



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**Evaluación Ex Post del Diseño Estructural de 5 Kilómetros de Concreto
Hidráulico de Carretera en el Tramo Empalme Nejapa 8+940- Planetario
13+850, NIC-12.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

- Br. Raquel de Jesús Montiel López. 2011-39772
- Br. Ligia Samanta Vanegas Mairena. 2010-34917
- Br. Luis Armando González Chavarría. 2009-29161

Tutor:

Ing. Bernardo Calvo.

Asesor:

Msc. Odell Villanueva.

Octubre de 2015

DEDICATORIA:

A la Trinidad Sacrosanta y a la Virgen Santísima, pues con su infinito amor nos guía en cada paso de nuestras vidas.

A nuestros padres, pilares fundamentales sin los cuales jamás hubiésemos podido conseguir lo que hasta ahora.

A nuestras familias, y de manera especial al Ing. Ricardo Díaz del Instituto de Cemento y Concreto.

AGRADECIMIENTO:

A la Santa Trinidad y a nuestra Madre Santísima, por habernos regalado la sabiduría necesaria para culminar esta etapa en nuestras vidas.

A nuestros padres, por su guía, ejemplo y dedicación para con nosotros.

Al Ing. Ricardo Díaz, por su incondicional apoyo y guía para la presentación de este trabajo monográfico.

A Llansa Ingenieros S.A y al Ministerio de Transporte e Infraestructura, por brindarnos toda la información requerida para poder realizar la evaluación de nuestro tramo en estudio.

Resumen Ejecutivo.

Este documento contiene la Evaluación Ex Post del Diseño Estructural de 5 Kilómetros de Concreto Hidráulico de Carretera, en el Tramo Empalme Nejapa 8+940- Planetario 13+850, NIC-12.

En el primer capítulo se presenta el estudio de tránsito, en el que se determinó el TPDA proyectado a 20 años, por medio de: conteos volumétricos, proyecciones de tránsito obtenidas de encuestas origen-destino, análisis de la tasa de crecimiento poblacional, PIB y consumo histórico de combustible.

Con los resultados del estudio de tránsito se estimó el eje equivalente ESAL de diseño que fue de 11,604,317.

Seguidamente se realizó el estudio de suelo, en el que se analizaron las diferentes capas que lo conformaban, teniendo diferentes resultados para cada caso como fue, el pavimento mezclado o base, la subrasante y el banco de materiales.

Los resultados obtenidos en el análisis de la subrasante y el banco de materiales, fueron desfavorables, los valores de CBR fueron considerados de mala calidad según las normativas establecidas Nic 2000 y de la guía de diseño de la AASHTO.

El análisis de los resultados de laboratorio hechos a la base, fueron en cambio favorables, con valores de CBR altos considerado como material granular muy bueno para material de fundación, según la prueba de AASHTO T 145.

Para el diseño de espesor de la estructura de pavimento, se evaluó mediante el análisis de losas optimizadas con el software OPTIPAVE, dando como resultado un espesor de 18 cm y con una dimensión de 180cm x 180cm.

La última etapa de la evaluación consistió en realizar un análisis presupuestario del cual se pudo determinar que el proyecto tuvo una variación de 11.45% en cuanto a los costos iniciales del tramo en estudio. El valor final obtenido para los 5

Km de concreto hidráulico fue de **C\$160, 056, 091.24** (Ciento Sesenta Millones Cincuenta y Seis Mil Noventa y Un Córdoba con 24/100).

INDICE DE CONTENIDO

Índice de Tablas	9
Índice de Ilustraciones.....	11
Índice de Ecuaciones	12
1. CAPITULO I: GENERALIDADES	13
1.1. Introducción.....	13
1.2. Antecedentes.	16
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivos Generales:	18
1.4.2. Objetivos específicos:.....	18
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO	19
2.1. Conceptos básicos.....	19
2.2.1. Ubicación de estaciones de conteos volumétricos y periodos de aforo.	26
2.2.2. Procedimiento de Cálculo de los conteos vehiculares.....	28
2.2.3. Tipos de vehículos.....	29
2.2.4. Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)de las Estaciones del Estudio y de los años 1983, 2005 y 2006.	29
2.2.5. Composición del Tráfico de las Estaciones del Estudio.....	29
2.2.6. Encuestas de Origen – Destino:	31
2.2.7. Resultados de las encuestas origen destino.	32
2.2.8. Proyección del tránsito.	33
2.2.9. Factores de Crecimiento.....	35

2.2.10. Proyecciones del TPDA.....	37
CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SUELOS.....	39
3.1. Introducción de Suelos.....	39
3.2. Ensayes de Laboratorio de Suelo.....	39
3.2.1. Análisis Granulométrico (AASHTO T 27).....	39
3.2.2. Límites de Atterberg (ASTM D 4318).....	40
3.2.3. Clasificación de los suelos (AASHTO M 145).....	40
3.2.4. Ensaye de Compactación de los Suelos (Estandar AASHTO T 99 y Modificado AASHTO T 180)	41
3.3. Análisis de Estudio de Suelo.....	43
3.3.1. Trabajo de Campo.....	43
3.3.2. Resultados Obtenidos de los Ensayes de Laboratorios.	43
3.3.3. Banco de Materiales	45
3.3.4. Valor de soporte del suelo (CBR).	46
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO POR MEDIO DEL ANALISIS DE LOSAS OPTIMAS.	49
4.1. Generalidades sobre pavimentos rígidos.....	49
4.2. Metodología Diseño TCP	53
4.2.1. Informe de la investigación de la Universidad de Illinois.....	54
4.2.2. Análisis con ISLAB2000.	55
4.2.3. Diseño de espesor con OptiPave V2.....	56
4.2.3.1. Tráfico de Diseño.....	57
4.2.3.2. CBR de Diseño.....	58
4.2.3.3. Base estabilizada con cemento.....	58

4.3. Tipos de juntas.....	66
4.4. Evaluación del diseño con el programa de elemento finito EverFE.	70
CAPÍTULO V: EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA.....	79
5.1. Actividades Planificadas.....	79
5.2. Orden de Cambio.....	79
5.2.1. Actividades Suprimidas.	80
5.2.2. Actividades Incorporadas.	82
5.3. Presupuesto.....	84
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
6.1. Conclusiones.....	87
6.2. Recomendaciones.....	88
Bibliografía	90

Índice de Tablas

Tabla 1. Ubicación de Estación de Aforo de Tráfico	27
Tabla 2. Porcentaje de Vehículos Livianos y Pesados por Estación del Estudio.....	30
Tabla 3. Tasas de crecimiento del Tráfico natural.....	36
Tabla 4. Tasas de Proyección por tipo de Vehículos para el Período 2011 – 2030.	36
Tabla 5. Trafico Atraído calculados de Encuesta O-D del Consultor	37
Tabla 6. Resumen de Proyecciones del TPDA a 20 años de Estaciones No. 2, 3, 4, 5 y 6.	38
Tabla 7. Sección típica de un pavimento rígido.....	50

Tabla 8. Juntas sin elementos de Transferencia de Carga.....	51
Tabla 9. Juntas con elementos de Transferencia de Carga o dovelas.	52
Tabla 10 Esquema lateral carga.	53
Tabla 11. Resultados dimensiones de losa vs. Esfuerzo máximo	54
Tabla 12. Esfuerzos en losa con dimensiones 4.50 x 3.60 m	55
Tabla 13. Esfuerzos en losa con dimensiones 1.40 x 1.80 m	56
Tabla 14. Factores de Equivalencia de ESAL para cada tipo de vehículo.....	58
Tabla 15. Requerimientos típicos para varios grupos de suelo.....	59
Tabla 16. Valores para el diseño de espesores.	65
Tabla 17 Tipos de Juntas.....	66
Tabla 18. Dimensiones y espaciamiento de las barras de amarre en losas de concreto.	67
Tabla 19 Dimensiones comunes en dovelas.....	68
Tabla 20. Tipo vehículos y pasadas estimadas por eje.....	71
Tabla 21. Esfuerzos máximos calculados en Everfe.....	75
Tabla 22. Relación de esfuerzos.	76
Tabla 23. Actividades Suprimidas en Proceso de Ejecución	81
Tabla 24. Detalle de Costo de Actividades Suprimidas	82
Tabla 25. Detalle de Actividades Incorporada.	83
Tabla 26. Etapas Contractuales del tramo 8+940-13+850	85

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Micro localización tramo empalme Nejapa 8+940- Planetario 13+850, nic-12.....	14
Ilustración 2. Macro localización tramo empalme Nejapa 8+940- Planetario 13+850, nic-12.....	14
Ilustración 3. Configuración de los ejes y las ruedas de los tipos de vehículos.....	22
Ilustración 4 Relación aproximada del Valor de K con el CBR	62
Ilustración 5. Estructura De Pavimento Rígido Tramo Empalme Nejapa 8+940- Planetario 13+850, NIC-12.....	69
Ilustración 6. Eje simple 10 ton (100KN).....	72
<i>Ilustración 7. Eje simple 5 ton (50KN).</i>	72
Ilustración 8. Eje Tándem 16 ton (160KN)	72
Ilustración 9. Eje Trídem 20 ton (200KN).....	72
Ilustración 10. Diagrama de esfuerzos, respuesta inferior de la losa. (5 ton).73	
Ilustración 11. Diagrama de esfuerzos,	73
Ilustración 12. Diagrama de esfuerzos, respuesta superior de la losa. (10ton).	73
Ilustración 13. Diagrama de esfuerzos, respuesta inferior de la losa. (10ton)73	
Ilustración 14. Diagrama de esfuerzos, respuesta inferior de la losa.(16ton).74	
Ilustración 15. Diagrama de esfuerzos, respuesta superficial de la losa. (16ton).	74
Ilustración 16. Diagrama de esfuerzos, respuesta superficial de la losa. (20ton).	74
Ilustración 17. Diagrama de esfuerzos, respuesta inferior de la losa. (20ton).	74
Ilustración 18. Curva de deterioro.	77
Ilustración 19. Variaciones de las cantidades de actividades en el proceso de ejecución del tramo en estudio.....	80
Ilustración 20. Porcentaje de incremento en ejecución presupuestaria.	86

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Tránsito Promedio Diario Anual.....	23
Ecuación 2. Tránsito Promedio Diario Semanal.....	23
Ecuación 3. Factor Día.....	24
Ecuación 4. Factor Semana.....	24
Ecuación 5. Tasa de Crecimiento.	25
Ecuación 6. Factor de Crecimiento.....	35
Ecuación 7. Índice de Plasticidad.....	40
Ecuación 8. Índice de Grupo.....	41
<i>Ecuación 9. Valor Relativo de Soporte.....</i>	42

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción.

El diseño es de suma importancia ya que es el que da la pauta para la realización de un proyecto, debido a que se estudia y determina el corredor más idóneo para consecutivamente realizar el trazado exacto y así determinar las posibles formas de minimizar los costos de operación; además teniendo en cuentas las normativas y criterios propuesto por Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO), la Asociación American de Pruebas y Materiales (Society for Testing and Material, ASTM), NIC-2000.

En comparación a las carreteras construidas con asfalto, el concreto hidráulico posee la característica singular de resistir ataques químicos (aceites, grasas y combustibles). Asimismo, uno de los grandes problemas que genera el pavimento flexible es que sufre deformaciones y deterioros que disminuyen la seguridad y la comodidad, con el uso del concreto hidráulico se reducen estos fenómenos por que presenta mayor resistencia mecánica y además a la abrasión la cual aumenta con la edad del concreto.

Es por dadas razones que en este documento se presentará la Revisión de diseño de la estructura de pavimento rígido de 5 Km del Empalme Nejapa 8+940- Planetario 13+850, NIC-12 por medio del método TCP en conjunto con la guía de diseño de la AASHTO 93 y el suplemento a la guía de diseño AASHTO 98.

Ilustración 1. Micro localización tramo empalme Nejapa 8+940- Planetario 13+850, nic-12.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

Ilustración 2. Macro localización tramo empalme Nejapa 8+940- Planetario 13+850, nic-12.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

Esto se realizó primeramente con el estudio de tránsito obteniendo el TPDA y calculando el eje equivalente ESALs, así como también un estudio de suelo para ver la configuración de este y determinar así el CBR de diseño; con estos valores y con otros obtenidos por medio de las guías antes mencionadas se procedió a determinar el espesor de diseño del tramo en estudio; adicionalmente se analizó el presupuesto inicial y los cambios que se dieron en este a lo largo de la ejecución de las estaciones evaluadas.

1.2. Antecedentes.

Ante la necesidad de que Nicaragua cuente con opciones racionales de calidad de su red vial, se ha venido impulsando la opción de pavimentación rígido, mediante el uso de concreto hidráulico.

Una de las grandes obras que dio inicio a finales del 2013 es la Construcción de la carretera Nejapa-Izapa, este gran proyecto Impulsará el creciente desarrollo al país, que hasta hace pocos meses no pasaba de ser una carretera poco transitable debido a su deterioro en la carpeta de rodamiento.

Esta carretera ha tenido diversas reconstrucciones una de ella fue en el periodo administrativo de Somoza y la última en los años 90, con el gobierno de Doña Violeta Barrios de Chamorro ambas reconstrucciones no tuvieron buen resultado como era lo esperado.

La Corporación Cuenta Reto del Milenio (MCC) fue la primera en realizar los estudios pertinentes para la reconstrucción de la carretera en el año 2005.

Dicha carretera inició su ejecución con un préstamo del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) de US\$38.6 millones. La carretera Nejapa – Izapa consta de una carpeta de rodamiento de concreto hidráulico de 18 cm de espesor, 3.60 metros de ancho de carril, 0.60 metros de hombro con losas cortas para evitar fractura, se emplearon como peralte máximo el 4% y de coeficiente de fricción de 0.15 para la zona urbana y peralte de 8% y coeficiente de fricción de 0.14 para la zona rural, la velocidad de diseño para esta carretera se tomaron dos rangos de 60Km/hr para la zona urbana y de 80Km/hr para la zona rural, el vehículo de diseño fue WB-15, la pendiente gobernadora es de 6 metros, teniendo un derecho de vía de 30 metros.

1.3. Justificación.

El correcto diseño de una carretera es de vital importancia puesto que está ligado a la eficiencia y la seguridad de todos los que transitan por ella.

Es importante que el diseñador cuente con suficiente información (estudios de suelo, conteos vehiculares, encuestas origen y destino, estudios de velocidad, etc.) para poder estimar los volúmenes de tránsito y las cargas vehiculares que transitarán por el pavimento con la finalidad de realizar un diseño estructural que cumpla con la vida útil del proyecto.

El concreto hidráulico correctamente diseñado y construido permite lograr una superficie de rodamiento sin deformaciones y con el nivel de rasante constante durante toda su vida útil, mejorando los criterios de seguridad para el usuario.

Para los transportistas la rehabilitación de este corredor significará una disminución considerable en el tiempo de viajes entre los diferentes destinos que esta carretera comunicara así como en los costos de transporte, ahorro de combustible, aceite, repuestos. Todo esto ayudara en gran manera al desarrollo social y económico de Nicaragua.

El propósito del análisis de este proyecto se debe a que la metodología utilizada en el diseño estructural es relativamente nueva, y solo se tienen datos del desempeño estructural de otras carreteras en los países de Chile y Guatemala por lo que en Nicaragua no se han establecido normativas que regulen y verifiquen el comportamiento ni lo contrasten con las metodologías de diseño tradicionales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos Generales:

- Evaluar el diseño estructural, de 5 kilómetros de carretera de concreto hidráulico en el tramo Empalme Nejapa 8+940- Planetario 13+850, NIC-12.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Analizar las características físicas y mecánicas de los suelos y los bancos de materiales existentes que fueron utilizados.
- Evaluar el diseño de los 5 kilómetros del tramo de carretera de concreto hidráulico tomando en cuenta las condiciones de carga así como las propiedades de los suelos, mediante el análisis de dimensiones optimizadas, losas con dimensiones optimizadas.
- Comparar las actividades, materiales, equipos y cantidad de mano de obra planificadas versus las cantidades reales mediante el presupuesto de construcción del tramo de carretera.
- Determinar los costos inmediatos de las actividades y el control de cambios.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO

2.1. Conceptos básicos.

Para poder realizar este trabajo se debe tener en cuenta los siguientes conceptos teóricos:

Carretera: Es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automotores.

Derecho de vía: Es el área o superficie de terreno, propiedad del estado, destinada al uso de una carretera o camino, con zonas adyacentes. Siendo el derecho de vía de 80-90 metros cuando se trata de una carretera de tráfico internacional.

Velocidad de diseño: Es aquella velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y en proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional. Se tomaron dos rangos para la velocidad de diseño de la carretera vieja a León: de 60Km/hr para la zona urbana y de 80Km/hr para la zona rural.

Vehículo de diseño: Es por medio del cual se puede obtener la relación peso/potencia para así poder definir las características de operación que determinan la velocidad con que es capaz de recorrer una pendiente dada. Es uno de los principales parámetros de diseño.

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.

TCP: Thin Concrete Pavements.

ASTM: American Society for Testing and Material.

Alabeo: Deformación asimétrica que se genera por una fuerza en la parte superior a la losa debido al secado y a la pérdida de calor en la superficie de la losa.

Tránsito: Los vehículos de todo tipo, con sus respectivas cargas considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier vía.

Volumen de tránsito: Numero de vehículo que pasan por una sección dada de un canal o vía, durante un periodo determinado.

Tipos de vehículos

- **Bicicletas:** Son vehículos de dos ruedas no motorizados.
- **Motos:** Son vehículos automotores de dos ruedas.
- **Vehículos Livianos:** Son los vehículos automotores de cuatro ruedas, que incluyen los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups, Jeep y Microbuses de uso particular.
- **Vehículos Pesados de Pasajeros:** Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros), Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.
- **Vehículos Pesados de Carga:** Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, ocho y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes **(C2)** mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes **(C3)**, los camiones combinados con remolque del tipo **(CxRx)** y los vehículos articulados de ocho y seis ejes de los tipos **(TxSx)**.
- **Vehículos Pesados:** incluyen los vehículos de construcción y los vehículos agrícolas.
- **Otros:** Son los Vehículos livianos con un tráiler y los de tracción animal.

Configuración de ejes.

Las cargas de los vehículos se transmiten al pavimento a través de llantas, dispuestas en grupos de líneas de rotación llamados ejes, estos se clasifican de la siguiente manera, ver anexo A-1 (Pág. IV)

Simples

Con una sola línea de rotación.

- De llanta sencilla: Cuando es de dos llantas.
- De llanta doble: Cuando es de cuatro llantas.

Tándem

Conformado por dos líneas de rotación, separadas entre 1.0 y 1.6 metros y dotados de un dispositivo de distribución de cargas entre sus dos líneas de rotación.

- De llanta sencilla: Cuando el conjunto es de cuatro llantas, dos por línea de rotación.
- De llanta doble: Cuando el conjunto es de ocho llantas, cuatro por línea de rotación.
- Mixto: Cuando el conjunto tiene una línea de rotación de llanta sencilla y otra de llanta doble (seis llantas en el conjunto).

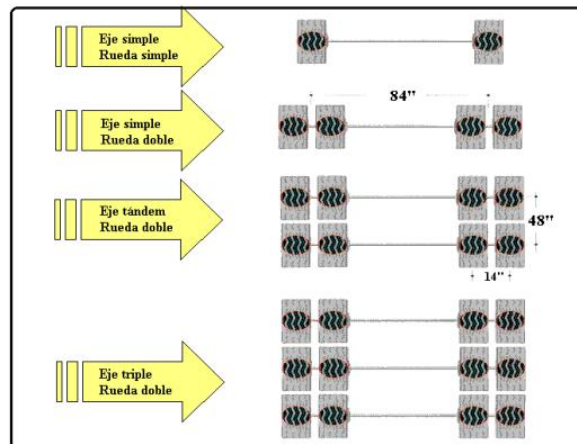
Trídem

Conformado con tres líneas de rotación, igualmente separadas en un espacio entre 2.0 y 3.2 metros y con un dispositivo de distribución de cargas entre las mismas.

- De llanta sencilla: Cuando el conjunto es de seis llantas.

- De llanta doble: Cuando el conjunto es de doce llantas.
- Mixto: Cuando tiene una combinación de líneas de rotación de llantas sencillas y llanta doble y el conjunto tiene ocho o diez llantas.

Ilustración 3. Configuración de los ejes y las ruedas de los tipos de vehículos.



Eje simple -
rueda doble



Eje tandem –
rueda doble



Eje triple –
rueda doble

Fuente: (Fonseca, 2001)

Transito Promedio Diario Anual (TPDA): Volumen promedio de tránsito en veinticuatro horas, obtenido al dividir el volumen total durante un determinado tiempo, generalmente un año, por el número de días del mismo periodo.

Otra forma de obtener el TPDA cuando no se tiene el conteo de todo el año es multiplicando el Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) por los factores de expansión como se presenta en la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Tránsito Promedio Diario Anual.

$$TPDA = (TPDS * FD * FS * FT),$$

Dónde:

TPDA: Tránsito promedio diario anual.

TPDS: Tránsito promedio diario semanal.

FD: Factor día.

FS: Factor semana.

FT: Factor temporada o factor de ajuste.

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS).

Se determina a partir del Tránsito Semanal (TS) que no es más que el número total de vehículos que pasan por una sección dada de una vía durante una semana, se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Tránsito Promedio Diario Semanal.

$$TPDS = \frac{TS}{7},$$

Factor Día.

Corresponde expandir el tráfico diurno de 12 horas a tráfico diario de 24 horas se obtiene mediante los resultados correspondientes de las estaciones de mayor cobertura de 24 horas siendo la fórmula para calcular:

Ecuación 3. Factor Día.

$$Factor\ Día = 1 + \left(\frac{Trafico\ Nocturno}{Trafico\ Diurno} \right),$$

Factor Semana.

Es el factor para expandir el resultado obtenido para un período corto de tres días de la semana (martes a jueves) al promedio semanal 7 días (lunes a domingo), siendo la fórmula para calcular:

Ecuación 4. Factor Semana.

$$Factor\ Semana = \left[\frac{(Tlab*5)+(Tfs*2)}{(7*Tlab)} \right],$$

Dónde:

Tlab: Corresponde al tráfico levantado durante la semana lunes a viernes.

Tfs: es el tráfico levantado durante el fin de semana sábado a domingo.

Niveles y volúmenes de servicios: Se define el nivel de servicio de un tramo de una carretera, como la calidad de servicio que ofrece a sus usuarios que refleja el grado de satisfacción o comodidad que experimentan estos al usar la vía.

Volumen de transito actual: es aquel que circulara por una vía si este estuviera abierta al tránsito. En el caso de vías existentes donde se cuenta con datos estadísticos, el transito actual se puede obtener proyectando la tendencia de los mismos, para la fecha actual. En el caso de las vías que van a ser mejoradas, el

transito actual estará compuesto por el existente antes de la mejora, más el transito atraído de las otras vías cercanas por las ventajas que esta ofrece. En el caso de vías nuevas todo el transito será atraído.

Tasa de crecimiento (TC): Es el incremento anual del volumen de tránsito en una vía, se representa en porcentaje, determinado en base a los datos históricos de aforos vehiculares de las estaciones de conteo establecidas por MTI o por otras variables como Producto Interno Bruto (PIB) y crecimiento poblacional.

Ecuación 5. Tasa de Crecimiento.

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

Dónde:

TC= Tasa de Crecimiento.

TPDA_i = Tráfico Promedio Diario Actual.

TPDA_o = Tráfico Promedio Diario Actual del Año Base.

n= La diferencia de años.

2.2. Informe de tráfico.

Durante la realización de esta investigación se obtuvieron los datos de los resultados del Estudio de Tráfico para el diseño y construcción del tramo; Empalme Nejapa – Empalme Puerto Sandino de Carretera NIC. – 12, el cual fue determinado mediante la metodología siguiente: 1) se establecieron estaciones de conteo volumétricos; 2) se realizaron aforos de siete días de duración con el

objetivo de determinar el Tránsito Promedio Diario Anual; 3) se realizó la clasificación el tipo de vehículos que transitan por la vía; 4) se proyectó el crecimiento anual de los vehículos en cada categoría por estación utilizando factores macro económicos.

Estos resultados contienen la realización de aforos de tráfico, realizados por la Asociación Roughton International para el año base estudios de origen-destino, el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), y el proyectado para la vida útil del Proyecto, así como el Tráfico Total de la vía, su composición y proyección a 5, 10, 15 y 20 años a partir del año 2011 (año en que se estimó el inicio de operación).

