+000	3	90	10.6	9.8	0.1	A-1-b (0)	1,799	15.1	1,800	15.0
		95	14.7	13.6	0.0					
		100	43.0	46.8	0.0					
1+000 - 2+000	4	90	5.4	5.4	0.1	A-2-4 (0)	1,378	17.0	1,379	17.2
		95	17.2	17.5	0.1					
		100	37.3	40.7	0.0					
2+000 - 3+000	5	90	5.4	5.4	0.1	A-2-4 (0)	1,370	17.5	1,370	17.4
		95	17.0	17.5	0.1					
		100	38.0	43.2	0.1					

Fuente: Informe de ensayos de Suelo, LAMSA Ingenieros Consultores

Tabla No. 16

Grupo 6 - 10: Propiedades físicas - mecánicas del Suelo

ESTACION	GRUPO NO.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES					
			0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %
2+000 - 3+000	6	90	10.2	10	0.1	A-1-b (0)	1,793	16.3	1,795	15.7
		95	13.6	13.4	0.0					
		100	43	46.8	0.0					
3+000 - 4+000	7	90	10.6	10.9	0.1	A-1-a (0)	1,899	16.1	1,900	15.8
		95	41.2	43.8	0.0					
		100	46.4	47.7	0.0					
3+000 - 4+000	8	90	5.4	5.1	0.1	A-2-4 (0)	1,380	18.0	1,382	17.4
		95	17.0	17.4	0.1					
		100	38.0	40.7	0.1					
4+000 - 5+000	9	90	10.4	10.3	0.1	A-1-b (0)	1,684	17.1	1,684	16.9
		95	14.0	14.0	0.0					
		100	40.7	46.0	0.0					
4+000 - 5+000	10	90	6.1	5.6	0.1	A-4 (0)	1,226	23.5	1,228	23.5
		95	7.2	7.5	0.1					
		100	9.7	9.4	0.0					

Fuente: Informe de ensayos de Suelo, LAMSA Ingenieros Consultores.

Tabla No. 17

Grupo 11 - 12: Propiedades físicas - mecánicas del Suelo

ESTACION	GRUPO NO.	% DE COMPACTACION REPRODUCIDO	C.B.R a Penetración de		ENSAYES ADICIONALES					
			0.1"	0.2"	% Hinchamiento	Clasificación H.R.B	Densidad Maxima	Humedad Optima %	Densidad Max. Corregida	Humedad Optima %
5+000 - 6+000	11	90	5.9	6.0	0.1	A-4 (0)	1,200	21.2	1,200	21.2
		95	6.8	7.2	0.1					
		100	9.3	9.5	0.0					
5+000 - 6+000	12	90	7.0	6.9	0.1	A-2-4 (0)	1,374	17.2	1,375	17.2
		95	18.6	17.8	0.1					
		100	38.5	43.2	0.3					

Fuente: Informe de ensayos de Suelo, LAMSA Ingenieros Consultores.

3.5. Resultados de los Estudios en los Bancos de Materiales

Se estudiaron dos (2) bancos en total, en cada uno de ellos se realizaron 3 sondeos a cielo abierto de 1.5 m. x 1.5 m. x 3.0 m. Por ser fuentes en explotación se realizaron tres sondeos a fin de confirmar con mayor exactitud su uso potencial y la cantidad disponible a explotar. Ver Anexo

Se verificó el acceso a cada Banco, tomando las muestras extraídas cuyos sondeos fueron trasladadas al laboratorio para la realización de los ensayos requeridos.

Los resultados de laboratorio comprenden la granulometría, plasticidad, clasificación AASHTO, Próctor, CBR, desgaste de los Ángeles e intemperismo acelerado.

3.5.1 BANCO LA MAQUINA

Ubicado a 7.5 kilómetros del inicio del tramo de carretera (Ver Anexo), es su análisis de calicata 1 el material corresponde superficialmente de 0 a 0.30 m de profundidad a una grava arenosa y limosa color café claro, tipo A-2-4 (0). Tiene 35% de límite líquido y 8% de índice de plasticidad, sus granos pasan 41% el tamiz No.4 y 8 % el tamiz No.200.

Bajo el estrato superficial se encontró grava areno limoso gris claro, clasificada tipo A-1-a (0). Tiene 29% de límite líquido y 3% de índice de plasticidad, sus granos pasan de 24% el tamiz No.4 y 7% el tamiz No.200.

En la calicata 2 predomina el tipo de suelo grava areno limosa de color gris claro, clasificada tipo A-1-a (0). Tiene 30% de límite líquido y 5% de índice de plasticidad, sus partículas pasan 15% el tamiz No.4 y 7% el tamiz No.200.

Se encontró material rocoso con desgaste Los Ángeles entre 12 y 32% e intemperismo acelerado entre 12.4 y 0.628%.

Tabla No. 18

Resumen de propiedades físico mecánicas de Banco La Maquina

CALICATA	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA													ENSAYES ADICIONALES								Tipo de Suelo			
		3"	2 1/2"	% que pasa tamiz 2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	LL %	LP %	LP %	% Compaction	CBR a penetracion de		Clasificación H.R.B	Humedad Natural %	% Desgaste Los Angeles		% Intemperismo	% Absorción	
		0.1"	0.2"																							
BANCO LA MAQUINA																										
1	0.00 - 0.30			98	92	80	72	61	54	41	29	19	8	35	27	8	90	56	74	A-2-4 (0)	10.3	32.6	13.80	3.60	Grava areno limosa color café claro.	
	0.30 - 1.50			94	72	64	54	41	35	24	18	11	7	29	26	3	95	64.7	80.9	A-1-a (0)	12.5	20.8	12.40	2.80	Grava areno limosa color gris claro.	
	1.50 a más	ROCA BASALTICA COLOR GRIS																100	84.6	107.6				12.3	0.712	
2	0.00 - 1.50			90	72	54	42	29	23	15	11	9	7	30	25	5				A-1-a (0)	9.2	15.2	0.628	3.40	Grava areno limosa color gris claro.	
	1.50 a más	ROCA BASALTICA COLOR GRIS																						12.3	0.712	

Fuente: Informe de ensayos de Suelo, LAMSA Ingenieros Consultores.

3.5.2. BANCO MOJON SUR #2

Ubicado a 3.6 kilómetros del final del proyecto (Ver Anexo), en su análisis de las tres calicatas prevalece de 0 a 2.50 m de profundidad grava arenosa color gris oscuro, tipo A-1-a (0). Este suelo es no plástico (NP) y sus partículas pasan 18% el tamiz No. 4 y 2% el tamiz No. 200. De 2.50 m a mayor profundidad se encontró bolones volcánicos.

El material rocoso tiene un desgaste Los Ángeles de 31% e intemperismo acelerado de 1.08%.

Tabla No. 19

Resumen de propiedades físico mecánicas de Banco Mojón Sur

CALICATA	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA													ENSAYES ADICIONALES										Tipo de Suelo		
		3"	2 1/2"	% que pasa tamiz 2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	LL %	L.P %	I.P %	% de Compaction	CBR a penetración de		Peso Vol. Seco suelto kg/m ³	Peso Vol. Seco compacto kg/m ³	Humedad Natural %	% Desgaste Los Angeles	% Intemperismo		% Absorción	
																		0.1"	0.2"								
BANCO MOJON SUR N°2																											
1	0.00 - 2.70	98	92	78	55	45	32	26	18	13	7	2	N.P	N.P	N.P	90	35.5	59.9	1,512	1,699	13.3	31.0	1.08	4.2	Grava arenosa color gris oscuro.		
																95	68.3	89.9									
	2.70 a más	BOLONES VOLCANICOS																									Bolones volcánicos.
2	0.00 - 2.50	98	92	78	55	45	32	26	18	13	7	2	N.P	N.P	N.P				1,512	1,699	13.3	31.0	1.08	4.2	Grava arenosa color gris oscuro.		
	2.50 a más	BOLONES VOLCANICOS																									
3	0.00 - 2.50	98	92	78	55	45	32	26	18	13	7	2	N.P	N.P	N.P				1,512	1,699	13.3	31.0	1.08	4.2	Grava arenosa color gris oscuro.		
	2.50 a más	BOLONES VOLCANICOS																									

Fuente: Informe de ensayos de Suelo, LAMSA Ingenieros Consultores

3.6 Análisis de los Resultados

Superficialmente y hasta el final de los sondeos a 1.50 m de profundidad existen principalmente suelos del tipo gravas limosas clasificadas según el método AASHTO M 145 como A-1-a (0), arenas limo gravosas y limos arenosos clasificados como A-2-4 (0) y A-4 (0) respectivamente, también existen suelos tipo A-1-b (0), A-5 (4.6) y A-7-5 (11), en su mayoría con coloración café, gris y amarillento. La plasticidad de estos suelos varía desde No Plástico, a valores de hasta 60% de Límite Líquido y 17% de Índice de Plasticidad.

Los granos de estos suelos pasan entre 13 y 100% el tamiz No.4 y entre 4 y 79% el tamiz No.200.

Los resultados de los ensayos de CBR obtenidos en los suelos de este tramo en muestras compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Estándar, fueron del orden de 5 a 10%, de 6 a 41%, y de 9 a 46%, respectivamente.

Los resultados de los ensayos de CBR con 0.2" de penetración fueron en general similares o un poco mayor que con los obtenidos con 0.1" de penetración del pistón. Los resultados de CBR serán seleccionados en promedio de ambas penetraciones al 95% de compactación para encontrar el CBR de diseño con ayuda del perfil estratigráfico del tramo en estudios.

No se encontraron niveles de aguas freáticas (NAF) en ninguno de los sondeos realizados hasta 1.50 m de profundidad.

En banco La Máquina, este banco tiene cantidades limitadas, usar de base y sub-base para suelos A-1-a. Suelos A-2-4 utilizar para mezcla para sub-base y relleno de terracería. Roca: trituración para asfalto, y pedrín para concreto hidráulico.

En lo que respecta al banco Mojón Sur #2, tiene cantidades considerables para el proyecto, usar de base y sub-base suelo gravoso tipo A-1-a, mezclado con material del sitio.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

4.1. Generalidades del Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de subbase, constituida por grava o material mixto dependiendo de las cargas de tránsito que por ella pasen; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante (ver figura No. 2).

FIGURA No. 2

Sección Transversal:



Fuente: Elaboración Propia

Subrasante: Es la capa de terreno 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 tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante. Se

considera como la cimentación del pavimento y una de sus funciones principales es la de soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, así como evitar que el terraplén contamine al pavimento y que sea absorbido por la terracería.

Subbase: Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada.

Losa (superficie de rodadura): Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad importante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base.

El uso hoy en día de un pavimento rígido puede traer múltiples beneficios, entre los más principales que podemos mencionar tenemos:

Menor costo total

Los costos de mantenimiento del pavimento de concreto son mucho menores. Siendo por lo general los relacionados con el reemplazo de los materiales del sellado de las juntas, las cuales se realizan con intervalos entre cinco a diez años.

Costo Operativo de la vía

Los pavimentos de concreto al tener una superficie plana alargan la vida de los vehículos, minimizando su mantenimiento. Además, el costo de consumo de combustibles y lubricantes se reduce generando mayor beneficio al usuario.

Costo Social por mantenimiento

En el caso del concreto el mantenimiento es mínimo y menos frecuente, lo cual es favorable dado que disminuye los costos asociados a los tiempos de viaje de los usuarios ocasionados por reparaciones continuas como es el caso de la opción en asfalto.

Durabilidad

Las superficies de concreto poseen mayor duración. Se ha demostrado que las vías de concreto exceden su periodo de diseño. Por otro lado, el concreto incrementa su resistencia con el tiempo generando una ventaja adicional.

Resistencia

El concreto resiste mejor los derrames de gasolina y diesel, así como los efectos de la intemperie. Además, la carpeta de concreto transmite bajas presiones a la subrasante o suelo de cimentación.

Amigable con el medio Ambiente

Los insumos del concreto no son volátiles, por lo que es más amigable con el entorno y reduce la emisión de dióxido de carbono. En zonas calurosas se mantiene fresco, reduciendo el calor urbano.

Indeformabilidad

En las zonas de frenado y arranque de vehículos pesados el concreto no pierde su forma. Además, permite lograr una superficie de rodadura con alto grado de planicidad y por su rigidez esta superficie permanece plana durante toda su vida

útil, evitando las deformaciones que disminuyen el área de contacto entre llanta y pavimento.

Textura

La superficie del pavimento de concreto se puede hacer tan segura como se quiera, gracias a las diversas técnicas para darle textura.

Drenaje

Al no deformarse, manteniéndose planas las superficies de concreto, proporcionan un buen drenaje superficial para el agua de lluvia.

Seguridad

Por su textura, los pavimentos de concreto presentan mejor agarre. El fenómeno del hidroplaneo de vehículos se reduce.

Economía en capa base

El concreto al ser un material más rígido reduce sustancialmente el espesor de las capas granulares, reduciendo, además, los volúmenes de materiales pétreos. Esta cualidad también reduce los volúmenes de excavación, reduciendo costos e impactos al medio ambiente.

Visibilidad

La superficie del concreto es tres veces más reflejante que la del asfalto. Por ello, los pavimentos de concreto ahorran hasta un 30% de energía. Se brinda mayor seguridad durante la noche, debido a que las luces de los vehículos tienen más capacidad de reflejo en el concreto.

Reparaciones

El concreto se repara fácilmente, bajo cualquier condición climática, se pueden agregar una gran variedad de aditivos a la mezcla permitiendo efectuar todo tipo de trabajos con gran rapidez y eficiencia.

En el presente trabajo diseñaremos un pavimento rígido a partir de concreto hidráulico para un tramo de 6.78 kilómetros de longitud que unirá a León municipio con la comunidad La Ceiba. Para ello utilizaremos el método de la Portland Cement Association (PCA).

4.2. Diseño de la estructura de pavimento mediante Método Portland Cement Association (PCA)

En 1920 se produjeron las primeras ecuaciones para el diseño de pavimentos y en 1926 el profesor Westergaard publicó las ecuaciones de esfuerzo y deformación. En 1933 la Portland Cement Association (PCA) dio a conocer el procedimiento para el diseño de espesores de concreto correlacionado con el tráfico, e introdujo los primeros conceptos de fatiga, así como las primeras ecuaciones empíricas. Posteriormente, en 1966 y 1984, la PCA actualizó su método de diseño, siendo esta última la versión que rige en la actualidad.

Este método de diseño está basado en las teorías de Westergaard, Pickett y Ray, y se complementa con base en elementos finitos con los que se estudió el comportamiento de una losa de concreto de espesor variable y dimensiones establecidas, a la cual se le aplicaron cargas en el centro, bordes y esquinas, considerando diferentes condiciones de apoyo y soporte. Se deben controlar especialmente la fatiga (para prevenir el agrietamiento debido a las cargas) y la erosión (para limitar la deflexión en los bordes de la losa). La vida útil del pavimento termina cuando se da la ruptura del concreto por las repeticiones de carga.

El propósito de este método es obtener el espesor mínimo de la losa, para soportar las cargas que se le impondrán en determinado período de tiempo. Si el espesor es mayor de lo necesario, el pavimento prestará un buen servicio con bajos costos de mantenimiento, pero el costo inicial será alto. En caso de que el espesor no sea el adecuado, los costos prematuros y elevados de mantenimiento e interrupciones en el tráfico sobrepasarán los bajos costos

iniciales. Una correcta ingeniería requiere que los diseños de espesores balanceen apropiadamente el costo inicial y los costos de mantenimiento.

Mientras que el método Portland Cement Association (PCA 84) se centra en el tópico del diseño de espesores, otros aspectos de diseño son igualmente importantes para asegurar el buen funcionamiento y la duración del pavimento de concreto:

- Provisión para un soporte razonablemente uniforme.
- Prevención del bombeo de material de base en caso de que el tráfico esperado sea suficientemente alto como para causarlo.
- Diseño de juntas que garantice una adecuada transferencia de cargas y facilite el uso de sellos si son requeridos para hacerlas efectivas y prevenga daños de las mismas debido a filtraciones.
- Uso de mezclas que proporcionen un concreto de buena calidad con la resistencia y durabilidad necesarias, según las condiciones de exposición.

4.2.1 Criterios de diseño del método de la PCA.

El método de diseño de la PCA considera dos criterios de falla: el criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas y el criterio del esfuerzo de fatiga.

Erosión.

El criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas, el cual reconoce que el pavimento puede fallar por un excesivo bombeo (erosión del terreno de soporte de la losa de concreto) y diferencias de elevaciones en las juntas.

El criterio de erosión es utilizado para limitar la deflexión que se produce en los bordes de las losas de concreto, juntas y esquinas del pavimento por efecto del bombeo. El bombeo es definido por la University of Washington of Civil and Environmental Engineering, (WSDOT Pavement Design), como “el movimiento de material por debajo de la losa de concreto o eyección de material desde abajo de la losa, como resultado de la presión del agua. El agua acumulada por debajo de la losa será presurizada cuando la losa flexione debido a carga”.

El bombeo ocurre debido a muchas repeticiones de cargas de ejes pesados en las esquinas de la losa de concreto y bordes, erosión de subrasante, subbase, y materiales del hombro; lo cual genera huecos bajo y junto a la losa.

La erosión se cuantifica en términos de porcentaje del daño total por erosión, se recomienda optimizar el diseño obteniendo un valor cercano al 100%, ya que, si se tienen valores menores a dicho porcentaje, se estaría determinando una estructura sobre diseñada.

Fatiga.

El criterio del esfuerzo de fatiga, el cual reconoce que el pavimento pueda fallar debido a excesivas repeticiones de carga.

El análisis del criterio de fatiga es utilizado para evaluar los esfuerzos producidos en las losas del pavimento, ante la aplicación de cargas sobre las losas, lo cual puede producir esfuerzos excesivos, que generan agrietamientos. El objetivo es mantener los esfuerzos en el concreto, que constituye la losa, dentro de los límites de seguridad, basándose en el factor de relación de esfuerzos, el cual corresponde al esfuerzo de flexión dividido entre el módulo de ruptura del concreto a los 28 días.

