

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS
UNAN - MANAGUA



TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.

“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE 5.3
KM DE LONGITUD A TRAVÉS DEL MÉTODO DE DISEÑO DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS DE LA ASOCIACIÓN DEL CEMENTO
PORTLAND (PCA) EN EL TRAMO CARRETERA VERACRUZ -
KM. 17.3 CTRA. A MASAYA”

AUTORES:

- BR. ROMMEL MOISÉS ALEMÁN ESPINOZA
- BR. SERGIO MANUEL SANDOVAL CARRILLO

TUTOR:

ING. FRANCISCO ERNESTO CUADRA CHÉVEZ.

MANAGUA, ABRIL DE 2008

**“DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE 5.3
KM DE LONGITUD A TRAVÉS DEL MÉTODO DE DISEÑO DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS DE LA ASOCIACIÓN DEL CEMENTO
PORTLAND (PCA) EN EL TRAMO CARRETERA VERACRUZ -
KM. 17.3 CTRA. A MASAYA”**

DEDICATORIA

La realización del presente trabajo de investigación, el cual ha implicado esfuerzo, dedicación y sacrificio; Lucha que no ha sido únicamente mía sino también de mis seres querido. Por cuanto dedico este logro principalmente a Dios nuestro Señor y a nuestra Madre, la Virgen María por haberme regalado el fruto de la vida y quienes me permitieron dar un paso más en mi vida profesional, proporcionándome la sabiduría necesaria para culminar mis estudios satisfactoriamente.

A mis Padres **Sergio Sandoval** y **Petrona Carrillo** que con su ejemplo, tenacidad y fe en la vida me supieron inculcar valores y principios morales los cuales han sido fuente de inspiración para mi formación profesional y que hoy en día se ven recompensados todos sus esfuerzos con mi logro.

A mi querida novia Karla P. Reyes, que me apoyo incondicionalmente con todo su amor. A mis hermanas Mayela, Bianka y Catalina Sandoval, quienes con su amor, sacrificio, confianza, comprensión y tolerancia guiaron mis pasos y me acompañan siempre brindándome todo su apoyo.

A la memoria de un gran personaje muy importante en mi vida, mi abuelito **Antonio Sandoval (Toño)** quien me transmitió los conocimientos más importantes de la vida, de lo que estoy seguro donde se encuentren está muy orgulloso de este logro.

SERGIO M. SANDOVAL CARRILLO.

Dedico este estudio de investigación, a Jehová nuestro Dios por estar siempre conmigo, permitirme llegar a este momento de mi vida y conquistar una meta más.

A mis padres, Ángel G. Alemán y Josefa Espinoza que los estimo y aprecio mucho y que me apoyaron en todo. Y a mi esposa, Erika H. Alemán que siempre me dio apoyo incondicional

ROMMEL M. ALEMÁN ESPINOSA.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar queremos agradecer a Dios nuestro creador por habernos permitido llegar al final de este trabajo. A nuestros padres que han cultivado con perseverancia, sacrificio y determinación nuestras vidas. Gracias a ellos, a sus sacrificios, desvelos y cariño hoy somos personas con sólidos principios y valores, miembros útiles a la sociedad.

Agradecemos a nuestros asesores de tesis por su valiosa asesoría para con nuestro trabajo y queremos agradecer especialmente al Ing. Manuel Zúniga por todos los conocimientos que compartió con nosotros y por su valioso tiempo dedicado a esta tesis. Así mismo a todos los Ingenieros, profesores (a) que a lo largo de nuestra formación compartieron sus conocimientos, sus vivencias, por toda su dedicación en nuestra formación profesional, moral y humana, por su cercanía, fraternidad, apoyo y sus exigencias académicas.

También agradecemos a nuestro tutor el Ingeniero Ernesto Cuadra Chévez que confió siempre en nosotros y nos orientó hasta alcanzar la meta el cual fue un elemento importante y se lo agradeceremos siempre.

A cada uno de nuestros amigos(as) que han compartido nuestros esfuerzos, luchas y esperanzas. A ellos(as) que han puesto su granito de arena y nos han hecho mejor cada día.

A María Santísima, nuestra buena y querida madre, recompense tanta generosidad, cariño, entrega y amor, a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra manera la realización de este trabajo.

Con eterna gratitud, desde lo más profundo de nuestro corazón.

RESUMEN

El diseño vial del Corredor Alterno Veracruz – Intersección Km 17.3 Carretera a Masaya, tiene como objetivo aplicar el método de diseño de pavimentos rígidos de la Asociación del Cemento Pórtland (PCA) en este subtramo, para completar la segunda etapa del proyecto llamado “Intersección Carretera Norte – INTA-Veracruz – Km 17.3 Carretera a Masaya” que está propuesta por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (M.T.I.)

El proyecto definitivo está dividido en dos etapas donde la primera etapa da inicio con la estación 0+000 ubicada en el km 14.5 carretera Panamericana Norte y termina en la estación 9+700 intersección carretera a Veracruz, dando inicio aquí la segunda etapa del proyecto (etapa en estudio) que corresponde desde la estación 9+700 a la estación 14 + 978.140 la que intercepta al km 17.3 carretera a Masaya es decir exactamente 5.278.14 km de longitud, aproximadamente 5.3 km para el cual aplicaremos el diseño y con una superficie de rodadura de 7.2 m.

En la primera parte del trabajo se desarrollan las generalidades, basándose en la introducción del trabajo, la justificación y descripción del Proyecto, así como también, en los objetivos generales y específicos del tema; A través del trabajo se desarrollan un pequeño marco teórico en el que se detalla el tipo de pavimento que se aplicó, así como el análisis y presentación de resultados de los temas correspondientes al cuerpo del trabajo. Los temas abordados se dividieron en el diseño geométrico, estudio de tránsito, estudio de suelos y el diseño de los espesores del pavimento rígido.

El estudio de tránsito se basa en la situación actual del tráfico sobre el sub tramo de carretera y su respectiva proyección; el estudio de suelo, se enfoca en evaluar la capacidad de soporte del suelo existente para poder ser utilizado como base de la losa de concreto. Se desarrolla también el Estudio hidrológico en donde se caracteriza la cuenca en estudio y las Estimaciones de costos que genera el valor total de la Obra.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Introduccion	1
Antecedentes	3
Justificacion.....	5
Ubicación del Proyecto.....	8
Objetivos	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos	11
CAPITULO I: GENERALIDADES DE LOS PAVIMENTOS	12
1.1 Tipos de Pavimentos	12
1.2 Tipos de Pavimento Rigido (Concreto Hidráulico (CH))	13
1.3 Estructura de los pavimentos Asfaltico – Concreto hidráulico	14
1.4 Calidad del Concreto hidráulico	15
1.5 Características del Municipio donde se emplaza el proyecto	17
CAPITULO II: DISEÑO GEOMETRICO	21
2.1.- Elementos que Intervinieron en el Diseño Vial	21
2.2.- Criterios en el Diseño Vial de la Carretera	22
2.2.1 Radio Mínimo de Curva	28
2.3.- Estudio de Tráfico	28
2.3.1 Metodología del trazado de la via	30
2.3.2 Resultado de las curvas	34
2.4.- El Trazo de la Altimetría Proyectada de la Carretera	36
2.5.- Señalización vial	39
CAPITULO III: ANÁLISIS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS.....	40
3.1.- Estudio de Tránsito	40
3.1.1.- Analisis del estudio de transito	40
3.1.2.- Clasificación Vehicular	42
3.1.3.- Estimación del Volumen Diario.	43
3.1.4.- Procedimiento utilizado.	44
3.1.5.- Crecimiento Normal del Tránsito.	45
3.1.6.- Resultados del Estudio de Tránsito	46
3.2.- Estudio de suelo.....	51
3.2.1.- Análisis Estudio de Suelos	51

3.2.2.- Características del Suelo	53
3.2.3.- Resultado del estudio de suelo	56
3.3.- Diseño de espesores de Pavimentos Hidráulico	59
3.3.1.-Procedimiento del diseño del método de la PCA.....	59
3.3.2.- Diseño de pavimento rigido.....	62
3.3.3.- Factor de erosión	66
3.3.4.- Aspectos Complementarios Al Diseño	74
CAPITULO IV ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	77
4.1.- Características de las Cuencas	78
4.1.1.- Características de la Cuenca Principal.....	79
4.1.2.- Morfología del cauce	83
4.2.- Cálculo Hidrológico.....	83
4.2.1.-Criterio de Diseño	83
4.2.2.- Metodología	83
4.2.3.- Coeficiente de escorrentía	84
4.2.4.- Intensidad de la lluvia	84
4.2.5.- Duración de la lluvia	85
4.2.6.- Calculo del Área.....	86
4.2.7.- Caudal de Diseño	86
4.3.- Cálculo Hidráulico	87
4.3.1- Criterio de Diseño	87
4.3.2- Ingeniería de Campo y recopilación de la información	87
4.3.3- Estudios Topográficos	87
4.3.4- Memoria de Cálculos de alcantarilla de Cruce	88
CAPITULO V: COSTO Y PRESUPUESTO DEL TRAMO DE CARRETERA.....	94
5.1.- Inversión del proyecto.....	94
5.2.- Costos de Mantenimiento.....	95
5.3.- Memorias de cálculo.....	95
5.3.1.- Movimiento de Tierra	95
CAPITULO VI: IMPACTO AMBIENTAL	110
CAPITULO VII ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	123
7.1.- Movilización	123
7.2.- Remoción de estructuras y obstáculos	123
7.3.- Excavación y Terraplenado	123
7.4.- Tierra vegetal conservada	123
7.5.- Mampostería	124
7.6.- Estructuras de Pavimentos	124
7.7.- Otras Especificaciones	123
CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
8.1.-Conclusiones.....	125
8.2.- Recomendaciones	129