2.2.1. Ubicación de estaciones de conteos volumétricos y periodos de aforo.

Se escogieron las estaciones a partir de tramos homogéneos de comportamiento del tránsito, producidos por la presencia de zonas semi-urbanas con centros de estudios y empresas; zonas con expresión rural y límites inducidos por la presencia de carreteras que comunican otros puntos de interés de la zona de influencia de la vía.

Un mapa general de localización del proyecto muestra la ubicación de las estaciones de aforo, ver anexo A-1, A-2 Y A-3 (Pág. IV - VI), de igual manera, la tabla No.1 ilustra el detalle de ubicación de las mismas:

Tabla 1. Ubicación de Estación de Aforo de Tráfico

No. ESTACIÓN	CONTEOS VOLUMÉTRICOS
1	NIC - 12: K 10, entrada a Puerta de Hierro.
2	NIC - 2: Km 11 Carretera Managua - Jinotepe, frente a gasolinera Puma
3	NIC - 12: Km 11, entrada Hotel Colibrí.
4	NIC - 52: Empalme Santa Rita
5	NIC - 52: Empalme Puerto Sandino - Puerto Sandino.
6	NIC - 12: Empalme Izapa, Carretera Vieja a León.
7	NIC - 28: Empalme Izapa, Carretera Nueva a León.
8	NIC - 28: Báscula de Mateare, Carretera Nueva a León.

Fuente: Estudio de Tránsito “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Empalme Nejapa – Empalme Puerto Sandino”.

La estación 1 se ubicó fuera del alineamiento en estudio, se seleccionó esta estación teniendo en cuenta que gran parte del tránsito circundante por esta vía alterna se ha desviado de la vía del proyecto por las condiciones de alto deterioro de la misma.

Las estaciones 7 y 8 se ubicaron fuera de las vías en estudio y se escogieron debido a que el tráfico que circula desde y hacia Puerto Sandino y se dirige hacia el Este (generalmente hacia Managua) prefiere circular por la NIC 28 y regresarse por Izapa – Empalme Puerto Sandino aunque se les incremente la distancia.

El trabajo de levantamiento de campo de los conteos volumétricos se hizo durante siete días consecutivos de trabajo. Los periodos de aforo se presentan en el anexo A-6 (Pág. IX)

2.2.2. Procedimiento de Cálculo de los conteos vehiculares.

Con la información de campo revisada y organizada se procedió realizar los cálculos para la expansión de la muestra de 12 horas a 24 horas. Como insumo básico para la expansión de la muestra obtenida en los conteos se utilizaron los siguientes documentos:

- Anuario Estadístico del Tráfico Vehicular, Año 2005. Ministerio de Transporte e Infraestructura, Sistema de Administración de Pavimentos, División General de Planificación.
- Revista de Conteo de Tráfico 2006. Ministerio de Transporte e Infraestructura, Sistema de Administración de Pavimentos, División General de Planificación.

Básicamente, el cálculo de la expansión se realizó mediante el siguiente procedimiento:

• **Para las estaciones 1, 2, 4, 5 y 6, en que se hicieron conteos de 12 horas solamente:** La expansión a 24 horas se hizo con el factor de día de la revista de MTI de conteos volumétricos. Una vez expandido el volumen obtenido a 24 horas se procedió a realizar el cálculo del TPDA aplicando los factores de desestacionalización “factor de temporada” indicados en la revistas de conteos volumétricos de MTI.

Para la estación N° 3, 7 y 8 en que se hicieron conteos de 12 y 24 horas: Para los días en que se hicieron conteos de 12 horas diurnas (06:00 horas a 18:00 Horas) la expansión a 24 horas se hizo con el factor resultante del conteo de 24 horas del día viernes (entre el tráfico nocturno y el tráfico diurno), y se expandió para cada tipo de vehículo en particular. Se calculó para los días lunes, martes, miércoles y jueves respectivamente.

La expansión a 24 horas del día domingo se hizo aplicándose el factor del tráfico nocturno (identificado como “factor de día” en la Revista de conteos volumétricos de tránsito del MTI del año 2006) calculado con el conteo de 24 horas realizado el día sábado de la misma semana. Los días viernes y sábado no se expandieron debido a que en estos dos días se hizo el conteo de 24 horas.

Posteriormente este resultado se desestacionaliza para obtener el TPDA.

Las estaciones del sistema nacional de conteos volumétricos de MTI utilizadas para expandir a 24 horas y desestacionalizar, y así, obtener el TPDA se presentan en el anexo A-7 (Pág. X)

2.2.3. Tipos de vehículos.

La clasificación vehicular en las dos estaciones de aforo comprendió vehículos Livianos, Vehículos Pesados de Pasajeros y los Pesados de Carga. Ver Anexos A-4 y A-5. (pág. VII y VIII)

2.2.4. Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de las Estaciones del Estudio y de los años 1983, 2005 y 2006.

En el anexo A-8 (Pág. XI) se presentan los resultados de la expansión de la muestra para obtener el TPDA de cada una de las estaciones.

2.2.5. Composición del Tráfico de las Estaciones del Estudio.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la composición del tráfico que circula por estaciones.

Tabla 2. Porcentaje de Vehículos Livianos y Pesados por Estación del Estudio.

Nº	Ubicación de Estación	TPDA	Vehículos Livianos (%)	Vehículos Pesados (%)	Vehículos Pesados (%) 1982
1	NIC - 2: Km 11 Carretera Managua - Jinotepe, frente a gasolinera Puma	15,010	75.91	10.25	15.56
2	NIC - 12: Km 10, entrada a Puerta de Hierro.	15,053	77.58	9.22	15.56
3	NIC - 12: Km 11, entrada Hotel Colibrí	6,855	74.67	11.34	18.82
4	NIC - 12: Empalme Santa Rita.	2,091	72.33	11.27	41.56
5	NIC - 52: Empalme Puerto Sandino - Puerto Sandino.	489	53.26	33.07	54.08
6	NIC - 12: Empalme Izapa, Carretera Vieja a León.	675	51.95	31.35	39.18
7	NIC - 28: Empalme Izapa, Carretera Nueva a León.	5,430	55.00	27.30	32.28
8	NIC - 28: Báscula de Mateare, Carretera Nueva a León.	7,098	56.07	25.77	37.83

Fuente: Estudio de Tránsito “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Empalme Nejapa – Empalme Puerto Sandino”.

En las estaciones de la No. 1 a la No. 3 que son las del tramo en estudio se puede ver que el porcentaje de camiones es muy reducido con porcentajes cercanos al 11%.

En la tabla 2 se presenta también la composición del tráfico en el año 1982 en los mismos tramos estudiados, confirmando una fuerte disminución del tráfico de pesados. Se observa que en la vía Empalme Puerto Sandino – Puerto Sandino y en La Nic 12: Empalme Izapa, carretera Nueva León el porcentaje de vehículos pesados que circula es superior, en ambos casos, a 30%, además si se tiene en

cuenta el comportamiento histórico es posible esperar un incremento importante del tráfico de vehículos comerciales.

El tráfico que circula por la ruta Izapa – La Paz Centro – Nagarote – Managua, vía alterna del tráfico que viajaba anteriormente por el tramo Ojo de Agua – Izapa, reporta porcentajes del 27.30% y 25.77%.

2.2.6. Encuestas de Origen – Destino:

El objetivo de las encuestas Origen – Destino es, el de estimar las cantidades de posibles usuarios de la red de caminos cercanos al proyecto que podrían ser usuarios potenciales de la vía; procedentes de los diferentes caminos próximos a éste, para los cuales; la vía en estudio una vez rehabilitado les presentará una mejor alternativa de viaje.

Para utilizar los resultados de volúmenes de tráfico obtenidos por el consultor, se decidió ubicar las estaciones de encuestas en los mismos puntos en que se hicieron los conteos volumétricos de tránsito.

Los aforos de las encuestas fueron muestras representativas del total de cada tipo de vehículo que circuló por las estaciones de encuesta; así, los vehículos livianos se encuestaron en una proporción de ocho a uno, ello significa; que de cada ocho vehículos se aforó uno, representando esto un 12.50 % del total de vehículos livianos que transitaron la vía, igualmente para los vehículos de transporte público de pasajeros los muestreos fue de ocho a uno representando el 12.50 % de todos los vehículos de transporte público de pasajeros, mientras que los pesados de carga (todos los tipos de camiones), se entrevistaron en una proporción de cuatro a uno, representando el 25.0 % del tráfico que circuló por el sitio.

Los resultados de estas encuestas se expandieron por medio de matrices lo cual permitió preservar la totalidad de los datos obtenidos, esto con el propósito de usarlos luego para la proyección del tránsito.

Como resultado de este estudio se definieron 17 zonas de transporte que se describen en anexo A-11 (Pág. XVI)

Es importante destacar que esta encuesta se aplica con un cuestionario previamente diseñado al momento de su aplicación y es indispensable el apoyo policial. En Anexo A-9 (pág. XII), se presenta la hoja de campo utilizada.

2.2.7. Resultados de las encuestas origen destino.

• Estación 2: Km 11.5 carretera sur:

- La zona 12 Managua posee los mayores orígenes y destinos con el 35.28% (5,295) y 34% (1,153) de los viajes.
- La segunda zona en importancia es la zona 4, Santa Rita, Montelimar con el 7.68% de los destinos, representando 1,153 viajes.
- La zona 14 Carazo posee el 10.81% de orígenes con 1,63 viajes.

• Estación 3: NIC 12, Km 11:

- El flujo entre la zona 12, Managua y la Zona 4, Villa El Carmen – Masachapa posee el 40.15% y 30.69% de los orígenes con 2,653 y 2,104 viajes de los viajes.
- Sobresale la importancia de la zona 5, Planetarium tanto en orígenes (13.81%, 947 viajes) como en destinos con 23, .27%, 1,595 viajes.

• Estación 4: NIC 12, Santa Rita, hacia Puerto Sandino.

- La zona 5, Planetarium presenta los mayores destinos con el 42.14% de los viajes (880 viajes), contrastando con sus orígenes que reportan 0.75% de los viajes (167 viajes).
- Estación 7: NIC 28, en el tramo Empalme Izapa – La Paz Centro.
 - Los orígenes y destinos que sobresalen son León con el 19.72% (1,043 viajes) y Chinandega con 19.09% (1,286 viajes).
 - Los viajes a Centroamérica representan el 6.4% y 25.6% del total de los viajes aforado.
 - El 4.74% de los viajes se realiza a Puerto Sandino y la zona de Izapa.
- Estación 8: NIC 28, Bascula de Mateare.
 - Predomina la zona 12 Managua con el 45.49% y 45.41% de los orígenes y destinos. o Continúa en importancia León y Chinandega con porcentajes del orden del 14% al igual que León como orígenes.
 - Los viajes a Centroamérica presentan porcentajes bajos del orden de
 - 1.9% y 2% del total de los viajes.

2.2.8. Proyección del tránsito.

La práctica normal de las proyecciones del tráfico indica que para un proyecto nuevo, éstas deben ser desarrolladas con base en estimaciones de viajes, a través de matrices de generación de viajes y factores socioeconómicos, por lo que la demanda de tráfico para el futuro es una práctica compleja, que está en función de la planificación, prospectiva del uso potencial del suelo.

Otros factores utilizados para las proyecciones del tráfico y que impactan fuertemente; son los crecimientos poblacionales y el comportamiento del Producto

Interno Bruto (PIB), por lo que mínimas variaciones en los datos de las tasas de crecimientos poblacionales y de crecimiento económico, pueden provocar cambios significativos en el volumen vehicular proyectado y su composición.

La variable Tráfico en el año horizonte, su comportamiento y composición, es el elemento preponderante que define las características geométricas y estructurales con que serán diseñadas la nueva Vía. Por lo que el Estudio de Tráfico debe basarse en un análisis exhaustivo de los diversos factores que intervienen en el crecimiento de los flujos su composición, de forma tal que permita establecer la tendencia más próxima a la realidad, bajo la formulación de hipótesis derivadas de escenarios futuros del área de influencia del proyecto.

El Estudio de Tráfico de la Carretera Nic.-12 Tramos: Empalme Nejapa – Santa Ana, define los diferentes tráfico que serán proyectados: El Tráfico natural o actual, el Tráfico desviado y Tráfico Generado o Tráfico Desarrollado.

- **Tráfico Natural:** Es el tráfico que se produce en la vía independiente de las condiciones existentes de geometría y estructurales y que crece en función al crecimiento natural de los indicadores socioeconómicos, sin considerar ninguna intervención en la zona de influencia del proyecto.

- **Tráfico Atraído o Desviado:** Es el tráfico que se desviará desde la red de carreteras próximas al Proyecto. En el tramo evaluado, el tráfico atraído vendrá de la vía las Piedrecitas-Izapa y de otros tramos; como resultado de las mejoras de la carretera. Este tráfico, generalmente se produce el primer año de puesta en servicio de la vía y luego se transformará en tráfico normal.

- **Tráfico Generado:** Son los viajes adicionales resultante de las mejoras implementadas en la infraestructura vial a través de la nueva vía, definido como

los viajes de pasajeros o carga adicionales que en la actualidad no existen y que son provocados, además del mejoramiento de la vía, por el desarrollo turístico, industrial, agropecuario, habitacional, etc.; su período generalmente es al igual que el atraído de un año y luego pasa a formar parte del tráfico normal.

2.2.9. Factores de Crecimiento.

Para la definición de los factores de crecimiento del Tráfico actual, el desviado y el desarrollado, se analizaron tres variables; el crecimiento del tráfico histórico; el crecimiento de la población y el crecimiento del PIB, incluido el producto per cápita y el consumo histórico del combustible.

Se utilizaron como referencia el Estudio Izapa- León-Chinandega, realizado en 1995, el Estudio Las Piedrecitas-Izapa, realizado en el 2001, para el caso de las proyecciones del tráfico Internacional que será desviado al proyecto, a partir del año uno de operación, con la finalidad de hacer comparaciones con los factores adoptados por el proyecto.

Para la cuantificación del factor de crecimiento anual se ha utilizado la siguiente Ecuación:

Ecuación 6. Factor de Crecimiento.

$$F_c = (1 + i\%)^n$$

Dónde:

F_c: Factor de Crecimiento

i: Tac de Crecimiento porcentual

n: Número de años

El PIB y el TPDA: Para el período en consideración, se encontró una buena correlación entre las dos series de datos, resultando en una elasticidad de 1.31 y una correlación coeficiente de correlación $R^2 = 0.7915$. PIB en abscisa en millones de US\$ a precios constantes de 1990 TPDA en ordenada.

Tabla 3. Tasas de crecimiento del Tráfico natural.

Tasas de Crecimiento	Período	Período
	2011 - 2020	2020 - 2030
Tasa Vehículo Liviano (%)	5.0	5.0
Tasa de Camiones (%)	4.0	4.5

Fuente: Estudio de Tránsito “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Empalme Nejapa – Empalme Puerto Sandino”.

Tabla 4. Tasas de Proyección por tipo de Vehículos para el Período 2011 – 2030.

Tasas de Crecimiento	Período	Período
	2011 - 2020	2020 - 2030
Tasa Vehículo Liviano (%)	3.0	3.0
Tasa Vehículo Liviano Medio (%)	4.5	4.5
Tasa Vehículo Liviano Alta (%)	6.0	6.0
Tasa para Vehículo de Carga Baja (%)	4.0	4.0
Tasa para Vehículo de Carga Medio (%)	4.5	4.5
Tasa para Vehículo de Carga Alta (%)	5.0	5.0

Fuente: Estadísticas del Banco Central de Nicaragua y criterios del consultor

Tabla 5. Trafico Atraído calculados de Encuesta O-D del Consultor

Tipo de Vehículo	vpd
Auto	74
Jeep	72
Pick Up	98
C2 Liviano	11
C2	80
C3	9
T3 S2	300
T3 S3	25
Bus	99
Moto	
Total	768

Fuente: Estudio de Tránsito “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Empalme Nejapa – Empalme Puerto Sandino”.

La tasa de crecimiento del tráfico atraído será del 5%.

2.2.10. Proyecciones del TPDA

Una vez obtenidas las tasas de crecimiento para el tráfico normal, el tráfico generado y el tráfico atraído, se aplicaron estas al TPDA calculado para 2007.

Se analizaron los flujos de tráfico en base a tres posibles escenarios de crecimiento socioeconómico; El primer escenario considera un crecimiento bajo de la economía nacional, el segundo considera un crecimiento medio o probable, y el tercero considera un crecimiento alto de la economía nacional.

Tabla 6. Resumen de Proyecciones del TPDA a 20 años de Estaciones No. 2, 3, 4, 5 y 6.

ESTACIÓN	AÑO	TRAFICO NORMAL	TRAFICO GENERADO			TRAFICO ATRAIDO	TRAFICO TOTAL		
			BAJO	MEDIO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO
2	2,007	15,053					15,053	15,053	15,053
	2,011	18,281	557	557	557	926	19,758	19,758	19,758
	2,015	22,223	684	712	747	1,119	23,970	23,998	24,033
	2,020	28,366	852	938	1,050	1,412	30,472	30,558	30,670
	2,025	36,206	1,039	1,218	1,436	1,805	38,807	38,986	39,204
2,030	46,211	1,250	1,551	1,944	2,300	49,395	49,696	50,089	
3	2,007	6,855					6,855	6,855	6,855
	2,011	8,343	259	259	259	926	9,527	9,527	9,527
	2,015	10,143	343	358	375	1,119	11,598	11,613	11,630
	2,020	12,949	458	498	542	1,412	14,783	14,823	14,867
	2,025	16,529	575	656	759	1,805	18,860	18,941	19,044
2,030	21,098	715	852	1,037	2,300	24,042	24,179	24,364	
4	2,007	2,089					2,089	2,089	2,089
	2,011	2,560	85	119	152	768	3,418	3,452	3,485
	2,015	3,114	149	191	238	950	4,235	4,277	4,324
	2,020	3,977	229	287	365	1,235	5,486	5,544	5,622
	2,025	5,078	312	393	515	1,598	7,062	7,143	7,265
2,030	6,482	402	520	713	2,063	9,065	9,183	9,376	
5	2007	489					489	489	489
	2,011	615	23	23	23		641	642	643
	2,015	749	71	71	71		840	843	847
	2,020	959	131	131	131		1,133	1,143	1,155
	2,025	1,226	191	191	194		1,486	1,508	1,543
2,030	1,568	251	253	280		1,914	1,958	2,048	
6	2,007	675					675	675	675
	2,011	853	34	34	34	466	1,345	1,345	1,345
	2,015	1,068	62	90	90	577	1,686	1,714	1,714
	2,020	1,399	97	160	160	747	2,201	2,264	2,264
	2,025	1,834	132	230	235	973	2,819	2,917	2,922
2,030	2,393	167	303	335	1,262	3,592	3,728	3,760	

Fuente: Estudio de Tránsito “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Empalme Nejapa – Empalme Puerto Sandino”.

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SUELOS.

3.1. Introducción de Suelos.

Los estudios de suelos nos permitirán definir las características físicas de los suelos, mediante la realización de muestreos y ensayos de laboratorios, con el objetivo de determinar la calidad de los materiales que conforma la sub-rasante y las características de los bancos de préstamos de materiales cercanos, para conocer si es factible usarlos.

A las muestras extraídas por medio de sondeos en línea se le realizaron pruebas básicas de laboratorio utilizando los procedimientos establecidos por las normas de la A.S.T.M. y AASHTO tales como se mencionan a continuación:

3.2. Ensayes de Laboratorio de Suelo.

3.2.1. Análisis Granulométrico (AASHTO T 27).

El análisis granulométrico nos permite conocer qué tipo de suelo tenemos, ya sea grava, arena gruesa o arena fina. También podemos decir, que la granulometría nos permite conocer la distribución de las partículas constituyentes, según su tamaño y así determinar, tanto su origen como las propiedades físicas de estos.

Existen dos procedimientos para la determinación de los tamaños de las partículas: clasificar por tamaño las que son gruesas, siendo la manera más expedita el del tamizado; por otro lado, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. (Anexo B-2 Pág. XIX-XX y B-5 Pág. XXVII).

3.2.2. Límites de Atterberg (ASTM D 4318)

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para la caracterización de los suelos finos (pasan por el tamiz N° 40), que pueden encontrarse en diferentes estados líquido, plástico, semisólido y sólido dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que contengan.

El contenido de agua con que se produce el cambio entre estados varía de un suelo a otro, en el estudio de los suelos es fundamentalmente conocer el rango de humedades para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad). Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ello separó los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes y mediante ellos se puede dar una idea del tipo de suelo en estudio.

La diferencia entre los valores del límite líquido y del límite plástico da el llamado Índice de Plástico (I.P.) del suelo.

Ecuación 7. Índice de Plasticidad.

$$IP = LL - LP,$$

3.2.3. Clasificación de los suelos (AASHTO M 145)

Los suelos en estudio se clasificaron por el sistema AASHTOM -145 / ASTM D3282. Este sistema divide los suelos en tres categorías: granulares, finos y orgánicos. Las dos primeras categorías se dividen a su vez en siete grupos de acuerdo a las características de gradación y plasticidad, a su vez algunos grupos se subdividen con el fin de caracterizar, aún más los suelos con base a su plasticidad.

En general se puede decir que a medida que aumenta el número de clasificación de A-1 a A-7 a su vez se dividen en 12 subgrupos, disminuyendo la calidad del suelo como material para construcción de carreteras. Esta clasificación se refiere con base en el Índice de Grupo (IG), definido así:

Ecuación 8. Índice de Grupo.

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

Donde:

- F: Porcentaje que pasa el tamiz No. 200, expresado como número entero.
- WL: Límite líquido.
- IP: Índice de plasticidad.

Si el cálculo de IG da negativo se asume que es cero. El valor calculado coloca entre paréntesis después del grupo en que se ha clasificado el suelo.

3.2.4. Ensaye de Compactación de los Suelos (Estandar AASHTO T 99 y Modificado AASHTO T 180)

La compactación de suelos es el proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo deformación de los mismos. Este proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como consecuencia de la cual en el suelo ocurren cambios de volúmenes de importancia, fundamentalmente ligados a pérdida de volumen de aire.

La importancia de estos ensayos es obtener un suelo estructurado que mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil. La compactación está relacionada con la densidad máxima o peso volumétrico seco

máximo del suelo que para producirse, es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada que se conoce como humedad óptima.

Para el tramo en estudio, se realizaron ensayos de compactación con el Método Estandar para la Subrasante y el Método Modificado para la base.

3.2.5. Valor Relativo de Soporte (CBR) AASHTO T 193.

El C.B.R. determina la capacidad portante del suelo de acuerdo con las normas AASHTO T 193 / ASTM D 1883, en el cual se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo de subrasante, sub base o base granular de un pavimento, bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

El CBR por definición es:

Ecuación 9. Valor Relativo de Soporte.

$$\text{CBR} = \left[\left(\frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} \right) \times 100 \right],$$

El número CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0,1”), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0,2”) es mayor, dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR. Obtenidos los valores de CBR se dibuja una curva a la derecha de la de compactación, con coordenadas “CBR corregido vs densidad seca” (ver en Anexo B-3 Pág. XXI y B-6 Pág. XXVII).

3.3. Análisis de Estudio de Suelo.

3.3.1. Trabajo de Campo.

Sondeos de línea.

La metodología de investigación comprendió la realización de muestreos manuales hasta 1.5 m de profundidad, para tomar muestras alteradas de las capas del pavimento (base y sub-base mezclada), así como de los suelos existentes en la subrasante.

Estas muestras fueron ensayadas en laboratorio (**Consultora Noel Rodríguez**) para determinar sus propiedades físico-mecánicas. Se efectuaron 50 sondeos los que se distribuyeron de forma racional en todo el tramo en estudio, alternados de izquierda a derecha del eje central de la vía, con una distancia entre sondeos aproximadamente 100m para la subrasante y 1000 m para Pavimento Mezclado y Subrasante.

3.3.2. Resultados Obtenidos de los Ensayes de Laboratorios.

Suelos de línea.

Según los resultados del análisis granulométrico del tramo en estudio realizado a la base y subbase, se obtuvo que más de la mitad de la fracción gruesa fue retenida por la malla No 4 y resto de la muestra paso la No 200, por lo que fueron clasificados en su mayoría como A-1-a (0) que representa 80% de frecuencia, sin embargo en Est. 13+820 el material combinado fue clasificado como A-1-b (0) 20% de frecuencia.