La fatiga se cuantifica en términos de porcentaje de absorción de la fatiga, se recomienda optimizar el diseño obteniendo un valor cercano al 100%, ya que, si se tienen valores menores a dicho porcentaje, se estaría determinando una estructura sobre diseñada.

Así mismo, algunos aspectos de diseño, adicionales a la determinación del espesor, tomados en cuenta por el método de diseño de la PCA, para asegurar el funcionamiento y la vida de los pavimentos de concreto, se mencionan a continuación:

- Soporte razonablemente uniforme.

- Prevención de bombeo en subbase relativamente delgada no tratada o tratada con cemento, en proyectos donde el tráfico pesado esperado sea lo suficientemente grande, causando bombeo.
- Uso de un diseño de junta que proporcionará adecuada transferencia de carga; que permita el uso de selladores en las juntas de ser requeridos para la efectividad de las mismas.
- Uso de un diseño de mezcla de concreto y agregados que proveerán concreto de calidad con la resistencia y durabilidad necesaria para una larga vida bajo, las condiciones de exposición actuales.

4.2.2 Factores de diseño del método de la PCA.

El diseño de espesores se realiza basándose principalmente en cinco factores:

1. Resistencia a la flexión del concreto, (Módulo de ruptura, MR).
2. Soporte de la subrasante, o de la combinación de subbase y subrasante, (K).
3. Período de diseño.
4. Los pesos, frecuencias, y tipo de tráfico pesado que el pavimento soportará, (Tráfico).
5. Factor de seguridad para las cargas, (FS).

4.3. Módulo de Ruptura

El módulo de ruptura se conoce también como la Resistencia a la tensión por flexión, debido a que el pavimento de concreto trabaja principalmente a flexión. Los valores del módulo de ruptura varían desde 583 psi hasta 711 psi. A nuestro criterio, tomamos el MR de acuerdo a la resistencia de compresión del concreto, que en nuestro proyecto usaremos de 3500 psi

$$M_r = 10 \sqrt{f'c}$$

$$M_r = 10 \sqrt{4000}$$

$$M_r = 632.46 \text{ PCI}$$

4.4. Valor de reacción o soporte de la subrasante (K)

Es una característica de resistencia que se considera una constante, lo que implica elasticidad del suelo. Su valor numérico depende de la textura, compacidad, humedad y otros factores que afectan la resistencia del suelo. Cuando se diseña un pavimento es probable que a lo largo del tramo se obtenga diferentes valores de K mediante pruebas de campo in situ, por ello es recomendable utilizar un promedio de este valor para el diseño estructural.

En este sentido haremos uso de las correlaciones que tienen los valores de K con las propiedades del suelo, partiendo de nuestro dato de laboratorio del CBR, tomando en cuenta los resultados de los ensayos de CBR obtenidos en muestras compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Estándar, de los cuales fueron del orden de 5 a 10%, de 6 a 41%, y de 9 a 46%, respectivamente. Sin embargo, puesto que tenemos muchos valores de CBR, utilizaremos uno de los métodos más usados para calcular el CBR de diseño es el propuesto por el instituto de Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total que el 60%, el 75%, o el 87.5% de los valores individuales obtenidos que sea iguales o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule por el pavimento.

Tabla No. 20: Criterios del Instituto del Asfalto

Límites para la selección de resistencia	
Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
menores a 10,000	60
entre 10,000 y 1,000,000	75
mayores a 1,000,000	87.5

Fuente: Especificaciones NIC 2000, capítulo 7

En el análisis del estudio de tránsito, nos indica tránsito por la vía de 1, 554,077, superando el 1,000,000, lo cual nos indica que utilizaremos un percentil de 87.5%.

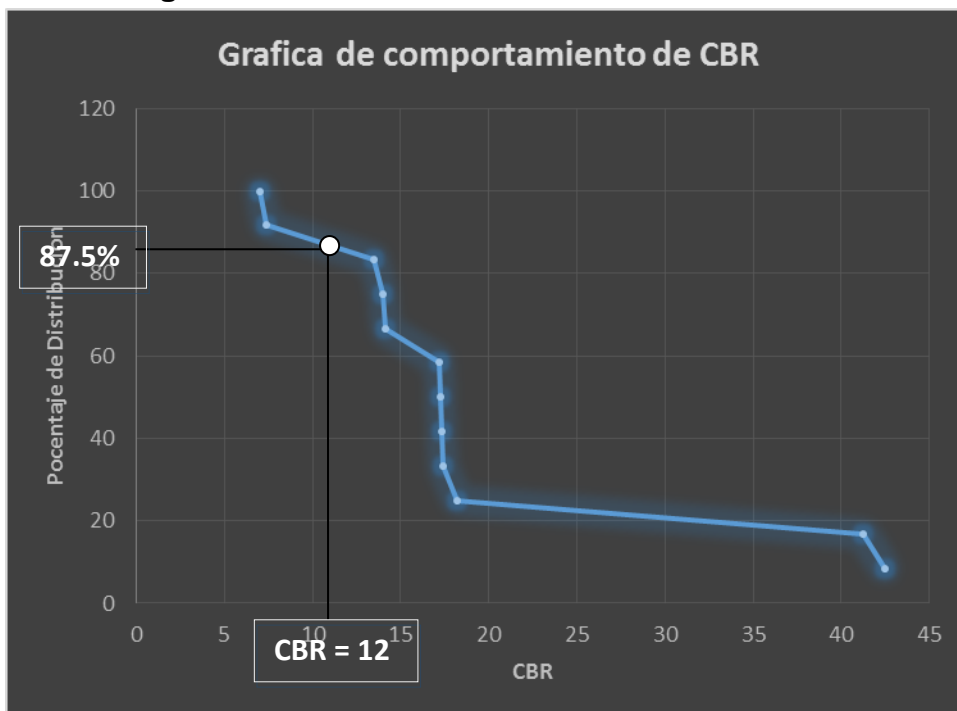
Calculando los valores y porcentajes de la subrasante, obtenidos a través de los 12 grupos de muestra de suelos, obtenemos lo siguiente:

Tabla No. 21: Valores promedios y porcentajes de CBR en la subrasante

CBR al 95% compactacion	Frecuencia	CBR iguales o mayores	Porcentaje
7	1	12	100
7.35	1	11	92
13.5	1	10	83
14	1	9	75
14.15	1	8	67
17.2	1	7	58
17.25	1	6	50
17.35	1	5	42
17.4	1	4	33
18.2	1	3	25
41.25	1	2	17
42.5	1	1	8

Fuente: Elaboración propia $\Sigma = 12$

Figura 03: Grafica de CBR de la sub rasante.

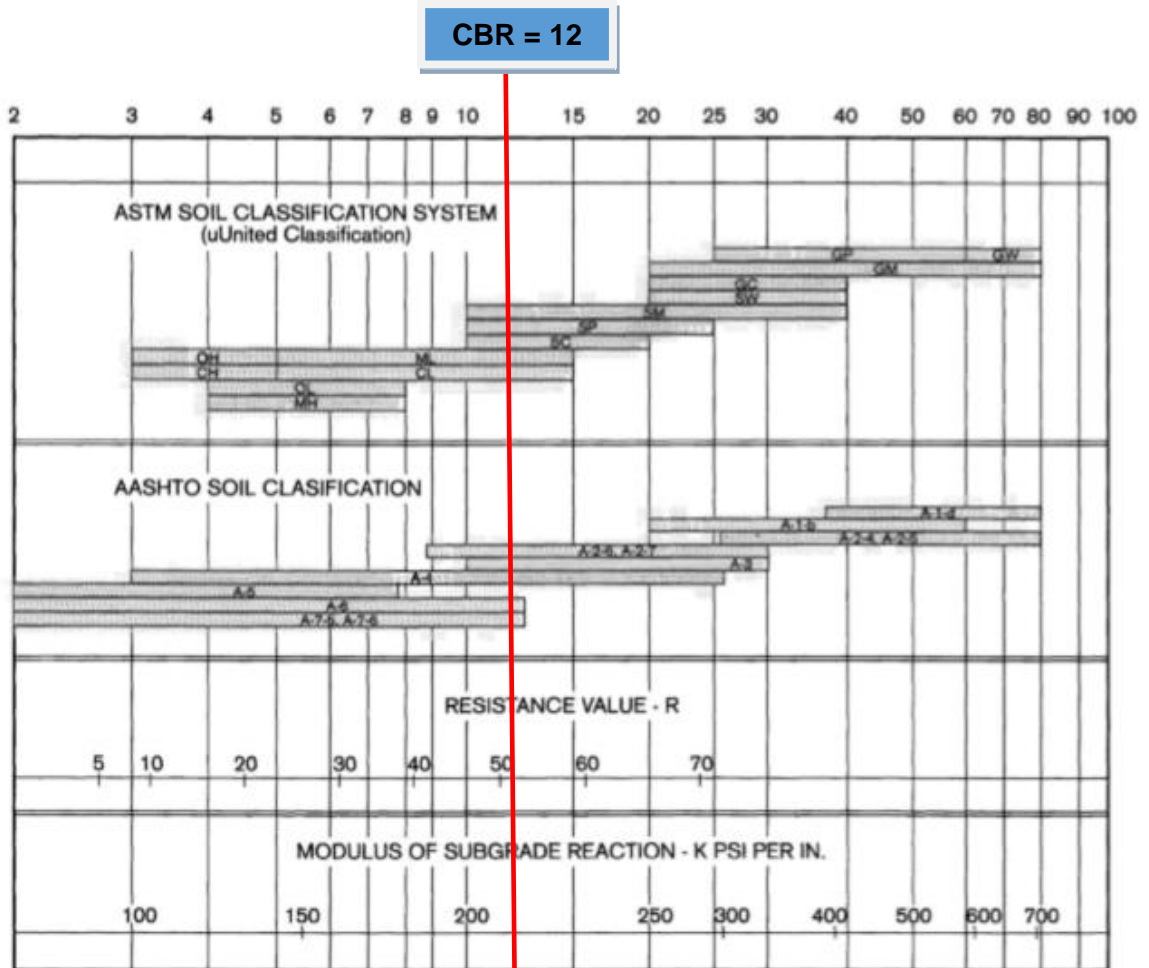


Fuente: Elaboración propia

Aplicando el método del Instituto del Asfalto se ha encontrado un **CBR de diseño de 12**, valor representativo para los sondeos realizados en el tramo de estudio.

Utilizando cuadro de relación aproximada entre las clasificaciones del suelo y sus valores de resistencias del manual de diseño y construcción de pavimento rígido de la CEMEX (Véase figura No.04, obtendremos un valor de K requerido para el diseño de pavimento rígido a través del método PCA.

Figura No. 4



Fuente: Manual de Pavimentos de Concreto CEMEX, (página 50).

K = 215

4.4.1 Incremento del Valor de K

Obteniendo un valor de **K de 215** como módulo de reacción de la subrasante, es preciso tomar en cuenta el espesor de una sub-base granular a colocar considerando los bancos de materiales disponibles en el tramo de estudio.

En este sentido consideraremos un incremento del valor de K para este diseño, para esto utilizaremos valores reflejados en la tabla No. 19 del Manual de diseño y Construcción de Pavimentos de Concreto de la Cemex, asumiendo un espesor de la sub – base de 4”, encontramos valor de K aumentado a través de interpolación.

Tabla No. 22: Incremento del valor K según espesor de una base granular

k - Suelo - Sub-base (pci)				
k del Suelo (pci)	Espesor de la sub-base			
	4"	6"	9"	12"
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Manual de diseño y construcción de pavimentos, CEMEX, Capítulo 2, página 55.

Como resultado del cálculo, obtuvimos un valor de **K = 235** para una sub base de 4”.

4.5. Uso del Programa BS – PCA.

Diseñado por ingenieros civiles colombianos, este programa requiere la introducción de los diferentes parámetros para efectuar los análisis de fatiga y erosión proponiendo un espesor de losa. Es de gran utilidad debido a que facilita la actividad de diseño y permite fácilmente evaluar los cambios que se pueden presentar dentro del proceso constructivo cuando algunas de las variables difieran de las consideraciones inicialmente planteadas en el diseño.

4.5.1. Primer Tanteo

Se propone un espesor de 5.5"

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo : 235 **PCI (lb/pulg3)**

Espesor de la Losa : 5.5 **pulgadas**

Módulo de Rotura Losa : 632.46 **PSI (lb/pulg2)**

Con Bermas

Con Pasadores

TRANSITO

KIPS

Factor de Seguridad Carga : 1

Factor de Mayoración de Repeticiones : 1.1

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%) : **176.3516**

Total Consumo Erosión (%) : **8.9429**

Calcular

Imprimir

Salir

Como se puede observar se presenta en esfuerzo y erosión demasiado elevado, por lo que el espesor propuesto no es el adecuado para resistir las cargas vehiculares de diseño.

4.5.2 Segundo Tanteo

Se propone un espesor de 6".

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo : 235 **PCI (lb/pulg3)**

Espesor de la Losa : 6 **pulgadas**

Módulo de Rotura Losa : 632.46 **PSI (lb/pulg2)**

Con Bermas

Con Pasadores

TRANSITO

KIPS

Factor de Seguridad Carga : 1

Factor de Mayoración de Repeticiones : 1.1

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%) : **28.2309**

Total Consumo Erosión (%) : **3.5103**

Calcular

Imprimir

Salir

Se obtienen datos muy favorables, alcanzando un grado de esfuerzo de 28.23% y una erosión del 3.51%, del cual se considera resultados excelentes para el espesor de 6" en un periodo de diseño de 20 años.

4.5.3. Tercer Tanteo

Se propone un espesor de 6.5"

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo : 235 PCI (lb/pulg3)

Espesor de la Losa : 6.5 pulgadas

Módulo de Rotura Losa : 632.46 PSI (lb/pulg2)

Con Bermas

Con Pasadores

TRANSITO

KIPS

Factor de Seguridad Carga : 1

Factor de Mayoración de Repeticiones : 1.1

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%) : 3.3214

Total Consumo Erosión (%) : 1.2412

Cargar

Guardar

Calcular

Imprimir

Salir

Obtenemos un esfuerzo y factor de erosión casi nulo, por lo que se considera muy sobre diseñado y por ende significativo elevado costo de construcción a pesar que cumple para resistir cargas de tránsito.

4.6 Análisis de fatiga

Este análisis partirá usando la tabla de Esfuerzos Equivalentes para pavimentos del manual de diseño y construcción de pavimentos de CEMEX (ver Anexo III), de la cual nos permitirá obtener factores a utilizar en los nomogramas para un análisis de fatiga según repeticiones esperadas.

Usando una **losa de 6" de espesor y con 235 pci como módulo de K de la sub-rasante**, se extrae interpolando los valores de esfuerzo por fatiga para ejes sencillos, dobles y triples.

Como resultado tenemos:

Tabla No. 23: Calculando valores de K por eje

VALORES DE K SUBRASANTE psi			
Espesor de la Losa	Valor de K = 235 psi, interpolando obtenemos		
	Simple	Dobles	Triple
6"	282.35	246.6	192.85

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenidos los valores de esfuerzo equivalente para pavimentos con apoyos laterales para cada tipo de eje, se calculará el factor de relación de esfuerzos por cada tipo de eje en función de determinar las repeticiones permisibles que nos ofrece utilizar un espesor de carpeta de concreto de 6.5". Esta relación está dada por:

Esfuerzo equivalente por eje / Modulo de ruptura

Entonces, para **eje sencillo** tenemos:

$$282.35 / 632.46 = 0.45$$

Para ejes dobles:

$$246.6 / 632.46 = 0.39$$

Para ejes triples:

$$192.85 / 632.46 = 0.31$$

Una vez encontrados los factores de relación de esfuerzos por eje utilizamos nomograma de análisis de fatiga (ver Anexo IV) por tipo de eje, cargas permisibles y cargas esperadas, obteniendo lo siguiente:

Tabla No. 24: Resultados de repeticiones permisibles y total de daño por

ANÁLISIS DE FÁTIGA TRAMO 6.78 KILOMETROS LEON - LA CIEBA					
Espesor de la Losa	<u>6"</u>	-		Pasajuntas	<u>SI</u>
Modulo K de la Subrasante	<u>235</u>	-		Apoyo Lateral	<u>SI</u>
Modulo de ruptura Mr	<u>632.46</u>	-		Período de Diseño	<u>20 años</u>
Factor LSF	<u>1.1</u>	-			
				Análisis de Fátiga	
Cargas de Ejes en KIPS	Multiplicado por Factor LSF	Factor de Relación de esfuerzo	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Permisibles	% de Fátiga
Ejes Sencillos		0.45			
22	24		35746	39000	91.7
19.8	22		1688	100000	1.7
17.6	19		8017	600000	1.3
11	12		38121	Ilimitado	0
8.8	10		8477	Ilimitado	0
4.8	5		460	Ilimitado	0
4.4	5		286846	Ilimitado	0
2.2	2		1172311	Ilimitado	0
Ejes Dobles			0.39		
36.3	40		650	Ilimitado	0
35.2	39		36	Ilimitado	0
Ejes Triples		0.31			
44	48		1725	Ilimitado	0
Σ					94.7

Fátiga

Fuente: Elaboración Propia

4.7 Análisis de Erosión

Nos guiaremos con la tabla del Manual de Diseño de Pavimentos de la CEMEX (Ver Anexo V), teniendo en cuenta el apoyo lateral y el uso de pasajuntas encontraremos nuevamente usando interpolación los factores de erosión para ejes sencillos, dobles y triples dentro de nuestro caso de estudio, obteniendo lo siguiente:

Tabla No. 25: Factores de Erosión por eje

VALORES DE K SUBRASANTE psi			
Espesor de la Losa	Valor de K =235 psi, interpolando obtenemos		
	Sencillo	Doble	Triple
6"	2.693	2.689	2.71

Fuente: Elaboración Propia

Una vez encontrados los factores de erosión por eje utilizamos nomograma de análisis de erosión por tipo de eje, cargas permisibles y cargas esperadas (ver Anexo VI), obteniendo el siguiente resultado:

Tabla No. 26: Resultados de repeticiones permisible y total de daños por

ANÁLISIS DE EROSIÓN TRAMO 6.78 KILOMETROS LEÓN - LA CIEBA					
Espesor de la Losa	<u>6"</u>	-		Pasajuntas	<u>SI</u>
Modulo K de la Subrasante	<u>235</u>	-		Apoyo Lateral	<u>SI</u>
Modulo de ruptura Mr	<u>632.46</u>	-		Período de Diseño	<u>20 años</u>
Factor LSF	<u>1.1</u>	-			
				Análisis de Erosión	
Cargas de Ejes en KIPS	Multiplicado por Factor LSF	Factores de Erosión por eje	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Permisibles	% de Erosión
Ejes Sencillos		2.693			
22	24		35746	12000000	0.3
19.8	22		1688	3900000	0.0
17.6	19		8017	Ilimitado	
11	12		38121	Ilimitado	
8.8	10		8477	Ilimitado	
4.8	5		460	Ilimitado	
4.4	5		286846	Ilimitado	
2.2	2		1172311	Ilimitado	
Ejes Dobles		2.689			
36.3	40		650	Ilimitado	
35.2	39		36	Ilimitado	
Ejes Triples		2.71			
44	48		1725	Ilimitado	
Σ					0.3

Erosión

Fuente: Elaboración Propia

4.8. Aspectos complementarios al diseño

4.8.1. Juntas

Utilizadas esencialmente para copiar un patrón de figuración que naturalmente desarrolla el pavimento en servicio mediante un adecuado diseño y ejecución de juntas transversales y longitudinales, las cuales permiten incorporar mecanismo apropiados de cargas entre losa y losa. Sus funciones principales:

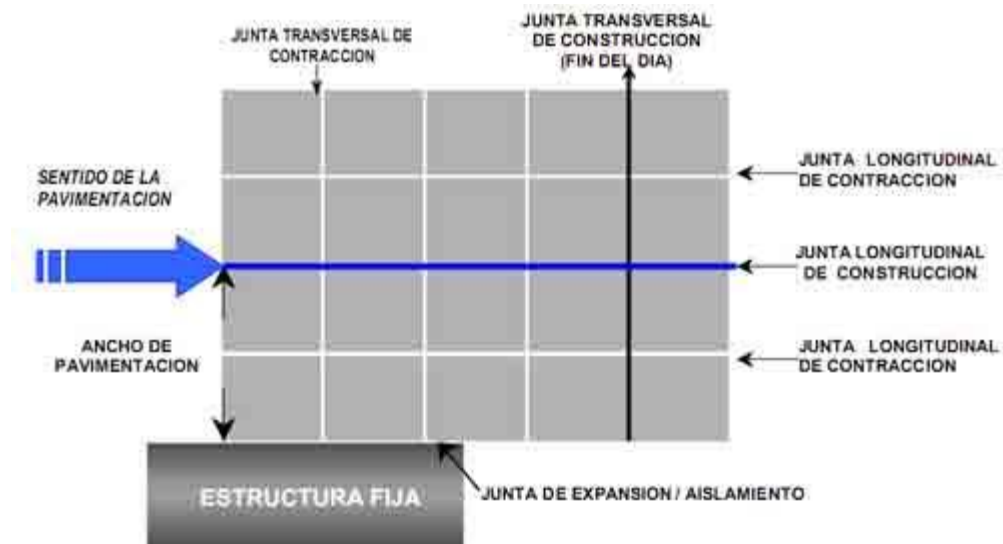
- Prevenir la formación de fisuras transversales y longitudinales
- Proveer transferencia de carga adecuada.
- Prevenir la infiltración de agua y de materiales incompresibles a la estructura de pavimento.
- Permitir el movimiento de las losas contra estructuras fijas e intersecciones.
- Dividir la construcción del pavimento en incrementos acordes a la tecnología empleada.

Podemos tener varios de tipos de juntas, las más importantes:

Juntas Transversales – longitudinales (Ver Figura No. 4)

- Juntas de contracción: controlan las fisuras.
- Juntas de construcción: juntas de fin de jornada o por imposibilidad de continuar con el pavimento de concreto hidráulico.
- Juntas de Aislación/Dilatación: permite movimientos relativos con estructuras fijas u otros pavimentos.

Figura No. 5: Ubicación de las juntas



Fuente: Pagina virtual, elconstructorcivil.com

El concreto durante su etapa de fraguado se contrae y por estar apoyado en toda sobre una superficie fija, se generan esfuerzos de tensión que a su vez producen agrietamientos. La función de realizar juntas de contracción cortadas con disco es para indicarle al concreto la ruta que deben de seguir sus agrietamientos por contracción y evitar que las grietas se propaguen en cualquier dirección.

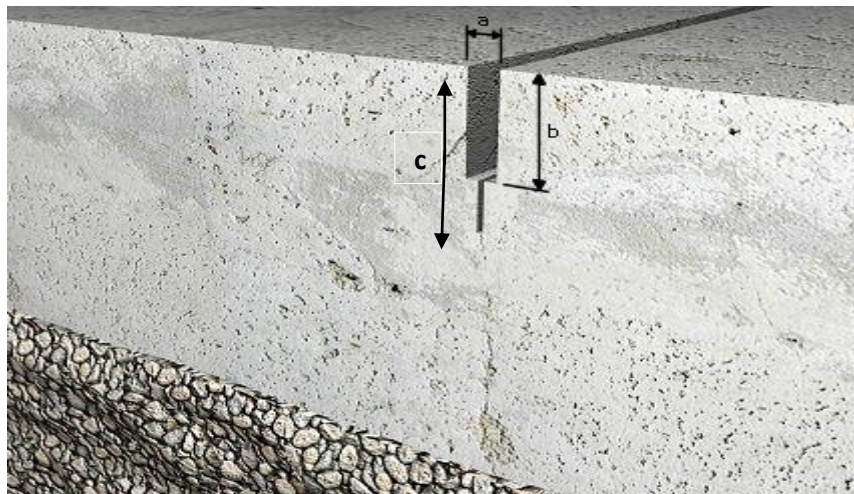
Las juntas de contracción se realizan con equipo de corte con discos de diamante cuando el concreto tiene un cierto grado de endurecimiento y las contracciones son inferiores a aquellas que causan el agrietamiento (4 a 6 Hrs. aproximadamente).

Después del curado de las losas se procederá al corte de las juntas transversales y longitudinales con discos con punta de diamante. Este corte deberá realizarse cuando el concreto presente características de endurecimiento propicias para su ejecución y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados.

De acuerdo a la tabla de Resumen de Especificaciones para colocación de Juntas del Manual de pavimento Centroamericano (Ver en Anexo VII) y la figura No. 5, se establece para un espesor de 6 pulgadas (15 cms) los siguientes dimensionamientos:

- La profundidad del corte de la junta equivale a $\frac{1}{3}$ del espesor de la losa **(c)**, obteniendo 5 cms.
- El ancho del corte de la junta, equivale a $\frac{1}{10}$ de la profundidad de la junta **(a)**, entonces obtenemos 0.5 cms.
- La profundidad del material de sellado, es $\frac{1}{4}$ de la profundidad de la junta **(b)**, resultando 1.25 centímetros. El sellado tiene como único fin minimizar la infiltración de agua superficial dentro de las juntas, así como el ingreso de materiales incompresibles que puedan ocasionar fisuras y daños mayores.

Figura No. 6: Dimensiones de Juntas



Fuente: Elaboración Propia

Separación de Juntas Transversales

Las juntas tanto transversales como longitudinales definen la forma que tendrá un tablero de losa. Una forma simple para dimensionar los tableros es usando la fórmula:

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

Donde:

SJT: Separación entre cada junta transversal y que no sobrepase los 5.0 m.

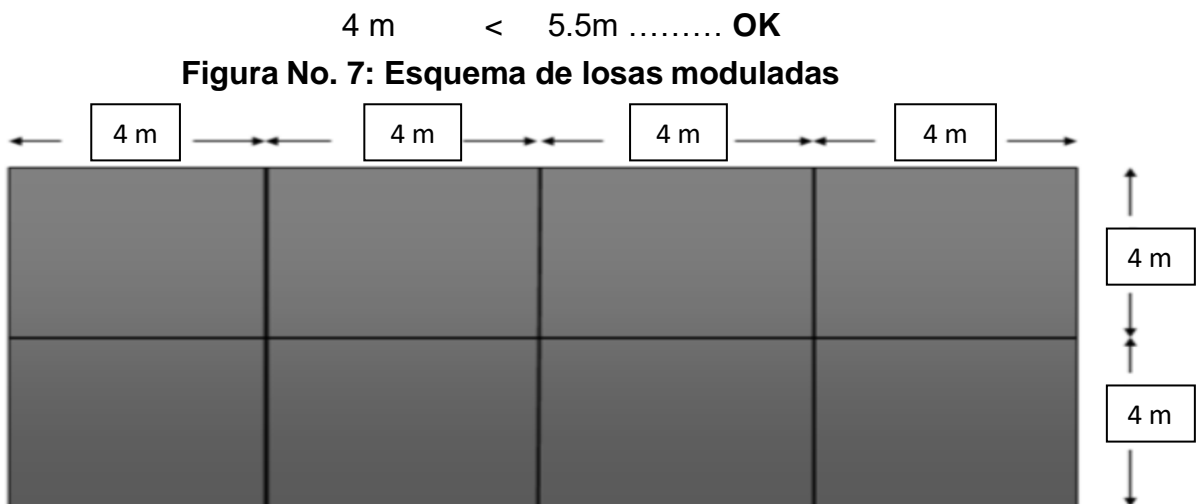
D: Espesor de la losa de pavimento

El valor 21 se usa cuando existe una mayor fricción entre la sub-base y la losa de pavimento y el valor 24 se usa cuando los valores de fricción entre ambas capas sean normales. Como nuestra sub-base será granular, se usará 24, sustituyendo obtendríamos:

$$SJT = (24) 0.15 = 3.6 \approx 4 \text{ metros}$$

La separación de juntas transversales que arroja esta fórmula no debe ser mayor de 5.5 m, en tal caso deberá limitarse a este valor de 5.5 m.

La separación entre juntas transversales será de 3.6 metros, sin embargo, para facilidad en el proceso constructivo se define la separación en 4 metros.



Fuente: Elaboración Propia

4.8.2. Diseño de Pasajuntas

Las pasajuntas se usan en las juntas transversales para la transferencia de cargas a losas adyacentes. Permite distribuir la carga entre dos losas y si su ubicación y diámetro y separación es correcta, la carga se distribuirá de tal manera que el esfuerzo producido en una losa sea el mismo en la otra losa. El uso de pasajuntas ayuda a minimizar fallas por bombeo y de diferencia de altura en las juntas. Para proponer un diámetro adecuado de pasajuntas utilizaremos los parámetros que recomienda la PCA a partir del espesor de la losa presentados en el cuadro siguiente:

Tabla No. 27: Diámetro y longitudes recomendadas en pasajuntas

Espesor de Losa		Barra Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
mm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18

Fuente: Manual de diseño y construcción de pavimentos, CEMEX.

Siendo que tenemos un espesor de **losa de 6"**, se utilizara barras de pasajuntas de 3/4", con una longitud de 41 centímetros a cada 30 centímetros de separación a como se muestra en la figura No. 6.

4.8.3. Diseño de Barras de Amarre

Las barras de amarre se colocan a lo largo de la junta longitudinal con la finalidad de amarrar dos losas y se mantengan juntas para una buena transferencia de cargas.

Espaciamiento máximo para barras de amarre a partir del espesor del pavimento se obtiene utilizando el siguiente cuadro:

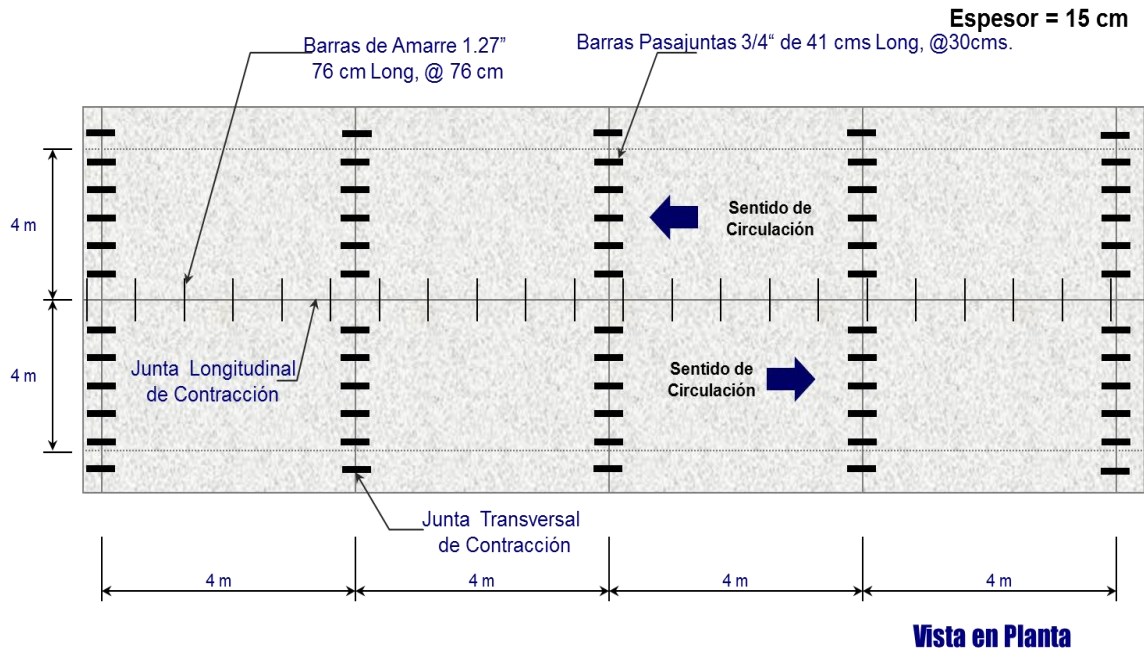
Cuadro No. 28: Recomendaciones de espaciamiento máximo

Espesor Pavimento (cms)	Tamaño de Varilla (cms)	Distancia al extremo libre			
		305 cms	366 cms	427 cms	732 cms
12.7	1.27x61	76 cm	76 cm	76 cm	71 cm
14	1.27x64	76 cm	76 cm	76 cm	64 cm
15.2	1.27x66	76 cm	76 cm	76 cm	58 cm
16.5	1.27x69	76 cm	76 cm	76 cm	53 cm
17.8	1.27x71	76 cm	76 cm	76 cm	51 cm
19.1	1.27x74	76 cm	76 cm	76 cm	46 cm
20.3	1.27x76	76 cm	76 cm	76 cm	43 cm
21.6	1.27x79	76 cm	76 cm	71 cm	41 cm
22.9	1.59x76	91 cm	91 cm	91 cm	61 cm
24.1	1.59x79	91 cm	91 cm	91 cm	58 cm
25.4	1.59x81	91 cm	91 cm	91 cm	56 cm
26.7	1.59x84	91 cm	91 cm	91 cm	53 cm
27.9	1.59x86	91 cm	91 cm	91 cm	51 cm
29.2	1.59x89	91 cm	91 cm	91 cm	48 cm
30.5	1.59x91	91 cm	91 cm	91 cm	46 cm

Fuente: Manual de diseño y construcción de pavimentos, CEMEX.

Con un espesor **de 6” de pavimento**, se utilizará una varilla de 1.27” con 66 centímetros de longitud a cada 76 centímetros de distancia a como se muestra en la figura No. 6.

Figura No. 8: Colocación de barras de amarre y pasajuntas



Fuente: Elaboración Propia

4.8.4. Sellado de las juntas

Con el propósito de evitar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles al interior de la junta se deben usar sellos líquidos o de compresión, los cuales deben soportar esfuerzos de compresión y tensión producidos por cambios de temperaturas y humedad.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Generalidades

Dentro de todo proyecto de inversión, sobre todo de infraestructura, la gestión ambiental debe ser una herramienta importante a utilizar en el desarrollo, ejecución de toda obra. Antes de abordar lo que implica un Estudio de Impacto Ambiental del presente proyecto es preciso definir la Gestión Ambiental, de la cual podemos decir que es el conjunto de acciones normativas, administrativas y operativas que impulsa el Estado para alcanzar desarrollo con sustentabilidad ambiental.

Por lo tanto podemos definir el Estudio de Impacto Ambiental como un instrumento de la gestión ambiental formado por un conjunto de procedimientos dirigidos a garantizar la realización de un análisis sistemático y holístico de los impactos ambientales de un proyecto o actividad y sus alternativas, lo cual nos suministra resultados de los cuales son utilizados por los tomadores de decisiones para que en base a ellos se determinen la Aceptación, Modificación o Rechazo del proyecto así también las medidas de protección ambiental que deban adoptarse.

Los estudios de impacto ambiental proporcionan importante información acerca del diseño de los proyectos, si bien todavía es necesario obtener una valuación de los efectos en una etapa más temprana de su preparación.