BIBLIOGRAFÍA	131
ANEXOS	132

ÍNDICE DE MAPAS, GRÁFICOS Y CUADROS

Mapas	Pag.
1.0.- Localización geográfica del proyecto	08
1.0'.- Ampliación de la localización Geográfica	10
3.1.- Localización del Conteo Volumétrico.....	41
1 y 2.- Fotos de sondeos de línea	52
4.1.- Trazado de la cuenca en todo el recorrido del proyecto.....	80

Gráficos	Pag.
1.1.- Capas que tienen un pavimento flexible y un pavimento rígido	15
1.2.- Representa la Formula del Modulo de rotura a Flexion.....	16
2.1.- Un diagrama de las dimensiones entre ejes del vehículo de diseño	25
2.2.- Giros con sus respectivos Radios del Vehículo De Diseño Wb-20	26
2.3.- Detalle de la de la sección típica.....	30
3.1.- Estimación de Volúmenes diarios	44
3.2.- Correlación de Valores De Cbr	58
3.3.- Repeticiones Esperadas del Análisis de Fatiga	65
3.4.- Análisis de Erosión, Con Apoyo Lateral	67
3.5.- Modulación correspondiente al tramo del proyecto	76
4.1.- Resultados de las especificaciones a través de H-CANAL	89
4.2.- Resultados de las especificaciones a través de H-CANAL	90
4.3.- Resultados de las especificaciones a través de H-CANAL	91
4.4.- Resultados de las especificaciones a través de H-CANAL	92
4.5.- Resultados de las especificaciones a través de H-CANAL	93

Cuadros	Pag.
1.0.- Representa las coordenadas del proyecto	8
1.1.- Representa la Formula del Modulo de rotura a Flexión.....	16
2.1.-Elementos de diseño geometrico.....	24
2.2.-Dimenciones del vehiculo de diseño.....	25
2.3.-Planimetria del camino	35
2.4.- Alineamiento Vertical	38
3.1.-Trafico total de la semana	42
3.2.-Estudio de trafico	43
3.3.- Crecimiento Normal del Tránsito.....	45
3.4.-Proyeccion de la composición vehicular	47
3.5.-Repeticiones esperadas	49
3.6.-Composición vehicular por ejes	50
3.7.- Total Repeticiones Esperadas Por Ejes	50
3.8.-Ensayes y metodos utilizados	52
3.9.-Propiedad de los materiales de sondeos de linea	55
3.10.- CBR al 95% proctor	57
3.11.-Correlaciones de valores CBR y K	58
3.12.-Esfuerzo equivalente con apoyo lateral.....	63
3.13.- Factores de Erosión sin pasajuntas y con apoyo lateral	66
3.14.-Calculo de Espesor para 8 pulgadas	68
3.15.- Calculo de Espesor para 7.5 pulgadas.....	70
3.16.- Calculo de Espesor para 7 pulgadas.....	71
3.17.- Calculo de Espesor para 6.5 pulgadas.....	72
3.18.- Calculo de Espesor para 6 pulgadas.....	73
4.1.- Coeficiente de Escorrentia	84
5.1.- Costos totales del pavimento hidráulico	109
6.1.- Rangos Utilizados	115
6.2.- Resultados de la Matriz de Leopoldo.....	117
6.3.- Impactos Directos (Primarios) Positivos	118
6.4.- Impactos Directos Negativos (Por Parte Del Proyecto)	118
6.5.- Medidas Ambientales más importantes del proyecto:	120

INTRODUCCIÓN

La situación actual de la Red Vial Nacional, su problemática, conservación y desarrollo son temas de vital importancia para el país, ya que están íntimamente relacionados con el desarrollo socioeconómico de éste.

Dentro del plan de desarrollo vial del país, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), ha programado la construcción del CORREDOR ALTERNO KM 14.5 CARRETERA NORTE – INTA – VERACRUZ – KM 17.3 CARRETERA A MASAYA, tramo de carretera con aproximadamente 15.0 kilómetros que unirá dos carreteras troncales como son la carretera Panamericana Norte y la carretera Managua a Masaya. Para cumplir este propósito el MTI¹ ha desarrollado los esfuerzos respectivos para realizar el diseño de estos tramos de carreteras.

El tramo en estudio ha sido dividido en dos subtramo con el objetivo de proceder a la construcción en dos etapas. La primera etapa corresponde a la Intersección del km 14.5 Carretera Norte – INTA – Intersección Veracruz, con una longitud de 9.7 km y la segunda etapa (etapa en estudio) que comprende la Intersección Veracruz- Intersección km. 17.3 Ctra. a Masaya con una longitud de 5.3 km para completar el proyecto.

Tradicionalmente en Nicaragua, se han utilizados los pavimentos de tipo flexible y no así los pavimentos del tipo rígido, de los cuales se tienen en su minoría en el país. Actualmente con los elevados costos del petróleo se ha aumentado el costo inicial de construcción de los pavimentos flexibles y se ha tenido que comenzar a considerar otros métodos alternativos para pavimentos, tales como el pavimento rígido de concreto, el cual proporciona reducidos costos de mantenimiento y disminución de los impactos ambientales, además la mayoría de los insumos para producir el concreto (cemento, grava y arena) se encuentran en nuestras canteras y bancos de materiales por lo que no se requiere importación de materiales.

¹ Ministerio de Transporte e Infraestructura

El presente documento tiene como finalidad aplicar el método de diseño de pavimentos rígidos de la Asociación del Cemento Portland (PCA) en el subtramo de carretera del proyecto: “Intersección Veracruz - Intersección Km. 17.3 Ctra. a Masaya” con una longitud de 5.3 km aplicando todas las variantes que el método requiere para obtener el espesor requerido de la losa de concreto como superficie de rodamiento que pueda resistir las cargas del tránsito de diseño.

La información empleada para la elaboración de este diseño procede básicamente de la revisión de documentos existentes sobre distintos tópicos que componen el diseño de proyectos viales, reuniones técnicas con funcionarios del MTI, de levantamientos topográficos, investigación de campo sobre los aspectos socioeconómicos, métodos de ingeniería para realizar el diseño geométrico, diseño hidráulico y el diseño de la estructura de pavimento.

La información necesaria para el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) fue obtenida mediante entrevistas directas (encuesta) a los productores de la Zona de Influencia del Proyecto y mediante el instrumento de encuesta pre elaborado. Así como también fue realizado un estudio de factibilidad que definió la rentabilidad de la inversión en el proyecto.

La ayuda de la computadora fue indispensable para el dibujo de la información topográfica la cual fue levantada haciendo uso de equipos electrónicos de alta precisión auxiliado con el uso de geoposicionadores (GPS) estacionarios, lo que además de facilitar la labor propia de dibujo, contribuye a la obtención de resultados de gran calidad y de fácil manejo en los casos en que sea necesario realizar modificaciones en beneficio del estudio.

Ya realizados todos estos estudios se procedieron a adjuntar los planos que servirán de apoyo para la etapa de construcción.

ANTECEDENTES

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), como parte del plan integral de desarrollo del país por medio del mejoramiento de la red vial llevó a cabo el estudio y diseño del tramo de carretera ubicado entre la carretera Norte y la carretera a Masaya, cuyo nombre del proyecto fue “Estudio y Diseño Vial, Ambiental y de Factibilidad del Corredor Alterno Carretera Norte – INTA – Veracruz – Intersección Carretera a Masaya Km 17.3”.

La ejecución de este estudio tiene como objetivo principal diseñar una vía alterna para el volumen de tráfico que proviniendo del norte tienen como destino final la zona sur del país y del flujo del tráfico que proviniendo del sur tiene como destino final el norte del país. Con ello se pretende aliviar el flujo vehicular que cruza la ciudad Capital Managua con estos destinos.

Ese corredor alternativo, con el transcurrir de los tiempos ha experimentado un creciente aumento del tránsito, sobre todo del tipo pesado, esto debido a que muchas fabricas industriales de materiales de construcción, tales como grava, adoquín, concreto, etc; han localizado sus plantas de procesamiento en zonas aledañas, lo que ha provocado una mayor utilización de la ruta para distribuir sus productos a la capital Managua y otros sitios del país.

El estudio concluyó con un diseño de pavimento flexible del proyecto con todos los estudios pertinentes del caso, sin analizar otra alternativa de diseño en base a un pavimento con una superficie de rodamiento rígido, que podría conllevar a un ahorro significativo del costo total del tramo en mención.

Los pavimentos de concreto hidráulico se han venido construyendo a nivel mundial desde 1865, la alternativa de proyección y construcción se han transformado a medida que los tiempos evolucionan, el conocimiento en los materiales óptimos, la gran escalada de la ingeniería mecánica acompañada del entendimiento de las teorías de

la mecánica de suelos y materiales encaminan el mejor comportamiento de los pavimentos que se construyen con cemento como materia prima en sus mezclas; todas estas combinaciones consolidaron a los pavimentos de concreto hidráulico como las estructuras de mayor duración con buenos niveles de conservación y óptimos niveles de inversión medidas a largo plazo.

Las cercanías de fábricas (MECO & SANTA FE, PROINCO Y CONCRETERA TOTAL) de concreto hidráulico, concreto asfáltico, adoquines, cajas para puentes, vigas pre y potizadas, tuberías pluviales, etc. son buenos elementos para pensar que los costos del proyecto puedan disminuir en el horizonte de su vida útil proyectada.

Situación Actual de la Vía

El emplazamiento total de la ruta diseñado se ha trazado en un 90% sobre terrenos agrícolas y en un 10% sobre un camino de accesos a las instalaciones del INTA. El Tramo en análisis en este informe final de Graduación está alojado sobre terrenos agrícolas donde no existe circulación vehicular.