Los valores del índice de plasticidad (IP) para las muestras ensayadas, de las capas combinadas del pavimento, variaron entre NP (no plásticos), 5 y 6. Se

destaca para estas muestras que el 28 % de los ensayos resultaron con valores de IP NP (no plásticos). Estos resultados permiten concluir que las capas de la base y subbase combinadas presentan una plasticidad baja. Los resultados de los valores de estos límites se presentan en Anexos Tabla B-5 (Pág. XXVII)

Se determinó que los valores de CBR de los materiales combinados del pavimento, medidos al 100 % de compactación Próctor Modificado, variaron entre 87 y 122. Se subraya que en el 100 % de los ensayos de CBR se superó el 100 % de la capacidad de soporte. Lo anterior indica que al proporcionar una adecuada compactación a estos materiales es posible proporcionar a estas capas una alta resistencia. Ver anexo Tabla B-6 (Pág. XXVII)

Una vez que los materiales de la subrasante de nuestro tramo en estudio fueron ensayados en laboratorio, se determinó la clasificación de estos materiales que presentaron mayor frecuencia fueron A-1-b (0), A-7-5 (con índice de grupo 3 y 5), A-2-4 (0) y A-2-7 (0).

Se practicó ensayos de plasticidad a 100 muestras de suelo de la subrasante. Los valores del Índice de Plasticidad (IP) para las muestras ensayadas variaron entre NP (no plásticos) y 24. Se destaca para estas muestras que el 50 % de los ensayos resultaron con valores de IP mayores que 12. Estos resultados permiten concluir que los suelos de la subrasante presentan una plasticidad entre media y alta. Los resultados de los valores de estos límites se presentan en anexos Tabla B-2 (Pág. XIX-XX)

Las muestras de suelos de la subrasante fueron sometidas a ensayo de CBR, con una frecuencia de un ensayo por cada 1000 m. Por cada ensayo se moldearon tres moldes compactados a densidades próximas al 90, 95 y 100 % de la densidad AASHTO Estandar. Ver anexo Tabla B-3 (Pág. XXI)

De acuerdo con estos ensayos se determinó que los valores de CBR, medidos al 95 % de compactación AASHTO estándar, variaron entre 7.5 y 18.5. En el 84 % de los ensayos de CBR se superó el 10 % de la capacidad soporte.

3.3.3. Banco de Materiales

Se realizaron los estudios de suelos al banco de materiales Banda Derecha Cordillera los Andes, San Francisco cercano a la carretera en estudio, estos fueron efectuados por la **Consultora Noel Rodríguez**.

Las muestras recibidas del Banco de Préstamo, fueron clasificadas primeramente por vista y tacto y luego definitivamente por la normativa estándar establecida por AASHTO M-145 (Clasificación de Suelos para Propósito de Construcción de Carreteras).

A continuación, se describen los resultados obtenidos de cada banco investigado.

Se realizó el ensayo de análisis granulométrico, límites de Atterberg, clasificación para propósito de construcción de carreteras según AASHTO M-145, Densidad seca máxima, humedad óptima y CBR saturado a 92,95 y 100% por el método de compactación Próctor Estándar.

Debido a que los suelos encontrados presentan características granulométricas muy finas (No cumplen con la graduación para base y sub-base, indicada en el cuadro 1003-3 de la normativa nacional, NIC-2000), ver anexos B-8, pag.XXX, por lo tanto se determinó el valor de CBR aplicando el método de compactación Próctor Estándar.

Los suelos investigados, se consideran aprovechables para otros usos, como ajuste y nivelación de capa subrasante, conformación de terraplenes, relleno de alcantarillas y ampliación de hombros a nivel de capa subrasante.

El material encontrado predominantemente en el banco de Prestamos Cordillera los Andes corresponde a una *arena limosa con poca grava*, clasificado por AASHTO M-145 como A-1-b con índice de grupo Cero; posee hasta 85% de partículas menores a 4.74 mm. (Malla No.4) y entre 10 y 20% en peso de la muestra lo constituyen *limos no plásticos*. Su Valor Soporte es 12% al 92% de compactación Próctor Estándar (AASHTO T-99). Ver Anexo B-7 (Pág XXVIII).

3.3.4. Valor de soporte del suelo (CBR).

La evaluación estructural del pavimento y según los ensayos de laboratorio permitió determinar la capacidad soporte de diseño.

3.3.4.1. Tramo Empalme Nejapa – Km 12+300

Este tramo se divide en dos sub-tramos:

Sub-Tramo Empalme Nejapa – Auto Hotel Nejapa:

Los ensayos de laboratorio de las muestras de materiales de subrasante expresan que, a excepción del sondeo efectuado al inicio del proyecto (CBR 5%), la capacidad de soporte es $CBR \geq 10\%$ y el Índice de Plasticidad de (IP) es menor a 20. Por otra parte, la capacidad de soporte de los materiales de las capas superficiales (pavimento mezclado) son superiores a CBR 100% y los valores de IP son menores que 6 (NP y 5). De tal manera que la construcción será de acuerdo con una sección típica de pavimento nuevo, para lo cual puede asumirse que la subrasante tendrá una capacidad de al menos CBR 7%, para este tramo. La estructura del pavimento debe ser tal que los espesores se correspondan con el valor asumido.

Sub-Tramo Auto Hotel Nejapa - km 12+300:

Según los resultados de laboratorio, este tramo no presenta problemas, por cuanto la subrasante exhibe capacidad soporte CBR entre 8 y 18%, con valores de IP en

general menores de 20 (exceptuando un dos sitios entre el km 10 y km 11). Las capas superficiales presentan un mínimo de CBR 87% y valores de IP menores que 6. De los resultados se puede concluir que es razonable utilizar también para este subtramo un valor soporte de subrasante para efectos de diseño de CBR 7%.

3.3.4.2. Tramo km 12+300–13+850

En cuanto a los materiales de la superficie, en toda la longitud de este tramo la capacidad soporte CBR es superior al 100%. Las capas superficiales son No Plásticas (NP) y la subrasante no presenta valores altos de plasticidad, siendo en generales menores que 20.

En la mayoría de los sitios mencionados no solamente la capa de base presenta bajos valores soporte sino también lo que debería ser la capa de sub-base. Si se omiten los valores bajos de este sub-tramo, es posible considerar el valor CBR de 7% (equivalente al percentil 85%) como valor de diseño para este tramo.

En el resto de estaciones se tomó la capacidad soporte igual a 7%, porque presentan característica similar del tramo en estudio.

El análisis de suelo y de la comprobación por medio de la guía de diseño de la AASHTO 93 y el suplemento de esta, AASHTO 98 permite evaluar el suelo tanto de la base (pavimento mezclado), como de la subrasante; según la prueba de AASHTO M 145 los tipos de suelo de la base están considerados de excelente a bueno y el CBR como excelente material de base con buena resistencia con la debida compactación.

El tipo de suelo de la subrasante, por otro lado es catalogado regular como suelo e fundación y con un CBR considerado malo.

Los datos anteriores permiten tomar medidas para contrarrestar la calidad del suelo de la subrasante, proporcionándole mayor resistencia a la base para que se le transmitan las cargas de las losas de concreto. Por otro lado con el CBR de subrasante se calcula el módulo de reacción necesario en el cálculo de espesor de pavimento.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO POR MEDIO DEL ANALISIS DE LOSAS OPTIMAS.

4.1. Generalidades sobre pavimentos rígidos.

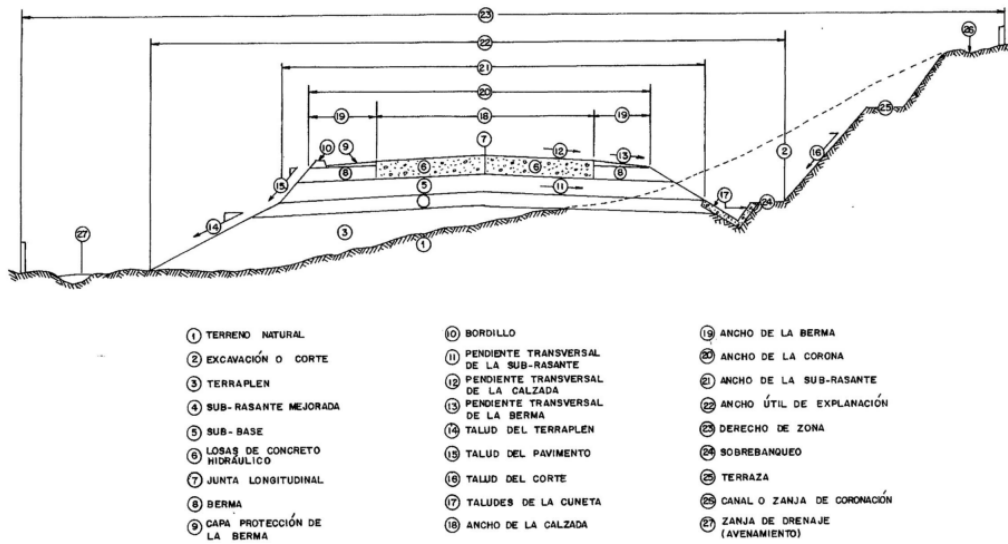
Definición de pavimento

Pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado colocado horizontalmente que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Pavimentos Rígidos.

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. En la ilustración 2 se muestra la sección típica de un pavimento rígido.

Tabla 7. Sección típica de un pavimento rígido.



Fuente: (Fonseca, 2001)

Elementos que conforman la estructura de un pavimento rígido.

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.

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. Esta debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

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 portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base.

Pendiente Transversal. Es la pendiente que se da tanto a la corona como a la banca normal a su eje. Según su ubicación con respecto a los elementos del alineamiento horizontal se pueden presentar.

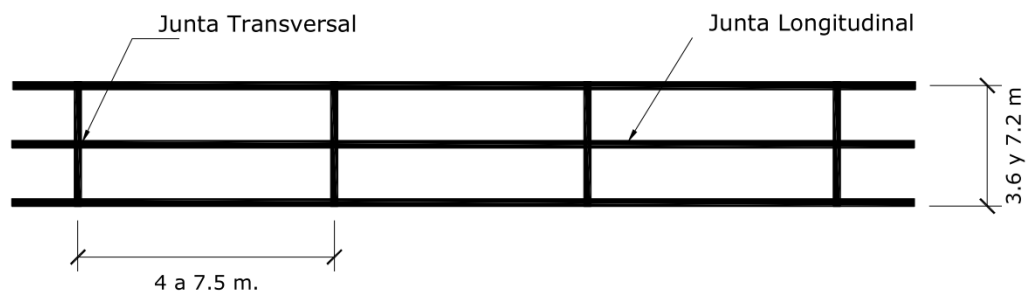
Tipología de Pavimentos Rígidos.

a) **Pavimento de Concreto hidráulico simple (JPCP):** En este pavimento el concreto asume y resiste las tensiones producidas por el tránsito y las variaciones de temperatura y humedad. Este pavimento puede llegar a contener elementos de transferencia de carga, o bien no contenerlos, cada uno con su área aplicación.

- **Sin elementos de Transferencia de Carga o simples**

Estos pavimentos han sido de aplicación común en el país tanto para tráfico ligero, como para tráfico pesado (altas solicitaciones), clima templado sugiriendo para condiciones severas de tráfico y clima un cimiento granular y/o tratado, para aumentar la capacidad soporte y mejorar la transmisión de carga, Ver ilustración 2.

Tabla 8. Juntas sin elementos de Transferencia de Carga.

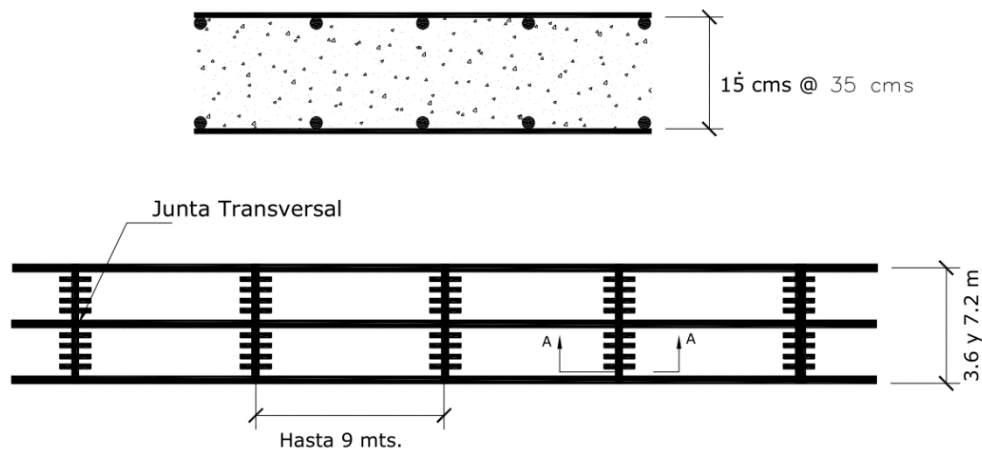


Fuente: Elaborado por sustentantes.

- **Con elementos de Transferencia de Carga o Dovelas**

Pequeñas barras de acero, que se colocan en la sección transversal, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando las condiciones de deformación en las juntas, evitando los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamiento).

Tabla 9. Juntas con elementos de Transferencia de Carga o dovelas.



- b) Pavimento de Concreto hidráulico con refuerzo discontinuo distribuido sin función estructural (JRCP).
- c) Pavimento de Concreto hidráulico reforzado continuo sin función estructural (CRCP).
- d) Pavimentos de concreto hidráulico Compactado con Rodillo (CCR).

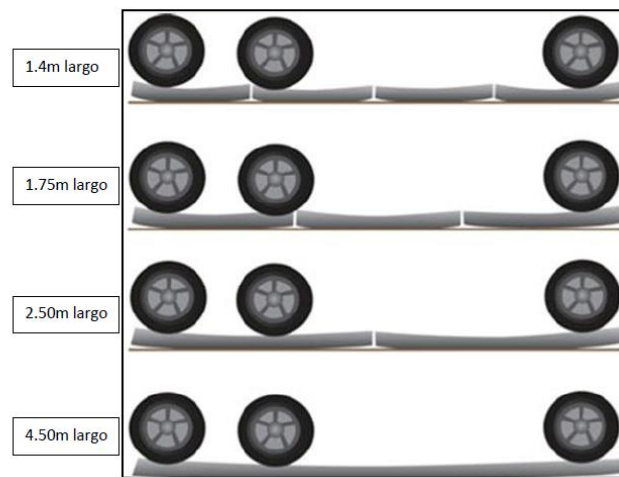
Fuente: Elaborado por sustentantes.

4.2. Metodología Diseño TCP

La tecnología TCP propone reemplazar las losas de pavimentación tradicional (AASHTO) por un sistema de losas con geometría optimizada que permiten una distribución más eficiente de la carga para evitar los problemas de agrietamiento. Normalmente las dimensiones de las losas son de 3,5m de ancho por 4m de largo, lo que implica que gran parte de la carga de un vehículo se concentre en ella generando tensión, lo cual se evita con la metodología TCP, cuyas losas no admiten más de un set de ruedas de camión a la vez.

El nuevo concepto del diseño “TCP” es que cada losa del pavimento sea cargada, en lo posible, por un set de ruedas a la vez. Esto permite reducir significativamente las tensiones superiores de la losa, ya que con esta configuración de cargas versus las dimensiones de las losas, no se produce el efecto “planchado” de estas, sino que cada losa soporta las cargas bajo las ruedas, apoyada en el suelo.

Tabla 10 Esquema lateral carga.



Fuente: Informe de diseño TCP

4.2.1. Informe de la investigación de la Universidad de Illinois.

En la Universidad de Illinois, existe un laboratorio avanzado de ingeniería e investigación en transporte, que cumple con todos los requerimientos AASHTO. El objetivo de la investigación de la universidad de Illinois, fue demostrar que al reducir las dimensiones superficiales de las losas, los esfuerzos en el pavimento se ven reducidos. Los esfuerzos en la losas de concreto son una función de las condiciones ambientales y de carga. En la investigación de la Universidad de Illinois los esfuerzos disminuyeron modificando el tamaño de las losas, desde los más comunes de 4.50 m por 3.60 m. a aproximadamente losas de 1.80 m x 1.80 m.

La tensión crítica en la superficie de la losa por la aplicación de ejes de carga en ambas direcciones en losas típicas de dimensiones aproximadamente 3.60 x 4.50 m) es calculado como se ve en la tabla siguiente.

Tabla 11. Resultados dimensiones de losa vs. Esfuerzo máximo

Esfuerzo MAX. (kg/cm ²)	Dimensión de la losa		
	Longitud (m)	Ancho (m)	espesor (m)
25.035	4.5	3.6	0.25
24.613	2.5	1.8	0.14
25.105	1.8	1.8	0.16
24.824	1.4	1.8	0.13

Fuente: Illinois Center for Transportation. Performance of concrete pavements with optimized slab geometry, Agosto 2009.

La geometría de la losa (tamaño y espesor), se modificó para lograr similares esfuerzos en tracción. Reduciendo el tamaño de la losa la carga y esfuerzos

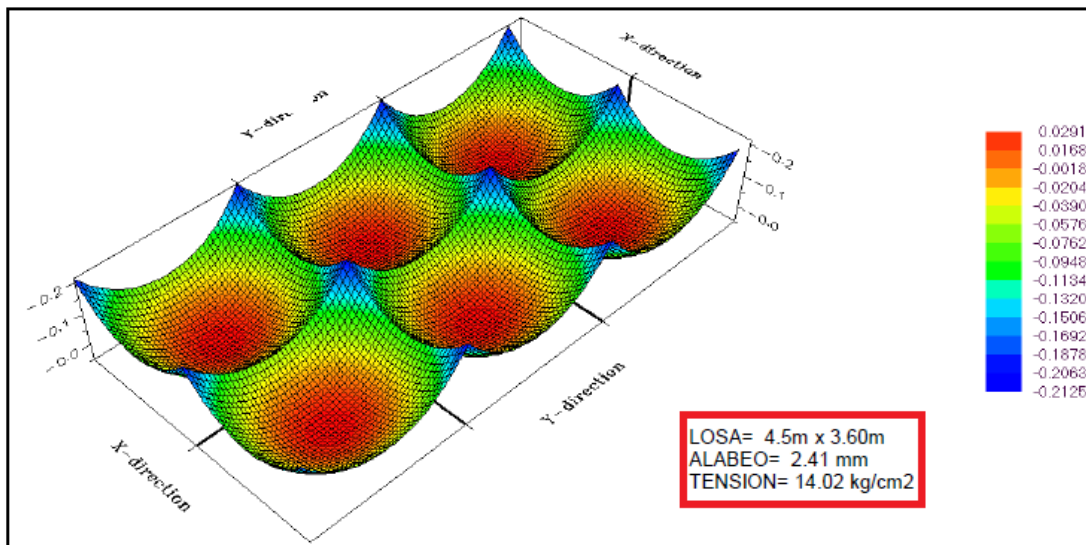
decrecen y así el espesor de la losa requerido para un nivel de tensión dada es significativamente menor.

4.2.2. Análisis con ISLAB2000.

Se realizó una comparación por medio del programa ISLAB200, entre los esfuerzos resultantes por la aplicación de cargas en losas de concreto de distintas dimensiones, y propiedades similares, para obtener la misma vida útil, de los cuales se obtuvieron valores similares a los presentados por la universidad de Ilionis. Ver anexo C-5 Pág. XXXVII.

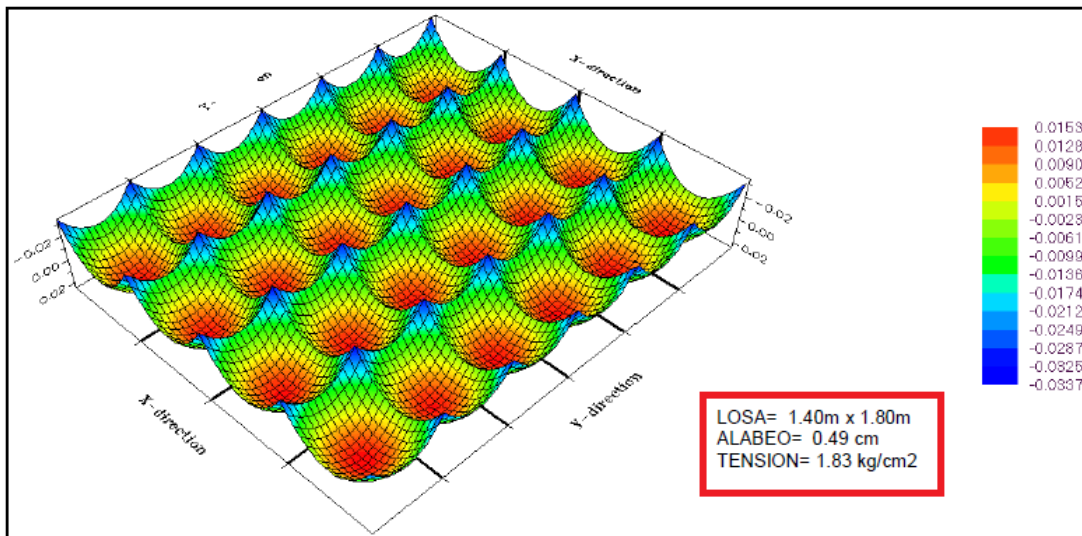
Los resultados obtenidos en ISLAB200 sobre las diferentes deformaciones (alabeo) entre los distintos tamaños de losa se muestran en la siguiente figura así como las tensiones por peso propio que estas deformaciones generan en la losa.

Tabla 12. Esfuerzos en losa con dimensiones 4.50 x 3.60 m



Fuente: Resultados de ISLAB 2000

Tabla 13. Esfuerzos en losa con dimensiones 1.40 x 1.80 m



Fuente: Resultados de ISLAB 2000

Se puede apreciar que losas de menos de 3 metros de dimensión tienen un alabeo considerablemente menor y por lo tanto las tensiones generadas son menores.

4.2.3. Diseño de espesor con OptiPave V2.

TCP ha creado un programa de diseño de espesores, llamado OptiPave, un programa mecanicista empírico que incluye modelos de deterioro y que permite diseñar todo tipo de proyectos con diversas características. Creado en Chile y calibrado por el estudio de la Universidad de Illinois, Estados Unidos. Este programa realiza los cálculos con parámetros también utilizados por la AASHTO.

Para poder entrar al programa es necesario conocer esos parámetros los cuales se describen a continuación:

4.2.3.1. Tráfico de Diseño.

El Ministerio de Transporte e Infraestructura realizó estudios de tráfico para el proyecto, por medio de aforos efectuados en diferentes estaciones de conteo volumétrico.

En cuanto a la composición del tráfico, es notorio que la participación de los vehículos pesados fue muy variable a lo largo de la carretera. De tal manera que las estaciones con mayor tráfico diario presentaron menor participación de tráfico pesado y las estaciones de menor tráfico, registraron mayor cuota de vehículos pesados.

En la estación No. 6 los camiones articulados representaron una presencia importante, esto es debido a que por las malas condiciones físicas del rodamiento del tramo Empalme Izapa – Empalme Nejapa, el transporte inter centroamericano, hacía uso del corredor Izapa – Las Piedrecitas, a pesar de los inconvenientes que ellos significaba, mayor tiempo de viaje, mayores costos de operación, mayor índice de riesgos de accidentes y la incomodidad que representaba el cruce de las zonas urbanas, sobre todo la de Managua, lo cual se refleja en el resultado de la encuesta OD realizada en esta estación.

Utilizando los factores de equivalencia de carga y otros relacionados con los vehículos livianos y con otros vehículos pesados que no tienen mayor participación porcentual en el tráfico total, se estimaron las cargas de tráfico para el diseño.

Se utilizaron las proyecciones de tráfico calculadas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), para un escenario de “crecimiento alto” y se consideró que la carretera entraría a servicio a partir del año 2013, por lo que el tráfico total en el periodo de diseño de 20 años, es el acumulado hasta el año 2033.

Tabla 14. Factores de Equivalencia de ESAL para cada tipo de vehículo.