El Estudio de Impacto Ambiental está fundamentada dentro del siguiente marco legal:

- Constitución Política de Nicaragua.
- **Ley No. 217** “Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales” y su Reglamento, Gaceta 105 del 06 de junio de 1996.
- **Ley No. 290** “Ley de organización, procedimientos y competencias del poder ejecutivo”
- **Decreto 76 – 2006** “Sistema de Evaluación Ambiental”, Gaceta No. 248 del 22 de diciembre del 2006.
- Ley Especial para el uso de Bancos de Materiales selectos para el aprovechamiento en la infraestructura, **Ley 730.**}

- Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo sostenible del Sector Forestal y su Reglamento, **Ley No. 462.**
- Norma Técnica para el manejo y eliminación de residuos sólidos peligrosos, **NTON No. 05 015-02.**

5.2 Descripción del Medio Ambiente en el área de influencia del proyecto

En referencia al Decreto 76-2006, Sistema de Evaluación Ambiental de Nicaragua, en su Artículo cuatro, numeral tres, se refiere al “**área de influencia de un Proyecto**” a todo el espacio geográfico, incluyendo todos los factores ambientales dentro del que pudieran sufrir cambios cuantitativos o cualitativos en su calidad debido a las acciones en la ejecución de un proyecto, obra, industria o actividad. Podemos referir a dos áreas de influencia: Área de influencia Directa y Área de influencia indirecta.

5.2.1 Medio Abiótico

● Clima

El municipio tiene un clima tropical de Sabana con pronunciada estación seca entre los meses de noviembre a abril y una estación lluviosa entre los meses de mayo a octubre. Ver figura No.9.

Figura No. 9

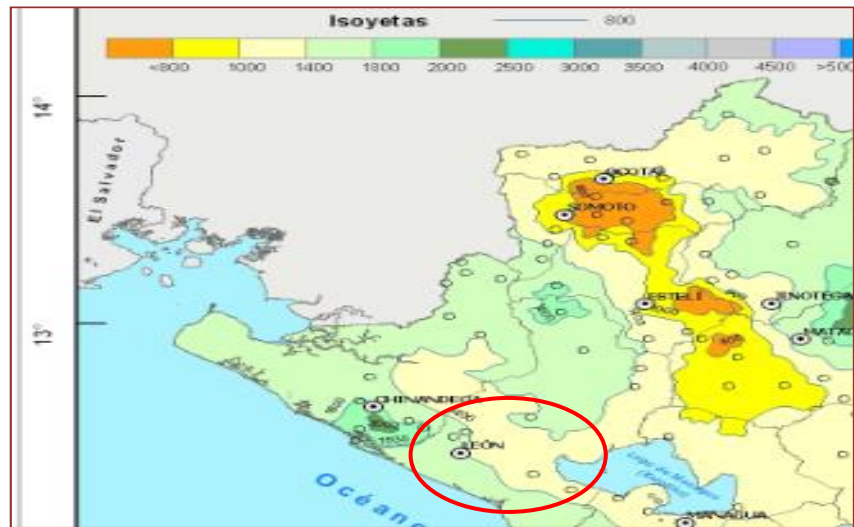


Fuente: INETER, Mapa de Clasificación Climática

● Precipitación

La Precipitación anual es de 1,385 mm. Tiene una Altitud sobre el nivel del mar 109.21 msnm. Ver Figura No. 10.

Figura No. 10

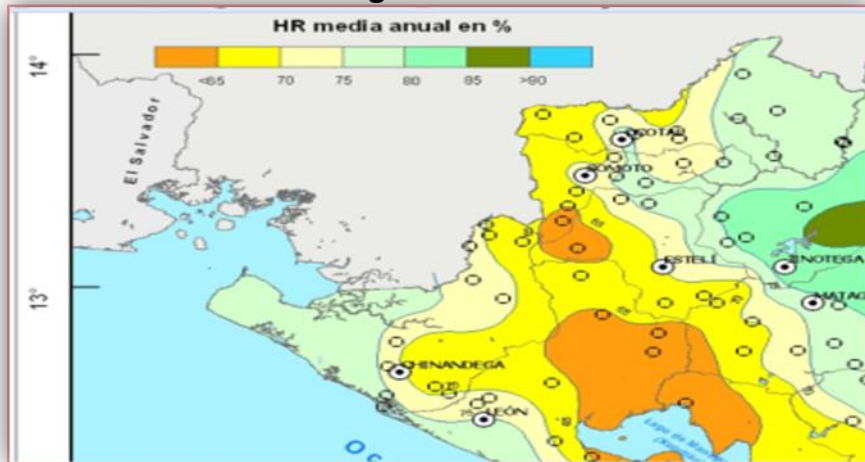


Fuente: INETER, Mapa de Precipitación Media Anual

● Humedad Relativa

La humedad relativa promedio se presenta entre 67% cuando se registran las mayores temperaturas y 89% cuando se registran las mayores precipitaciones. Ver Figura No. 11.

Figura No. 11

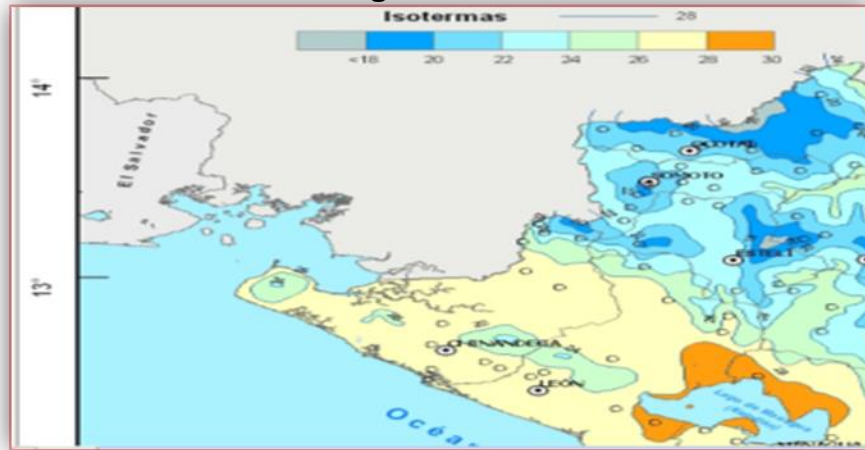


Fuente: INETER, Mapa de Humedad Media Anual

● Temperatura

La temperatura promedio es de 27°C a 29°C, observándose la más elevada en el mes de abril y la más baja en los meses de diciembre a enero.

Figura No. 12



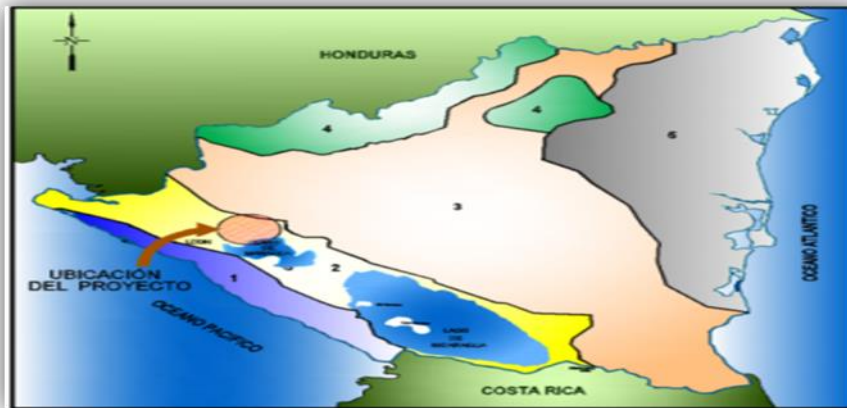
Fuente: Mapa de Temperatura Media Anual

● Geología y Geomorfología

A escala regional el Proyecto se localiza dentro de la Provincia Geológica de la Depresión de Nicaragua. Una extensa y alargada región orientada Noroeste-Suroeste de bajo relieve y origen tectónico, en gran parte ocupada por los grandes lagos de Managua y Nicaragua.

Las formas del relieve de la parte Noreste del departamento de León, caracteriza una morfología volcánica de una extendida ladera que desciende de los centros eruptivos cuaternarios, de extensos valles y divisoras estrechas, con espesa cubierta de suelos. Ver Figura No. 13.

Figura No. 13



Fuente: INETER, Mapa de provincias geológicas

A escala local, corresponde a la parte baja y plana del relieve volcánico de los activos centros volcánicos San Cristóbal (1,745 m.), Telica (1,061 m.), Rota (832m), Cerro Negro (728 m) y Casita (1,405 m.), cuyas laderas bajas a medias son áreas protegidas para la conservación de su biodiversidad y de fuentes de agua superficial y subterránea.

Figura 14: Ubicaciones de cadena Volcánica



Fuente: Elaboración propia

● Hidrogeología

En la planicie de León, se determina la existencia de dos acuíferos, del primero está constituido por materiales permeables y de muy alta transmisividad con un espesor no mayor de los 40 metros. El segundo acuífero posee un mayor espesor (en algunos lugares sobrepasa los 150 metros) y posee menor

transmisividad. El basamento del acuífero, está constituido por rocas volcánicas del terciario y presenta una topografía irregular.

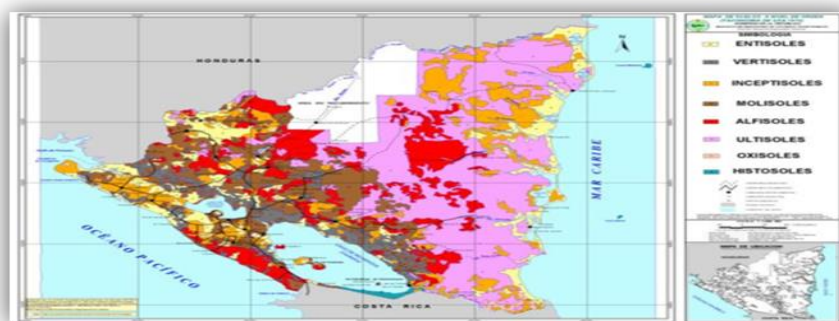
Las aguas subterráneas son relativamente jóvenes (no mayores de los 50 años), los pozos profundos presentan un mayor porcentaje de aguas recargadas a mayores alturas y por ende de mayor edad. La presencia de aguas recargadas en altas elevaciones en los pozos someros indica que existe comunicación entre el acuífero somero y el profundo lo que puede facilitar el proceso de contaminación de las aguas profundas.

● **Suelo**

Los suelos del Pacífico de Nicaragua son de origen volcánico reciente, y localmente han sido afectados por erupciones durante los últimos 10,000 años. Como los volcanes activos están más cercanos a la costa Pacífica, donde las cenizas son llevadas por los vientos dominantes, la renovación de la fertilidad de los suelos por esta acción ha sido menor en la vertiente caribeña.

Se ha referido mucho que los suelos volcánicos son todos fértiles, aunque en realidad son muy variables en calidad. Su fertilidad depende tanto de la naturaleza del material volcánico original como de su susceptibilidad hacia los procesos principales de la formación de suelos; clima (temperatura, humedad, vientos), flora, fauna, relieve, drenaje, tiempo y el impacto humano. Su buena porosidad permite cultivar en laderas con fuertes pendientes, aunque muchos muestran deficiencias de fósforo, azufre y del micronutriente boro. Ver Figura No. 15.

Figura No. 15



Fuente: INETER, Mapa de Suelos de Nicaragua

● Agua

El agua dulce superficial está disponible estacionalmente, proveniente de ríos, lago. Los ríos son pequeños y unos están altamente contaminados y, por desgracia, otros no corren en el verano.

No hay que olvidar que León y Chinandega fueron zonas de alto uso de pesticidas y fertilizantes en los cultivos de algodón, que por las altas concentraciones se han infiltrado en el manto freático —aguas subterráneas— en muchas partes del occidente de nuestro país. En el departamento, ENACAL opera 45 pozos activos en la actualidad.

En el camino objeto de estudio son dos los cursos de agua importantes que cruzan la vía y que corresponden a afluentes del Grande de Atoya bifurcándose en un arroyo con caudal solo en época de lluvia y el Arroyo de Las Lomas este último con mayor caudal que el primero.

8.2.2 Medio Biótico

● Flora

En el sitio las formaciones vegetales se concentran en el bosque del manglar, bosque tropical seco y bosque de galería. Ver en anexos VIII.

● Fauna

La caracterización de la fauna en las áreas de influencia esta principalmente basada en información obtenida a través de consultoras públicas institucionales y comerciales. Además, de información adicional obtenida y verificada en la literatura sobre la fauna relacionada al tipo de hábitad identificados. Ver en anexos XIX.

8.3. Descripción de los materiales que componen un pavimento rígido:

En la construcción de pavimentos rígido es indispensable la mejora continua de sus propiedades; una mejora en las propiedades del concreto conlleva a una dotación de aditivos que favorezcan su estabilidad, durabilidad, y seguridad,

además de sus componentes básicos como el agua, agregados pétreos y obviamente el más principal el cemento.

Cemento

El cemento es un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto. El principal componente de este tipo de cemento es Cal, de modo que en construcción se trabaja con cementos calcáreos.

Los cementos se utilizan en la fabricación de concreto y tienen la propiedad de fraguar y endurecer en el agua, en virtud de que experimentan una reacción química con ella y por lo tanto se denominan cementos hidráulicos. Los cementos hidráulicos están compuestos principalmente por silicatos y aluminatos de cal y pueden clasificarse en general como cementos naturales, cementos portland y cementos de alta alúmina.

Grava

Son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca y tiene más de 2 mm de diámetros procedentes de la trituración artificial de la roca.

Arena

Arena es el nombre que se le da al material de grano fino, procedentes de la denudación o trituración artificial de la roca, sus partículas varían entre 0.05 y 2 mm de diámetro.

Agua

Líquido incoloro casi inodoro e insípido, esencial para la vida y considerado como disolvente universal.

Aditivos

Utilizados en algunos diseños son utilizados aditivos para mejorar la calidad del concreto mezclándolo con los demás agregados de la mezcla, esto de acuerdo los fines a perseguir.

Los principales efectos en el concreto al mezclarse con aditivos son:

- Inclusión del aire para la durabilidad, donde el aire es incluido en el concreto en forma de burbujas muy pequeñas, ya sea durante la fabricación del concreto o durante las operaciones de dosificación y mezclado.
- Reducción del agua para mejorar la calidad, aceleración o retardo del fraguado.
- Aditivos reductores de agua de amplio rango para el concreto de consistencia fluida que ayudan a colocar el concreto en estructuras dúctiles.
- Ayuda a conseguir otras propiedades como resistencia, permeabilidad, trabajabilidad, sangrado y economía, estas pueden ser mejoradas cuando se usa el aditivo adecuado.

5.4. Actividades principales del proyecto

Tabla No. 29: Acciones del proyecto potencialmente impactantes

ETAPAS DEL PROYECTO	ACCIONES DEL PROYECTO POTENCIALMENTE IMPACTANTES
Estudio y Diseño	Levantamientos topográficos del tramo y sondeo de suelo para la ejecución de las actividades del pavimento
Ejecución	Movimiento de tierra.
	Instalación y operación de Plantel.
	Instalación de formaletas
	Drenaje Menor
	Estructura de Pavimento de concreto
	Señalización
Operación y Mantenimiento	Puesta en servicio de la Vía.
	Mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia

5.5 Plan de Gestión ambiental.

A continuación, se detalla los impactos identificados en las diferentes etapas del proyecto, así como las posibles medidas para mitigar y/o prevenir daños.

Etapa de proyecto: Movimiento de Tierra	
Actividad: Aprovechamiento de los bancos y cortes de material del camino	
Impacto	Medida correctora o preventiva
<p>Disminución de la calidad del aire: debido a la realización de excavaciones, transporte de material, esto genera partículas en suspensión formando nubes de polvo y tolveneras. Así mismo, la maquinaria que realiza los trabajos genera gases (dióxido de carbono) producto de la combustión.</p> <p>Medio afectado: Aire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Realizar un buen análisis en la escogencia de los bancos de materiales, estudios precisos sobre geología, climas, factores bióticos y socioeconómicos, que permitan plantear acciones para disminuir la erosión, minimizar la alteración del medio. ◦ En el transporte de material procurar cubrir con lonas los camiones para evitar nubes de polvo. ◦ Utilizar maquinaria con adecuado mantenimiento, que nos permita reducir sustancialmente la emisión de gases por combustión.

<p>Incremento del ruido: las actividades desarrolladas en el banco de material involucran un movimiento constante de maquinaria pesada, camiones de carga, personal y la operación de trituradoras generando niveles de ruido altos y variables.</p> <p>Esto puede ocasionar problemas de salud como sordera temporal a los alrededores al sitio.</p> <p>Medio afectado: Aire.</p>	<ul style="list-style-type: none">◦ Mantenimiento constante de maquinarias es vital para mantener en óptimas condiciones los equipos y estos generen menos impactos al ambiente. Muchas de estas máquinas utilizan silenciadores en sus motores. ◦ Dotar al personal de equipos de seguridad adecuado. ◦ Realizar trabajos en horas que no afecten la tranquilidad de las casas más aledañas al sitio del proyecto.

Etapa de proyecto: Movimiento de Tierra	
Actividad: Aprovechamiento de los bancos y cortes de material del camino	
Impacto	Medida correctora o preventiva
<p>Disminución de la calidad del suelo e incremento en la erodabilidad: en muchos casos la superficie agrícola del suelo es retirada en su totalidad durante el aprovechamiento de los bancos de material, por ello sus características físicas como estructura, espacio poroso y densidad se pierden. Al perder esta capa están expuestas a erosión por efectos de escorrentías pluviales favoreciendo a la pérdida permanente de suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Esta es una actividad inevitable puesto que siempre hay necesidad de descapotar para extraer material de banco, en estos casos se recomienda que el suelo fértil de las primeras capas se ocupe en alrededor del banco de material, formando camellones que permitan el origen de nueva vegetación y esta estructura bilógica a su vez evite pérdida de suelo producto de escorrentías superficiales. Esto nos permitirá la reutilización de tierra vegetal. ◦ Eliminar solo la vegetación que esté dentro de la servidumbre y que sea necesaria por el diseño del ensanche de la vía.