Aunque en el Capítulo correspondiente se explique con mayor detalle las normas geométricas aplicadas al diseño de la vía en que tuvieron su mayor influencia para el trazado ya que se alojase sobre terreno que permitiesen un desarrollo geométrico basado en amplias curvas unidas con tangentes largas.

JUSTIFICACIÓN

Para que una determinada zona avance en su desarrollo socioeconómico, es necesario que la misma cuente con un sistema de comunicación establecido por medio de sus vías de acceso, acorde éstas con las especificaciones técnicas y la demanda de la población.

El Gobierno de Nicaragua invierte anualmente, a través de sus instituciones (MTI y FOMAV) gran parte de su asignación presupuestaria en mantenimiento y reparación de carreteras de pavimentos flexibles.

Desde el inicio del desarrollo de la red vial pavimentada, se ha diseñado el espesor de pavimento con una superficie de rodamiento final a base de materiales en lo que se incluye el asfalto como elemento importante y principal en la construcción de la misma.

La superficie de rodamiento en las vías asfaltadas ha sufrido también cambio en relación a la calidad de la misma dado que ha pasado del uso de los tradicionales tratamientos superficiales, sencillos o dobles, al uso de mezclas asfálticas en frío y en las dos últimas décadas, en mezclas asfálticas en caliente. Con ello, la dependencia del asfalto es mayor debido al mayor consumo de ese producto en la elaboración de las mezclas asfálticas, en la aplicación de las mismas y en el posterior mantenimiento de la vía. Este salto de calidad en la superficie de rodamiento implica también un alto incremento en los costos de la misma, no solo por el valor de la mezcla como producto primario sino por el incremento diario del costo del asfalto el cual está sujeto a las variaciones internacionales.

El tema del mantenimiento de las vías asfaltadas es un tema que se puede abordar desde dos componentes importantes:

- El costo y la efectividad del mismo
- La frecuencia.

Entre ellos existe una relación estrecha y una dependencia con el programa que el gobierno impulsa. La menor frecuencia de operación del mantenimiento implica mayor deterioro de la vía y significa la erogación de mayores costos para el mantenimiento. Y esto se repite hasta que la vía colapsa generando mayores costos de operación vehicular.

La economía nacional no debe de seguir corriendo estos ciclos que desgastan el erario público y contribuye al incremento del endeudamiento dado que la rehabilitación de la infraestructura se realiza por medio de préstamos que las instituciones financieras conceden al país con su respectiva carga impositiva.

Debido a este hecho real, en esta tesis se estudió la alternativa de construir una superficie de rodamiento a base de concreto hidráulico sobre un subtramo de la vía el cual está comprendido entre Veracruz y el km 17.3 de la Carretera a Masaya.

Este tipo de pavimento conocido como pavimento rígido, está compuesto principalmente por materiales que se obtienen en el país a través de las empresas industriales productora de cemento, piedra triturada o grava y hierro, siendo este último objeto de exportación pero comercializable en el país.

La colocación del concreto hidráulico tampoco requiere de equipos y maquinarias de un gran adelanto tecnológico, si no que se utilizan equipos tradicionales que en el país se cuenta ya sea de renta o de venta.

Aún cuando sus costos iniciales de construcción son mayores a las estadísticas conocidas relacionadas a la construcción de carreteras con pavimentos flexibles, los costos de mantenimiento en el horizonte de la vía de diseño, resultan de mucho menor costo que los que se generan con el escenario descrito en los párrafos precedentes.

Es conocido que la durabilidad del concreto hidráulico es mayor en más de una vez al periodo de diseño de la vía. En la ciudad de Managua existen ejemplos de vías con carpeta de rodamiento que cuentan con más de 30 años y se encuentran en buen estado de funcionamiento.

El aeropuerto internacional ubicado en las cercanías del proyecto, el crecimiento de la ciudad en círculos periféricos, el flujo vehicular proveniente del sur y norte-central del país, son elementos importantes en la toma de decisión del gobierno de proyectar esta ruta dado que su puesta en funcionamiento disminuiría el volumen de tráfico que actualmente circula dentro de la ciudad para trasladarse al sur o al norte-central según sea su origen o destino.

La disminución de los tiempos de viaje del volumen de tráfico que opte circular por esta ruta es otro elemento de consideración económica que incrementa los factores que justifican la construcción de la vía, y si esta construcción no tendrá un impacto económico a lo largo de su vida útil incluido su mantenimiento, por el tipo de pavimento a usar, la justificación tiene razones más valederas. También la apertura expedita de este eje vial, contribuirá de una manera significativa a un desarrollo más acelerado del proceso de urbanización que se desarrolla en la actualidad en la zona de influencia.

UBICACIÓN DEL PROYECTO

El trazado del camino en estudio se ubica entre los departamentos de Managua y Masaya, iniciando en el municipio de Managua y concluyendo en el municipio de Nindirí. El origen del proyecto se localiza sobre la carretera Norte a la altura de la estación 14 + 500 y toma rumbo sur sobre el camino de acceso a las instalaciones del Instituto Técnico Agropecuario (INTA). La ruta se aloja sobre el camino existente hasta la altura de la estación 3+800 aproximadamente. A partir de este punto el trazado continúa siempre con orientación sur sobre terrenos agrícolas hasta interceptar con el camino hacia Veracruz. Este sitio de cruce se localiza aproximadamente a 500 m del centro del poblado de Veracruz. A partir de este sitio el trazado continúa su recorrido con orientación sur interceptando con la calle que acceda al Residencial Nuevo Milenio; Siempre sobre terrenos agrícolas, el camino continua este rumbo hasta interceptar con la Carretera a Masaya a la altura del km 17.3.

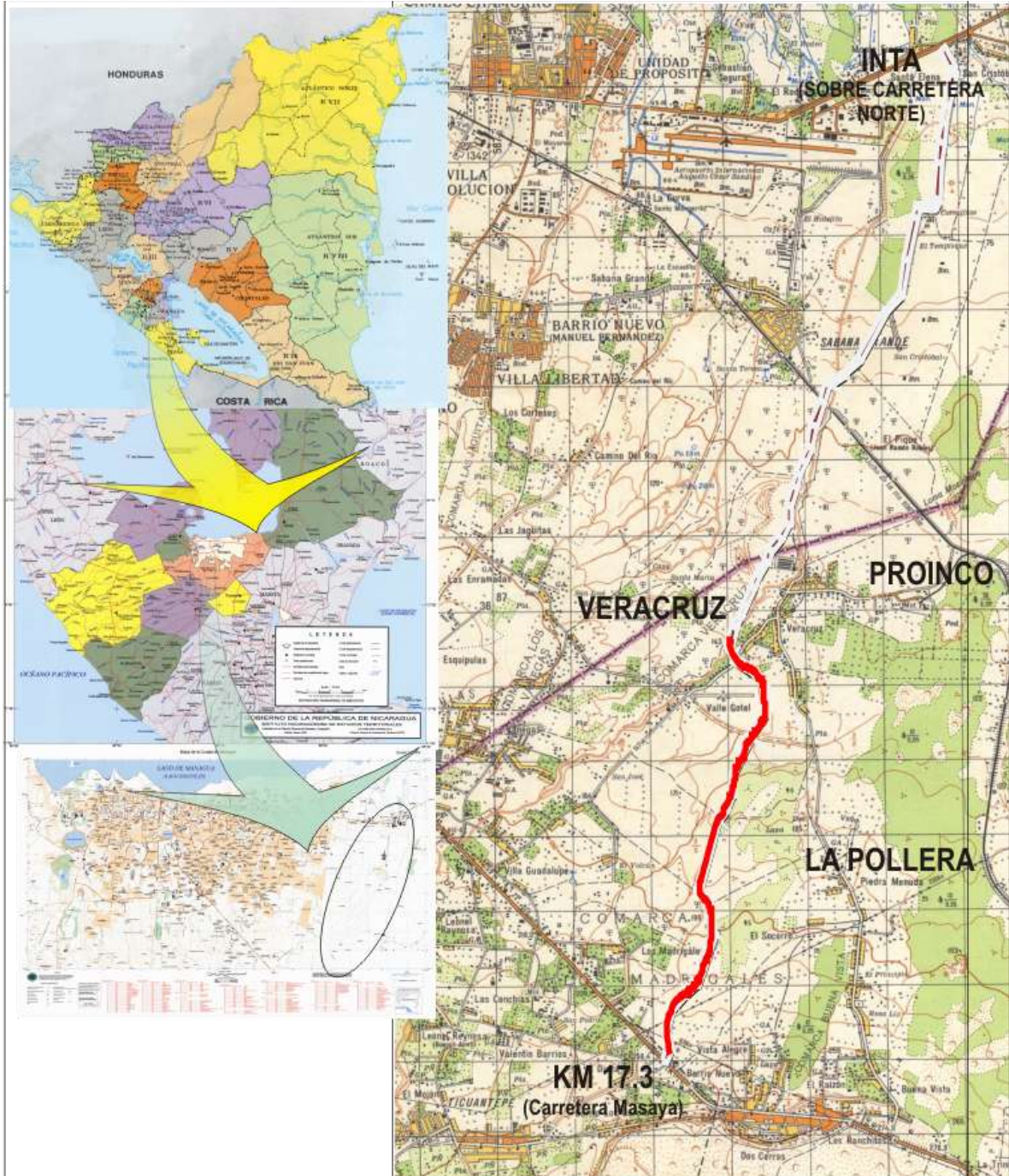
Las coordenadas del Proyecto se describen en la siguiente TABLA N° 1.0.