Tipo de Vehículo	Factor de Equivalencia ESAL
Buses	0.9
Camión Liviano C-2	0.5
Camión C-2	1.33
Camión C-3	1.69
T3-S2	3.02
T3-S3	3.82
T2-S2	1.86

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Empalme Nejapa – Empalme Puerto Sandino

El valor de carga de tráfico en ESAL de diseño es de 11, 604,317 (Ver anexo C-1 Pág. XXXII).

4.2.3.2. CBR de Diseño.

La evaluación estructural del pavimento y según los ensayos de laboratorio permitió determinar la capacidad soporte de diseño igual a 7%.

4.2.3.3. Base estabilizada con cemento.

La base fue reciclada y estabilizada al 4% con cemento, con una resistencia a la compresión de 2.8Mpa, esto con el propósito de suministrar una capa de apoyo a la losa de concreto hidráulico y con un espesor de 15 cm.

El procedimiento para el diseño de mezclas de base estabilizada, se resume de la siguiente forma:

- Se determinó la granulometría del material a estabilizar.
- Se seleccionó un contenido de cemento inicial.

- Se ejecutaron pruebas de humedad-densidad.
- Se realizaron ensayos de resistencia a compresión.
- Se seleccionó el contenido óptimo de cemento.

El informe ACI 230.1R recomienda una serie de porcentajes de cemento en función del tipo de suelo que se han reproducido en la siguiente tabla.

Tabla 15. Requerimientos típicos para varios grupos de suelo.

AASHTO	USCS	Rango típico de cemento (% en peso)	Contenido típico de cemento para prueba de humedad-densidad (% en peso)	Contenido típico de cemento para pruebas de durabilidad (% en peso)
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM	3-5	5	3-5-7
A-1-b	GM, GP, SM, SP	5-8	6	4-6-8
A-2	GM, GC, SM, SC	5-9	7	5-7-9
A-3	SP	7-11	9	7-9-11
A-4	CL, ML	7-12	10	8-10-12
A-5	ML, MH, CH	8-13	10	8-10-12
A-6	CL, CH	9-15	12	10-12-14
A-7	MH, CH	10-16	13	11-13-15

Fuente: Informe de ACI

Se puede observar que para el tipo de suelo presente en los tramos en estudio; grupo A-1, subgrupo A-1-a predominantemente, el porcentaje obtenido es adecuado.

Se determinó el 4% eligiendo una muestra objetiva para obtener la resistencia deseada, por medio de diferentes muestras con diferentes porcentajes.

Losa de Concreto Sobre Base Estabilizada con Cemento.

- Mejorar la fundación del pavimento en aquellos sitios donde la subrasante presenta valores soporte muy bajos y, además, se encuentra muy cerca de la superficie del pavimento. Este mejoramiento se realizó por medio de la remoción de material existente y reposición con material de mejor calidad.
- Se Recicló la superficie bituminosa existente y una parte de la capa de base y se estabilizó todo este material con cemento, para proveer a la losa de concreto con una plataforma de apoyo adecuada. Esta solución se efectuó en toda la longitud del proyecto.

4.2.3.4. Módulo de Reacción del Suelo (K)

La resistencia a la subrasante se obtiene mediante el módulo de reacción del suelo (K) por medio de la prueba de placa.

El módulo de reacción del suelo corresponde a la capacidad portante que tiene el terreno natural en donde se soportará el cuerpo del pavimento.

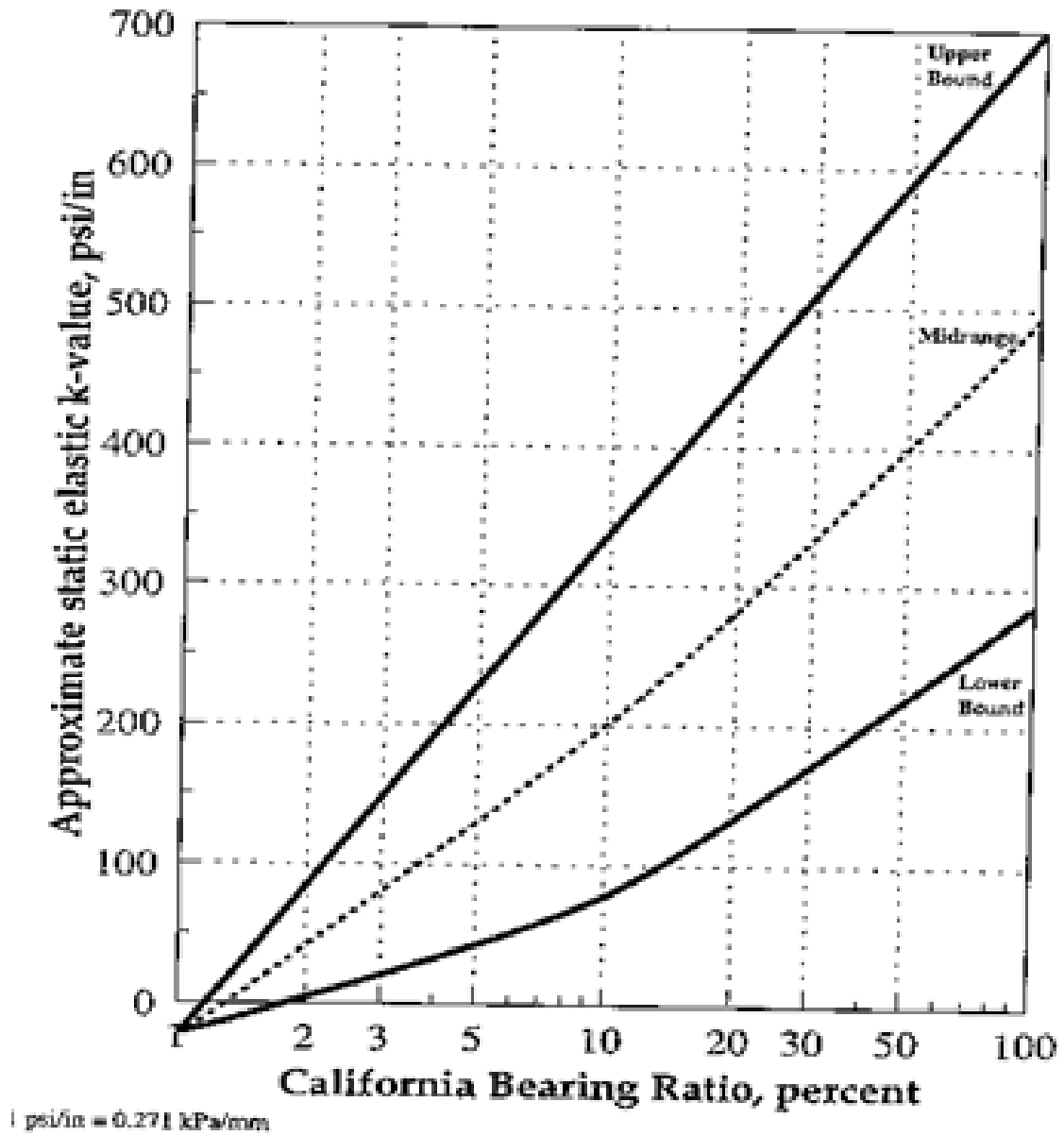
El valor del módulo de reacción se puede obtener directamente del terreno mediante la prueba de placa ASTM D1195 Y D1196.

El resultado de la prueba indica la característica de resistencia que implica la elasticidad del suelo. Esto es igual al coeficiente del esfuerzo aplicado por una placa entre las deformaciones correspondientes, producida por este esfuerzo.

Dado que la prueba de placa es tardada y cara, el valor de k, se estimó por correlación a una prueba simple, tal como la Relación de Soporte de California (CBR). El resultado es válido ya que no se requiere una determinación exacta del valor de k; las variaciones normales de un valor estimado no afectan apreciablemente los requerimientos del espesor del pavimento.

En el siguiente gráfico se reproduce la correlación propuesta por el Suplemento a la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 1998 usada para determinar el módulo estático elástico de reacción de la sub rasante de acuerdo con los valores de resistencia CBR. Para los valores del módulo dinámico de reacción de la sub rasante es aceptado usar un valor del doble del módulo estático.

Ilustración 4 Relación aproximada del Valor de K con el CBR



Fuente: Suplemento de Guía AASHTO 98 (AASHTO, 98)

El valor de K para el diseño es de 150 PCI; 40.7 MPA/m

Como complemento, el Suplemento a la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 1998 presenta una tabla con los valores recomendados del CBR y del valor de K en relación a los tipos de suelos. Esto se presenta en el Anexo C-2 Pág. XXXIII.

4.2.3.5. Confiabilidad R.

Teniendo en cuenta el notable desempeño que han demostrado los pavimentos de concreto, sobreviviendo muy por encima del periodo para el que han sido diseñados, la confiabilidad para esta alternativa puede ser asumida en el orden de R=80%.

4.2.3.6. Error estándar combinado, S

Los valores típicos de esta variable para pavimentos rígidos son 0.35 a 0.40. Se asumió un valor de 0.35.

4.2.3.7. Pérdida de “serviciabilidad”, $\Delta PSI = p_o - p_t$

El nivel de serviciabilidad inicial para pavimentos rígidos es un poco superior al de pavimento flexible (según valores del campo de pruebas AASHTO). La guía recomienda un valor terminal de 2.5 o superior, para carreteras principales. En este caso p_o se asumió igual a 4.5 y serviciabilidad final igual a 2.5 (Sección 2.2.1, Guía de Diseño AASHTO 93).

4.2.3.8. Módulo elástico del concreto, E_c

Está relacionado con su módulo de ruptura y se determina mediante la norma ASTM C469. Se utilizó en las estimaciones de espesores un valor de 30,250 MPA.(Sección 2.3.3 Guía de Diseño AASHTO 93).

4.2.3.9. Módulo de ruptura del concreto a flexión, $S'c = MR$

La resistencia del concreto a la flexión es el factor que controla el diseño del pavimento. Para la determinación de espesores de losa, se utilizó el Módulo de Ruptura promedio a los 28 días (prueba AASHTO T97) de 650 psi; 4.5 MPA. (Sección 2.3.4, Guía de Diseño AASHTO 93).

4.2.3.10. Coeficiente de transferencia de carga, J.

Este factor se utiliza en el diseño de pavimentos rígidos para tener en cuenta la capacidad de la estructura del pavimento de transferir o distribuir cargas a través de las discontinuidades del pavimento, tales como las juntas. El uso de pasajuntas o dovelas se refleja en un menor valor de J. En general, para tráfico pesado, se requiere la provisión de dovelas en las juntas, para prolongar la vida del pavimento.

De igual manera, la provisión de hombros (time shoulders) o carriles ampliados induce a la reducción de J, debido a la reducción de esfuerzos de borde en las losas.

La Tabla 2.6 de la Guía de Diseño de la AASHTO 93 presenta los valores de coeficiente de carga recomendados.(Sección 2.4.2).

En el diseño de las losas de concreto, presentadas en este Informe, se considera que:

- J = 3.4 se utiliza en los cálculos de espesores (la Tabla 2.6 de la Guía de la AASHTO 93) (AASHTO, 93).

4.2.3.11. Coeficiente de drenaje, C

Los valores recomendados de coeficiente de drenaje se presentan en la Tabla 2.5 de la Guía. La Guía de Diseño de la AASHTO 93 recomienda que cuando se carezca de suficiente información, se utilice un valor de 1.0 para este coeficiente. (Sección 2.4.1).

En la siguiente tabla se concentran los datos calculados de las diferentes variables para poder ejecutar el programa Optipave.

Tabla 16. Valores para el diseño de espesores.

Nombre de variables	Variables (Unidad)	Valor de la variable
Módulo de Reacción del Suelo	K=Mpa/m	40.71
Módulo de Elasticidad del Concreto	Ec=Mpa	30250
Módulo de Ruptura	MR=Mpa	4.5
Coeficiente de Transferencia de Carga	J=Adimensional	3.4
Coeficiente de Drenaje	C=Adimensional	1
Perdida de Serviciabilidad	Δ =Adimensional	2
Confiabilidad	R=%	80
Desviación Estándar	S=Adimensional	0.35
Carga Equivalente	ESAL's =kip 10	11604317

Fuente: Elaborado por sustentantes.

El espesor determinado por el programa de diseño OptiPave V2.0, con los valores del proyecto fue de **18 centímetros**.

El reporte generado por el programa se presenta en el anexo C-4 Pág. XXXV-XXXVI.

4.3. Tipos de juntas.

El espaciamiento de las juntas permite mantener los esfuerzos de flexión dentro de límites seguros y previenen la formación de grietas irregulares o erráticas.

A continuación se presenta una tabla con los tipos de juntas por función y geometría y las utilizadas en el proyecto.

Tabla 17 Tipos de Juntas.

Por Geometría	Por función		
	Construcción	Contracción	Aislamiento
Longitudinales	Acero corrugado	Acero corrugado	
transversales	Acero liso	Acero liso	puede llevar dovelas

Fuente: Elaborado por sustentantes.

4.3.1. Juntas longitudinales de construcción.

Se colocaron al final de la colada antes de colocar la otra banda. En estas juntas, se colocaron barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas.

Estas se instalaron de forma perpendicular a la junta longitudinal, con la separación 60 centímetros. En la tabla siguiente se presentan indicaciones generales para el dimensionamiento de las barras, deben quedar

aproximadamente a mitad del espesor de la losa y en forma paralela la superficie del pavimento.

Tabla 18. Dimensiones y espaciamiento de las barras de amarre en losas de concreto.

Espesor de losa (cm)	Diámetro (pulg)	Tamaño de barra de amarre (cm)	Distancia al extremo libre (cm)			
			3.05	3.66	4.27	7.32
12.7	1/2	61	76	76	76	71
14	1/2	64	76	76	76	64
15.2	1/2	66	76	76	76	58
16.5	1/2	69	76	76	76	53
17.8	1/2	71	76	76	76	51
19.1	1/2	74	76	76	76	46
20.3	1/2	76	76	76	76	43
21.6	1/2	79	76	76	76	41
22.9	5/8	76	91	91	91	61
24.1	5/8	79	91	91	91	58
25.4	5/8	81	91	91	91	56
26.7	5/8	84	91	91	91	53
27.9	5/8	86	91	91	91	51
29.2	5/8	89	91	91	91	48
30.5	5/8	91	91	91	91	48

Fuente: Guía básica para la construcción de pavimentos de concreto hidráulico de instituto nicaragüense del cemento y concreto.

Para el proyecto se usaron barras de acero corrugado de ½ pulgada de diámetro con 80 centímetros de longitud.

4.3.2. Juntas transversales de construcción o Dovelas.

Se colocaron a mitad del espesor, y se le colocaron dovelas de acero liso. Para colocarse se insertó la barra en el concreto. El diámetro de las dovelas debe fue de 7/8 pulgada, con una longitud de 45 centímetros. En la siguiente tabla se presentan los diferentes diámetros de las dovelas según el espesor de la losa.

Tabla 19 Dimensiones comunes en dovelas.

Espesor de losa (cm)	Diámetro de dovelas (pulg)	Longitud de dovela (cm)
12.5	5/8	30
15	3/4	36
18	7/8	36
20	1	36
23	1 1/8	40
25	1 1/4	46
28	1 3/8	46
31	1 1/2	51

Fuente: Guía básica para la construcción de pavimentos de concreto hidráulico de instituto nicaragüense del cemento y concreto.

4.3.2.1. Juntas longitudinales de contracción.

Estas juntas evitan que el agrietamiento sea aleatorio, por efectos de las contracciones ya sean plásticas por secados, o por temperatura que son las que se presentan a las primeras horas del concreto.

Estas juntas se usan principalmente en losas cortas. No se puso acero en estas juntas. Como alternativa al uso de este en estas juntas, se utilizaron pines.

4.3.3. Juntas transversales de contracción.




Van transversales al eje de la vía, para el diseño del proyecto no se puso acero liso.

4.3.4. Juntas de aislamiento.

Son menos comunes, se usan para aislar el pavimento de otras obras fijas como manjoles o cajas de registro entre otras ya que el movimiento de estas es distinto del que tiene el pavimento y de no ponerse pueden romper el concreto. En el tramo en estudio no se utilizaron estas juntas.

En la siguiente página se presenta un esquema de los espesores del pavimento.

Ilustración 5. Estructura De Pavimento Rígido Tramo Empalme Nejapa 8+940- Planetario 13+850, NIC-12

Estructura Especificada en Pavimento Rígido	
Losas Cortas de Concreto	 18.0 cm
Base Reciclada Estabilizada con cemento	 15.0 cm
Sub rasante	
Espesor de Pavimento de Concreto:	18.0 cm
Periodo de diseño:	20 años
Total de Ejes Equivalentes para periodo de diseño:	11,604,317.00
Confiabilidad:	80%
Desviacion:	0.35
Modulo de Ruptura:	4.50 Mpa
Modulo de elasticidad:	30,250.00 Mpa
Transferencia de Carga:	3.4
Modulo de reaccion de sub-rasante, K:	40.71 Mpa/m
Coefficiente de drenaje:	1
Servicialidad Inicial:	4.50
Servicialidad Final:	2.50

Fuente: Elaborado por sustentantes.

4.4. Evaluación del diseño con el programa de elemento finito EverFE.

Se utilizó este programa para comprobar los esfuerzos máximos a los que estará sometido el pavimento así como para verificar la resistencia del concreto a usada, debido a que el programa Optipave, ya posee en su base de datos, dicha relación. Esta es obtenida por medio de la realización de simulaciones y ensayos en el AASHTO Road Test, por esto se conoce a este diseño de pavimento mecánico – empírico.

Para conocer estos esfuerzos, se tomaron los ejes de los vehículos (simples, tándem y trídem) que pasaran por la vía durante toda su vida útil. Una vez conocido estos esfuerzos, se dividen entre el módulo de ruptura del concreto para conocer la relación de esfuerzos existente.

Posteriormente se entró a una gráfica que presenta una curva de deterioro en la que se comparó la relación de estos esfuerzos y se determinó un número de pasadas por ejes admisibles para ese valor.

El número de pasadas admisibles por ejes obtenido se compara con el número de pasadas estimadas de ejes que transitaran sobre la vía durante toda su vida útil.

A continuación se presenta una tabla con el número de pasadas estimadas durante la vida útil del proyecto por tipo de vehículo y eje.

Tabla 20. Tipo vehículos y pasadas estimadas por eje.

Tipo de eje	Bus	9	C3	T3S2	T3S3	T2S2	Total de pasadas estimadas por eje, durante toda la vida útil del proyecto.
Simple (5ton)	1,957,495	2,619,240	467,565	14,053,395	3,076,220	217,905	22,392,020
Simple (10ton)	1,957,495	2,619,240	0	0	0	217,905	4,794,640
Tandem (16ton)	0	0	467,565	28,107,190	3,076,220	217,905	31,868,880
Tridem (20ton)	0	0	0		3,076,220	0	3,076,220

Fuente: Elaborado por sustentantes.

4.4.1. Determinación de esfuerzos en las losas por ejes.

A continuación se presentara la creación de los modelos de prueba, en estos se realizó una configuración de 4 losas (3X3) que están en una sola capa de base y que se somete a una carga de eje de rueda, generando la solución interpretando los resultados de la simulación.

Las pruebas se realizaron con las dimensiones de losas del proyecto, con una superficie geométrica cuadrada, con una longitud de 180 cm, con un espesor de 18 cm y con 15 centímetros de base.

Ejes simples

Ilustración 7. Eje simple 5 ton (50KN).

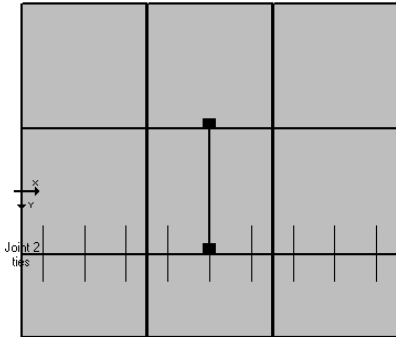
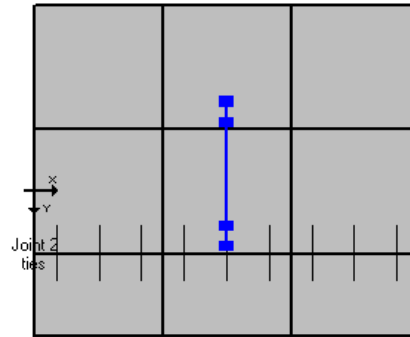
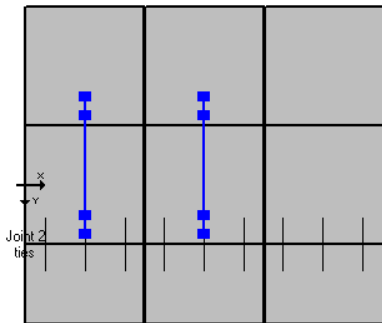


Ilustración 6. Eje simple 10 ton (100KN).



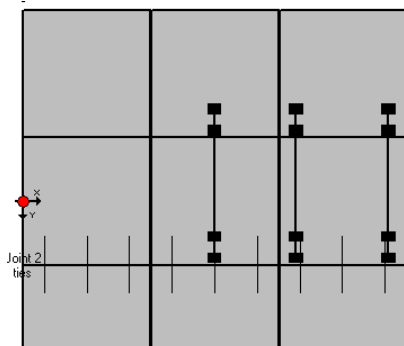
Eje Tándem.

Ilustración 8. Eje Tándem 16 ton (160KN)



Eje Tridem.

Ilustración 9. Eje Trídem 20 ton (200KN).



4.4.2. Resultado del programa.

Los siguientes gráficos muestran los esfuerzos generados en las losas de concreto.

Para los ejes simples.

Ilustración 11. Diagrama de esfuerzos, respuesta superficial de la losa. (5ton).

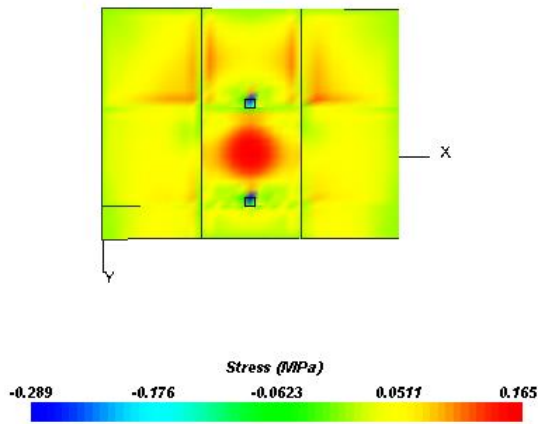


Ilustración 10. Diagrama de esfuerzos, respuesta inferior de la losa. (5 ton).

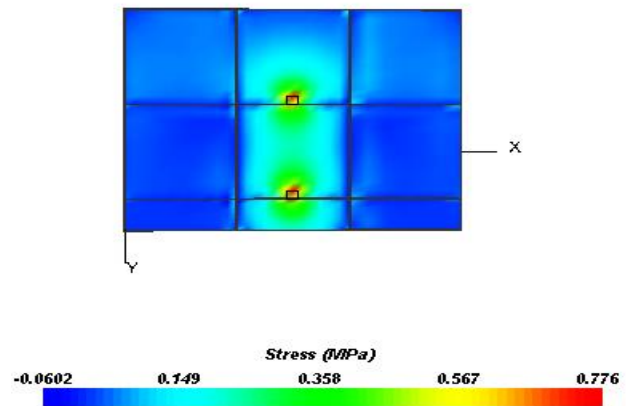


Ilustración 12. Diagrama de esfuerzos, respuesta superior de la losa. (10ton).

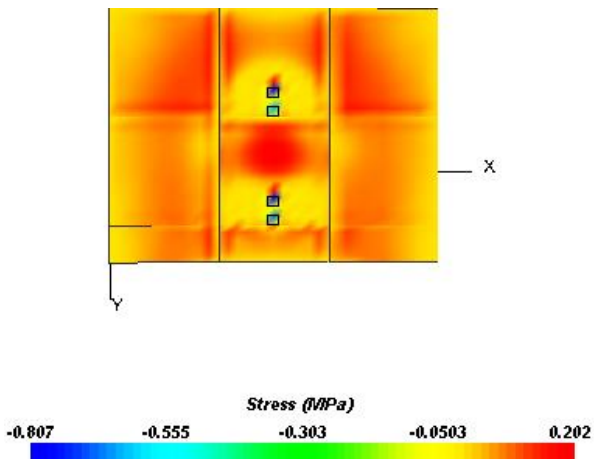
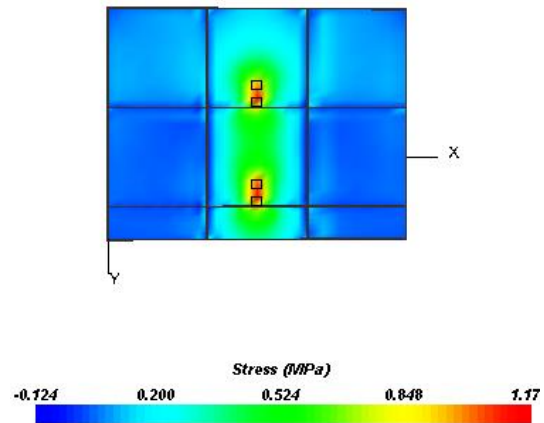


Ilustración 13. Diagrama de esfuerzos, respuesta inferior de la losa. (10ton)



Para los ejes Tándem.