<p>Medio afectado: Suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Cubrir con grama los taludes producidos por cortes y rellenos propensos a erosión, para atenuar los efectos de erosión del suelo y en donde las condiciones lo permitan, se puede arborizar con especies nativas de la zona.
<p>Modificación de la calidad del agua de los acuíferos: durante la actividad de explotación de bancos y corte de material del camino, producto del involucramiento de maquinaria esto favorece que grasas, aceites, hidrocarburos sean depositados en el suelo natural.</p> <p>Medio afectado: Agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Procurar en la medida de lo posible utilizar maquinarias con pocas horas de uso y con mantenimiento en tiempo y forma para evitar derrames de aceites y combustibles. ◦ Proponer una reforestación inmediata una vez utilizado el banco garantizando establecer un cambio en el micro clima que favorezca el ciclo hidrológico para aumentar recargas al manto freático.

Etapa de proyecto: Movimiento de Tierra	
Actividad: Aprovechamiento de los bancos y cortes de material del camino	
Impacto	Medida correctora o preventiva
<p>Modificación del patrón de drenaje superficial: la extracción de materiales creara depresiones en el terreno por la extracción del material y elevaciones por acumulación de material seleccionado, lo cual modificará el drenaje superficial, así mismo todo el material suelto que pueda quedar en los alrededores será arrastrado a fuentes de agua cercanas azolvando dichas áreas de agua.</p> <p>Medio afectado: agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Este impacto no es mitigable, sin embargo pueden realizarse obras de movimiento de desagüe que favorezcan a la acumulación de agua en los sectores aledaños del sitio para favorecer la recarga al manto freático.

<p>Modificaciones en linderos de propiedad: pueden ocurrir afectaciones a propiedades privadas según el ancho del derecho de vía definido por los diseñadores.</p> <p>Medio Afectado: Social</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Definir un programa de intervención o de indemnización a propiedades que puedan verse afectadas por la construcción de la carretera. Esto debe ser incluido en el presupuesto de la obra.
<p>Interrupciones del trafico normal: Durante la actividad de movimiento de tierra, el transito diario se verá afectado por interrupciones producto del tránsito de las maquinarias.</p> <p>Medio Afectado: Social</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Disponer de desvíos de tráfico adecuados, disponiendo suficientes señalizaciones verticales que permitan una circulación cómoda y adecuada del tránsito en la vía. Importante también mantener señales lumínicas en horas de la noche que permitan evitar accidentes de tránsito.

Etapa de proyecto: Construcción del pavimento	
Actividad: Colocación y extensión de la superficie de rodamiento	
Impacto	Medida correctora o preventiva
<p>Cambio en el micro clima: los materiales empleados para la construcción del pavimento de concreto hidráulico, afectan el micro clima, puesto que producirán un aumento en la temperatura local, este absorbe más calor que el suelo natural.</p> <p>Medio Afectado: Aire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Este impacto no es mitigable, sin embargo, pueden realizarse obras vegetativas como medida compensatoria alrededor del proyecto vial. ◦ Realizar riesgo permanente en el sitio, al menos dos veces al día. ◦ Proponer una reforestación inmediata, utilizando especies nativas garantizando de esta manera un micro clima agradable.
<p>Modificación en el patrón de drenaje del agua superficial: toda construcción de la superficie de rodamiento creará una barrera en las escorrentías naturales y modificará su dirección, ocasionado que no llegue la misma cantidad de agua a fuentes naturales de</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Este es un efecto no mitigable puesto que es inevitable el efecto de barrera que exista en él, sin embargo, es importante proponer sitios disponibles para captación de estas aguas naturales para favorecer la creación de nuevos riachuelos acompañado con especies vegetativas compatibles con el sitio.

<p>estas.</p> <p>Medio Afectado: Agua.</p>	
<p>Generación de desechos: puede existir la posibilidad que exista acumulación de residuos en la ejecución de la obra.</p> <p>Medio Afectado: Social, Suelo, Aire</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Dotar de depósitos metálicos de 55 galones donde se clasifique el tipo de residuo, entre ellos: filtros de aceites, basura generada por obreros. Acompañado con esto debe ir un plan de evacuación al vertedero más cercano del municipio debidamente autorizado por la Alcaldía correspondiente. ◦ En lo que respecta a los residuos de concreto y/o materiales de corte, estos deberán de depositarse en un sitio adecuado y alejado 200 metros de fuentes de agua natural, así como de población para su posterior traslado a un sitio de relleno autorizado por la municipalidad. ◦ En la medida de lo posible contar con servicios sanitarios portátiles adecuados para las

	<p>necesidades fisiológicas de los trabajadores, así evitar que realicen dichas necesidades al aire libre.</p>
<p>Contaminación del suelo: durante el proceso de construcción del pavimento, la maquinaria utilizada requiere de combustibles, aceites entre otros insumos, siendo importante contar con almacenamiento de estos recursos, siendo que es un tramo de largas distancias en este proceso de abastecer a los equipos puede provocar fugas de combustibles que ocasionen cambios severos a las características químicas y físicas del suelo.</p> <p>Medio afectado: Suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Para esta actividad se deberá contar con una bodega principal con las condiciones básicas para almacenamiento de combustibles y aceites: suelo impermeabilizado, lugar bajo techo, ventilado y con extintores presentes en todo el sitio en caso de conatos de incendios. ◦ Contar con el personal capacitado para esta actividad, debidamente equipado y con experiencia en manejo de combustibles y aceites.

<p>Generación de empleo: durante la construcción y conservación de la superficie de rodamiento se generan nuevas fuentes de trabajo, en su mayoría temporales.</p> <p>Medio afectado: Social.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Impacto positivo, no hay mitigación que proponer.
---	---

Etapa de proyecto: Construcción	
Actividad: Curado	
Impacto	Mitigación
<p>Cambio en el micro clima: durante el proceso de curado la humedad que se mantiene sobre la superficie de rodamiento genera una evapotranspiración que altera temporal y puntualmente las condiciones de</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Este efecto no tiene mitigación

<p>humedad, temperatura en la zona del proyecto, provocando un impacto adverso, pero no significativo debido a que es temporal (de 3 a 7 días).</p> <p>Medio Afectado: Aire</p>	
<p>Interrupción del tráfico vehicular durante el proceso de curado: durante el proceso de curado el tránsito vehicular es interrumpido y desviado debido a que el concreto no puede someterse a cargas hasta lograr alcanzar su resistencia de diseño para una funcionalidad y duración óptima del pavimento.</p> <p>Medio Afectado: Social</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Generar rutas de acceso alternas a los tramos que se vayan revistiendo, con las debidas señalizaciones y personal a cargo dirigiendo las maniobras de desvío para no interrumpir el flujo vehicular. Estas rutas alternas deben ser revisadas y autorizadas por las autoridades tanto municipales como de la Policía de Tránsito Nacional. ◦ Todas las señalizaciones de desvíos colocadas deberán tener textos visibles, para garantizar la lectura e interpretación correcta de los conductores, de acuerdo con las especificaciones del ministerio de transportes.

Etapa de proyecto: Operación y Mantenimiento	
Actividad: Apertura al Publico	
Impacto	Mitigación
<p>Aumento de la infraestructura y servicios para la comunidad: a partir del tendido de la superficie de rodamiento y una vez que se ha endurecido totalmente, se contara con vías de comunicación que permiten disminuir los tiempos de traslado y el acceso rápido a centros de atención primaria, esto producirá un incremento en la demanda de infraestructura local, lo cual dará lugar a la instalación de más servicios. Se mejorará considerablemente el nivel de vida de las comunidades, también se favorece el comercio en general teniendo como resultado intercambios comerciales constantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Debido a que es un impacto positivo no hay mitigación que proponer.

<p>Medio afectado: Social.</p>	
<p>Generación de empleo: durante la construcción y conservación de la superficie de rodamiento se generan nuevas fuentes de trabajo, en su mayoría temporales.</p> <p>Medio afectado: Social.</p>	<ul style="list-style-type: none">◦ Impacto positivo, no hay mitigación que proponer.

5.6. Plan de Control Ambiental Institucional

Es importante dar prioridad a los siguientes elementos:

- Consolidar una **Comisión de Coordinación Ambiental Institucional** definiendo tareas a desarrollar durante la ejecución del Proyecto. La Comisión debe definir un Plan de Trabajo para el seguimiento y control ambiental institucional.
- La **Alcaldía Municipal** deben articular el Plan de Gestión Ambiental a la estrategia del desarrollo de cada municipio, apropiándose del mismo.
- Como línea de trabajo, deberá **organizarse un expediente ambiental** del Proyecto; con el objetivo de registrar la historia ambiental del mismo, ordenar los permisos obtenidos sobre la marcha, guardar los informes de monitoreo, de visitas, comunicaciones internas y externas, y hojas del libro ambiental.
- **Registrar las incidencias ambientales del Proyecto** en el documento denominado “Libro Ambiental del Proyecto”, plasmar las soluciones.
- Desarrollar, como Comisión de Seguimiento y Control Ambiental Institucional, **visitas o inspecciones ambientales mensuales**. El MARENA como ente regulador del ambiente y los recursos naturales definirá un Programa de inspección de manera consensuada con las partes.
- Las partes deberán **nombrar a un Especialista Ambiental** quiénes serán los responsables en cumplir y hacer cumplir con lo dispuesto en el PGA. El Especialista Ambiental de la Supervisión o del MTI deberá **elaborar las ayudas memorias de las reuniones de trabajo, preparar los informes** semanales, mensuales y especiales sobre el cumplimiento al PGA y prevención o mitigación de los impactos ambientales negativos.

CONCLUSIONES

- Realizado el cálculo de la proyección del tráfico podemos observar que el **TPDA del año 2015 es de 632 vpd** y al final del período de diseño del pavimento rígido, es decir, del año **2035 se proyecta una TPDA de 1,103 vpd**, indicando sus condiciones de camino suburbano y rural de camino de la comunidad de la Ceiba.
- El material superficial es de buena calidad para ser usado como subbase de la estructura de pavimento rígido, dicho material se encuentra a una profundidad de 0 a 0.55 metros, encontrando a esa profundidad suelos tipo A -1, A -2 -4 según clasificación AASHTO son muy excelentes para suelos de fundación, en este caso para subbase del pavimento rígido. Sumado a ello la plasticidad de los suelos encontrados no sobre pasa el 60% hasta NO plásticos y un índice de plasticidad de apenas 17%, considerado muy bajo y por ende adecuado para soportar cargas.
- Los resultados de los ensayos CBR obtenidos en las muestras compactadas al 90, 95, 100% fueron del orden de 5 a 10%, de 6 a 41% y de 9% a 46% respectivamente, son relativamente bajos y se consideran de buen comportamiento ante la aplicación de cargas, sin embargo, para efectos el presente diseño se trabajó con el promedio de los CBR obtenidos al 95% de compactación próctor estándar utilizando el método del Instituto del asfalto para calcular CBR de diseño de sub rasante, dado que teníamos varios resultados a lo largo del tramo en estudio, resultando un CBR de 12 al 95% de compactación.
- En lo que respecta a los bancos de materiales presentes en los alrededores de la zona del tramo en estudio, a pesar que están activos actualmente, podemos utilizarlos en zonas donde se hayan encontrado suelos tipo arcillosos o limosos tipo A-4 según clasificación AASHTO.

- Se calculó un **espesor de 6" (15.24 cm)** de concreto hidráulico con resistencia de 4000 psi, óptimo para el tráfico esperado en 20 años con pocos niveles de erosión a los 20 años de uso.
- Los impactos ambientales negativos del proyecto identificados en su mayoría son predecibles y mitigables, por lo que podemos decir que el impacto ambiental del proyecto será bajo., del cual las autoridades correspondientes deberán de darle el seguimiento correspondiente, garantizando la implementación de todas las medidas que están reflejadas para garantizar la tranquilidad tanto de los pobladores como los actores directos de la ejecución del proyecto.

RECOMENDACIONES

- Es importante respetar el espesor de losa de concreto calculado en el presente trabajo, así como la resistencia a utilizar garantizando de esta manera durabilidad y funcionabilidad de la obra.
- Como se trata de pavimento de concreto, es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros de diseño de mezcla, donde según el Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes indica una relación de agua/cemento de 0.49 máximo, temperatura del concreto de 20 ± 10 °C, un revenimiento entre los rangos permitidos de 40 ± 20 milímetros y una resistencia mínima de compresión a los 28 días de $25 \mu\text{pa}$.
- Se recomienda realizar adecuados diseños de drenaje en las zonas donde existen grandes anegaciones en la vía, provocando alto grado de sedimentación y daños en la vía misma. El adecuado drenaje garantizara seguridad para los usuarios, así como cuidado de la obra de pavimento.
- Para un seguimiento y control efectivo es necesario que los autores principales, MTI, la Delegación del MARENA, la Alcaldía Municipal, asuman con objetividad las distintas tareas contenidas en los Planes y reúnan esfuerzos de coordinación con las demás Instituciones públicas, tales como el Ministerio de Salud (MINSU), Ministerio del Trabajo (MITRAB), Instituto Nacional Forestal (INAFOR), Ministerio de Energía y Mina (MEM), otras; para la efectividad al cumplimiento del Plan de mitigación ambiental presentado.

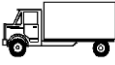










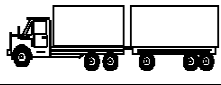
11. Bibliografía

- Estudios Geofísicos e Hidrológicos para la caracterización del acuífero León y Chinandega. Centro de investigaciones Geocientíficas CIGEO. UNAN-MANAGUA. Marvina Corriols M.
- Guía ambiental para la construcción, mejoramiento y rehabilitación de la infraestructura vial. Instituto Nacional de vías (INVIA). Colombia 2013.
- Guía para el diseño de estructuras de pavimentos AASTHO, año 1993.
- Ingeniería de Transito, 7ma edición, Rafael Cal y Mayor Reyes, James Cárdenas, año 1994.
- Manual centroamericano para diseño de pavimentos, ingeniero Jorge Coronado Urtecho. Año 2002.
- Mecánica de Suelos, Tomo I, Juárez Badillo - Rico Rodríguez.
- Manual de diseño y construcción de pavimentos CEMEX. Año 2010.
- Marvina Corriols M. Estudios Geofísicos e Hidrológicos para la caracterización del acuífero León y Chinandega. Centro de investigaciones Geocientíficas CIGEO. UNAN-MANAGUA.

ANEXOS

I. Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículos.

**DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES APLICADOS EN LOS PUNTOS DE CONTROL
PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS**

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
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.

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico año 2014

II. Clasificación de suelo según sistema ASSTHO

Clasif. General	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla nº 200)						Limos y Arcillas (35% pasa malla nº 200)				
Grupos	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Subgrupos	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A-7-5/A-7-6
% que pasa tamiz :											
Nº 10	50 máx										
Nº 40	30 máx	50 máx	51 mín								
Nº 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Caract. Bajo Nº 40											
LL				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
IP	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
IG	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Terreno fundación	Excelente		Excelente	Excelente a bueno				Regular a malo			

El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 5 es menor o igual a (LL - 30)

El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 6 es mayor a (LL - 30)

Fuente: Manual de la AASHTO para diseño de pavimentos

III. Tabla de Factores de Esfuerzo Equivalente por tipo de eje

Tabla 2.5.5 Esfuerzo Equivalente para Pavimentos Con Apoyo Lateral.