TABLA N° 1.0

CONCEPTO	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
Intersección Veracruz	12° 08'27"	86° 07'35"
Km 17.3 Carretera a Masaya	12° 02'06.3"	86° 11'06.4"

El Mapa N° 1.0, muestra el trazado del proyecto a partir del mapa de Nicaragua y en el mapa N° 1.0' se amplía la ubicación desde la Carretera Norte hasta el Km 17.3 Carretera a Masaya, detallando la etapa en estudio que corresponde a Veracruz - Km 17.3 Carretera a Masaya.

MAPA N° 1.0
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO



Mapa de Localización del Estudio
“VERACRUZ - KM 17.5 INTERSECCIÓN CARRETERA MASAYA”

“DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL CORREDOR ALTERNO VERACRUZ – INTERSECCIÓN KM 17.3
CARRETERA A MASAYA A BASE DE PAVIMENTO RÍGIDO”.

MAPA N° 1.0' AMPLIACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA



“DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL CORREDOR ALTERNO VERACRUZ - INTERSECCIÓN KM 17.3 CARRETERA A MASAYA A BASE DE PAVIMENTO RÍGIDO”.

OBJETIVOS.

Objetivo general.

Desarrollar el diseño geométrico y la estructura de pavimento de 5.3 km de longitud a través del método de diseño de pavimentos rígidos de la Asociación del Cemento Portland (PCA) en el tramo carretera Veracruz - Km. 17.3 Ctra. a Masaya.

Objetivos específicos.

- ❖ Realizar el diseño Geométrico de 5.3 km de longitud del sub tramo Intersección Veracruz – Intersección 17.3 Ctra. Masaya.
- ❖ Determinar los Espesores de la Estructura del Pavimento Hidráulico por el Método de la Asociación del Cemento Portland (CPA).
- ❖ Realizar el Estudio Hidrológico de 5.3 km del tramo Intersección Veracruz – Intersección 17.3 Ctra. Masaya.
- ❖ Valorar el Impactos Ambientales del proyecto (Intersección Veracruz – Carretera Masaya)
- ❖ Presentar planos y documentos que servirán de base para la ejecución del proyecto de carretera Intersección Veracruz - Intersección Km. 17.3 Ctra. a Masaya con una longitud de 5.3 km.



Características Generalidades

El pavimento de una carretera es una estructura formada por varias capas de material de calidad y con una superficie de acabado con características idóneas para la circulación de vehículos principalmente y construida con el objetivo de garantizar un alto valor de soporte que resista para las cuales se diseña la estructura.

Tipos de Pavimentos

Los pavimentos generalmente se clasifican de acuerdo con los materiales que componen su superficie de rodamiento. Estos pueden ser:

a) **Pavimentos flexibles:** cuando la estructura de pavimento tiene como superficie de rodamiento un espesor compuesto por asfalto como material importante. La superficie de rodamiento puede ser mezcla asfáltica en caliente, mezcla asfáltica en frío, tratamientos superficiales, etc.

El asfalto o betún es un material bituminoso de color negro, constituido principalmente por asfaltenos, resinas y aceites. Estos elementos le proporcionan unas características de consistencia, aglutinación y ductilidad al producto y le confieren unas propiedades cementales a temperaturas ambientales normales. Todo esto hace del asfalto un material muy versátil con un coste razonable.

b) **Pavimentos rígidos:** se denominan pavimentos rígidos aquellos cuya estructura finaliza con un espesor compuesto por concreto hidráulico cuya resistencia será diseñada en función de una serie de parámetros, entre ellos las solicitaciones de carga.

c) **Pavimento semirrígido:** son aquellos cuya superficie de rodamiento está formada por bloques de concreto simétricos perfectamente trabados y alineados. En Nicaragua se conoce como superficie de adoquín.

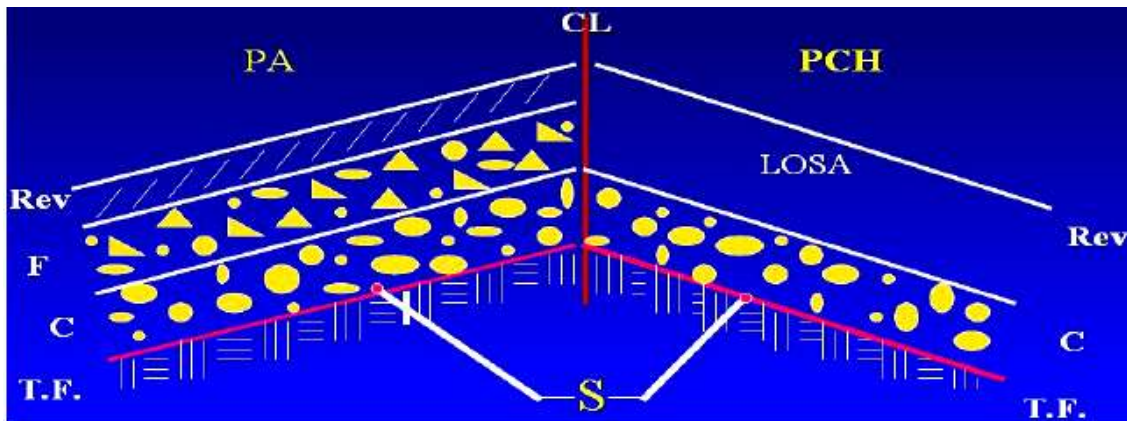


La palabra adoquín proviene del árabe “ad-dukkân” que quiere decir “piedra escuadrada” El adoquín se puede utilizar en andenes, Zonas peatonales y plazas, donde el tráfico es básicamente peatonal; en vías internas de urbanización, calles y avenidas, con tráfico vehicular que puede ir desde unos cuantos vehículos livianos, hasta gran número de vehículos pesados.

Estructura del pavimento con Concreto Hidráulico

En el gráfico 1.0 se aprecia las diferentes capas que tienen un pavimento flexible y un pavimento rígido.

Grafico 1.0



LEYENDA:

PA = Pavimento Asfáltico

PCH = Pavimento de Concreto Hidráulico.

L = Revestimiento

Losa = Hormigón de Cemento Pórtland.

F = Firme

C = Cimiento

T.F = Terreno de Fundación.

S = Sub – Rasante



Tipos de Pavimento de Concreto Hidráulico (CH)

➤ **Pavimentos de Concreto Hidráulico Simple (PCH S)**

El concreto asume y resiste las tensiones producidas por el tránsito y las variaciones de temperatura y humedad.

a) Sin elementos de transferencia de carga.

Sin elementos de Transferencia de Carga.-Aplicación: Tráfico Ligero, clima templado y se apoya sobre la sub - rasante, en condiciones severas requiere del Cimiento granular y/o tratado, para aumentar la capacidad de soporte y mejorar la transmisión de carga.

b) Con elementos de transferencia de carga.

Con elementos de Transferencia de Carga o Pasadores: 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 dislocamientos verticales diferenciales (escalonamiento). Aplicación: Tráfico mayor de 500 Ejes Eq. de 18 Kips.

➤ **Pavimentos de Concreto Hidráulico con Refuerzo de Acero (PCH RA)**

a) Con refuerzo de acero no estructural.

PCH RA no Estructural: El refuerzo no cumple función estructural, su finalidad es resistir las tensiones de contracción del concreto en estado joven y controlar los agrietamientos. Tienen el refuerzo de acero en el tercio superior de la sección transversal a no menos de 5cm. Bajo la superficie. La sección máx. de acero es de 0.3% de la sección transversal del Pavimento. Aplicación: Es restringida, mayormente a pisos Industriales.



b) con refuerzo de acero estructural.

PCH RA Estructural: El refuerzo de acero asume tensiones de tracción y compresión, por lo que es factible reducir el espesor de la losa hasta 10 o 12 cm. Aplicación: Pisos Industriales, las losas resisten cargas de gran magnitud.

➤ **Pavimentos de Concreto Hidráulico con Refuerzo Continuo (PCH RC)**

El refuerzo asume todas las deformaciones, en especial las de temperatura, eliminando las juntas de contracción, quedando solo las juntas de construcción y de dilatación en la vecindad de alguna obra de arte.

La fisura es controlada por una armadura continua en el medio de la calzada, diseñada para admitir una fina red de fisuras que no comprometan el buen comportamiento de la estructura del pavimento. Aplicación: En la Parkway USA, zonas de clima frío, recubrimientos en pavimentos deteriorados.

➤ **Pavimentos de Concreto Hidráulico Pre o Postensado (PCH PP)**

Su desarrollo es limitado, la primera experiencia es en el Aeropuerto de Orly (Paris-1948) y posteriormente en el Aeropuerto de Galeao (Río de Janeiro). El diseño trata de compensar su costo vs. disminución del espesor, presenta problemas en su ejecución y mantenimiento.

➤ **Pavimentos de Concreto Hidráulico Reforzado con Fibras (PCH RF)**

Incorpora fibras metálicas, de propileno, carbón, etc. con excelentes resultados en Aeropuertos y sobre capas delgadas de refuerzo.

El diseño es más estructural y de buen comportamiento mecánico, pero sus costos y los cuidados requeridos en su ejecución, dificultan su Desarrollo.



Calidad del Concreto Hidráulico

Las mezclas del Concreto Hidráulico para Pavimentos deben de estar previstas para:

- a) Garantizar una durabilidad satisfactoria dentro de las condiciones de requerimiento del Pavimento.
- b) Para asegurar la resistencia deseada a la flexión.

La flexión en los Pavimentos de Concreto Hidráulico, bajo las cargas aplicadas por los neumáticos, produce esfuerzos de compresión y tensión. Los esfuerzos de Compresión son pequeños en relación a la resistencia de la misma, y sin mayor incidencia en el espesor de la losa.