Ilustración 15. Diagrama de esfuerzos, respuesta superficial de la losa. (16ton).

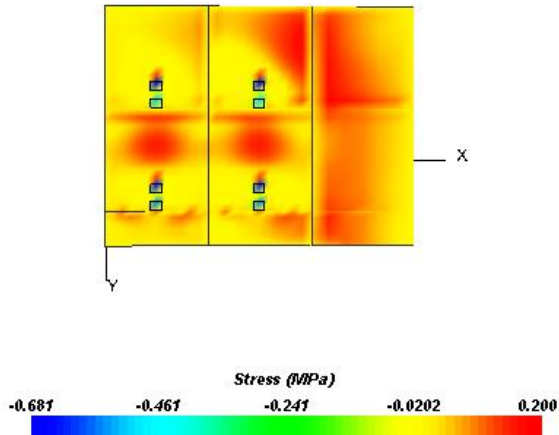
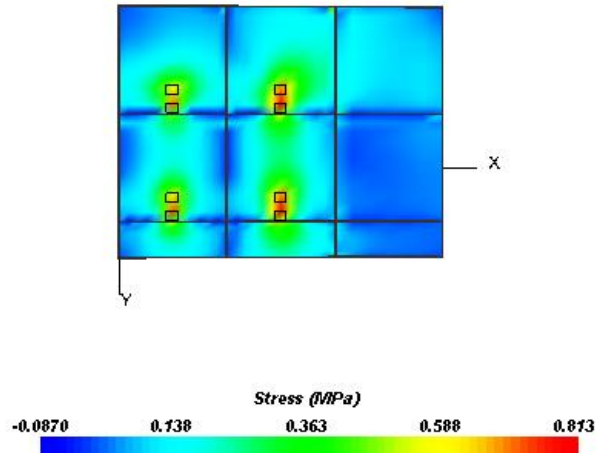


Ilustración 14. Diagrama de esfuerzos, respuesta inferior de la losa.(16ton).



Para los ejes Trídem.

Ilustración 16. Diagrama de esfuerzos, respuesta superficial de la losa. (20ton).

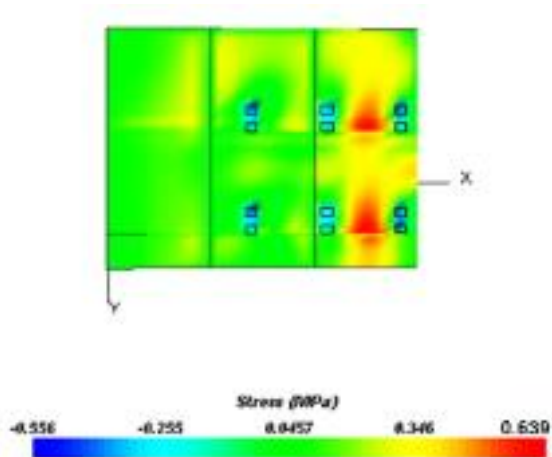
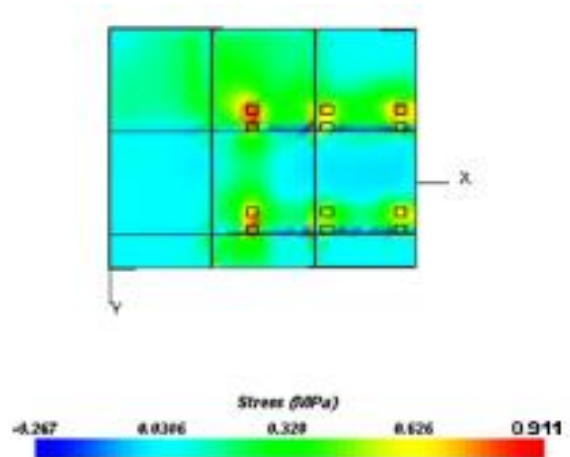


Ilustración 17. Diagrama de esfuerzos, respuesta inferior de la losa. (20ton).



Los esfuerzos máximos encontrados para cada tipo de eje y carga a la que estará sometido el pavimento, se presentan en la tabla 14.

Tabla 21. Esfuerzos máximos calculados en Everfe.

Esfuerzos obtenidos	Ejes Simples		Eje Tándem	Eje Trídem
	5 Toneladas	10 Toneladas	16 Toneladas	20 Toneladas
Esfuerzo máx. superficie de la losa (Mpa)	0.165	0.202	0.2	0.639
Esfuerzo máx. interior de la losa (Mpa)	0.776	1.173	0.813	0.911

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En la tabla se puede observar que el mayor esfuerzo obtenido, es el generado por el eje simple de 10 toneladas, esto se debe a que a pesar de tener menos ejes y llantas se concentra la carga en un área menor.

Para conocer la relación de esfuerzos se toman los esfuerzos máximos en el interior de la losa y se dividen entre el módulo de ruptura. El resultado se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 22. Relación de esfuerzos.

Esfuerzo máx. fondo del espesor de la losa (Mpa)	Módulo de Ruptura (Mpa)	Relación de esfuerzos = esfuerzo máx./MR
0.776	4.5	0.172
1.173	4.5	0.261
0.813	4.5	0.181
0.911	4.5	0.202

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

4.4.3. Curva de verificación o deterioro por relación de esfuerzos.

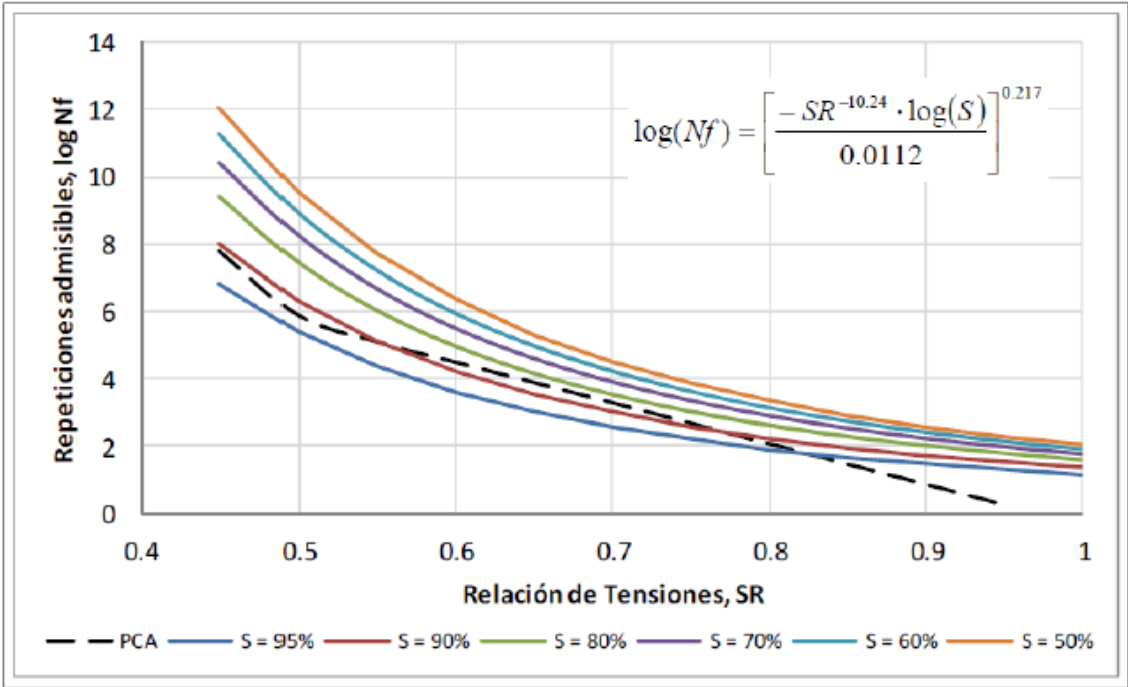
Para conocer el número de pasadas por ejes admisibles en la vía a lo largo de su vida útil se utiliza una curva de verificación la cual fue desarrollada por American Concrete Pavement Association (ACPA), con el objetivo de mantener los esfuerzos del pavimento, producidos por la acción repetitiva de cargas, dentro de los límites de seguridad y con ello prevenir el agrietamiento por fatiga.

La ACPA mejoró el modelo de Fatiga de la PCA, incluyendo la confiabilidad como parámetro para la predicción de la fisuración en pavimentos de hormigón. De esta manera, a diferencia del método de la PCA, en el cual existía una única curva de fatiga.

En la siguiente figura se representa el modelo de Fatiga ACPA, junto con la representación de una serie de curvas correspondientes a distintos valores de Confiabilidad.

También se encuentra representada la curva de la PCA, en la cual puede observarse que, en el rango de relación de tensiones usualmente empleado en las verificaciones (0,5 a 0,8), la misma resulta muy similar a la curva correspondiente a la del 90% de Confiabilidad del Modelo ACPA.

Ilustración 18. Curva de deterioro.



Fuente: Programa de dimensionamiento de pavimento de hormigón/concreto.

Como se observa en la gráfica, la relación de tensiones inicial es de 0.4 y los resultados de las relaciones de esfuerzos son menores a 0,3 por lo que dichos rangos se encuentran en la parte de la curva que tiende hacia el infinito.

Lo anterior indica que por la vía puede pasar ilimitados números de vehículos con los tipos de ejes analizados con el software EverFE y no producirá fatiga a la estructura ya que los esfuerzos producidos serán soportados satisfactoriamente con el módulo de ruptura del concreto.

CAPÍTULO V: EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA.

5.1. Actividades Planificadas.

Para la ejecución del tramo en estudio se presupuestaron 63 actividades, divididas en etapas y subetapas (Ver anexo D-1, pág. XXXVIII-XL).

Las actividades iniciales que tuvieron un monto mayor al 10% de valor contractual del tramo en estudio fueron Pavimento de Concreto Hidráulico, 0.18 m de espesor, MR=45 kg/cm² con valor del 55.94% y Base Estabilizada, 4% de cemento portland espesor 0.15 mt con valor del 13.74%, teniendo una sumatoria del 69.67% del monto total equivalente a **C\$ 86, 250,058.25**(Ochenta y Seis Millones Doscientos Cincuenta Mil Cincuenta y Ocho Córdoba con 25/100).

Una de las actividades de mayor relevancia, para la ejecución del tramo en estudio es el Reciclaje de Carpeta Existente para Base, ya que esta se utilizó para la estabilización de la misma esto significó construir la carretera en menor tiempo, costo de reducción de acarreo del banco al sitio de la obra y con un menor impacto al medio ambiente, debido a la eliminación de explotación de banco.

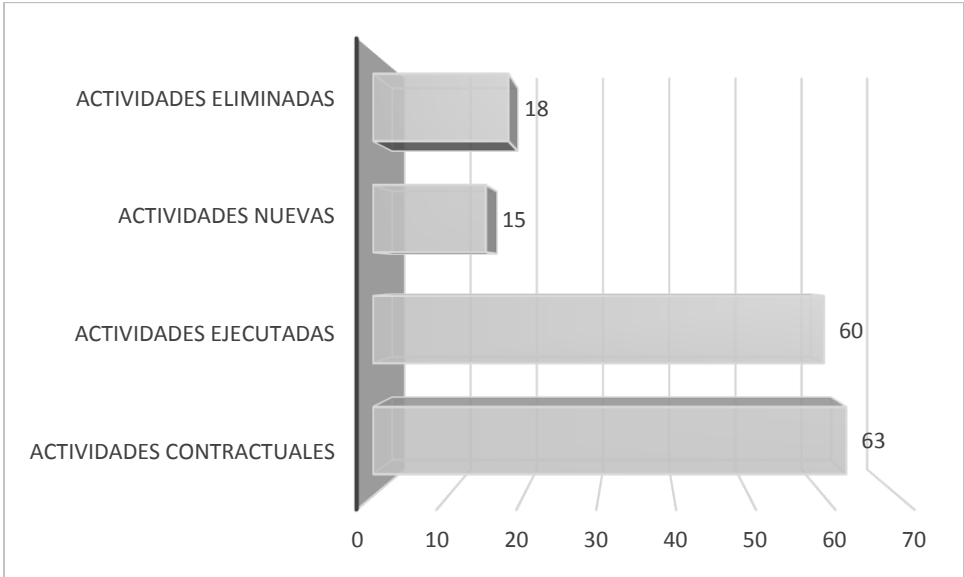
5.2. Orden de Cambio.

El total de actividades ejecutadas sufrieron cambios en las cantidades de obras, generando lo que se conoce como ordenes de cambios, estos sirven para modificar las cantidades contractuales y agregar nuevas actividades.

En la ejecución de este proyecto se realizaron 4 órdenes de cambio, legalizando las variaciones y aumento de cantidades de obra por medio de dos acuerdos

suplementarios. En la siguiente ilustración se podrá visualizar las variaciones de las cantidades de actividades que comprendía la ejecución del tramo en estudio.

Ilustración 19. Variaciones de las cantidades de actividades en el proceso de ejecución del tramo en estudio.



5.2.1. Actividades Suprimidas.

Durante el proceso de ejecución y el ajuste presupuestario fue necesario la revisión de algunas actividades suprimiendo algunas de estas, ya que en el proceso de ejecución se agregaron nuevas actividades que tuvieron los mismos objetivos de las suprimidas en un menor costo.

A continuación se presenta tabla con las actividades suprimidas.

Tabla 23. Actividades Suprimidas en Proceso de Ejecución

Código	Concepto de obra
SUB TRAMO 1.1: 8+940 - 10+000	
SEÑALIZACION	
802(2)	Marcas de Pavimento Tipo I (Símbolos, Letras, y Sendas Peatonales)
MISCELANEOS	
923(1A)	Entradas a Calles y Propiedades
MONITOREO AMBIENTAL	
941(1)	Talleres de Educación Vial-Ambiental
947(2)	Talleres de Higiene y Seguridad Ocupacional
915 (9B)	Siembra de Plantas
945(1)	Reuniones Comunitarias sobre las Obras
947(1)	Jornadas de Vigilancia Epidemiológica
	Señales Ambientales Verticales
	Elaboración PGA Bancos de Materiales
SUB TRAMO 1.2 Estación 10+000 –13+850	
MONTOS FIJOS (Trabajos por Administración)	
MOVIMIENTO DE TIERRA	
703(2)	Tragantes
703(2A)	Tragantes de Ventana
SEÑALIZACION	
802(1A)	Marcas de Pavimento Tipo I (Discontinuas)
802(2)	Marcas de Pavimento Tipo I (Símbolos, Letras, y Sendas Peatonales)
MISCELANEOS	
923(1A)	Entradas a Calles y Propiedades
MONITOREO AMBIENTAL	
947(1)	Jornadas de Vigilancia Epidemiológica
	Señales Ambientales Verticales

Fuente: Elaborado por sustentantes

El monto total de estas actividades se detallaran en la siguiente tabla

Tabla 24. Detalle de Costo de Actividades Suprimidas

Código	Concepto de obra	Cantidad	Costos unitarios	Costo total
SUB TRAMO 1.1: 8+940 - 10+000				
802(2)	Marcas de Pavimento Tipo I (Símbolos, Letras,	18.746421	246.89	4,628.30
923(1A)	Entradas a Calles y Propiedades	1.874642	60,988.75	114,332.08
941(1)	Talleres de Educación Vial-Ambiental	0.156220	118,007.50	18,435.15
947(2)	Talleres de Higiene y Seguridad Ocupacional	0.156220	118,007.50	18,435.15
915 (9B)	Siembra de Plantas	78.110086	203.01	15,857.13
945(1)	Reuniones Comunitarias sobre las Obras	0.156220	59,003.76	9,217.58
947(1)	Jornadas de Vigilancia Epidemiológica	0.156220	32,068.53	5,009.75
	Señales Ambientales Verticales	0.781101	4,074.30	3,182.44
	Elaboración PGA Bancos de Materiales	0.156220	56,119.93	8,767.07
SUB TRAMO 1.2 Estación 10+000 -13+850				
703(2)	Tragantes	3.280624	21,252.51	69,721.49
703(2A)	Tragantes de Ventana	11.247852	18,117.32	203,780.94
802(1A)	Marcas de Pavimento Tipo I (Discontinuas)	4,686.605154	15.71	73,626.57
802(2)	Marcas de Pavimento Tipo I (Símbolos, Letras,	167.219634	247.47	41,381.84
923(1A)	Entradas a Calles y Propiedades	23.433026	60,988.75	1,429,150.95
947(1)	Jornadas de Vigilancia Epidemiológica	0.156220	80,171.33	12,524.38
	Señales Ambientales Verticales	0.468661	4,074.30	1,909.46
Subtotal				C\$ 2,029,960.27
Impuesto Municipal (1%)				C\$ 20,299.60
IVA (15%)				C\$ 304,494.04
Total				C\$ 2,354,753.92

Fuente: Elaborado por sustentantes

El monto total de estas actividades eliminadas representas el 2% del valor total del tramo en estudio.

5.2.2. Actividades Incorporadas.

Como se mencionó anteriormente en el transcurso de la obra se agregaron nuevas actividades, ya que se buscaba mejorar el diseño de la carretera, con el objetivo de aumentar la seguridad vial debido a la demanda de la población. Dichas actividades se mostrarán en la siguiente tabla.

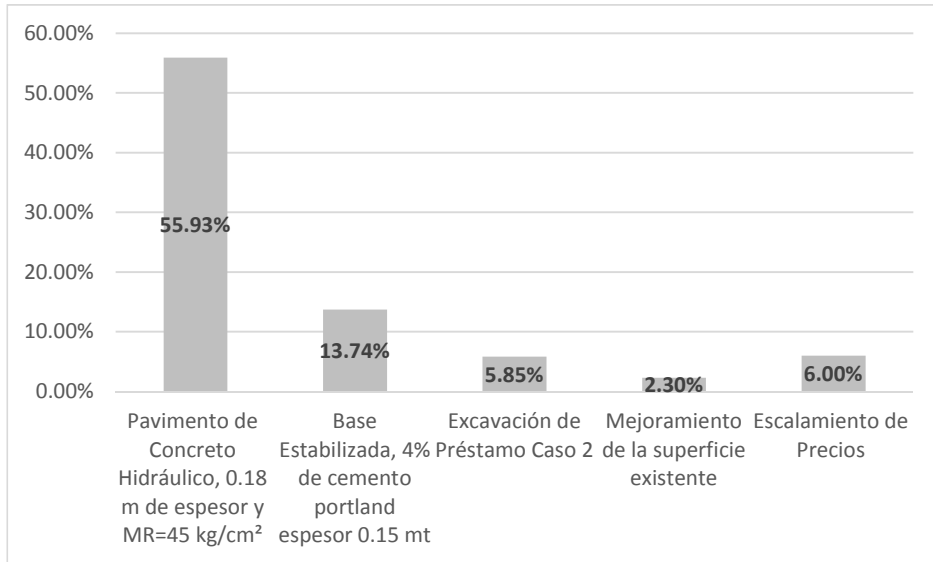
Tabla 25. Detalle de Actividades Incorporada.

Código	Concepto de obra	Cantidad	Costos unitarios	Costo total
SUB TRAMO 1.1: 8+940 - 10+000				
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
304(2A)	Base Estabilizada, 4. % de cemento portland espesor 0.15 mt	3,247.99	2,021.41	6,565,519.47
	Mezcla Asfáltica en Caliente	74.67	8,850.20	660,844.43
SEÑALIZACION				
914(4)	Postes Guia	16.00	1,812.30	28,996.80
MISCELANEOS				
904(2)	Andenes de concreto con f'c= 175 Kg/cm ²	399.46	9,857.13	3,937,529.15
905(1A)	Bordillo de concreto de 15cmx37.5cm y f'c=210 kg/cm ² equivalente a f'c = 3000 psi	2,643.23	421.00	1,112,799.83
913(2A)	Cuneta de Concreto f'c = 2,000 psi con un desarrollo de 2.53 m y espesor de 0.07m	984.62	1,151.00	1,133,297.62
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
304(2A)	Base Estabilizada, 3% de cemento portland espesor 0.15 mt	6,090.62	1,764.29	10,745,619.96
DRENAJE MENOR				
	Tubería de Concreto Reforzado de 61 cm (24")	419.25	5,187.12	2,174,700.06
	Tubería de Concreto Reforzado de 76 cm (30")	7.50	5,763.50	43,226.25
	Bordillo de concreto fc = 150 kg/cm ²	20.67	421.00	8,702.07
	Cunetas de Concreto fc = 210 kg/cm ²	4,458.93	1,150.00	5,127,769.05
DRENAJE MAYOR				
602(1B)	Concreto Clase "A" fc = 280 kg/cm ²	104.77	8,100.00	848,637.00
604(1B)	Acero de refuerzo grado 60 fy = 4,200 Kgs/cm ²	8,588.55	60.00	515,313.00
SEÑALIZACION				
914(4)	Postes Guia	14.00	2,387.41	33,423.74
MISCELANEOS				
	Andenes de concreto con f'c= 175 Kg/cm ²	818.56	9,857.13	8,068,652.33
Subtotal				C\$ 41,005,030.77
Impuesto Municipal(1%)				C\$ 410,050.31
IVA(15%)				C\$ 6,150,754.61
Total				C\$ 47,565,835.69

Fuente: Elaborado por sustentantes

Las nuevas actividades que tuvieron un monto mayor al 2% del valor total del tramo en estudio, se podrán apreciar en la siguiente gráfica.

Nuevas Actividades > al 2%



Cabe destacar que dichas variaciones fueron estudiadas y aprobadas por el Banco prestatario BCIE (Banco Centroamericano de Integración Económica) y el contratante MTI, estas fueron legalizadas por medio de dos acuerdos suplementarios, dado el primer acuerdo a los ocho días del mes octubre del año 2014, y el segundo acuerdo a los veinticuatro días del mes de abril del año 2015.

5.3. Presupuesto.

En el proceso contractual del mejoramiento de carretera de concreto Hidráulico Nejapa 8+940 – Planetario 13+850, se determinó que el monto total del tramo en estudio sería de **C\$ 143,610,665.47** (Ciento Cuarenta y Tres Millones Seiscientos Diez Mil Seiscientos Sesenta y Cinco Córdoba Con 47/100), esta cantidad incluye los impuesto de ley (ver en Anexo D-1, Pág XXXVIII), el cual contempló las siguientes etapa.