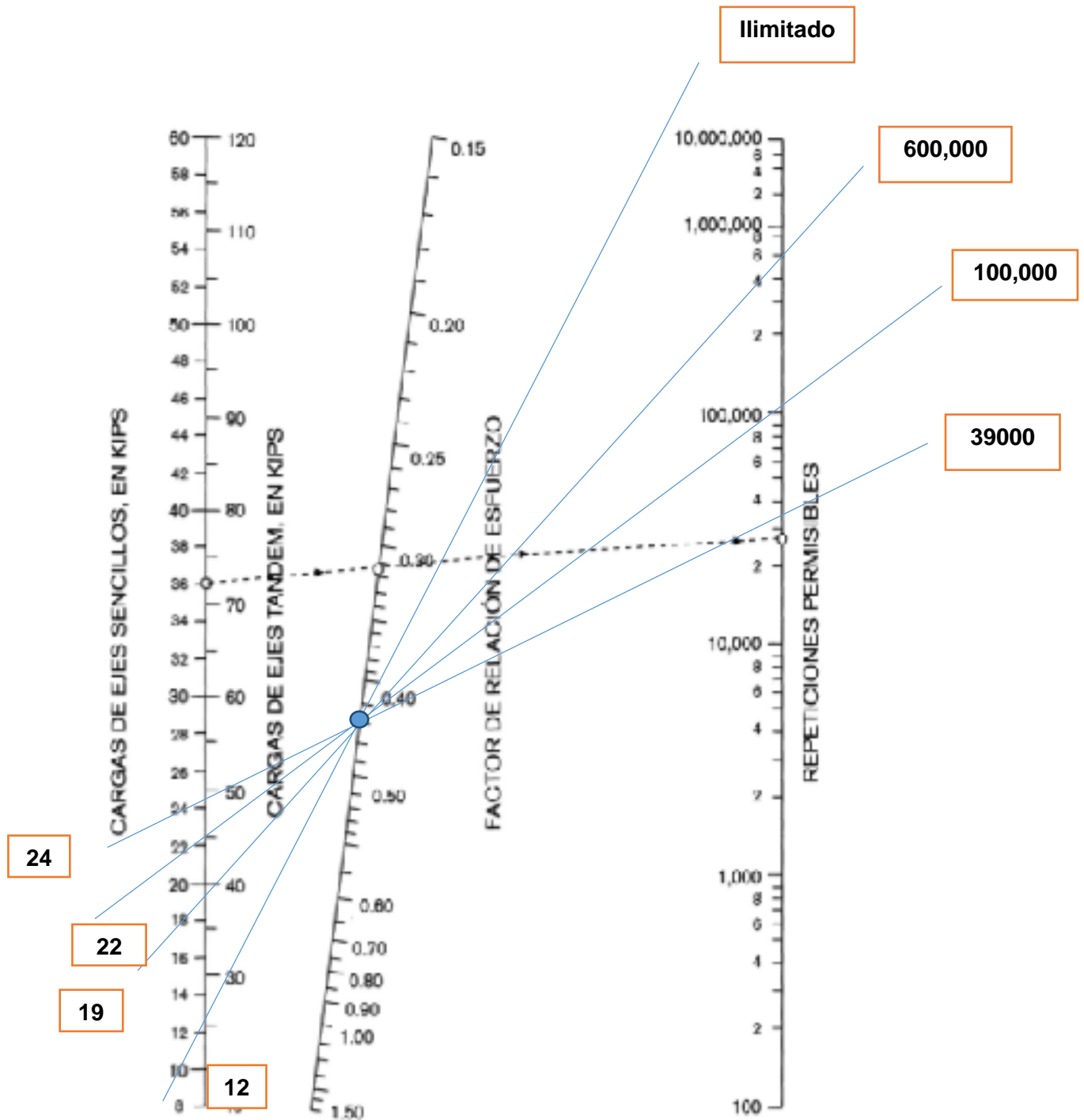
Esfuerzo Equivalente- Con apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	392	517	439	377	489	422	369	452	403	362	409	368	360	383	384	359
4.5	547	461	385	479	400	329	444	371	319	421	358	305	390	338	297	355	322	292	333	316	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	367	308	258	341	290	250	311	274	244	294	267	242
5.5	419	360	279	368	300	248	342	285	231	324	271	229	302	254	214	276	238	208	261	231	206
6.0	372	325	249	327	277	218	304	255	204	289	241	195	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	166	223	188	159	212	180	158
7.0	302	270	204	268	230	178	248	210	165	236	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138
7.5	275	250	187	243	211	162	226	193	151	215	182	143	201	168	135	185	155	127	176	146	124
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	168	131	185	155	123	170	142	116	162	135	112
8.5	232	216	159	205	182	138	191	166	128	182	156	121	170	144	113	157	131	106	150	126	102
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	146	122	99	139	116	94
9.5	200	190	134	178	160	120	164	146	111	167	137	105	147	128	99	136	114	91	129	108	87
10.0	186	179	127	164	151	112	153	137	104	146	129	99	137	118	91	127	107	84	121	101	81
10.5	174	170	119	154	143	105	144	130	97	137	121	92	128	111	86	119	101	79	113	95	76
11.0	164	161	111	144	135	99	135	123	92	129	115	87	120	105	81	112	95	74	108	90	71
11.5	154	153	104	136	128	93	127	117	86	121	109	82	113	100	76	105	90	70	100	85	67
12.0	145	146	97	128	122	88	120	111	82	114	104	78	107	95	72	99	86	65	96	81	63
12.5	137	139	91	121	117	83	113	106	78	108	99	74	101	91	68	94	82	63	90	77	60
13.0	130	130	85	115	112	79	107	101	74	102	95	70	96	86	65	89	78	60	85	73	57
13.5	124	124	80	109	107	75	102	97	70	97	91	67	91	83	62	85	74	57	81	70	54
14.0	118	122	75	104	103	71	97	93	67	93	87	63	87	79	59	81	71	54	77	67	51

Fuente: Manual de Pavimentos de Concreto CEMEX

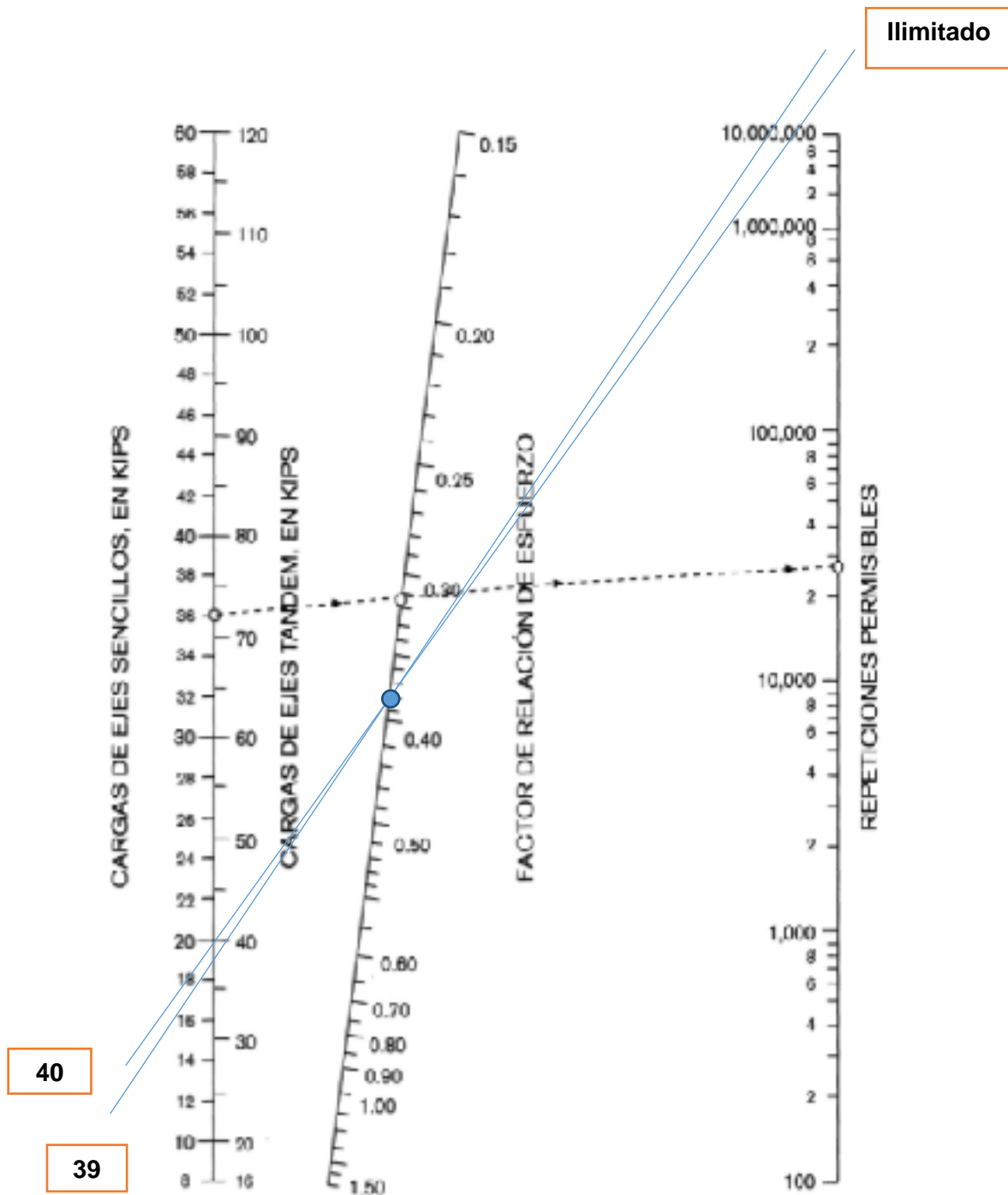
IV. Nomograma para Calculo de Repeticiones esperadas en relación a Factor de Esfuerzo

IV.1 Nomograma de Relación de Esfuerzo para ejes sencillos



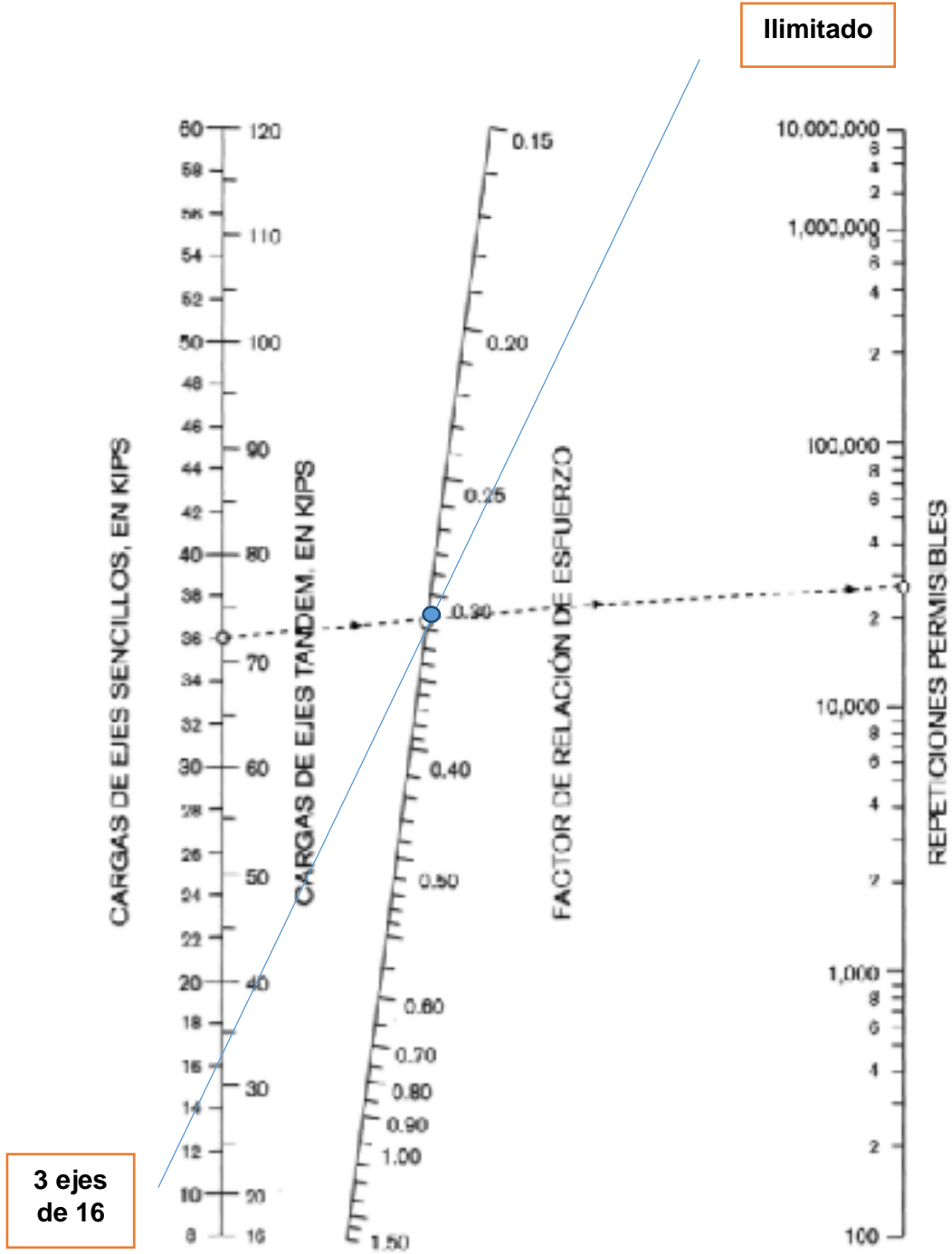
Fuente: Elaboración

IV.2 Nomograma de Relación de Esfuerzo para ejes dobles



Fuente: Elaboración

IV.3 Nomograma de Relación de Esfuerzo para ejes triples



3 ejes de 16

Ilimitado

Fuente: Elaboración

V. Tabla de Factores de Erosión por tipo de eje

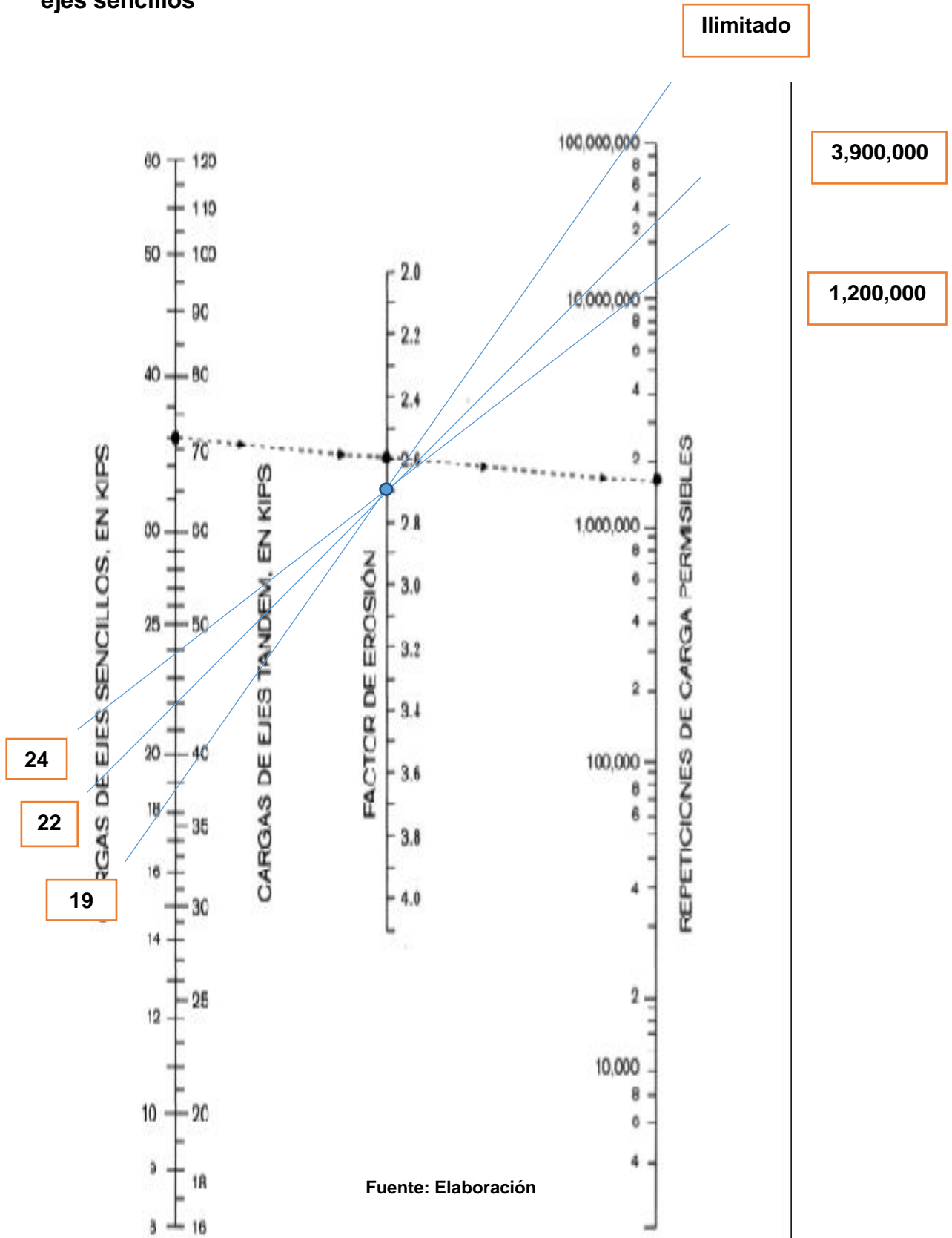
Factores de Erosión - Con Pasajuntas - Sin Apoyo Lateral Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.74	3.83	3.89	3.73	3.79	3.82	3.72	3.75	3.75	3.71	3.73	3.70	3.70	3.70	3.68	3.67	3.53	
4.5	3.59	3.70	3.78	3.57	3.65	3.69	3.56	3.61	3.62	3.55	3.58	3.57	3.54	3.55	3.50	3.52	3.53	3.44
5.0	3.45	3.58	3.68	3.43	3.52	3.58	3.42	3.48	3.50	3.41	3.45	3.46	3.40	3.42	3.40	3.38	3.40	3.34
5.5	3.33	3.47	3.59	3.31	3.41	3.49	3.29	3.36	3.40	3.28	3.33	3.36	3.27	3.30	3.30	3.26	3.28	3.25
6.0	3.22	3.38	3.51	3.19	3.31	3.40	3.18	3.26	3.31	3.17	3.23	3.26	3.15	3.20	3.21	3.14	3.17	3.16
6.5	3.11	3.29	3.44	3.09	3.22	3.33	3.07	3.16	3.23	3.06	3.13	3.18	3.05	3.10	3.12	3.03	3.07	3.08
7.0	3.02	3.21	3.37	2.99	3.14	3.26	2.97	3.08	3.16	2.96	3.05	3.10	2.95	3.01	3.04	2.94	2.98	3.00
7.5	2.93	3.14	3.31	2.71	3.06	3.20	2.88	3.00	3.09	2.87	2.97	3.03	2.86	2.93	2.97	2.84	2.90	2.93
8.0	2.85	3.07	3.26	2.82	2.99	3.14	2.80	2.93	3.03	2.79	2.89	2.97	2.77	2.85	2.90	2.76	2.82	2.86
8.5	2.77	3.01	3.20	2.74	2.93	3.09	2.72	2.86	2.97	2.71	2.82	2.91	2.69	2.78	2.84	2.68	2.75	2.79
9.0	2.70	2.96	3.15	2.67	2.87	3.04	2.65	2.80	2.92	2.63	2.76	2.86	2.62	2.71	2.78	2.61	2.68	2.73
9.5	2.63	2.90	3.11	2.60	2.81	2.99	2.58	2.74	2.87	2.56	2.70	2.81	2.55	2.65	2.73	2.54	2.62	2.68
10.0	2.56	2.85	3.06	2.54	2.76	2.94	2.51	2.68	2.83	2.50	2.64	2.76	2.48	2.59	2.68	2.47	2.56	2.63
10.5	2.50	2.81	3.02	2.47	2.71	2.90	2.45	2.63	2.78	2.44	2.59	2.72	2.42	2.54	2.64	2.41	2.51	2.58
11.0	2.44	2.76	2.98	2.42	2.67	2.86	2.39	2.58	2.74	2.38	2.54	2.68	2.36	2.49	2.59	2.35	2.45	2.54
11.5	2.38	2.72	2.94	2.36	2.62	2.82	2.33	2.54	2.70	2.32	2.49	2.64	2.30	2.44	2.55	2.29	2.40	2.50
12.0	2.33	2.68	2.91	2.30	2.58	2.79	2.28	2.49	2.67	2.26	2.44	2.60	2.25	2.39	2.51	2.23	2.36	2.46
12.5	2.28	2.64	2.87	2.25	2.54	2.75	2.23	2.45	2.63	2.21	2.40	2.56	2.19	2.35	2.48	2.18	2.31	2.42
13.0	2.23	2.61	2.84	2.20	2.50	2.72	2.18	2.41	2.60	2.16	2.36	2.53	2.14	2.30	2.44	2.13	2.27	2.39
13.5	2.18	2.57	2.81	2.15	2.47	2.68	2.13	2.37	2.56	2.11	2.32	2.49	2.09	2.26	2.41	2.08	2.23	2.35
14.0	2.13	2.54	2.78	2.11	2.43	2.65	2.08	2.34	2.53	2.07	2.29	2.46	2.05	2.23	2.38	2.03	2.19	2.32