Por lo tanto el concreto hidráulico que se utiliza en los pavimentos se especifica por su resistencia a la flexión, medida por el Módulo de Rotura a Flexión, a los 28 días. (MR) expresada en kg/cm² y generalmente varía entre los siguientes valores: $40 \leq MR \leq 50$

En los Anexos se presenta un gráfico de la correlación entre el Módulo de Rotura (MR) y la resistencia a la compresión del Concreto Hidráulico a los 28 días (f'c).
(Ver Anexo A-2 Grafico No 2.4).

Características del Municipio donde se emplaza el Proyecto.

El sub tramo de camino está localizado en el área del municipio de Nindirí, y a continuación se describe el Municipio:

El Municipio de Nindirí, Departamento de Masaya, su posición geográfica es 12°00' de Latitud Norte y 86°0 07' de Longitud Oeste, su intensidad de lluvia media anual de la región es de 1,450mm, este municipio fue fundado en el año



1,500 con una extensión territorial de 142 km², su clima se considera de Sabana Tropical el cual posee una temperatura de 27° C y una población de 36,845 habitantes con un Crecimiento Poblacional del 4.6. % siendo su densidad Poblacional de 258 habitantes por km².¹

La principal actividad económica es el comercio y la agricultura con 17 Zonas Rurales y 1 Zonas Urbanas, los límites del municipio: **Norte:** Managua y Tipitapa. **Sur:** Masaya y los municipios de Masatepe y la Concepción. **Este:** Masaya y **Oeste:** Municipio de Ticuantepe.

Está ubicada a 26 Kilómetros de la capital. El proyecto del camino Veracruz – Masaya, está ubicado en el municipio de Masaya en dirección Oeste de Nindirí, abarcando las comarcas de Veracruz y Los Madrigales, etc. Se caracteriza de tener áreas agrícolas, áreas urbanas y comercio las características Orográficas de la zona se localiza en la región hidrológica de la cordillera volcánica (Masaya), cerca de la base de las alturas de las sierras de Managua; sobre una llanura “Lenderi” (Laguna de Masaya), extendiéndose en el norte hasta encontrarse con el Lado Xolotlán de Managua².

Los límites del proyecto son:

Norte: Municipio de Managua (Carretera Panamericana Norte)

Sur: Municipio de Nindirí (Carretera Panamericana Sur)

Este: Municipio de Sabana Grande

Oeste: Municipio de Managua y Ticuantepe

Organización Territorial del Municipio

El territorio de NINDIRÍ comprende 17 comarcas que son:

¹ Censo de población y vivienda INEC. 2005.

² URL <http://nicaexplore.com/departamentos/espanol/masaya/nindirí.htm>



Zonas Rurales:

1. Buena Vista
2. Campuzano
3. Cofradía
4. El Papayal
5. El Portillo
6. El Raizón
7. Guanacastillo
8. Lomas del Gavilán
9. Los Altos
10. Los Vanegas
11. Madrigales Norte
12. Madrigales Sur
13. Piedra Menuda
14. San Francisco
15. San Joaquín
16. Valle Gothel
17. Veracruz

Zonas Urbanas:

1. NINDIRI

1.2.3.- Ecología

- **Geomorfología**

El municipio de NINDIRÍ está localizado dentro de la depresión Nicaragüense entre la zonas geomorfológicas en la provincia volcánica del pacifico, sub-provincia fisiográfica de la cordillera de los maribios y vertiente hidrográfica del Atlántico y cuenca de los lagos.

Está constituida por la cadena de calderas, conos y cráteres volcánicos del cuaternario holocénico y pleistocénico del complejo volcánico Masaya en la cual se encuentran los cráteres Santiago, Masaya y San Pedro, así como otros conos de mayor elevación topográfica. Las elevaciones oscilan de 140-630 m.sn.m. La



mayor elevación corresponde a la del volcán Masaya, las pendientes oscilan de 15 a 30% en la falda de los volcanes. De 30 - 60% en el cuello de los mismos y hasta 80% en las paredes noroeste (NINDIRÍ, Este y Sureste de la Caldera). La fuerte actividad volcánica intensiva de la era cuaternaria produjo suelos recientes derivados de cenizas y materiales piro-clásticos básicos (brechas, tobas, lapillis, cenizas, lava) en toda la zona.

Las reincidentes actividades volcánicas han ido cambiando continuamente la configuración topográfica hasta su estado actual.

- **Cuencas Hidrográficas**

Los acuíferos de Nicaragua, constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua, especialmente en la región del pacífico y parte de la región central del país, la explotación de los recursos de agua subterránea se acentúa cada día más, siendo utilizada para la agricultura, ganadería, industria y el abastecimiento a la población que cada día va en aumento producto de la escasez de las aguas superficiales.

El manto acuífero del territorio municipal es abundante en aguas subterráneas especialmente en las comarcas de Madrigales Sur, Madrigales Norte, Valle Gothel, Veracruz y Cofradía. El municipio de NINDIRÍ cuenta con un solo cuerpo de agua superficial ubicado al sur del municipio con el nombre de Laguna de Masaya, de aproximadamente 9 Km. de longitud, 3 Km. de ancho y con una profundidad de 80m.

Este cuerpo de agua fue, valorada por “CIRA” como agua potabilizable a pesar de la constante contaminación en la que ha sido sometida desde hace varios años.

Las zonas de recarga y el promedio de esta recarga junto a las contribuciones de la laguna de Masaya, es suficientemente-alta como-para que



toda el área tenga un gran potencial para el abastecimiento de agua para Managua y otras zonas.

La producción de agua en la zona ha sido importante desde el año de 1976, en que el primer pozo de Valle Gothel comenzó a producir un promedio de 2,053 m³ anuales hasta 1989. En 1990 aumentó a 3,205 m³ anuales y en Veracruz empezaron a producir en 1990-1991, 5,539 m³ al día. Desde 1993 los pozos de Veracruz están produciendo 13,200 m³ por día, significando en ese momento el 4% de toda el agua consumida por Managua.

- **Calidad del Ambiente**

La contaminación de los recursos hídricos, suelos y aire en Nicaragua es un problema ascendente, el cual en este municipio resulta de mucha importancia, ya que uno de los principales factores de contaminación es el uso excesivo de agroquímicos, que también tiene su impacto en la salud de la población, otro factor es la actividad que desarrollan las industrias donde a diario depositan los desechos sólidos y líquidos sobre la superficie del suelo y del subsuelo, sin considerar los efectos que pueden ocasionarles a las aguas subterráneas. Por otro lado la presencia de industrias como actividades de explotación de canteras basálticas y grava, contribuyendo a la contaminación del aire por efecto del polvillo y emanaciones de gases al momento de hacerse los trabajos de explotación del material basáltico. Otro factor son las lluvias ácidas y gases que emanan del volcán Santiago que contribuyen a la contaminación del ambiente teniendo resultados negativos en grandes áreas de cultivos agrícolas y en techados de las casas aledañas al volcán (zinc).

- **Uso Potencial del Suelo**

La mayoría de las comarcas del municipio de NINDIRÍ pertenecen a los suelos de la unidad geológica de la zona, formando parte de las provincias



fisiográficas “Planicie de Tipitapa” constituidas por deposiciones aluviales y fluviales respectivamente, los suelos de origen volcánico en su mayoría.

La zona está conformada por la serie NINDIRÍ, Cofradía, que representan las siguientes características: serie NINDIRÍ (ND) con suelos profundos, moderadamente profundos, bien drenados, levemente erosionados u moderadamente erosionados.

Textura, franco a franco arenosa. La serie Cofradía (CF) presenta suelos moderadamente profundos, bien drenados y levemente erosionados, el horizonte “A” tiene una profundidad de 25 cm de textura franca, más profundamente una textura franco-arenosa.

Los suelos en la zona generalmente presentan una permeabilidad moderada y una capacidad de humedad moderadamente alta.

Los suelos tienden a ser planos con pendientes de 0-1.5% y ligeramente ondulada de 1.5 -4%.

Los suelos del municipio deben su origen y evolución a la influencia de factores y procesos de formación, entre ellos el clima, el relieve, el material orgánico, la vegetación, el hombre y el tiempo.

1.2.4 Zonificación y Uso del Suelo

- **Áreas de Cultivos**

Tomando en cuenta las características de la zona en los períodos lluviosos, regularmente la siembras van de mayo a junio (ciclo de primera) para los rubros de maíz, frijol, sorgo, arroz y yuca.

En postrera los rubros del frijol, maní y ajonjolí responden a la siembra de la segunda quincena del mes de Agosto hasta Septiembre.



La siembra de verano incluyen la sandía, el melón, pipián y sus siembras van desde diciembre hasta la primera quincena de enero.

HABITAT HUMANO: Diagnóstico de Infraestructura y Servicio.

- **Infraestructura Socioeconómica**

Transporte y Vías de Acceso

Actualmente el transporte que circula sobre la carretera que va desde Masaya a Managua es muy fluido. En ella circulan buses que viajan a Masatepe, Managua, Masaya, Rivas, Diriomo, Granada y. otras rutas que comunican a NINDIRI con el resto de las cabeceras departamentales de la zona del pacífico.

El municipio cuenta con servicio interno de microbuses, la ruta de transporte actual es Masaya - NINDIRI, tiene 10 microbuses con capacidad de 25 pasajeros cada uno y su itinerario es cada 20 minutos.

Otro medio de transporte utilizado por la población es el servicio de taxis inter locales.

Las principales vías de acceso del municipio la componen la carretera que une a NINDIRI con Managua - Masaya (carretera Panamericana) y el camino que conduce a Cofradía y al km. 18 de la carretera Interamericana (Managua - Tipitapa).

La red de caminos internos del municipio están constituidos por 46 kms. de carreteras asfaltadas y 45 kms. de caminos de todo tiempo.