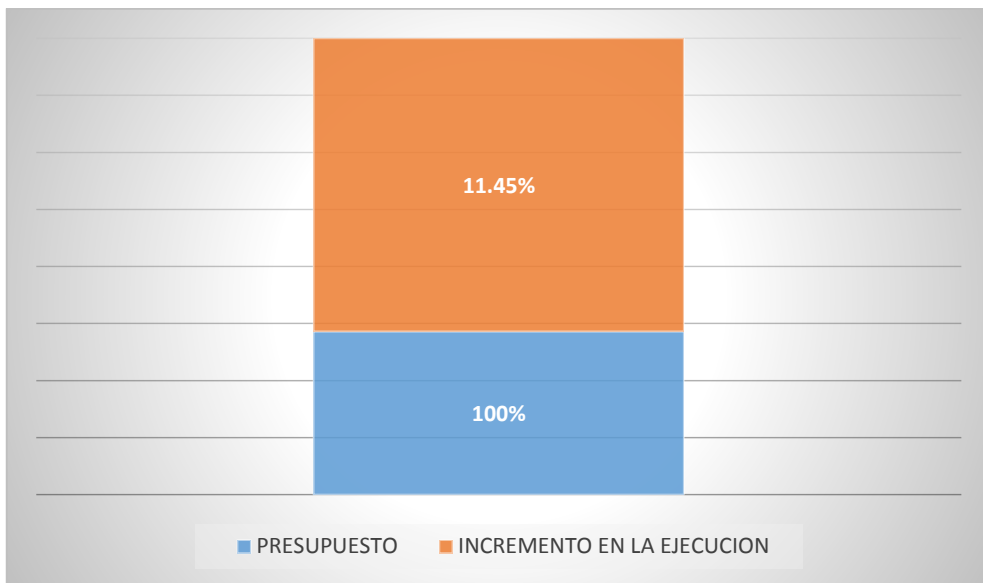
Tabla 26. Etapas Contractuales del tramo 8+940-13+850

Concepto de obra	Costo total
SUB TRAMO 1.1: 8+940 - 10+000	
Trabajos Por Administración	234,354.30
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	18,572,111.60
SEÑALIZACION	537,026.11
MISCELANEOS	265,598.85
MONITOREO AMBIENTAL	157,755.08
SUB TRAMO 1.2 Estación 10+000 –13+850	
Trabajos Por Administración	156,236.20
MOVIMIENTO DE TIERRA	13,454,465.86
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	70,315,086.01
DRENAJE MENOR	5,933,196.33
SEÑALIZACION	4,326,230.16
MISCELANEOS	1,842,975.17
MONITOREO AMBIENTAL	577,794.30
ESCALAMIENTO DE PRECIOS	7,429,467.85

Fuente: Elaborado por sustentantes

Debido a que las actividades contractuales sufrieron modificaciones a lo largo de la ejecución del proyecto, el valor de este se alteró en un 11.45%, finalizando la obra con un monto total de **C\$160, 056, 091.24** (Ciento Sesenta Millones Cincuenta y Seis Mil Noventa y Un Córdoba con 24/100)(ver en Anexo D-2 Pág.XLI-XLIII).En la siguiente gráfica se puede visualizar el porcentaje de alteración del monto final respecto al contractual.

Ilustración 20. Porcentaje de incremento en ejecución presupuestaria.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

Con dicho monto se ejecutaron 60 actividades de las cuales la Base Estabilizada, 4% de cemento portland espesor 0.15 m. y el Bordillo Barrera Simple de Cemento Portland, fueron modificadas reduciendo su costo unitario contractual, con la finalidad de no seguir alterando el costo final del tramo.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

- La subrasante presentó valores de CBR entre 7.5-18.5%, al 95% de compactación AASHTO; la plasticidad se consideró entre media-alta, por lo que se clasificó como una subrasante regular según Villalaz Crespo.
- Los resultados de CBR de la base variaron entre 87-122%, se catalogó a este como material excelente para terreno de fundación según la prueba AASHTO M-145.
- Los ensayos de laboratorio realizados al banco de materiales dieron como resultado valores de CBR entre 3-27%, considerado no aptos para la estabilización de la base según la normativa NIC-2000, el valor mínimo de CBR es de 40%. Adicionalmente, no cumplió con la graduación adecuada ya que presento características granulométricas muy finas.
- El espesor de diseño obtenido por medio del programa Optipave fue de 18 cm, con dimensiones de 1.80 m x 1.80 m.
- El espesor se redujo en un 20%, en comparación al espesor de losas convencionales.
- El mayor esfuerzo obtenido con Everfe, fueron los generados con ejes simple de 10 toneladas, debido a que se concentra una mayor cantidad de carga en una menor área.
- Según la curva de deterioro, la relación de esfuerzos generada, debido a las repeticiones de carga no producirá fatiga.
- El presupuesto se incrementó en un 11.45% del monto inicial ya que se había planificado 63 actividades de las cuales solo 60 se ejecutaron, esta variación se realizó por 4 órdenes de cambio y fueron legalizados por 2 acuerdos suplementarios.
- No se encontraron registro de los resultados de los ensayos de laboratorio de la prueba de compactación y detalles del estudio granulométrico.

6.2. Recomendaciones.

- I. Continuar con el estudio sobre el diseño de losa superficiales optimizadas, con la finalidad de perfeccionar una metodología alternativa que sea viable para el diseño de concreto rígido de concreto hidráulico.
- II. Trabajar en el desarrollo de especificaciones para la construcción de losa superficiales optimizadas en pavimento de concreto hidráulico ya que las características de estos requieren consideraciones que deben ser incorporadas en normativas y manuales de construcción utilizados en el país.
- III. Realizar un estudio del deterioro del pavimento construido con las losas de dimensiones optimizadas para poder determinar la funcionalidad de esta en la práctica.
- IV. Verificar el desempeño que tienen los pines, que se colocan con la finalidad de evitar el desplazamiento lateral de las losas sustituyendo el uso convencional de las barras de transferencia de carga en las juntas de longitudinales de contracción.
- V. Controlar las cargas de los vehículos pesados, económicamente no existe un espesor de losa que pueda construirse para soportar la sobrecarga de los camiones (C-2).
- VI. Para los próximos proyectos de igual relevancia se recomienda que el ente regulador revise exhaustivamente las cantidades de obras para que el monto no sufra mayor cambio del valor inicial.
- VII. Realizar un sistema de evaluación y seguimiento de carretera ya que el Sistema Nacional de Inversión Pública no posee una metodología general de evaluación de proyecto, en el cual se desarrolle indicadores de formulación versus seguimiento.

- VIII. Controlar la temperatura de colocación del concreto, teniendo en cuenta factores como la temperatura misma del concreto, temperatura ambiente, velocidad del viento y porcentaje de humedad del ambiente.
- IX. Determinar los gradientes térmicos que se producen en las losas.
- X. Realizar estudios sobre el drenaje de la zona, para evitar la presencia del agua que puede llegar a reducir en gran medida a la respuesta estructural del concreto.

Bibliografía

AASHTO. (93). Guía de la AASHTO 93.

AASHTO. (98). Suplemento de Guía AASHTO 98.

CEMEX. (2010). *Manual de Pavimentos*. Mexico.

Fonseca, A. M. (2001). *Ingeniería de pavimentos para carreteras segunda edición*. Colombia: Agora.

Instituto Nic. del Cemento y Concreto. (s.f.). *Guía básica para la construcción de pavimentos de concreto hidráulico*.

Mejía, N. C. (2010). *Trazos de Cuvas*. Santiago, Chile.

MTI. (2012). *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Empalme Nejapa – Empalme Puerto Sandino*. Managua.

R., R. C. (2007). *Ingeniería de Transito Fundamentos y aplicaciones*. Mexico D.F: Alfaomega.

Structuralia. (s.f.). Programa de dimensionamiento de pavimento de hormigón/concreto.

Villalaz, C. (2011). *Mecanicaa de suelo y cimentaciones*. Mexico: Limosa.

INDICE ANEXO

A-1: LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES Nº 1, Nº 2, Nº3 DE CVT	V
FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DEL MILENIO.....	V
A-2: LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES Nº 4, DE CVT	VI
FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DEL MILENIO.....	VI
A-3: LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES Nº 6, 7 Y 8 DE CVT.....	VII
.....	VII
FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DEL MILENIO.....	VII
A-4: TIPOLOGIA Y DESCRIPCION VEHICULAR DE CONTEOS DE TRÁFICO DE SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS.	VIII
A-5: TIPOLOGIA VEHICULAR Y CARGAS PERMISIBLES APROBADAS POR EL MTI.....	IX
.....	IX
A-6: PERIODOS DE AFORO DE CONTEOS VOLUMÉTRICOS DE TRÁFICO.	X
.....	X
FUENTE: INFORME CUENTA RETO DEL MILENIO, 2007	X
A-7: ESTACIONES DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTEOS VOLUMÉTRICOS DE MTI.....	XI
FUENTE: INFORME CUENTA RETO DEL MILENIO, 2007	XI
A-8: TPDA DE LAS ESTACIONES DEL ESTUDIO Y DE LOS AÑOS 1983, 2005 Y 2006.	XII
.....	XII
FUENTE: INFORME CUENTA RETO DEL MILENIO, 2007	XII
A-9: FORMATO DE HOJA DE CAMPO UTILIZADA EN ENCUESTA O/D.....	XIII
FUENTE: INFORME CUENTA RETO DEL MILENIO, 2007	XIII
A-10: SERIE HISTORICA DE LAS ESTACIONES EN ESTUDIO.....	XIV
A-10.1.: SERIE HISTORICA DE LA ESTACIÓN Nº 121	XIV
A-10.2.: SERIE HISTORICA DE LAS ESTACIONES Nº 1200, Nº 1201 Y Nº 1209	XV
A-10.3.: SERIE HISTORICA DE LA ESTACIÓN Nº 1200	XVI
A-11: ZONAS DE TRANSPORTE.....	XVII
ANEXO B: SUELO	XVIII
B-1 TABLA DE CLASIFICACION DE SUELOS POR LA AASHTO M-145	XIX

B-2 TABLA DE RESULTADOS DE ESTUDIO DE SUELOS DE LA SUBRASANTE (SONDEOS DE LÍNEA)	XX
B-3 TABLA DE RESULTADO DE PRUEBA DE CBR DE LA SUBRASANTE (SONDEOS DE LÍNEA)	XXII
B – 4 PERFIL ESTRATIGRAFICO DE SONDEO EN LÍNEA	XXIII
B-5 TABLA DE RESULTADOS DE ESTUDIO DE PAVIMENTO MEZCLADO (SONDEOS DE LÍNEA)	XXVIII
B- 6 TABLA DE RESULTADO DE PRUEBA DE CBR DE PAVIMENTO MEZCLADO (SONDEOS DE LÍNEA)	XXVIII
B-7 TABLA DE RESULTADO DE PRUEBA PARA BANCO DE PRESTAMO CORDILLERA LOS ANDES	XXIX
B-8 MÁRGENES DEL VALOR PARA LA GRADUACIÓN DE SUBBASE, BASE O CAPAS SUPERFICIALES DE AGREGADO	XXXI
C-1 ESAL DE DISEÑO.	XXXIII
.....	XXXIII
C-2. VALORES RECOMENDADOS DE K.	XXXIV
<i>FUENTE: SUPLEMENTO DE LA GUÍA AASHTO 98C-3 REPORTE DE DISEÑO DE ESPESOR AASHTO 93.....</i>	XXXIV
C-3. REPORTE DE DISEÑO WINPAS.	XXXV
C-4 REPORTE DE DISEÑO DE ESPESORES TCP	XXXVI
C-5. ESFUERZOS RESULTANTES POR LA APLICACIÓN DE CARGAS EN LOSAS DE CONCRETO DE DISTINTAS DIMENSIONES. ISLAB2000.	XXXVIII
D-1 ETAPAS Y SUBETAPAS CONTRACTUALES DEL TRAMO 8+940-13+850.....	XXXIX
.....	XL
.....	XLI
D-2 ETAPAS Y SUB ETAPAS EJECUTADAS	XLII
E-1. PROYECTO EN EJECUCIÓN.....	XLVI

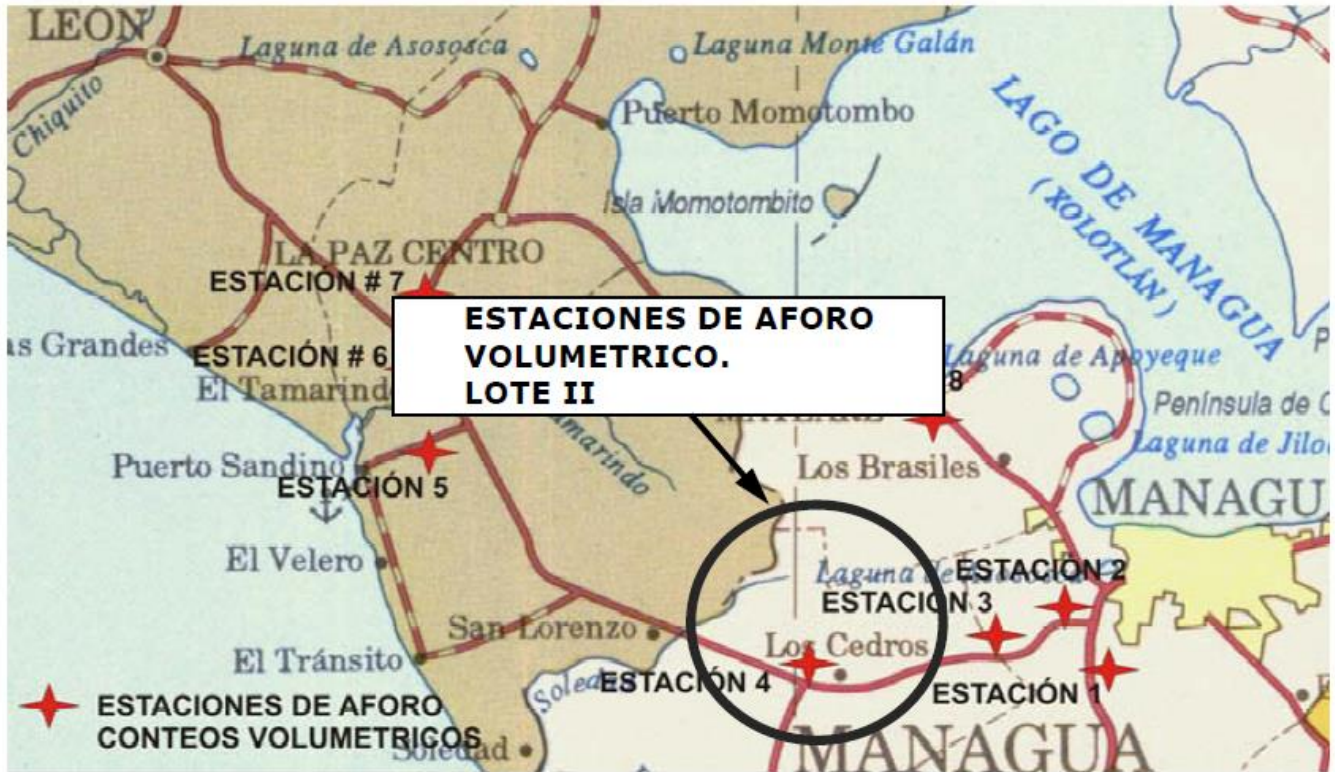
ANEXO A: TRÁNSITO

A-1: LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES Nº 1, Nº 2, Nº3 DE CVT



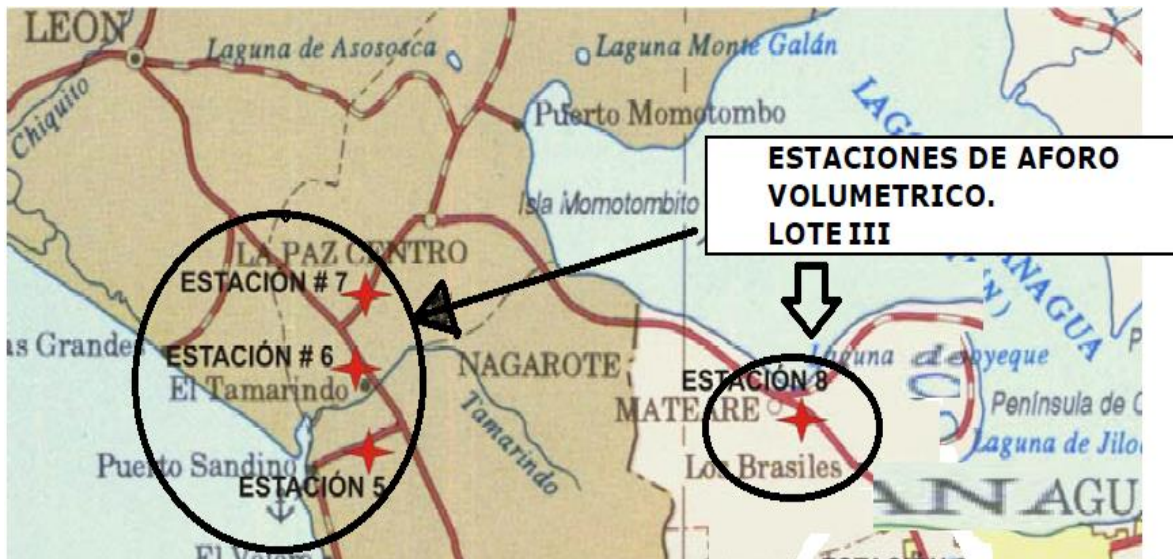
FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DEL MILENIO.

A-2: LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES Nº 4, DE CVT



FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DEL MILENIO.

A-3: LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES Nº 6, 7 Y 8 DE CVT









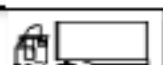
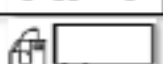
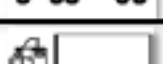
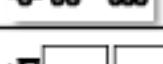


FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DEL MILENIO.

A-4: TIPOLOGIA Y DESCRIPCION VEHICULAR DE CONTEOS DE TRÁFICO DE SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadrados, 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 lina 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	LMANO 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 Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi - Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con lentes especiales de hula, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar 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, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos, Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadena, Cargador de Ruedas y Compactadora
OTROS	REMOLQUES Y/ O TRAILERS		Se incluyen remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo motorizado, así como también los halados por tracción animal (Semovientes).

FUENTE: CLASIFICACIÓN VEHICULAR, MTI

A-5: TIPOLOGIA VEHICULAR Y CARGAS PERMISIBLES APROBADAS POR EL MTI.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) 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 aforo de tráfico MTI, 2012

A-6: PERIODOS DE AFORO DE CONTEOS VOLUMÉTRICOS DE TRÁFICO.

No. ESTACIÓN	CONTEOS VOLUMÉTRICOS	PERIODO DE AFORACION VOLUMETRICO (JULIO 2007)						
		Lunes 2	Martes 3	Miércoles 4	Jueves 5	Viernes 6	Sábado 7	Domingo 8
1	NIC - 2: Km 11 Carretera Managua - Jinotepe, frente a gasolinera TEXACO.	12*	12*	12*	12*	12*	12*	12*
2	NIC - 12: Km 10, entrada a Puerta de Hierro.	12*	12*	12*	12*	12*	12*	12*
3	NIC - 12: Km 11, entrada Hotel Colibrí.	12*	12*	12*	12*	24	24	12*

- Periodos de 12 horas: 06:00 - 18:00

No. ESTACIÓN	CONTEOS VOLUMÉTRICOS	PERIODO DE AFORACION VOLUMETRICO (JULIO 2007)						
		Lunes 2	Martes 3	Miércoles 4	Jueves 5	Viernes 6	Sábado 7	Domingo 8
4	NIC - 12: Empalme Santa Rita	12*	12*	12*	12*	12*	12*	12*

- * Periodos de 12 horas: 06:00 - 18:00

No. ESTACIÓN	CONTEOS VOLUMÉTRICOS	PERIODO DE AFORACION VOLUMETRICO (JULIO 2007)						
		Lunes 2	Martes 3	Miércoles 4	Jueves 5	Viernes 6	Sábado 7	Domingo 8
5	NIC - 52: Empalme Puerto Sandino.	12*	12*	12*	12*	12*	12*	12*
6	NIC - 12: Empalme Izapa, Carretera Vieja a León.	12*	12*	12*	12*	12*	12*	12*
7	NIC - 28: Empalme Izapa, Carretera Nueva a León.	12*	12*	12*	12*	24	24	12*
8	NIC - 28: Báscula de Mateare, Carretera Nueva a León.	12*	24	12*	12*	24	24	12*

- Periodos de 12 horas: 06:00 - 18:00
-

FUENTE: INFORME CUENTA RETO DEL MILENIO, 2007

A-7: ESTACIONES DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTEOS VOLUMÉTRICOS DE MTI.

ESTACIONES DEL ESTUDIO		ESTACIONES DEL MTI	
ESTACIÓN Número	UBICACIÓN	ESTACIÓN Número	Ubicación
1	NIC - 2: Km 11 Carretera Managua - Jinotepe, frente a gasolinera TEXACO.	1215	Empalme Nejapa - Auto Hotel Nejapa, NIC - 12
2	NIC - 12: Km 10, entrada a Puerta de Hierro.	209	Km 10 ½ carretera Sur - Entrada INCAE, NIC - 2.
3	NIC - 12: Km 11, entrada Hotel Colibrí.	1200	Auto Hotel Nejapa - Empalme Santa Rita, NIC - 12.

ESTACIONES DEL ESTUDIO		ESTACIONES DEL MTI	
ESTACIÓN Número	UBICACIÓN	ESTACIÓN Número	Ubicación
4	NIC - 12: Empalme Santa Rita.	1209	Empalme Santa Rita - Empalme El Transito, NIC - 12

ESTACIONES DEL ESTUDIO		ESTACIONES DEL MTI	
ESTACIÓN Número	UBICACIÓN	ESTACIÓN Número	Ubicación
5	NIC - 52: Empalme Puerto Sandino - Puerto Sandino.	5201	Empalme Puerto Sandino - Puerto Sandino, NIC - 52.
6	NIC - 12: Empalme Izapa, Carretera Vieja a León.	1210	Empalme Puerto Sandino - Empalme Izapa, NIC - 12
7	NIC - 28: Empalme Izapa, Carretera Nueva a León.	2801	La Paz Centro - Empalme Izapa, NIC - 28.
8	NIC - 28: Báscula de Mateare, Carretera Nueva a León.	2800	Los Brasiles Nagarote, NIC 28.

FUENTE: INFORME CUENTA RETO DEL MILENIO, 2007

A-8: TPDA DE LAS ESTACIONES DEL ESTUDIO Y DE LOS AÑOS 1983, 2005 Y 2006.

ESTACIÓN	UBICACIÓN	TPDA 1982	TPDA 2005	TPDA 2006	TPDA (AÑO 2007)
Estación 1	NIC 2: Km 11 carretera Sur	12,325¹		14,060	15,010
Estación 2	NIC - 12: Km 10, entrada a Puerta de Hierro.			18,033	15,053
Estación 3	NIC - 12: Km 11, entrada Hotel Colibrí				6,855
Estación 4	NIC 12: Km 31 empalme Santa Rita	3,203		2028	2,091
Estación 5	NIC 52: Empalme Puerto Sandino - Puerto Sandino	527		412	489
Estación 6	NIC 12: Empalme Puerto Sandino - Empalme Izapa	4,027	541		675
Estación 7	NIC 28: Empalme Izapa - La Paz Centro	2,027		4,649	5,430 *
Estación 8	NIC 28: Báscula Mateare	2,095	5,559		7,098 *

Nota:

Estación 1: 15,010	Estación ubicada fuera de los tramos bajo estudio
---------------------------	---

Estaciones 7 y 8 (*)	Estaciones ubicada fuera de los tramos bajo estudio
-----------------------------	---

FUENTE: INFORME CUENTA RETO DEL MILENIO, 2007

A-9: FORMATO DE HOJA DE CAMPO UTILIZADA EN ENCUESTA O/D

Estudio de Tráfico: Estudio de Tráfico: Empalme Nejapa - Empalme Izapa.																				
Encuesta Origen - Destino																				
Hoja de Campo																				
Estación:			Fecha:				Sentido:													
Nº	Inicio del Viaje			Fin del Viaje			Tipo de Vehículo	Cap. (Pas/ton)	Cant. (pas/ton)	Tipo de Carga	Condición			Propósitos de Viaje					Si se Rehab. La Carretera a Nejapa - Izapa, haría este viaje por ella?	
	Ciudad	Poblado	País	Ciudad	Poblado	País					V	SC	LL	Trab.	Comp.	Estud.	Rec.	otro		
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				

FUENTE: INFORME CUENTA RETO DEL MILENIO, 2007

**A-10: SERIE HISTORICA DE LAS ESTACIONES EN ESTUDIO.
A-10.1.: SERIE HISTORICA DE LA ESTACIÓN Nº 121**



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA

DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION

DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL

OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

TPDA HISTORICO POR TIPO DE VEHICULO

Nº	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA							
91	NIC-11B	1107	ECD	Ent. Monimbó - Emp. Catarina	2012	1896	1834	747	1555	357	79	374	561	328	88	4	330				1		25	8,179						
					2010	1144	2327	694	1644	442	25	500	608	366	50											6	8,108			
					2009	1385	2601	1181	2184	697	49	561	698	504	87	2	494										8	10,432		
					2007	677	1666	584	1346	348	18	473	458	406	60	1	219	1					1				15	6,271		
					2006	93	1872	576	1460	377	22	522	337	326	33	1	187	2	1	1	0	7						5,816		
					2003	378	2765	675	1825	411	25	520	416	372	61			225	0	0								23	7,696	
					2002	315	1889	632	1910	320	27	537	357	300	48			210	1									15	6,560	
					2000	240	1227	538	1734	202	27	477	292	310	33	7	150	1						1				19	5,257	
					1997	273	770	396	1184	26	6	333	229	275	43	2	126	1						2	2			19	3,687	
					1996	243	570	570	1399	21	67	268	125	289	35	4	162	2						1	1			31	3,788	
					92	NIC-11B	1801	ECD	Emp. Catarina - Emp. El Guanacaste	2012	651	708	295	682	134	24	257	302	277	71	1	263					1		7	3,673
										2010	802	839	455	889	118	20	339	361	286	49	1	251								
2009	539	755	403	935						112	13	358	334	249	68		322											10	4,099	
2007	294	469	198	548						63	15	299	220	223	30		175											6	2,540	
2006	208	750	381	858						83	26	354	194	216	28		174	2	1	1								12	3,288	
2003	200	755	379	904						103	21	237	218	284	42		184	0	0	1								22	3,351	
2002	167	562	338	915						89	24	273	191	210	34		194	1										20	3,017	
1999	124	404	356	641						11	19	209	118	216	58		215	1						1	1	1	7	2,381		
1998	139	484	288	772						20	23	261	150	183	26	2	189	1										5	2,544	
1997	113	303	303	674						8	52	207	65	150	23	4	154	1	1	1	1	1	1	1	1			20	2,080	
93	NIC-12A	1215	ECD	Emp. Nejapa - Semáforos Auto Hotel Nejapa						2012	2474	7669	3497	3928	562	180	497	1148	599	174	1	380					2		27	21,138
										2009	2152	6974	4009	4140	448	250	462	1196	598	70	2	238							1	1
					2006	954	6261	3213	4465	505	76	452	1024	644	84	3	307							2	2	40	18,033			
					2004	433	5472	2465	3418	500	50	449	673	334	43		105	1										23	13,963	
					2001	531	6286	3304	4331	787	108	544	622	465	81	0	224	8						0	1	12	17,304			
					1999	253	2745	1692	1865	95	56	250	216	176	26	2	164							5			26	7,573		

FUENTE: ANUARIO DE AFOROS DE TRÁFICO 2012, PÁG. Nº 119.