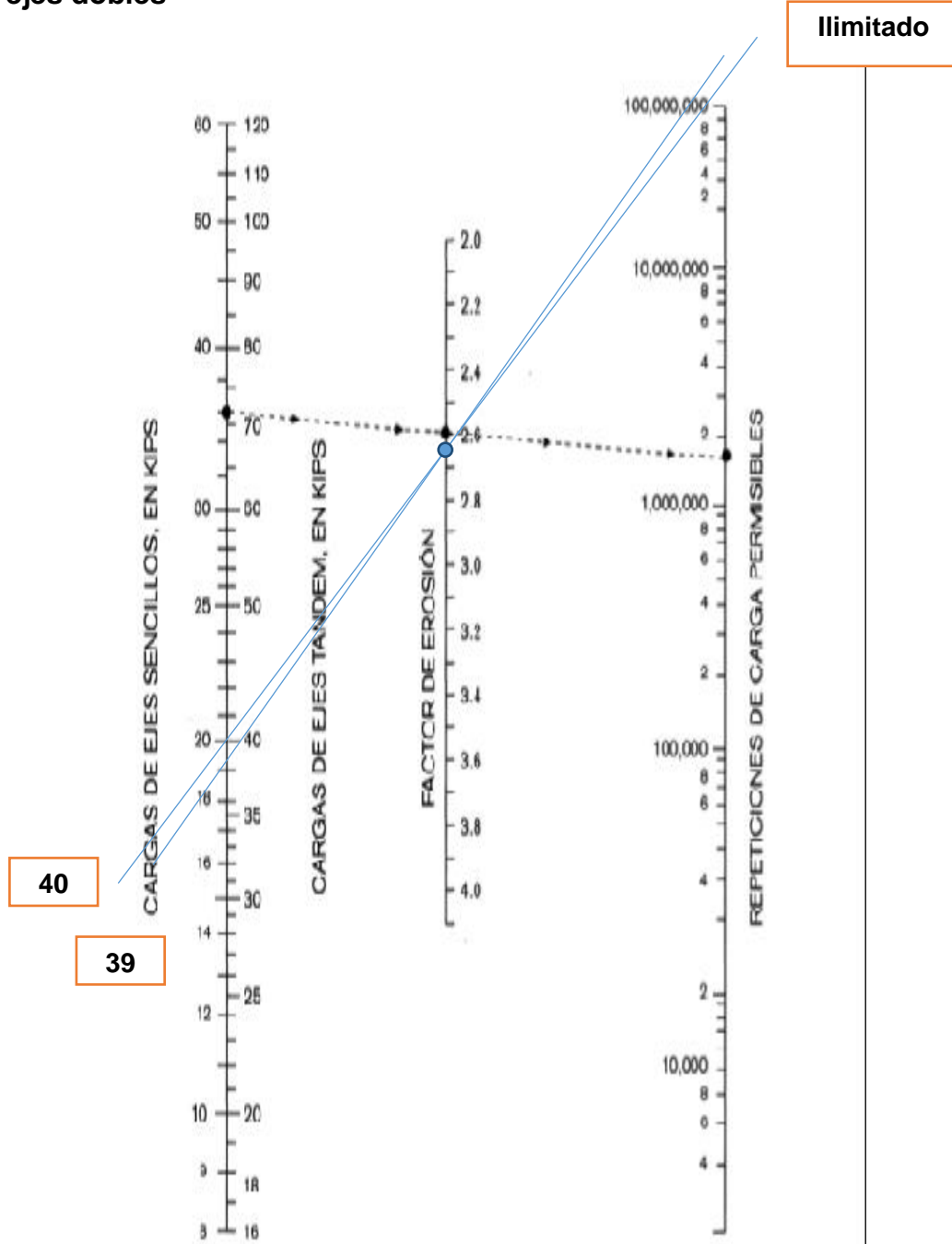
Fuente: Manual de Pavimentos de Concreto CEMEX

VI. Nomograma para repeticiones esperadas en relación a Factor de Erosión.

VI.1 Nomograma aplicando factores de Erosión para ejes sencillos



VI.2 Nomograma aplicando factores de Erosión para ejes dobles



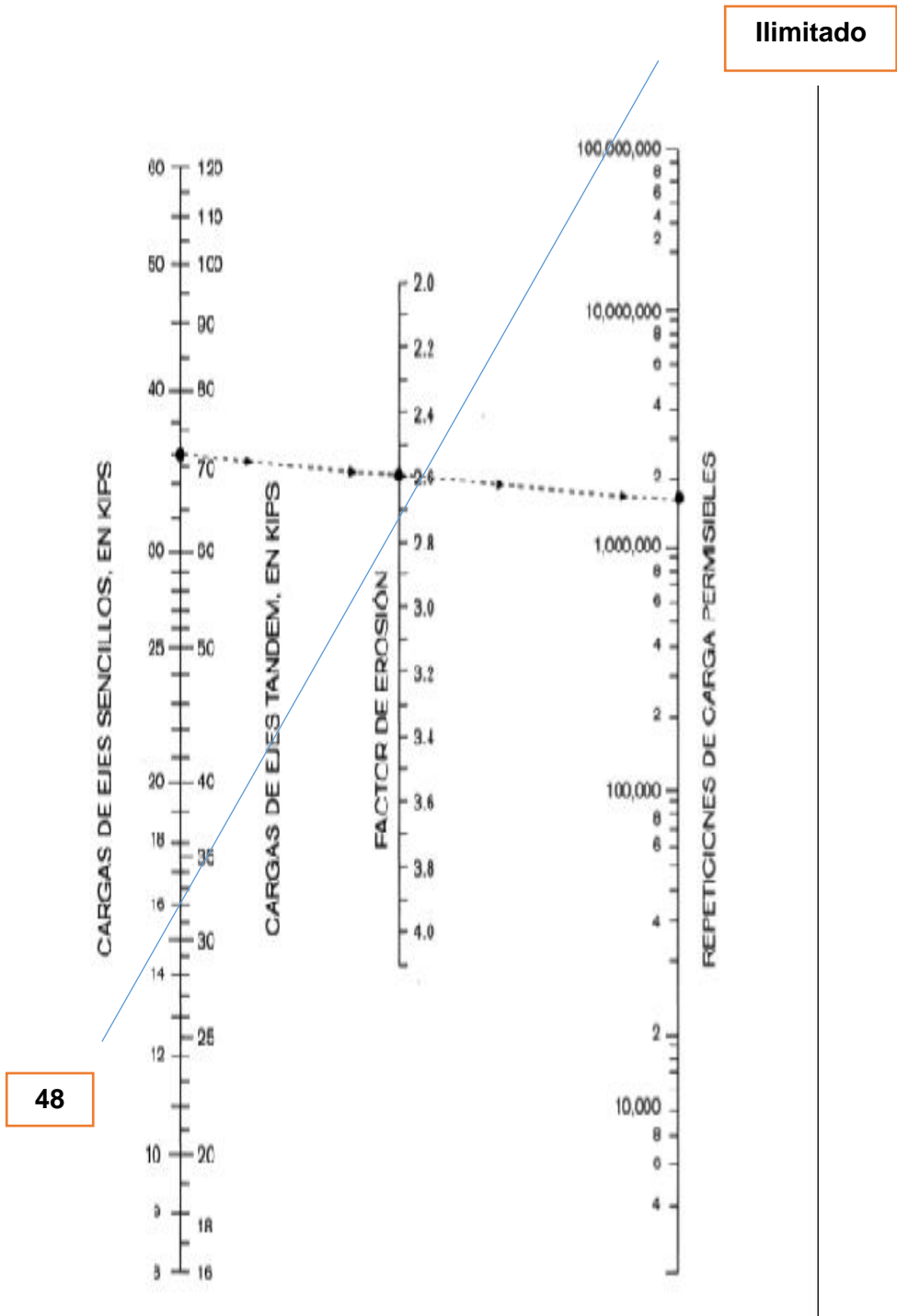
40

39

Ilimitado

Fuente: Elaboración

VI.3 Nomograma aplicando factores de Erosión para ejes triples



Fuente: Elaboración

VII. Resumen de especificaciones para colocación de juntas

Espesor de losa (cm)	1	2	3	4
	Espaciamiento entre juntas (cm)	Profundidad de corte de juntas (cm)	Profundidad del material de sellado (cm)	Ancho del corte para la junta (cm)
15	360	5.00	1.00	0.50
16	384	5.33	1.07	0.53
17	408	5.67	1.13	0.57
18	432	6.00	1.20	0.60
19	456	6.33	1.27	0.63
20	480	6.67	1.33	0.67
21	504	7.00	1.40	0.70
22	528	7.33	1.47	0.73
23	552	7.67	1.53	0.77
24	576	8.00	1.60	0.80
25	600	8.33	1.67	0.83
26	624	8.67	1.73	0.87
27	648	9.00	1.80	0.90
28	672	9.33	1.87	0.93
29	696	9.67	1.93	0.97
30	720	10.00	2.00	1.00
31	744	10.33	2.07	1.03
32	768	10.67	2.13	1.07
33	792	11.00	2.20	1.10
34	816	11.33	2.27	1.13
35	840	11.67	2.33	1.17

Columna 1: El espaciamiento entre juntas, es 24 veces el espesor de la losa, en centímetros

Columna 2: La profundidad del corte de la junta, es 1/3 del espesor de la losa, en centímetros.

Columna 3: La profundidad del material de sellado, es 1/5 de la profundidad de la junta, en centímetros

Columna 4: Al ancho del corte de la junta es 1/10 de la profundidad de la junta, en centímetros

Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de Pavimentos, pagina 238.

VIII. Especies vegetales encontradas en el sitio

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Palo de Sal	Avicennia germinas
Palo de Sal	Avicennia bicolor
Guácimo de ternero	Guazuma ulmifolia
Guácimo de Molenillo	Luehea candida
Manzano	Hippomane mancinella
Botoncillo	Conocarpus erecta
Chaperno	Lonchocarpus parviflorus
Matapalo	Ficus continifolia
Papalón	Cocoloba caracassana
Espino negro	Pisonia aculeata
Jiñocuabo	Bursera simaruba
Sardinillo	Tecoma stans
Espino blanco	Adelia barbinervis
Espino de playa	Pithecellobium oblongum
Cachito	Stemmania bovata
Güiligüiste	Karwiniska calderonii
Tigüilote	Cordia dentata
Quebracho	Lysoma auritum
Guanacaste de oreja	Enterolobium cyclocarpum
Guanacaste blanco	Albizzia caribaea
Genízaro	Phytocelobium saman
Madero Negro	Gliricidia sepium
Madroño	Calycophyllum candidissimum
Cornizuelo	Acacia costarricense
Berberilla	Cochlospermum vitifolium
Guayabillo	Myrcianthes fragns
Ojoche	Brosimum sp.
Talalate	Gyrocarpus americanu

Fuente: Marvinia Corriols M. Estudios Geofísicos e Hidrológicos para la caracterización del acuífero León y Chinandega. Centro de investigaciones Geocientíficas CIGEO. UNAN-MANAGUA

XIX. Fauna predominante en el área de influencia

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN
REPTILES		
Iguanidae	Cenosaura similis	Garrobo
Iguanidae	Iguana iguana	Iguana Verde
Colubridae	Boa constrictor	Boa
Colubridae	Lampropeltis triangulum	Coral falsa
ANFIBIOS		
Ranidae	Rana vailanti	Rana cabeza verde
Genikkonidae	Hemidactylus frenatus	Perro zompopo
MAMIFEROS		
Dasypodidae	Dasypus novemcinctus	armadillo
Dedelphidae	Didelphis marsupialis	Zorro cola pelada
Mephitidae	Mephitis macroura	Zorro hediondo
Scluridae	Sciurus variegatoides	Ardilla del pacifico
Leporidae	Sylviagus brasiliensis	Conejo de monte
Emballanuridae	Balantiopterys plicata	Murciélago
Emballanuridae	Centronycteris maximiliani	Murciélago
AVES		
Columbidae	Leptotila verreauxi	Paloma cola blanca
Cardinalidae	Pheucticus ludovicianus	Calandria
Momotidae	Eumomota superciliosa	Guardabarranco
Icteridae	Quiscalus mexicanus	Sanate, Zanate
Corvidae	Calocitta formosa	Urraca, urraca copetona
Psitacidae	Brotogeris jugularis	Perico, periquito
Psitacidae	Amazona auropalliata	Lora de nuca amarilla

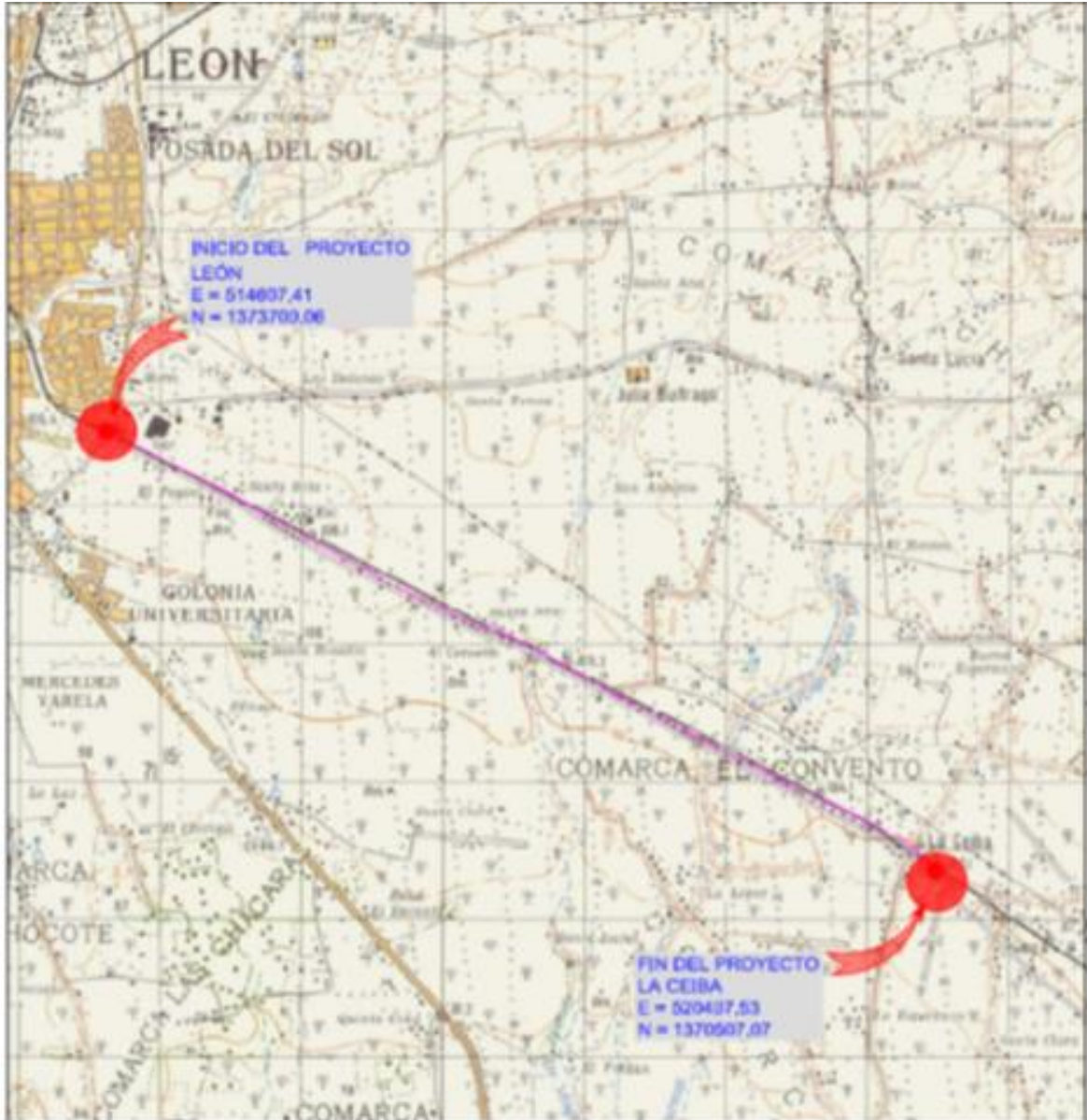
Fuente: **Marvina Corriols M. Estudios Geofísicos e Hidrológicos para la caracterización del acuífero León y Chinandega. Centro de investigaciones Geocientíficas CIGEO. UNAN-MANAGUA**