En el casco urbano se cuenta con 56 cuadras adoquinadas, 26 asfaltadas, 7 con cunetas y 91 de tierra. En la zona rural los caminos se encuentran en regulares condiciones.



Telecomunicaciones

El municipio de NINDIRI cuenta con servicio público de teléfonos y correos, cuya administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones (ENITEL).

En el municipio existe una planta semi automática con capacidad para 150 abonados, actualmente presta servicio a un total de 95 abonados, lo que representa en porcentaje un promedio de un teléfono por cada 350 habitantes.

En el área rural se encuentra una oficina de teléfono administrada por Managua, presta servicio a la biblioteca, Alcaldía y a las comarcas de Dirita, El Raizón, Piedra Menuda y Cofradía. También existen dos teléfonos públicos.

Energía Eléctrica

El municipio cuenta con el servicio público de energía domiciliar administrado por UNION FENOSA. El servicio de energía está integrado a la red del sistema eléctrico de los municipios de Masaya y Managua.

La estructura de energía eléctrica comprende de manera general circuitos independientes para servicio domiciliar y para alumbrado público.

El municipio cuenta con 3,336 conexiones domiciliarias, que representa el 71% de cobertura municipal.

Existen 15 kilómetros de líneas primarias y 7 kilómetros de alumbrado público en la parte urbana del municipio y 30 kilómetros de línea primaria y 15 kilómetros de línea secundaria en el sector rural.

2.0.- DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico de la ruta es un proceso en el que se combina el análisis de los resultados del procesamiento de toda la información de campo recabada en las diferentes especialidades que intervinieron en el estudio tales como, los trabajos topográficos, los estudios geodésicos y los trabajos de tráfico.

Cada uno de esos volúmenes de información fue objeto de estudio, procesamiento y obtención de resultados, cuya información contribuye a la determinación de los elementos más importantes del diseño tales como: sección transversal, velocidad de diseño, nivel de servicio, alineamiento horizontal y vertical.

Para que estas características físicas sean coherentes antes debieron conjugar con las normas de diseño y el vehículo de diseño indefinido.

Elementos que Intervinieron en el Diseño Vial

En los estudios se encontraron una serie de elementos que incidieron en el diseño los cuales fueron parte de los resultados de los estudios que otras especialidades desarrollaron en el proyecto.

Estos elementos se identificaron bajo los siguientes conceptos:

- a) Elementos de Servicio de la Carretera o funcionalidad de la misma.
- b) Topografía del terreno en que se aloja el trazado de la carretera
- c) Hidrología de la zona de influencia del proyecto
- d) Costos de la vía
- e) Impactos Ambientales (positivos y negativos)
- f) Tráfico

Todos estos elementos se influenciaron entre sí y modificaron de gran manera el diseño final de la carretera.

Al relacionar estos elementos, se observó cuidadosamente los objetivos que se han planteado para la definición de la vía, por lo que los resultados finales dan cumplimiento a ellos sin perjuicio de la calidad del diseño y de la seguridad de los futuros usuarios de la misma.

Criterios en el Diseño Vial de la Carretera

Unido a los elementos que incidieron en el diseño vial de la vía se encuentran los criterios que se tomaron, previo análisis técnico de la información con que se contó.

Los criterios se basaron en información resultante de estudios realizados por otras especialidades participantes en el proyecto y por la consulta de las normas establecidas en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales y que para abreviar se llamará el Manual de Diseño en este documento.

Entre los criterios más importantes tomados en consideración en la parte inicial del diseño, se denotan los siguientes:

a) Clasificación Funcional de la Vía

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), cuenta con una definición de clasificación de las vías en su carácter funcional.

Para definir la clasificación, basa su análisis en criterios que para el tipo de clasificación de Troncal Secundaria, son:

- Conectar cabeceras departamentales o centros económicos importantes y centros importantes generadores de tráfico, tales como áreas turísticas capaces de atraer viajes de mayor distancia.
- Una vía Troncal Secundaria es equivalente a una vía Nacional Primaria.
- Sirve también a un volumen considerable de viajes Inter-departamentales.
- Sirve a corredores de viajes con longitudes de trayecto y densidades de viajes mayores que los que atienden los sistemas de carreteras colectoras.
- El volumen de tráfico atendido es un mayor de 500 veh/día.
- Se requiere un ancho de derecho de vía de 50 metros, incluye 5 m. a cada lado del eje ó línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de Información Gubernamental.

La ruta del proyecto está ubicada precisamente entre dos vías de alto tráfico que se han clasificado funcionalmente como troncales principales siendo éstas la carretera Norte y la Carretera a Masaya, donde se ubica la segunda etapa del proyecto Intersección Veracruz- C. Masaya.

De esta manera, se ha considerado que la vía en estudio tendrá una clasificación funcional de Troncal Secundaria.

b) Vehículo de Diseño

Al contar con la clasificación funcional de la vía, se analizó el tipo de vehículo de diseño a utilizar en la determinación de los elementos geométricos de

la vía. Para ello, se tomo en consideración lo expresado en el Cuadro 3.1 del Manual de Diseño del cual se inserta un resumen referido a los parámetros que son atingentes a las vías clasificadas como Troncales Secundarias.

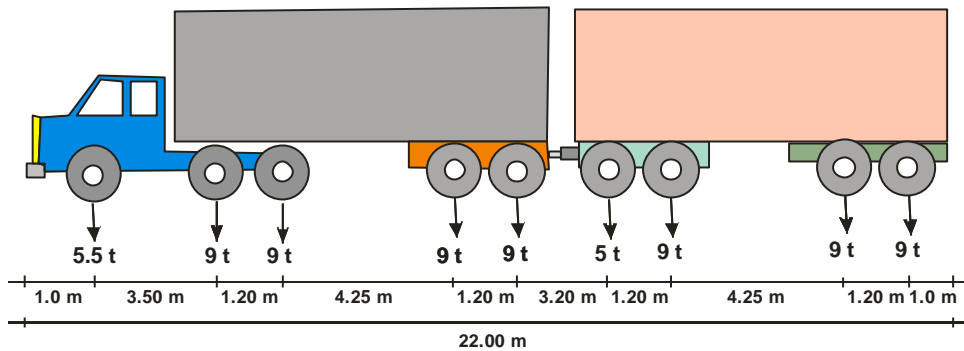
CUADRO 3.1			
ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMETRICO			
DESCRIPCION	TIPO DE VIA		
	Troncal Secundaria		
TPDA Vehículos Promedio Diario	10000 – 3000		
VHD, Vehículos por Hora	1500 – 450		
Factor de Hora Pico, FHP	0.95 - 0.91		
Vehículo de Diseño	WB – 20		
Tipo de Terreno	P	O	
Velocidad de Diseño	80	70	
Número de Carriles	2		
Ancho de Carril, m	3.6		
Ancho de Hombros, m	1.80 m		
Tipo de Superficie de Rodamiento	Mezcla Asfáltica		
Distancia de Visibilidad de Parada	85 – 140		
Distancia de Visibilidad de Adelantamiento, m	410 – 540		
Radio Mínimo de Curva, Peralte 6 %, m	135 – 210		
Máximo Grado de Curva	8°29´ - 4°35´		
Pendiente Longitudinal, Máx. Porcentaje	8		
Sobreelevación, Porcentaje	10		
Pendiente Transversal de Calzada, %	2.5		
Pendiente de Hombros, %	4		
Carga de Diseño de Puentes, AASHTO	HS 20 - 44 + 25%		
Ancho de Derecho de Vía, m	50		
Ancho de Mediana, m	2 - 6		
Nivel de Servicio, según el HCM	C		
Tipo de Control de Acceso	Sin Control		
Clasificación Funcional	Troncal Secundaria		

En esta definición se conjugaron también los objetivos del proyecto y el espíritu de integración centroamericana que se traduce en contar, en un futuro, con mayor diversificación del tráfico de carga, principalmente.

Por lo anterior, se seleccionó como vehículo de diseño a utilizar en el estudio al vehículo denominado como WB – 20, en el que se muestra en la figura.

Grafico 2.1

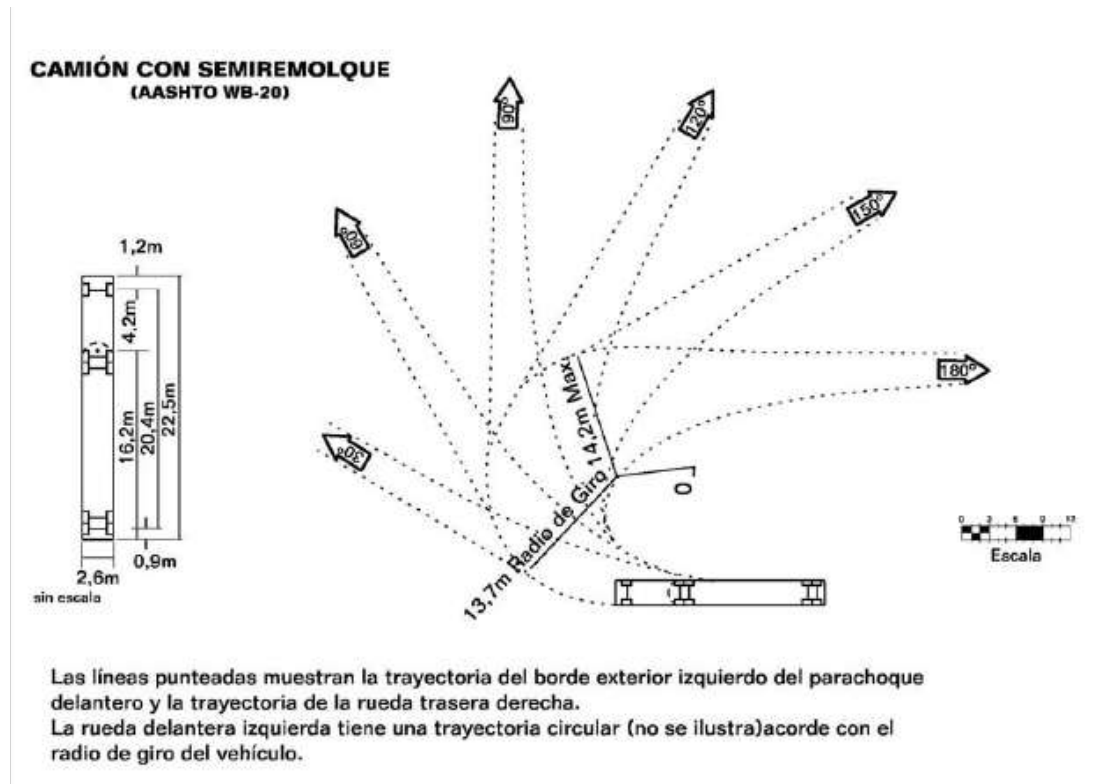
Un diagrama de las dimensiones entre ejes del vehículo de diseño se muestra en la siguiente gráfica:



Este tipo de vehículo cuenta con las dimensiones que se muestran en el siguiente cuadro 2.2

CUADRO 2.2	
DIMENSION DEL VEHICULO DE DISEÑO	
CARACTERISTICA	WB - 20
Altura	4.10
Ancho	2.60
Longitud	22.50
Voladizo Delantero	1.20
Voladizo Trasero	0.90
Distancia entre Ejes Extremos, WB1	6.10
Distancia entre Ejes Extremos, WB2	14.30
Radio Interior, m	
Radio de Diseño, m	13.70

La gráfica 2.2 muestra los diferentes giros con sus respectivos radios que realiza el vehículo de diseño. Estos datos fueron utilizados en el diseño de los radios de curvatura de las curvas Horizontales, las Intersecciones que también se diseñaron sobre la carretera.



c) Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño es un elemento de mucho peso en el modelamiento de la carretera dado que define la geometría de la misma referido principalmente a su alineamiento horizontal y vertical. Al haber definido los criterios anteriores para esta vía, estos elementos llevaron a la toma de decisión de seleccionar la velocidad de diseño para determinar los parámetros restantes de la vía.

Durante los trabajos de campo referido a la especialidad de tráfico, se realizaron encuestas de tráfico relacionada a la velocidad de puntos y a la determinación de los tiempos de viajes y demoras.

El primer estudio de campo, se realizó mediante el método de la distancia conocida y la estimación del tiempo de recorrido del vehículo en estudio. Este

tiempo se toma por medio de un cronometro el cual se activa cuando el vehiculo pasa un punto inicial y se determina cuando este vehiculo cruza el punto final.

Mediante la fórmula de

$$V = \frac{e}{t}$$

Donde **V**= es la velocidad del Vehículo

e = Es la distancia conocida entre el punto inicial y final.

t = Es el tiempo de recorrido

La cual, en este caso la distancia fue de 50m. El segundo estudio consistió en realizar varios recorridos previamente definidos en un vehículo que se integró a la corriente vehicular adaptando la velocidad del flujo. Al encuestador se le proveyó de un formato en el que anotó los puntos notables de la ruta, hora de llegada, longitud, hora de llegada a semáforo o cualquier sitio en que hubiese obstrucción del tráfico y hora de salida. En el proceso en gabinete se obtuvo los tiempos de viaje de la ruta y los tiempos de demora. Conocida la longitud de las rutas de estudio, se logró conocer la velocidad de operación de los vehículos. La repetición de este estudio produjo una serie de datos que fueron tratados estadísticamente y mediante aplicación de modelo se logró obtener resultado para su posterior análisis

De esta manera, se seleccionó una velocidad de diseño para el proyecto de 80 KPH bajo la cual se efectuaron los cálculos geométricos tales como el valor del radio mínimo las curvas circulares horizontales.

Radio Mínimo de Curva

El radio mínimo se obtuvo a través de la fórmula provista por la AASHTO

$$R_{min} = \frac{V^2}{121(f + e)}$$

Donde: Rmin: Radio Mínimo de la curva horizontal

V: Velocidad de Diseño

f: Fricción lateral

e: Peralte máximo

$$R_{min} = \frac{(80)^2}{121(0.15 + 0.10)} = 210m$$



De esta manera se obtuvo que en el trazado horizontal de la vía se debiera contar con un radio mínimo de 210 m para las curvas horizontales que enlazaran dos tangentes.

El diseño de alineamiento horizontal conservó las normas establecidas para velocidades de 80 KPH debido a la condición topográfica del terreno en que se alojará la vía, la cual es del tipo plano dado que altimétricamente no existen pendientes mayores del 3 % en sus tangentes, ni se trazaron combinaciones de curvas horizontales y verticales el cual es otro elemento que hubiese podido restringir la velocidad de diseño.

Estudio de Tráfico

El estudio de tráfico realizado fue basado en la definición de los diferentes tipos de tráfico que conformarán el futuro volumen de tráfico que hará uso de la vía hasta su horizonte de diseño.

Para conocer los volúmenes de tráfico que circularan sobre la ruta se realizaron dos clases de trabajo de campo que consisten en conteos volumétrico y encuestas Origen – Destino.

a) Conteos Volumétricos.

El estudio de conteos volumétricos consistió en disponer a un grupo de escudadores en varios sitios establecidos con formatos diseñados con el objetivo de contar y anotar en el formato todos los vehículos que circulan por sentido sobre la vía en estudio.

Sobre un puesto y un sentido circula un considerable volumen de tráfico de diferentes tipos y clasificación. Por ello el formato está dividido en cada una de los vehículos que circulan por la vía con el objetivo de que, además de contarlos se



clasifiquen. Previo a la acción de esta actividad en gabinete se realizó el trabajo de identificar.

Cualquiera que fuese el caso, el tema del volumen del Transito Promedio Diario Anual (TPDA) es un elemento importante en el diseño de la vía dado que sus resultados son la base para la definición de la sección transversal a utilizar en la que se incluye, entre otros elementos, el anchos de los hombros de la carretera. También los resultados ayudan a conocer la proyección de tráfico en su vida de diseño dato que contribuye a la definición de la clasificación de la vía. Existen otras utilidades del análisis de los resultados de la vía tal como la capacidad y nivel de servicio de la carretera.

Para este caso, los resultados de los estudios de tráfico definieron un ancho mínimo de rodamiento de 7.2 m formado por dos carriles de circulación de 3.60 m cada uno. Así mismo, se definió la construcción de hombros con un ancho de 1.80 m cada uno en las tangentes de la vía.

La gráfica 4.3 muestra la sección típica de la carretera, en la que se incluye el espesor de pavimento a base de una losa de 4,000 psi.

Metodología

El trazado de la ruta conlleva varias etapas que incluyen trabajos de campos y trabajos de gabinetes todas las actividades que se desarrollan en el estudio están basadas principalmente en un programa de trabajo que se componen de los alcances propios del estudio y de la experiencia de quien lo realiza, elementos que ayuda en la toma de decisiones importantes ante la presencia de problemas imprevisibe.



a) Trabajo de Campo:

El proceso del conocimiento de las condiciones reales existentes en el sitio en que se emplaza en proyecto, es un dato de suma importancia para la definición de los parámetros del diseño referido, principalmente al trazado geométrico.

En este mundo moderno no basta solo conocer las características topográficas del terreno en que se proyecta la ruta, sino que interesa presentar este conjunto de información a la geodesia de tal manera que se identifiquen el proyecto con coordenadas a una monumentación internacionalmente reconocida. Por ello previamente se realizan estudios geodésicos para definir el área espacial en que se emplaza la ruta.

a.1 Estudio geodésico

De forma moderna los proyectos en que se involucra la topografía, también se ha incluido el componente geodésico, con el objetivo de garantizar entre otros elementos una mayor precisión de los levantamiento topográficos el procedimiento que se utilizo fue el siguiente:

1. Mediante un equipo de posicionamiento global (gps) estacionario, de referencia a lo largo del camino dos mojones previamente colocados al inicio, dos en la parte media y dos mojones al final del camino. A este mejoramiento se le llama “línea base de control, vertical y horizontal”.
2. Previamente se colocan un par de mojones siguiendo las normas de establecimiento que obliga a que los mojones sean intervisible entre si, evitar que este se ubique bajo líneas del tendido eléctrico y otros.
3. Los mojones son para son proveídos con una placa de aluminio en las que se anotan datos importantes como el numero de gps, la fecha y el proyecto.

Cuando se finalizo el georreferenciamiento en el último par de mojones, la información fue procesada para obtener las coordenadas planas.

Con esa misma información se obtuvo el valor del factor de escala con el desarrollo de la fórmula que fue anotada anteriormente.



a.2 Levantamiento topográfico

a.2.1 Línea base

De forma paralela el estudio geodésico se realizó el establecimiento de la línea base del proyecto.

La línea base consiste en la ubicación de una serie de mojones espaciados aproximados a tres metros (3m), siempre y cuando exista intervisibilidad entre ellos. Esta línea base tiene como objetivos definir el conteo horizontal y vertical de todo el levantamiento posterior a esta línea base se le transfiere las coordenadas que se obtuvieron de la georreferenciación.

a.2.2 Levantamiento de elemento de la vía

Resuelto el caso del levantamiento de la línea base, se realizó el levantamiento del eje central de la vía, tomando en consideración las normas geométricas que se establecieron previamente, principalmente, las normas referidas a la definición de la planimetría de la vía.

Para realizar estos trabajos de campos se hizo uso de un equipo electrónico y equipo óptico-mecánico.