A-10.2.: SERIE HISTORICA DE LAS ESTACIONES N° 1200, N° 1201 Y N° 1209



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA

DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION

DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL

OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

TPDA HISTORICO POR TIPO DE VEHICULO

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA						
94	NIC-12A	1200	ECD	Semáforos Auto Hotel Nejapa - Emp. Santa Rita	2009	356	604	271	710	32	11	159	200	91	14		39						16	2,503					
					2008	275	578	254	695	45	8	171	171	89	11		33									15	2,345		
					2007	173	546	282	708	39	13	133	195	93	16		34										17	2,249	
					2006	128	489	254	661	31	12	130	170	95	16		27											13	2,026
					2005	96	471	235	599	24	3	129	149	82	11	1	33							1				13	1,848
					2004	88	399	213	524	19	4	126	124	69	11	1	26											12	1,614
					2003	76	430	281	638	22	10	138	124	89	15		76											12	1,910
					2002	75	460	337	704	46	5	148	120	80	19		137											13	2,142
					2001	71	423	276	661	20	7	131	101	90	18		76								1			17	1,892
					2000	68	309	255	596	18	8	134	103	77	16	0	112									1		21	1,718
					1999	84	380	321	672	16	8	127	84	105	31	2	119									2		15	1,966
					1998	55	432	352	673	23	9	145	77	115	14	1	165									3		19	2,083
					1997	49	467	403	831	29	9	138	75	167	21	2	252							1	2			24	2,470
					1996	50	421	421	902	16	32	128	66	138	27	3	147						1	3	4			23	2,382
95	NIC-12A	1209	ECD	Emp. Santa Rita - Emp. El Tránsito	2009	109	105	95	308	4	1	75	63	58	17		21					3	1	8	869				
					2008	121	96	90	326	6	2	57	81	62	9		33	1									3	887	
					2005	36	95	84	306	1		75	64	54	10		28								4		10	768	
					2004	35	97	121	252	12		78	60	80	24		272	1								2		9	1,043
					2001	31	194	192	330	10	4	72	59	138	11		81				0	2					15	1,139	
					1999	27	157	267	409	11	5	79	53	125	29	1	171									5		11	1,350
					1997	20	312	303	498	22	3	108	42	154	24	2	208									5		14	1,715
96	NIC-12A	1201	ECS	Emp. El Tránsito - Emp. Puerto Sandino	2009	33	17	18	62			44	17	31	7		18							4	250				
					2008	25	28	14	113		2	35	31	35	4		40										3	330	
					2005	4	21	22	83	1	1	51	19	26	6		30								0		6	268	
					2004	13	23	39	95	4		49	17	58	9		298										3	610	
					2002	9	92	165	230	18	1	63	30	45	3		115				0	1					6	779	
2001	10	78	110	169	5	1	48	33	87	5		75				0							4	625					

FUENTE: ANUARIO DE AFOROS DE TRÁFICO 2012, PÁG. N° 120.

A-10.3.: SERIE HISTORICA DE LA ESTACIÓN N° 1200



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA

DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION

DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL

OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

TPDA HISTORICO POR TIPO DE VEHICULO

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
94	NIC-12A	1200	ECD	Semáforos Auto Hotel Nejapa - Emp. Santa Rita	2009	356	604	271	710	32	11	159	200	91	14		39					16	2,503
					2008	275	578	254	695	45	8	171	171	89	11		33					15	2,345
					2007	173	546	282	708	39	13	133	195	93	16		34					17	2,249
					2006	128	489	254	661	31	12	130	170	95	16		27					13	2,026
					2005	96	471	235	599	24	3	129	149	82	11	1	33				1	13	1,848
					2004	88	399	213	524	19	4	126	124	69	11	1	26					12	1,614
					2003	76	430	281	638	22	10	138	124	89	15		76					12	1,910
					2002	75	460	337	704	46	5	148	120	80	19		137					13	2,142
					2001	71	423	276	661	20	7	131	101	90	18		76				1	17	1,892
					2000	68	309	255	596	18	8	134	103	77	16	0	112				1	21	1,718
					1999	84	380	321	672	16	8	127	84	105	31	2	119				2	15	1,966
					1998	55	432	352	673	23	9	145	77	115	14	1	165				3	19	2,083
					1997	49	467	403	831	29	9	138	75	167	21	2	252			1	2	24	2,470
					1996	50	421	421	902	16	32	128	66	138	27	3	147	1	3	4		23	2,382

FUENTE: ANUARIO DE AFOROS DE TRÁFICO 2012, PÁG. N° 120.

A-11: ZONAS DE TRANSPORTE.

Zona #	Descripción
1	Ciudad de Chinandega y resto del Departamento de Chinandega
2	Ciudad de León, Posoltega, Telica, y resto del Dpto. de León
3	Izapa, Puerto Sandino
4	Empalme Santa Rita, Villa Carlos Fonseca, Pochomil, Masachapa.
5	Zona Suburbana Oeste de Managua (Planetarium, Carretera Vieja a León)
6	Mateares, La Paz Centro, Nagarote, Los Brasiles
7	Departamento de Estelí
8	Departamento de Madriz
9	Departamento de Nueva Segovia
10	Departamentos de Jinotega y Matagalpa
11	Departamentos de Boaco, Chontales, y zonas de El Rama, Nueva Guinea y Río San Juan.
12.1	Ciudad de Managua Norte, zona de Tipitapa y Ciudad Sandino
12.2	Ciudad de Managua Centro
12.3	Ciudad de Managua Sur y zona de El Crucero
13	Departamentos de Masaya y Granada
14	Departamento de Carazo
15	Departamento de Rivas
16	Honduras, Guatemala, El Salvador, México, USA
17	Costa Rica, Panamá

FUENTE: INFORME LOTE 1 CUENTA RETO DEL MILENIO, 2007.

ANEXO B: SUELO

**B-1 TABLA DE CLASIFICACION DE SUELOS POR LA AASHTO M-145
FUENTE: CLASIFICACIÓN DE HIGHWAY RESEARCH BOARD (H.R.B)**

Clasificación General	Materiales Granulares (35 o menos pasan la malla No.200)							Materiales Limo-Arcilla (Mas del 35% pasan malla No.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Clasificación por Grupos Y Sub grupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Análisis de mallas, (%) que pasan por la	50max	50max	51min	35max	35max	35max	35max	36Min	36Min	36Min	36min
No.10											
No.40											
No.200	15max	25max	10max								
Características de la fracción que pasan la malla No.40				40max	41min	40max	41min	40max	41min	40max	41min
Limite Liquido (%)	6max		N.P	10max	10max	11min	11min	10max	10max	11min	11min
Índice de Plasticidad (%)	0		0	0	4 máx.		8max	12max	16max	20max	
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedra, grava y Arena		Arena fina	Grava y Arena Limosa y Arcillosa				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Clasificación General como Sub rasante	Excelente a Bueno						Regular a Pobre				
<p>PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACION: Con los datos requeridos y disponibles de prueba, procédase de izquierda a derecha en la carta y, por proceso de eliminación se encontrara el grupo correcto. El primer grupo de la izquierda, en el cual coinciden los datos de las pruebas, será la clasificación correcta.</p> <p>El I.P del sub grupo A-7-5 es igual o menor que el LL. menos 30</p> <p>El I.P del sub grupo A-7-6 es mayor que el LL. menos 30</p>											
$IG = (F-35) (0,2 + 0,005 (LL-40)) + 0,01 (F-15) (IP-10)$											

FUENTE: AASHTO 93

**B-2 TABLA DE RESULTADOS DE ESTUDIO DE SUELOS DE LA SUBRASANTE
(SONDEOS DE LÍNEA)**

SONDEOS	ESTACIÓN	PROFUNDIDAD (CM)	% QUE PASA LA MALLA NO 200	LL	LP	CLASIFICACIÓN
S-1	8+960	50-150	11.44	0	0	A-1-B (0)
S-2	9+060	50-150	44.48	0	0	A-4 (0)
S-3	9+160	50-150	60.93	53	36	A-7-5 (10)
S-4	9+260	50-150	50.42	43	31	A-7-6 (4)
S-5	9+360	50-150	57.05	47	31	A-7-6 (6)
S-6	9+460	50-150	62.72	55	31	A-7-5 (15)
S-7	9+560	50-150	71.42	52	33	A-7-5 (13)
S-8	9+660	50-150	20.34	37	31	A-2-4 (0)
S-9	9+760	50-150	57.42	52	33	A-7-5 (10)
S-10	9+860	50-150	60.06	58	28	A-7-6 (11)
S-11	9+960	50-150	32.86	48	35	A-2-7 (0)
S-12	10+060	50-150	33.53	38	27	A-2-6 (0)
S-13	10+160	50-150	46.17	46	31	A-7-5 (4)
S-14	10+260	50-150	13.77	37	25	A-2-6 (0)
S-15	10+360	50-150	47.03	46	34	A-7-5 (3)
S-16	10+460	50-150	47.76	48	32	A-7-5 (5)
S-17	10+560	50-150	13.81	0	0	A-1-B (0)
S-18	10+660	50-150	51.67	45	30	A-7-5 (5)
S-19	10+760	50-150	42.91	49	36	A-7-5 (3)
S-20	10+860	50-150	42.58	42	32	A-7-5 (1)
S-21	10+960	50-150	51.44	0	0	A-4 (0)
S-22	11+060	50-150	18.65	0	0	A-1-B (0)
S-23	11+160	50-150	39.17	49	31	A-7-6 (3)
S-24	11+260	50-150	31.19	34	22	A-2-6 (0)
S-25	11+360	50-150	28.63	35	29	A-2-4 (0)
S-26	11+460	50-150	18.75	0	0	A-1-B (0)
S-27	11+560	50-150	39.41	40	28	A-6 (1)
S-28	11+660	50-150	18.73	0	0	A-1-B (0)
S-29	11+760	50-150	39.44	47	34	A-7-6 (2)
S-30	11+860	50-150	14.74	0	0	A-1-B (0)
S-31	11+960	50-150	25.85	30	26	A-2-4 (0)
S-32	12+060	50-150	19.76	0	0	A-1-B (0)
S-33	12+160	50-150	23.55	0	0	A-1-B (0)
S-34	12+260	50-150	22.66	0	0	A-1-B (0)

S-35	12+360	50-150	32.13	0	0	A-2-4 (0)
S-36	12+460	50-150	22.29	31	23	A-2-4 (0)
S-37	12+560	50-150	9.74	0	0	A-1-B (0)
S-38	12+660	50-150	19.75	47	34	A-2-7 (0)
S-39	12+760	50-150	36.82	42	32	A-5 (0)
S-40	12+860	50-150	23.155	31	26	A-1-B (0)
S-41	12+960	50-150	20.78	42	33	A-2-5 (0)
S-42	13+060	50-150	38.49	48	32	A-7-5 (3)
S-43	13+160	50-150	35.77	49	32	A-7-5 (2)
S-44	13+260	50-150	32.13	45	36	A-2-5 (0)
S-45	13+360	50-150	30.11	49	43	A-2-5 (0)
S-46	13+460	50-150	31.28	46	35	A-2-7 (0)
S-47	13+560	50-150	37.53	40	33	A-4 (1)
S-48	13+660	50-150	14.62	33	27	A-2-4 (0)
S-49	13+760	50-150	5.23	40	32	A-2-4 (0)
S-50	13+860	50-150	16.72	0	0	A-1-B (0)

FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DE MILENIO, 2007.

B-3 TABLA DE RESULTADO DE PRUEBA DE CBR DE LA SUBRASANTE (SONDEOS DE LÍNEA)

ESTACIÓN	TIPO DE MATERIALES	GRADO DE COMPACTACIÓN %	VALOR DE CBR AL 95%
8+960	A-1-B (0)	95	10
9+960	A-2-7 (0)	95	17.5
10+960	A-4 (0)	95	7.6
11+960	A-2-4 (0)	95	18.5
12+960	A-2-5 (0)	95	13

FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DE MILENIO, 2007.

B – 4 PERFIL ESTRATIGRAFICO DE SONDEO EN LÍNEA

FUENTE: ELABORADO POR SUSTENTANTES.

B-5 TABLA DE RESULTADOS DE ESTUDIO DE PAVIMENTO MEZCLADO (SONDEOS DE LÍNEA)

SONDEOS	ESTACIÓN	PROFUNDIDAD (CM)	% QUE PASA LA MALLA NO 200	LL	LP	CLASIFICACIÓN
S-1	8+960	0 - 50	11.1	28	23	A-1-A (0)
S-11	9+960	0 - 50	32.86	26	22	A-1-A (0)
S-21	10+960	0 - 50	3.83	0	0	A-1-A (0)
S-31	11+960	0 - 50	8.28	24	19	A-1-A (0)
S-41	12+960	0 - 50	12.81	32	26	A-1-B (0)

FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DE MILENIO, 2007.

B- 6 TABLA DE RESULTADO DE PRUEBA DE CBR DE PAVIMENTO MEZCLADO (SONDEOS DE LÍNEA)

ESTACIÓN	TIPO DE MATERIALES	GRADO DE COMPACTACIÓN %	VALOR DE CBR AL 100%
8+960	A-1-A (0)	100	113
9+960	A-1-A (0)	100	122
10+960	A-1-A (0)	100	112
11+960	A-1-A (0)	100	87.31
12+960	A-1-B (0)	100	103

FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DE MILENIO, 2007.

**B-7 TABLA DE RESULTADO DE PRUEBA PARA BANCO DE PRESTAMO CORDILLERA
LOS ANDES**

BANCO NO 1 22+200 DER					
POZO NO		1	1	1	1
MUESTRA		CAPA VEGETAL	1	2	3
PROFUNDIDAD		0.00 - 0.70	0.70 -1	1.00 - 2.40	2.40 - 2.60
GRANULOMETRÍA AASHTO T-17					
TAMIZ	MM	% EN PESO QUE PASA LA 200			
NO 200	0.075		56	72	19
LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN					
LL AASHTO T-89			52	54	NP
LL AASHTO 90			18	18	NP
CLASIFICACIÓN AASHTO M - 145 INDICE DE GRUPO			A-7-5	A-7-5	A-1-B
			9	15	0
CBR					
92%				3	
95%				4	
100%				5	

FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DE MILENIO, 2007.

BANCO NO 1 22+200 DER					
POZO NO		2	2		
MUESTRA		1	2		
PROFUNDIDAD		0.00 - 0.30	0.30 -1.40		
GRANULOMETRÍA AASHTO T-17					
TAMIZ	MM	% EN PESO QUE PASA LA 200			
NO 200	0.075	39	11		
LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN					
LL AASHTO T-89		40	NP		
LL AASHTO 90		15	NP		
CLASIFICACIÓN AASHTO M - 145		A-6	A-1-B		
INDICE DE GRUPO		2	0		
CBR					
92%			12		
95%			19		
100%			27		

FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DE MILENIO, 2007.

B-8 MÁRGENES DEL VALOR PARA LA GRADUACIÓN DE SUBBASE, BASE O CAPAS SUPERFICIALES DE AGREGADO

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

Tamaño del Tamiz	Derramada en Base que pasa al Tamiz Designado (AASHTO T 97 u T 141)					
	Designación de la Graduación					
	A (Subbase)	B (Subbase)	C (Base)	D (Base)	E (Base)	F Superficie
63 mm	100 ⁽¹⁾					
50 mm	97-100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾			
37.5 mm		97-100 ⁽¹⁾	97-100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾		
25.0 mm	65-79(6)			97-100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾
19.0 mm			67-81 (6)		97-100 ⁽¹⁾	97-100 ⁽¹⁾
12.5 mm	45-59(7)					
9.5 mm				56-70(7)	67-79(6)	
4.75 mm	28-42(6)	40-60(8)	33-47(6)	39-53(6)	47-59(7)	41-71(7)
425 µm	9-17(4)		10-19(4)	12-21(4)	12-21(4)	12-28(5)
75 µm	4.0-8.0(3)	0.0-12.0(4)	4.0-8.0(3)	4.0-8.0(3)	4.0-8.0(3)	9-16(4)

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

FUENTE: NIC-2000

ANEXO C: DISEÑO DE PAVIMENTO.

C-1 ESAL DE DISEÑO.

PAVIMENTO RIGIDO																			
Estación: N° 6 (Izapa, Hacia Nejapa)						ESALS PROYECTADOS - ALTERNATIVA CRECIMIENTO ALTO										Cálculo Dic. 2007			
LEF	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mbus>15 p	Bus	Liv C2	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	T3S2	T3S3	T2S2	Veh. Cons.	Veh. Agric	ESALs Diario	ESALs Anual
LEF	0.001	0.001	0.070	0.040	0.040	0.900	0.500	1.330	1.689	0.770	0.740	0.640	3.024	3.818	1.860	1.770	1.200		
2011	0	0	23	1	1	163	33	223	29				1,182	248	11	7	1,922	701,497	
2012	0	0	24	1	1	172	35	237	32				1,243	263	13	8	2,030	740,866	
2013	0	0	26	1	1	183	37	250	35				1,306	279	15	10	2,143	782,048	
2014	0	0	27	1	1	194	39	263	39				1,373	302	17	11	2,266	827,146	
2015	0	0	28	1	1	204	42	277	42				1,448	321	19	12	2,396	874,543	
2016	0	0	30	1	1	216	45	293	46				1,524	340	20	13	2,529	923,133	
2017	0	0	32	1	1	229	47	309	49				1,603	359	22	14	2,666	973,181	
2018	0	0	33	2	1	241	50	325	52				1,684	378	24	16	2,806	1,024,334	
2019	0	0	35	2	1	255	52	343	56				1,775	397	26	17	2,959	1,080,164	
2020	0	0	37	2	1	268	56	363	61				1,869	424	30	19	3,130	1,142,494	
2021	0	0	38	2	1	276	57	374	64				1,944	439	32	20	3,248	1,185,508	
2022	0	0	39	2	1	285	58	384	68				2,023	454	33	22	3,370	1,230,162	
2023	0	0	39	2	2	294	60	396	71				2,105	470	35	23	3,497	1,276,406	
2024	0	0	40	2	2	305	61	408	76				2,192	485	37	24	3,633	1,326,157	
2025	0	0	41	2	2	316	63	420	81				2,283	500	39	25	3,773	1,377,037	
2026	0	0	42	2	2	328	64	434	86				2,380	515	41	26	3,920	1,430,965	
2027	0	0	43	2	2	339	66	447	91				2,480	535	43	28	4,075	1,487,405	
2028	0	0	44	2	2	352	67	462	96				2,586	554	45	29	4,238	1,546,907	
2029	0	0	45	2	2	365	69	476	101				2,694	573	47	30	4,404	1,607,513	
2030	0	0	46	2	2	378	70	492	106				2,809	592	48	31	4,579	1,671,167	
Tráfico Total en el Periodo de Diseño																		23,208,633	
Tráfico en Una Dirección																		11,604,317	

FUENTE: INFORME LOTE 1, CUENTA RETO DE MILENIO, 2007.

C-2. VALORES RECOMENDADOS DE K.

Table 11. Recommended k-value ranges for various soil types.

AASHTO class	Description	Unified class	Dry density (lb/ft ³)	CBR (percent)	k-value (psi/in)
Coarse-grained soils:					
A-1-a, well graded	gravel	GW, GP	125 - 140	60 - 80	300 - 450
A-1-a, poorly graded			120 - 130	35 - 60	300 - 400
A-1-b	coarse sand	SW	110 - 130	20 - 40	200 - 400
A-3	fine sand	SP	105 - 120	15 - 25	150 - 300
A-2 soils (granular materials with high fines):					
A-2-4, gravelly	silty gravel	GM	130 - 145	40 - 80	300 - 500
A-2-5, gravelly	silty sandy gravel				
A-2-4, sandy	silty sand	SM	120 - 135	20 - 40	300 - 400
A-2-5, sandy	silty gravelly sand				
A-2-6, gravelly	clayey gravel	GC	120 - 140	20 - 40	200 - 450
A-2-7, gravelly	clayey sandy gravel				
A-2-6, sandy	clayey sand	SC	105 - 130	10 - 20	150 - 350
A-2-7, sandy	clayey gravelly sand				
Fine-grained soils:					
A-4	silt	ML, OL	90 - 105	4 - 8	25 - 165 *
	silt/sand/ gravel mixture		100 - 125	5 - 15	40 - 220 *
A-5	poorly graded silt	MH	80 - 100	4 - 8	25 - 190 *
A-6	plastic clay	CL	100 - 125	5 - 15	25 - 255 *
A-7-5	moderately plastic elastic clay	CL, OL	90 - 125	4 - 15	25 - 215 *
A-7-6	highly plastic elastic clay	CH, OH	80 - 110	3 - 5	40 - 220 *

* k-value of fine-grained soil is highly dependent on degree of saturation. See Figure 40.

**FUENTE: SUPLEMENTO DE LA GUÍA AASHTO 98C-3 REPORTE DE DISEÑO DE
ESPESOR AASHTO 93**

C-3. REPORTE DE DISEÑO WINPAS.

WinPAS

Pavement Thickness Design According to
1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures
American Concrete Pavement Association

Rigid Design Inputs

Agency:
Company:
Contractor:
Project Description:
Location:

Rigid Pavement Design/Evaluation

PCC Thickness	233 mm	Load Transfer, J	3
Design ESALs	11,604,317	Mod. Subgrade Reaction, k	106 MPa/m
Reliability	80 percent	Drainage Coefficient, Cd	1
Overall Deviation	0	Initial Serviceability	5
Modulus of Rupture	5 MPa	Terminal Serviceability	2
Modulus of Elasticity	30,375 MPa		


Modulus of Subgrade Reaction (k-value) Determination

Resilient Modulus of the Subgrade 50.7 MPa
Resilient Modulus of the Subbase 10,342.1 MPa
Subbase Thickness 150 mm
Depth to Rigid Foundation 0 feet
Loss of Support Value (0,1,2,3) 0.0

Modulus of Subgrade Reaction	106 MPa/m
------------------------------	-----------

FUENTE: ELABORADO POR SUSTENTANTES.