X. Macro Localización del proyecto.



Fuente: Elaboración Propia

XI. Micro Localización del proyecto.



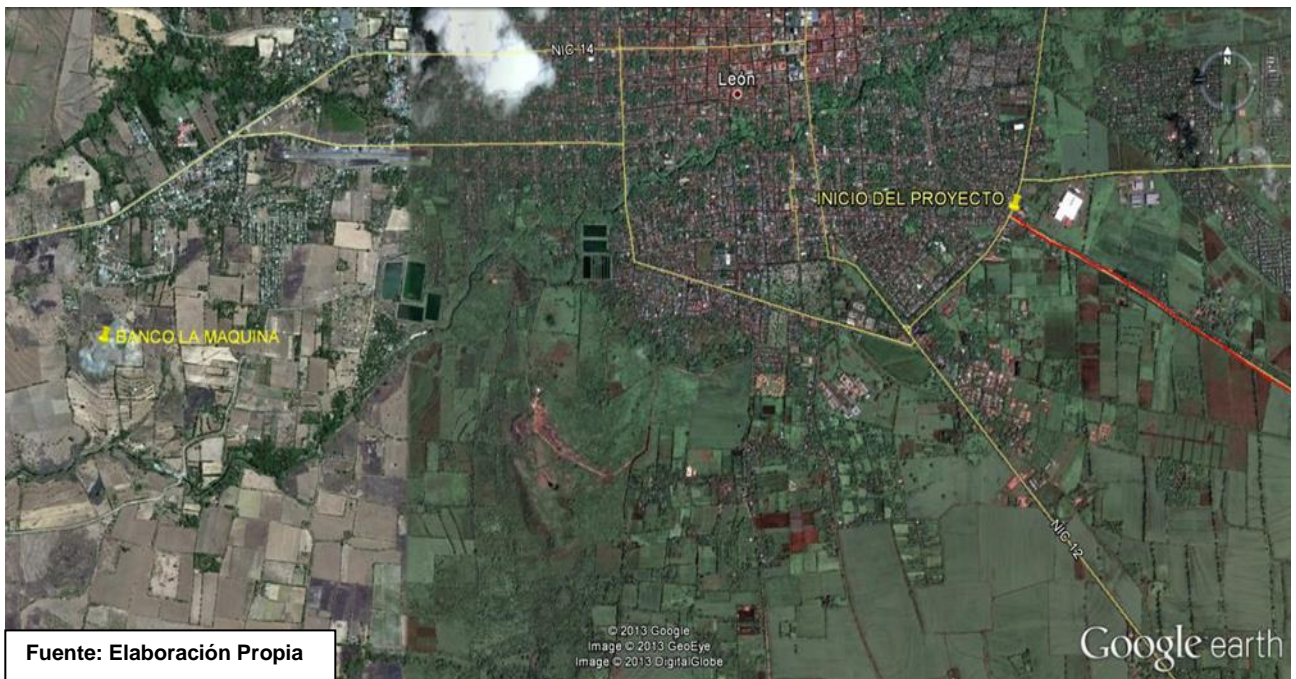
Fuente: Elaboración Propia

XII. Ubicación de los bancos de materiales

Banco Mojón Sur #2 (ubicado a 3.6 kilómetros del Est 6 +078)



Banco La Máquina (Ubicado a 7.5 kilómetros del 0+000 del proyecto)



XIII. Incorporando cargas de ejes simples en programa BS – PCA.

TRANSITO EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente :

Factor de Esfuerzo : Factor de Erosión :

#	Carga Eje (KIPS)	Repeticiones Esperadas
1	2.2	1172311
2	4.4	286846
3	4.8	460
4	8.8	8477
5	11	38121
6	17.6	8017
7	19.8	1688
8	22	35746
9		
10		
11		
12		
13		

Aceptar *Salir*

Fuente: Elaboración Propia

XIV. Incorporando cargas de ejes dobles en programa BS – PCA.

TRANSITO EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente :

Factor de Esfuerzo : Factor de Erosión :

#	Carga Eje (KIPS)	Repeticiones Esperadas
1	36.3	650
2	35.2	36
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Aceptar *Salir*

Fuente: Elaboración Propia

XV. Incorporando cargas de ejes triples en programa BS – PCA.

TRANSITO EJES TRIDEM x

Esfuerzo Equivalente :

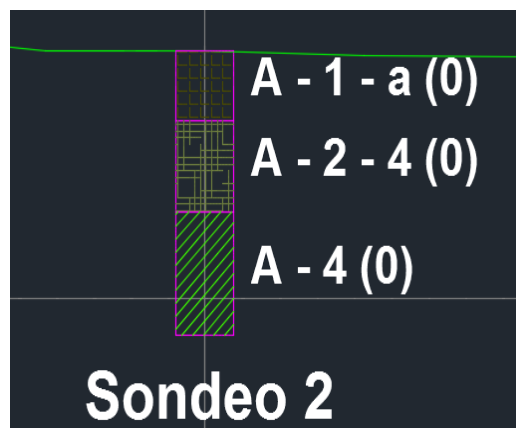
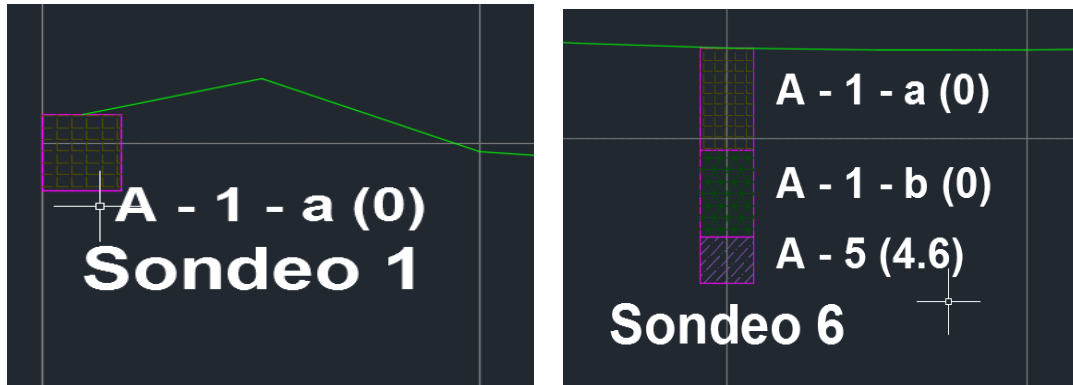
Factor de Esfuerzo : Factor de Erosión :

#	Carga Eje (KIPS)	Repeticiones Esperadas
1	44	1725
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

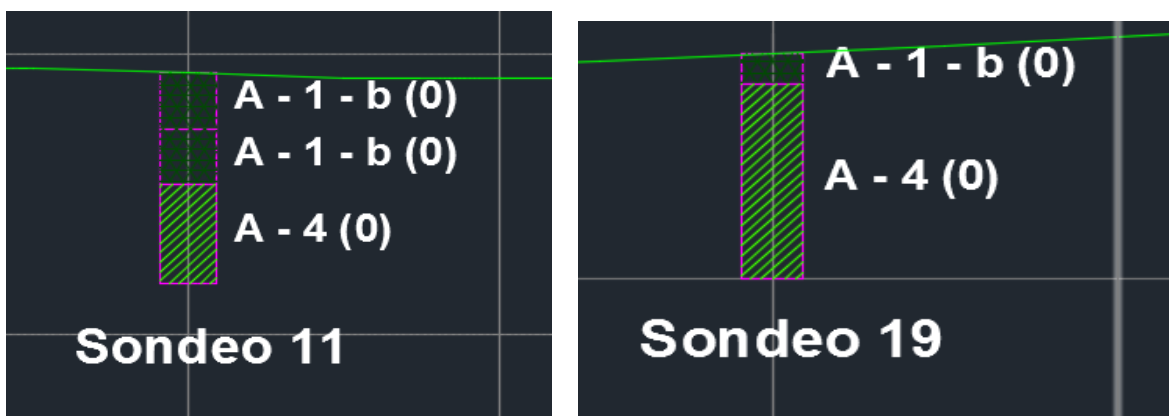
Fuente: Elaboración Propia

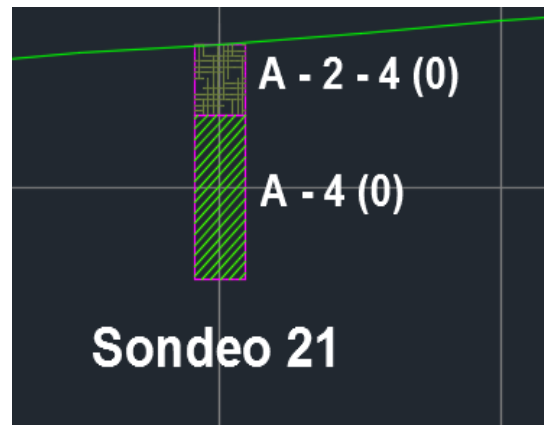
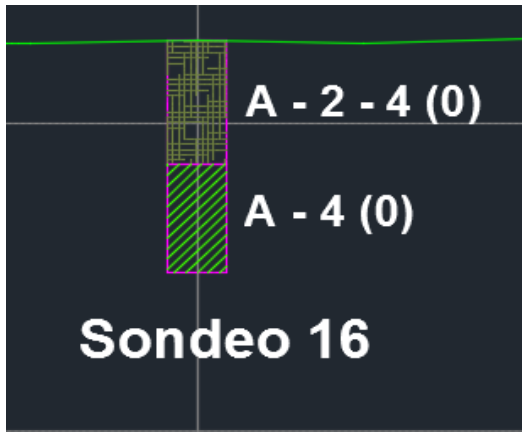
XVI. Perfiles del suelo en tramo de Estudio

Grupo No. 1 y Grupo No. 2: Estacionado 0+000 – Estacionado 1+000

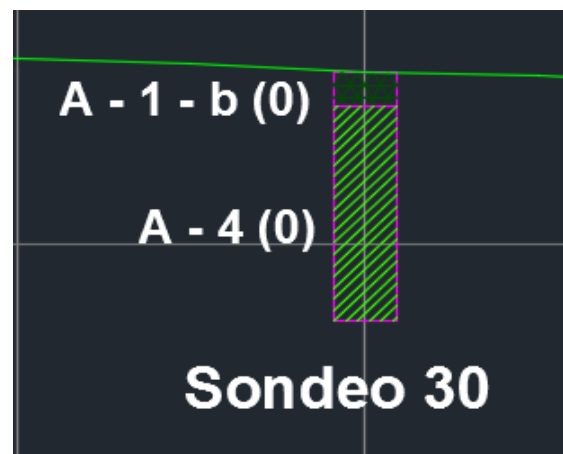
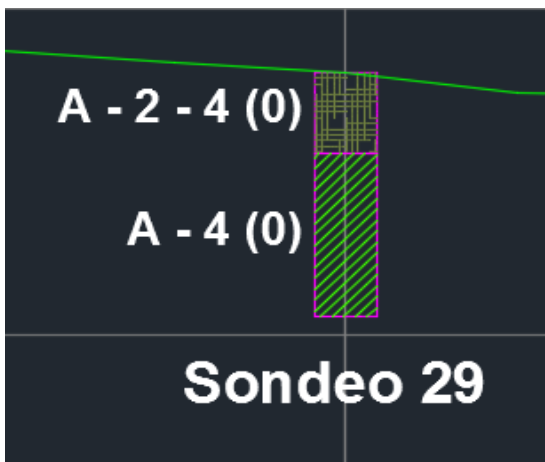


Grupo No. 3 y Grupo No. 4: Estacionado 1+000 – Estacionado 2+000

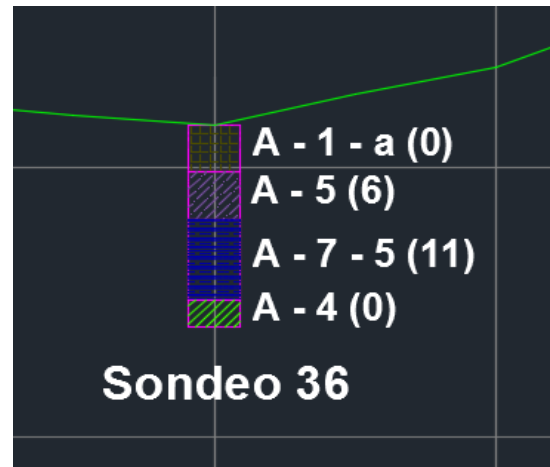




Grupo No. 5 y Grupo No. 6: Estacionado 2+000 – Estacionado 3+000

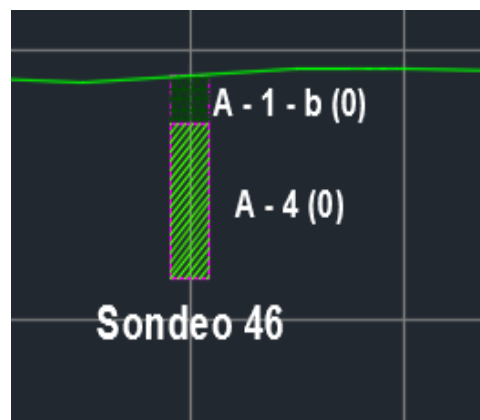
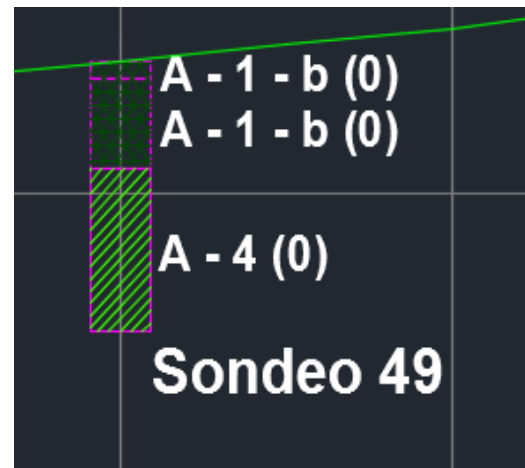
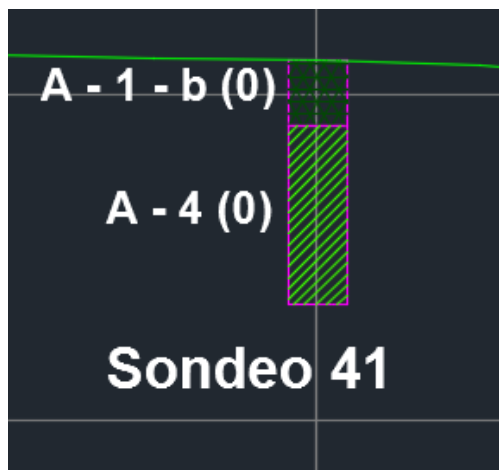


Grupo No. 7 y Grupo No. 8: Estacionado 3+000 – Estacionado 4+000

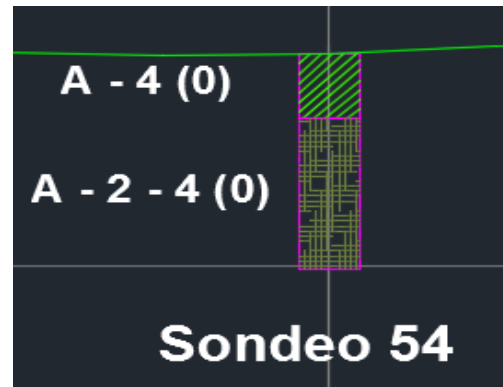
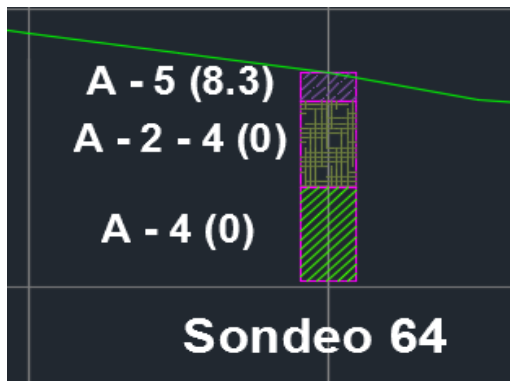
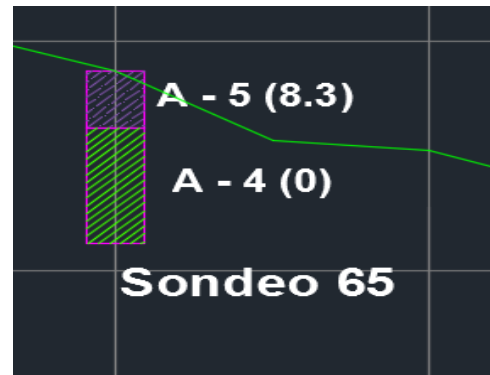
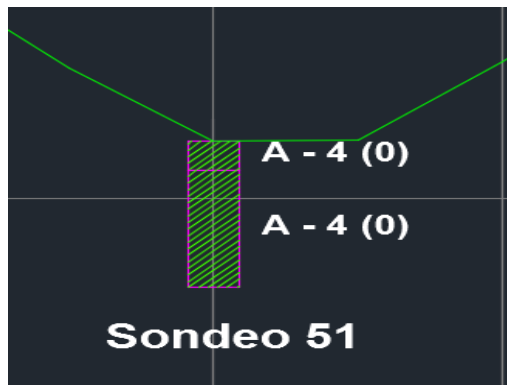




Grupo No. 9 y Grupo No. 10: Estacionado 4+000 – Estacionado 5+000



Grupo No. 11 y Grupo No. 12: Estacionado 5+000 – Estacionado 6+000



Fuente: Informe de Estudios de suelos, LAMSA ingenieros

XVII. Fotografías del sitio



Estacionado 0+000

Inicio del Proyecto, Empalme a la Comunidad La Ceiba, intersección con la Carretera León – Chinandega.

Est 3+473.30



Est 0+970



Est 2+200



Est 4+740



Est 1+400



Estacionado 6+078

Fin del Proyecto, propiamente en
La Antigua estación del ferrocarril
La Ceiba.



Banco la Maquina: Ubicado a 7.5 kilómetros del 0+000 del proyecto, área aproximada: 5,450.858 m², Dueño: Félix Cortez



Banco Mojón sur # 2: ubicado a 3.6 kilómetros del Est. 6 +078, área aproximada: 11,940.763 m², Dueño: Vladimir Cárcamo.