C-4 REPORTE DE DISEÑO DE ESPESORES TCP

Inputs De Diseño	
-------------------------	--

Proyecto

Nombre de Proyecto	Monografía
Localidad	Leon
Sector	Nejapa
Dirección	north
Fecha	Mon Aug 31 20:55:22 CST 2015
Descripción	
Sistema unidades	Métrico

Diseño

Vida de Diseño	20
Largo Losa (m)	1.75
Espesor Losa (mm)	179
Tipo de Borde	Berma de Hormigón
Losa Exterior con Sobreancho	Sí
Barras de Transferencia de Carga	No
Interfaz Pavimento-Base	No Adherido
IRI Inicial de Construcción (m/km)	2.5
Porcentaje Maximo de Losas Agrietadas Admisible	10%
Confiabilidad Porcentaje de Losas Agrietadas	80%
IRI Máximo Permitido (m/Km)	3.5
Confiabilidad en IRI	80%
Escalonamiento Promedio Máximo Permitido (mm)	5.0
Confiabilidad en Escalonamiento Promedio	80%

Tráfico

Método de Análisis de Tráfico	Ejes Equivalentes
Clasificación del Tráfico	FHWA TTC 1
Tasa de Crecimiento Anual de Tráfico	4%
Ejes Equivalentes Totales	11604,317
Distancia Huella a Línea de Demarcación (cm)	450
Dev. Estándar de la Distribución Lateral del Tráfico (cm)	250

El programa computacional objeto de la presente licencia ha sido desarrollado para ser utilizado en conjunción con la tecnología TCP (thin concrete pavements). El método de diseño y construcción de losas delgadas de hormigón perfeccionadas para uso en pavimentación y demás derechos relacionados con dicha tecnología están protegidos por leyes y tratados internacionales vigentes en materia de propiedad industrial e intelectual, en particular por las patentes industriales Nos. 44820 en Chile, 7,571,581 en Estados Unidos y solicitud internacional PCT/ep2008/084732. En caso que el usuario utilice el presente programa para prestar servicios a terceras personas, deberá informara

otras personas, la existencia de los derechos de propiedad intelectual señalados, deberán proveer de la información de contacto de www.tppavements.com

Homigón

<i>Tipo de Ensayo de Resistencia</i>	<i>Flexotracción</i>
<i>Edad de Ensayo</i>	<i>28 Días</i>
<i>Resistencia (Mpa)</i>	<i>4.5</i>
<i>Confiability Diseño de Hormigón</i>	<i>80%</i>
<i>Desviación Estándar Diseño de Hormigón (Mpa)</i>	<i>0.4</i>
<i>Aumento Resistencia 29 a 90 Días</i>	<i>1.1</i>
<i>Módulo de Elasticidad (Mpa)</i>	<i>30,250</i>
<i>Peso Específico (Kg/cm3)</i>	<i>2,400</i>
<i>Módulo de Poisson</i>	<i>0.15</i>
<i>Coefficiente de Dilatación Térmico (1/°C)</i>	<i>1.00E-05</i>
<i>Retracción a 365 Días (micr)</i>	<i>700</i>
<i>Contenido de Aire</i>	<i>3%</i>
<i>Relación Agua/Cemento</i>	<i>0.45</i>
<i>Resistencia Final (Mpa)</i>	<i>5.3</i>
<i>Fibra Estructural</i>	<i>No</i>

Clima

<i>País</i>	<i>generic</i>
<i>Zona</i>	<i>wet_non-freeze</i>
<i>Gradiente Equivalente de Construcción (°C)</i>	<i>-10</i>
<i>Temperatura Media Invierno (°C)</i>	<i>25</i>
<i>Temperatura Media Verano (°C)</i>	<i>38</i>
<i>Temperatura Fraguado del Hormigón (°C)</i>	<i>45</i>
<i>N° de Días al año Con Precipitaciones</i>	<i>10</i>
<i>Índice de Congelamiento de la Base</i>	<i>0%</i>

Suelo



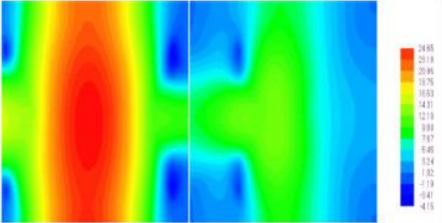
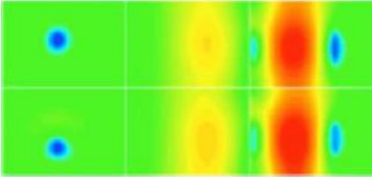


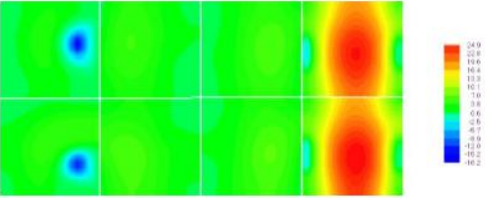
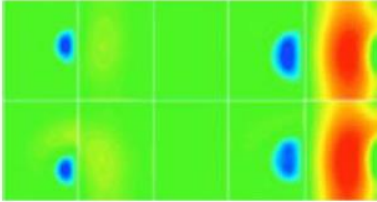
<i>N° Capas</i>	<i>1</i>
<i>Resistencia a la Erosión</i>	<i>3</i>
<i>Coefficiente de fricción Pavimento-Base</i>	<i>0.65</i>
<i>Porcentaje Material Fino</i>	<i>8%</i>

<i>Subrasante</i>	
<i>Módulo Resiliente Invierno (Mpa)</i>	<i>100</i>
<i>Módulo Resiliente Verano (Mpa)</i>	<i>120</i>
<i>Módulo Poisson</i>	<i>0.35</i>

<i>Base</i>	
<i>Módulo Resiliente (Mpa)</i>	<i>280</i>
<i>Módulo de Poisson</i>	<i>0.35</i>
<i>Espesor (mm)</i>	<i>150</i>

FUENTE: ELABORADO POR SUSTENTANTES.

C-5. ESFUERZOS RESULTANTES POR LA APLICACIÓN DE CARGAS EN LOSAS DE CONCRETO DE DISTINTAS DIMENSIONES. ISLAB2000.

	
<p align="center">ESFUERZOS PRINCIPALES</p> 	<p align="center">ESFUERZOS PRINCIPALES</p> 
<p>ESPEJOR: 25 cm (concreto) LOSA : 4.50 x 3.60 Esfuerzo en la superficie: 24.65 kg/cm²</p>	<p>ESPEJOR: 23 cm (concreto) LOSA : 3.50 x 3.00 Esfuerzo en la superficie: 24.40 kg/cm²</p>
	
<p align="center">ESFUERZOS PRINCIPALES</p> 	<p align="center">ESFUERZOS PRINCIPALES</p> 
<p>ESPEJOR: 16 cm (concreto) LOSA : 1.80 x 1.80 Esfuerzo en la superficie: 24.90 kg/cm²</p>	<p>ESPEJOR: 13 cm (concreto) LOSA : 1.40 x 1.80 Esfuerzo en la superficie: 24.60 kg/cm²</p>

FUENTE: ELABORADO POR SUSTENTANTES.

D-1 ETAPAS Y SUBETAPAS CONTRACTUALES DEL TRAMO 8+940-13+850

Código	Concepto de obra	U/M	Cantidad	Costos unitarios	Costo total
SUB TRAMO 1.1: 8+940 - 10+000					
110(6)	Trabajos Por Administración	Glb.	1.00	234,354.30	234,354.30
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO					18,572,111.60
304(2)	Reciclaje de Carpeta Existente para Base	m ³	2,566.60	112.25	288,100.39
304(2)	Base Estabilizada, 4% de cemento portland es	m ³	1,078.560000	2,177.94	2,349,038.97
501(4)	Pavimento de Concreto Hidráulico, 0.18 m de espesor y MR=45 kg/cm ²	m ³	3,245.630000	4,909.67	15,934,972.24
	Mezcla Asfáltica en Caliente				
SEÑALIZACION					537,026.11
801(1)	Instalación de Señal	m ²	10.000000	8,849.14	88,491.40
802(1)	Marcas de Pavimento Tipo I (Continuas)	m	156.220172	19.76	3,086.91
802(1A)	Marcas de Pavimento Tipo I (Discontinuas)	m	462.411709	15.71	7,264.49
802(2)	Marcas de Pavimento Tipo I (Símbolos, Letras,	m ²	18.746421	246.89	4,628.30
802(5)	Dispositivo de Reflexión (Capta Luces)	c/u	195.275215	123.47	24,110.63
902(1)	Sistema de Guardavidas de Viga "W", Tipo I, Clase A	m	171.253000	2,387.42	408,852.84
914(4)	Postes Guia	c/u	-	1,812.30	0.00
914(6)	Postes de Kilometraje	c/u	0.312440	1,893.30	591.54
MISCELANEOS					265,598.85
904(2)	Andenes de concreto con f'c=175 Kg/cm ²		-	9,857.13	0.00
905(1A)	Bordillo de concreto de 15cmx37.5cm y f'c=210 kg/cm ² equivalente a f'c = 3000 psi		-	421.00	0.00
913(2A)	Cuneta de Concreto f'c = 2,000 psi con un desarrollo de 2.53 m y espesor de 0.07m		-	1,151.00	0.00
923(1A)	Entradas a Calles y Propiedades	c/u	1.874642	60,988.75	114,332.08
928(1A)	Reparación de Caseta de Buses	c/u	1.000000	151,266.77	151,266.77
MONITOREO AMBIENTAL					157,755.08
941(1)	Talleres de Educación Vial-Ambiental	c/u	0.156220	118,007.50	18,435.15
947(2)	Talleres de Higiene y Seguridad Ocupacional	c/u	0.156220	118,007.50	18,435.15
915 (9B)	Siembra de Plantas	c/u	78.110086	203.01	15,857.13
915 (8)	Engramado de Terraplenes	m ²	187.464206	151.59	28,417.70
945(1)	Reuniones Comunitarias sobre las Obras	c/u	0.156220	59,003.76	9,217.58
947(1)	Jornadas de Vigilancia Epidemiológica	c/u	0.156220	32,068.53	5,009.75
	Señales Ambientales Verticales	c/u	0.781101	4,074.30	3,182.44
	Monitoreo Ambiental (Especialista Ambiental)	meses	0.781101	64,566.71	50,433.11
	Elaboración PGA Bancos de Materiales	c/u	0.156220	56,119.93	8,767.07

Código	Concepto de obra	U/M	Cantidad	Costos unitarios	Costo total
SUB TRAMO 1.2 Estación 10+000 –13+850			-		
MONTOS FIJOS (Trabajos por Administración)			-		
110(6)	Trabajos Por Administración	Glb.	1.000000	156,236.20	156,236.20
MOVIMIENTO DE TIERRA			-		13,454,465.86
201(1)	Abra y Destronque	Ha.	1.874642	151,715.27	284,411.83
203(1)	Excavación en la Vía	m ³	5,905.122494	266.21	1,572,002.66
203(2)	Subexcavacion	m ³	5,500.000000	240.60	1,323,300.00
203 (5)	Excavación de Préstamo Caso 2	m ³	15,785.630000	459.19	7,248,603.44
206(2)	Sobreacarreo Largo	m ³	10,629.220490	17.29	183,779.22
302(5)	Mejoramiento de la superficie existente	Km	4.686605	606,487.77	2,842,368.71
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO					70,315,086.01
304(2)	Base Estabilizada, 4% de cemento portland espesor 0.15 mt	m ³	8,946.523000	1,901.65	17,013,155.46
304(2A)	Base Estabilizada, 3% de cemento portland espesor 0.15 mt	m ³	-		
501(4)	Pavimento de Concreto Hidráulico, 0.18 m de espesor y MR=45 kg/cm ²	m ³	10,856.520000	4,909.67	53,301,930.55
	<i>Mezcla Asfáltica en Caliente</i>	m ³			
DRENAJE MENOR			-		5,933,196.33
202(2B)	Remoción de Cabezales y Aletones	c/u	11.872733	5,073.99	60,242.13
203(14)	Excavación para Canales Menores de 4m	m ³	50.416936	289.32	14,586.63
207(1)	Excavación Para Estructuras de Alcantarillas	m ³	370.399590	339.88	125,891.41
608(1A)	Mampostería Clase "A" (Cabezales, Tragantes)	m ³	647.520000	4,503.76	2,916,274.68
608(1B)	Mampostería Clase "A" (Muros de Retención)	m ³	12.653834	4,503.76	56,989.83
	Tubería de Concreto Reforzado de 61 cm (24"),	ml			
	Tubería de Concreto Reforzado de 76 cm (30"),	ml			
	Tubería de Concreto Reforzado de 91 cm (36"),	ml			
701 (1)	Tubería de Concreto Reforzado de 106 cm (42")	ml	88.478419	8,364.35	740,064.46
701(1A)	Tubería de Concreto Reforzado de 152cm (60")	ml	28.120000	11,223.11	315,593.85
701(16)	Material de Lecho de Tubería, Clase "B"	m ³	16.998317	946.88	16,095.37
701(18)	Material de Relleno para Alcantarillas	m ³	753.776389	754.06	568,392.62
905(1)	Bordillo Barrera Simple de Cemento Portland	m	1,437.225581	588.33	845,562.93
	Bordillo de concreto f'c = 150 kg/cm ²	m		421.00	
913(2)	Revestimiento de cunetas de Suelo Cemento de 10 cm	m			
	Cunetas de Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m		1,150.00	

Código	Concepto de obra	U/M	Cantidad	Costos unitarios	Costo total
DRENAJE MAYOR					
207(2A)	Excavacion para caja puentes	m ³			
602(1B)	Concreto Clase "A" f'c = 280 kg/cm ²	m ³			
604(1B)	Acero de refuerzo grado 60 fy = 4,200 Kgs/cm ²	Kg.			
605(1)	Acero Estructural grado A-36	Kg.			
SEÑALIZACION					
					4,326,230.16
801(1)	Instalación de Señal	m ²	22.969052	8,853.45	203,355.35
802(1)	Marcas de Pavimento Tipo I (Continuas)	m	9,373.210309	19.76	185,214.64
802(5)	Dispositivo de Reflexión (Capta Luces)	c/u	9,782.530000	123.47	1,207,848.98
902(1)	Sistema de Guardavías de Viga "W", Tipo I, Clase A	m	1,091.530000	2,387.41	2,605,929.64
914(4)	Postes Guia		-	1,812.30	
914(6)	Postes de Kilometraje	c/u	4.686605	1,893.30	8,873.15
MISCELANEOS					
					1,842,975.17
	Andenes de concreto con f'c=175 Kg/cm ²	ml			
903(4)	Cercas y Portones de Alambres de Púas	m	776.101814	167.83	130,253.17
928(1A)	Reparación de Caseta de Buses	c/u	1.874642	151,266.77	283,571.05
MONITOREO AMBIENTAL					
					577,794.30
941(1)	Talleres de Educación Vial-Ambiental	c/u	0.312440	118,007.50	36,870.30
947(2)	Talleres de Higiene y Seguridad Ocupacional	c/u	0.312440	118,007.50	36,870.30
915 (9B)	Siembra de Plantas	c/u	624.880687	202.99	126,844.53
915 (8)	Engramado de Terraplenes	m ²	1,249.761374	151.59	189,451.33
945(1)	Reuniones Comunitarias sobre las Obras	c/u	0.312440	59,003.76	18,435.16
	Monitoreo Ambiental (Especialista Ambiental)	meses	1.874642	63,916.51	119,820.58
	Elaboración PGA Bancos de Materiales	c/u	0.624881	56,119.93	35,068.26
ESCALAMIENTO DE PRECIOS					
					7,429,467.85
110(12)	Escalamiento de Precios (10% sin incluir 105(2),109(9), 110(6) y 110(7))	Gbl	0.156220	47,557,673.03	7,429,467.85
Subtotal					C\$ 123,802,297.82
Impuesto Municipal (1%)					C\$ 1,238,022.98
IVA (15%)					C\$ 18,570,344.67
TOTAL					C\$ 143,610,665.47

FUENTE: ELABORADO POR SUSTENTANTE

D-2 ETAPAS Y SUB ETAPAS EJECUTADAS

CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	CANTIDAD	COSTOS UNITARIOS	COSTO TOTAL
SUB TRAMO 1.1: 8+940 - 10+000				
110(6)	TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN	1.15	234,354.30	268,677.81
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				0.00
304(2)	RECICLAJE DE CARPETA EXISTENTE PARA BASE	2,484.19	112.25	278,850.33
304(2)	BASE ESTABILIZADA, 4% DE CEMENTO PORTLAND ESPESOR 0.15 MT	1,360.82	2,021.41	2,750,775.16
501(4)	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO, 0.18 M DE ESPESOR Y MR=45 KG/CM ²	4,946.52	4,909.67	24,285,780.85
	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	74.67	8,850.20	660,844.43
SEÑALIZACION				0.00
801(1)	INSTALACIÓN DE SEÑAL	14.27	8,849.14	126,277.23
802(1)	MARCAS DE PAVIMENTO TIPO I (CONTINUAS)	5,000.00	19.76	98,800.00
802(1A)	MARCAS DE PAVIMENTO TIPO I (DISCONTINUAS)	2,000.00	15.71	31,420.00
802(5)	DISPOSITIVO DE REFLEXIÓN (CAPTA LUCES)	638.00	123.47	78,773.86
902(1)	SISTEMA DE GUARDAVIDAS DE VIGA "W", TIPO I, CLASE A	336.75	2,387.42	803,963.69
914(4)	POSTES GUIA	16.00	1,812.30	28,996.80
914(6)	POSTES DE KILOMETRAJE	2.00	1,893.30	3,786.60
MISCELANEOS				0.00
904(2)	ANDENES DE CONCRETO CON F' C=175 KG/CM ²	399.46	9,857.13	3,937,529.15
905(1A)	BORDILLO DE CONCRETO DE 15CMX37.5CM Y F' C=210 KG/CM ² EQUIVALENTE A F' C = 3000 PSI	2,643.23	421.00	1,112,799.83
913(2A)	CUNETA DE CONCRETO F' C = 2,000 PSI CON UN DESARROLLO DE 2.53 M Y ESPESOR DE 0.07M	984.62	1,151.00	1,133,297.62
928(1A)	REPARACIÓN DE CASETA DE BUSES	1.00	151,266.77	151,266.77
MONITOREO AMBIENTAL				0.00
915 (8)	ENGRAMADO DE TERRAPLENES	1,000.00	151.59	151,590.00
	MONITOREO AMBIENTAL (ESPECIALISTA AMBIENTAL)	0.88	64,566.71	56,818.70
110(6)	TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN	0.45	1,000,000.00	448,105.92
MOVIMIENTO DE TIERRA				0.00
201(1)	ABRA Y DESTRONQUE	1.59	151,715.27	241,227.28
203(1)	EXCAVACIÓN EN LA VÍA	9,036.54	266.21	2,405,617.31
203(2)	SUBEXCAVACION	6,756.69	240.60	1,625,658.65
203 (5)	EXCAVACIÓN DE PRÉSTAMO CASO 2	17,080.31	459.19	7,843,105.25
206(2)	SOBREACARREO LARGO	6,084.30	17.29	105,197.54
302(5)	MEJORAMIENTO DE LA SUPERFICIE EXISTENTE	4.20	606,487.77	2,547,248.63

CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	CANTIDAD	COSTOS UNITARIOS	COSTO TOTAL
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				0.00
304(2)	BASE ESTABILIZADA, 4% DE CEMENTO PORTLAND ESPESOR 0.15 MT	750.78	1,901.65	1,427,720.79
304(2A)	BASE ESTABILIZADA, 4% DE CEMENTO PORTLAND ESPESOR 0.15 MT	6,090.62	1,764.29	10,745,619.96
501(4)	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO, 0.18 M DE ESPESOR Y MR=45 KG/CM ²	6,907.38	4,909.67	33,912,967.17
	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	0.00		0.00
DRENAJE MENOR		0.00		0.00
202(2B)	REMOCIÓN DE CABEZALES Y ALETONES	2.00	5,073.99	10,147.98
203(14)	EXCAVACIÓN PARA CANALES MENORES DE 4M	139.33	289.32	40,310.96
207(1)	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS DE ALCANTARILLAS	1,882.65	339.88	639,875.08
608(1A)	MAMPOSTERÍA CLASE "A" (CABEZALES, TRAGANTES Y BAJANTES)	747.10	4,503.76	3,364,759.10
608(1B)	MAMPOSTERÍA CLASE "A" (MUROS DE RETENCIÓN)	0.00		0.00
	TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 61 CM (24"), CLASE II	419.25	5,187.12	2,174,700.06
	TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 76 CM (30"), CLASE II	7.50	5,763.50	43,226.25
	TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 91 CM (36"), CLASE II	0.00		0.00
701 (1)	TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 106 CM (42"), CLASE II	35.11	8,364.35	293,672.33
701(1A)	TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO DE 152CM (60"), CLASE II	30.00	11,223.11	336,693.30
701(16)	MATERIAL DE LECHO DE TUBERÍA, CLASE "B"	49.74	946.88	47,097.81
701(18)	MATERIAL DE RELLENO PARA ALCANTARILLAS	1,674.23	754.06	1,262,468.52
905(1)	BORDILLO BARRERA SIMPLE DE CEMENTO PORTLAND	245.81	421.00	103,484.49
	BORDILLO DE CONCRETO F'C = 150 KG/CM ²	20.67	421.00	8,702.07
913(2)	REVESTIMIENTO DE CUNETAS DE SUELO CEMENTO DE 10 CM	0.00		0.00
	CUNETAS DE CONCRETO F'C = 210 KG/CM ²	4,458.93	1,150.00	5,127,769.05
DRENAJE MAYOR				0.00
207(2A)	EXCAVACIÓN PARA CAJA PUENTES	0.00		0.00
602(1B)	CONCRETO CLASE "A" F'C = 280 KG/CM ²	104.77	8,100.00	848,637.00
604(1B)	ACERO DE REFUERZO GRADO 60 FY = 4,200 KGS/CM ²	8,588.55	60.00	515,313.00
605(1)	ACERO ESTRUCTURAL GRADO A-36	0.00		0.00
SEÑALIZACION				0.00
801(1)	INSTALACIÓN DE SEÑAL	18.56	8,853.45	164,320.03
802(1)	MARCAS DE PAVIMENTO TIPO I (CONTINUAS)	11,550.00	19.76	228,228.00

802(5)	DISPOSITIVO DE REFLEXIÓN (CAPTA LUCES)	11,550.00	123.47	1,426,078.50
902(1)	SISTEMA DE GUARDAVÍAS DE VIGA "W", TIPO I, CLASE A	1,274.98	2,387.41	3,043,900.00
914(4)	POSTES GUIA	14.00	2,387.41	33,423.74
914(6)	POSTES DE KILOMETRAJE	3.00	1,893.30	5,679.90
MISCELANEOS				0.00
	ANDENES DE CONCRETO CON F´C=175 KG/CM2	818.56	9,857.13	8,068,652.33
903(4)	CERCAS Y PORTONES DE ALAMBRES DE PÚAS	240.00	167.83	40,279.20
928(1A)	REPARACIÓN DE CASETA DE BUSES	1.00	151,266.77	151,266.77
MONITOREO AMBIENTAL				0.00
941(1)	TALLERES DE EDUCACIÓN VIAL-AMBIENTAL	2.00	19,313.89	38,627.79
947(2)	TALLERES DE HIGIENE Y SEGURIDAD OCUPACIONAL	2.00	19,313.89	38,627.79
915 (9B)	SIEMBRA DE PLANTAS	638.30	202.99	129,568.52
915 (8)	ENGRAMADO DE TERRAPLENES	1,751.36	151.59	265,488.66
945(1)	REUNIONES COMUNITARIAS SOBRE LAS OBRAS	2.00	9,656.95	19,313.90
	MONITOREO AMBIENTAL (ESPECIALISTA AMBIENTAL)	2.64	63,916.51	168,995.25
	ELABORACIÓN PGA BANCOS DE MATERIALES	2.00	5,611.95	11,223.90
ESCALAMIENTO DE PRECIOS				0.00
110(12)	ESCALAMIENTO DE PRECIOS (10% SIN INCLUIR 105(2),109(9), 110(6) Y 110(7))	0.16	35,473,570.15	5,500,620.92
SUBTOTAL		C\$ 137,979,389.00		
IMPUESTO MUNICIPAL (1%)		C\$ 1,379,793.89		
IVA (15%)		C\$ 20,696,908.35		
TOTAL		C\$ 160,056,091.24		

FUENTE: ELABORADO POR SUSTENTANTE

ANEXO E: OTROS.

E-1. PROYECTO EN EJECUCIÓN