El procedimiento utilizado para el levantamiento del eje tuvo que ver con el uso de las coordenadas establecidas en cada uno de los mojones de la línea base, luego de haber realizado la compensación del levantamiento de la línea base abordado anteriormente.

Con la nueva tecnología introducida en el levantamiento topográfico, el control de calidad estriba en haber determinado y obtenido una amplia precisión y haber obtenido los nuevos valores de las coordenadas compensadas.



Por ello, en el avance del levantamiento, se verificó que la brigada topográfica introdujera el equipo las nuevas coordenadas al llegar a cada mojón o bien pudiera haber introducido todas las coordenadas de la línea base.

La ventaja del levantamiento con el equipo electrónico es que se puede almacenar en la memoria de este, todos los puntos correspondientes a la línea central, secciones transversales, detalles, alcantarillas y referencias. Identificando cada uno de estos elementos de la vía, un código que asigna a estos para facilitar el posterior dibujo. De esta forma se realizó el levantamiento de la ruta.

b. Trabajos de gabinete

Las actividades principales de gabinete consisten en dibujo y diseño geométrico, las cuales se explican a continuación.

b.1 Dibujo

El levantamiento realizado por medio del equipo electrónico fue convertido a coordenadas que definen cada punto y los cuales fueron descargados al computador para ser procesados por medio de software Land Development versión 2006 y posteriormente editados en Acad versión 2006.

Es importante, en la etapa de dibujo contar con el listado de código utilizado en el levantamiento para graficar con certeza cada elemento del camino a diseñar.

El Trazo de la Altimetría Proyectada de la Carretera

Esta parte corresponde a la proyección de la rasante sobre el perfil natural de la carretera en toda su longitud, que corresponde al nivel de la superficie del terreno donde se alojará el trazo.



Los criterios que se aplicaron principalmente para la proyección y establecimiento de la rasante se detallan a continuación.

- ✓ Resultados que se obtuvieron del diseño de la estructura de pavimento para la carretera proyectada en función de las características de la estratigrafía del subsuelo así como de los materiales del contenidos en los diferentes Bancos de Préstamo.
- ✓ Resultados de la proyección de los niveles de rasante de las diferentes estructuras de drenaje en función de los niveles de invert y las dimensiones de dicha estructura.
- ✓ Establecimiento de las pendientes longitudinales máximas requeridas.
- ✓ Intenciones de obtener una rasante proyectada en las condiciones más óptimas del alineamiento vertical optimizado para un funcionamiento adecuado y razonablemente aceptable a los requerimientos del Proyecto.
- ✓ Coordinación de los niveles de rasante con los niveles de rodamiento de las diferentes Intersecciones con la vía principal, así como en los sitios de Intersecciones principales que se muestran en los planos.

En el diseño de la rasante no se obtuvieron problemas a resolver dado que la topografía del terreno donde se alojará la carretera es del tipo plano por lo que la definición de la rasante tuvo como mayor elemento decisorio el hecho de contar con terrenos planos con pendientes de drenaje mínimas lo que puede generar en algunos sectores riesgos de inundaciones al contar las corrientes de aguas con velocidades muy bajas para evacuar rápidamente.



Con esta premisa se proyectó la rasante con niveles por encima del terreno natural existente teniendo un alto terraplén donde se acomodará la estructura de pavimento diseñada.

En Anexo a este documento se presenta listado de datos base resultante de la proyección de la rasante y que corresponden al Estacionado del PI, Elevación que se seleccionó y la curva vertical que se aplicó en cada punto PI.

En las Intersecciones principales así mismo se proyectó rasante para los accesos que conforman dicha intersección en función de un perfil establecido para las respectivas calles y que a su vez está relacionado con la rasante de carretera.



Señalización Vial

Aunque la actividad de señalización vial no es una actividad propiamente de diseño geométrico de la vía sí es una parte importante en la finalización de éste dado que de una buena señalización horizontal y vertical dependerá en parte la seguridad de los usuarios de la vía.

Para orientar a los usuarios en el uso adecuado de la ruta, se ha proyectado la colocación de señales verticales que restrinjan la circulación en los sitios en que pueda haber conflictos, que orienten al usuario de lo que se pueda encontrar en su recorrido y que informen al mismo de las facilidades que encontrará sobre la ruta.

Las restricciones se establecieron también en el diseño de la señalización horizontal al proyectar líneas centrales continuas en los tramos en que existen restricciones de adelantamiento.



NO SE SABE SU HUBICACION: SE PRESUME QUE SE DESPUES DE METODOLOGIA.

Las bases de referenciación terminada con gps estacionaria, fueron constituidas por punto de control dispuestas por par al inicio, en medio y al final del camino, iniciándolos a un vértice provisto por INETER, la actual red altimétrica nacional que guardo una distancia máxima de 1000m, según lo establecida por INETER para esta tipo de vinculación.

Las coordenadas de cada par de mojones fueron observadas de forma independiente. Cada par de mojones fueron colocados a cada 5 km. Como promedio y estar uno al otro mojon se garantizo que estuvieran intervisibles.

En el caso del proyecto total, se establecieron tres circuitos delimitados por pares de mojones por lo que se definieron 8 mojones a lo largo de la ruta con el espaciamiento indicado.

Las coordenadas quedaron referidas al datum WGS85-84. Este sistema de referencia es un sistema geocéntrico y global o geocéntrico global con origen en centro de la masa de la Tierra. Al determinar las coordenada de un punto sobre la superficie de la tierra mediante gps se obtienen las coordenadas cartesianas (x,y,z) y sus equivalentes geodésicos: latitud, longitud y altura elipsóidica.

Factor de escala

El factor de escala es valor adimencional que tiene como objetivos calcular las correcciones debidos a las alturas. Para el calcula del factor de escala se utiliza la siguiente fórmula.



El factor de escala representa la relación de escala en un punto, entre una distancia en el elipsoide y la misma proyectada en el plano UTM. El factor de escala tiene el valor de uno en la intersección del elipsoide con el cilindro UTM y valores mayor que uno, aparte de ahí rocía los bordes hasta llagar aproximadamente 1.001. esta relación estre la distancia elipsóidica está dada por:

$$D_p = F_e(k) \cdot D_{ISTe}$$

Donde:

D_p : distancia plana TM

$F_e(k)$: factor de escala

D_{ISTe} : distancia elisoidica



ESTUDIO DE TRÁNSITO

Análisis del Estudio de Tránsito:

El estudio de los volúmenes de tránsito, su composición y comportamiento, forman parte de los parámetros fundamentales para el método de diseño de la PCA de pavimento rígido. Dicho estudio consiste en conocer el tráfico que va a soportar la carretera para proyectar la vía, determinar las cantidades y características del tránsito (cantidades y tipo de vehículos), para ello se desarrollaron conteos volumétricos de tránsito.

Los volúmenes de tránsito es la información necesaria para conocer el número de repeticiones esperadas durante el período de diseño por cada tipo de eje.

Los factores referentes al tránsito, se obtienen a través del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el porcentaje que representa cada tipo de eje, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el período de diseño.

Para el proyecto, se realizaron un aforos vehicular en el mes de Octubre del año 2006, la localización del conteo vehicular se muestran en el siguiente Mapa N° 2 y a continuación, se detalla la ubicación exacta del conteo en la intersección Veracruz y su respectivo volumen de tránsito contabilizado por tipo de vehículo.

Para el Estudio de tránsito, se utilizo la Estación 400 como patrón comparativo, debido a su proximidad al trazado del proyecto y por ser una estación permanente, propiedad del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).



Mapa N° 2
Localización del Conteo Volumétrico





Clasificación Vehicular.

Esta estación estuvo ubicada en las cercanías del cementerio de Veracruz, en la vía pavimentada que llega hasta a la carretera a Masaya en la entrada de Ticuantepe. La clasificación vehicular arroja los resultados que aparecen en el siguiente Cuadro N° 4.5. El conteo vehicular nos proporciona resultados del Volumen de Tráfico en ambos sentidos, para un flujo vehicular de una semana, con un horario de 6:00 am hasta 6:00 pm.

CUADRO N° 4.1		
TRÁFICO TOTAL DE LA SEMANA		
ESTACIÓN VERACRUZ		
TIPO DE VEHICULOS	TOTAL	PORCENTAJE
Motos	1408	15.91
Autos	1595	18.02
Jeep	640	7.23
Camionetas	1814	20.50
McBus <15 pas	251	2.84
McBus >15 pas	75	0.85
Bus	699	7.90
C2	1825	20.62
C3	265	2.99
T2-S2 <= 4e	26	0.29
T2-S3 >= 5e	248	2.80
C2-R2 <= 4e	4	0.05
C3-R2 >= 5e	0	0.00
Total Tipo Vehic	8,850	100

FUENTE: CONSULTRANS

En el cuadro citado, se aprecia en orden de importancia los vehículos predominantes. Estos son los tipos camiones de dos ejes (C2 = 20.62%), le siguen las camionetas de dos ejes sencillos con un 20.50% principalmente los que acarrean materiales de las industrias mineras como se aprecia en el cuadro.



Estimación del Volumen Diario.

La estimación del volumen diario se obtuvo comparando los patrones horarios de la Estación de Conteos Volumétricos 400 ubicada en la entrada a Ticuantepe. Se utilizó como patrón comparativo la Estación 400, debido a su proximidad al proyecto y por contar con conteos volumétricos de estación permanente.

Estos patrones aparecen en el Cuadro N° 2 contiguo. Usando los valores de esta estación obtenemos factores de expansión, los cuales nos da como resultado que los volúmenes estimados diarios son de 1,813 vehículos.

**CUADRO N° 4.2
ESTUDIOS DE TRANSITO EN TRAMO ESTACION VERACRUZ
ESTIMACION DEL TRAFICO**

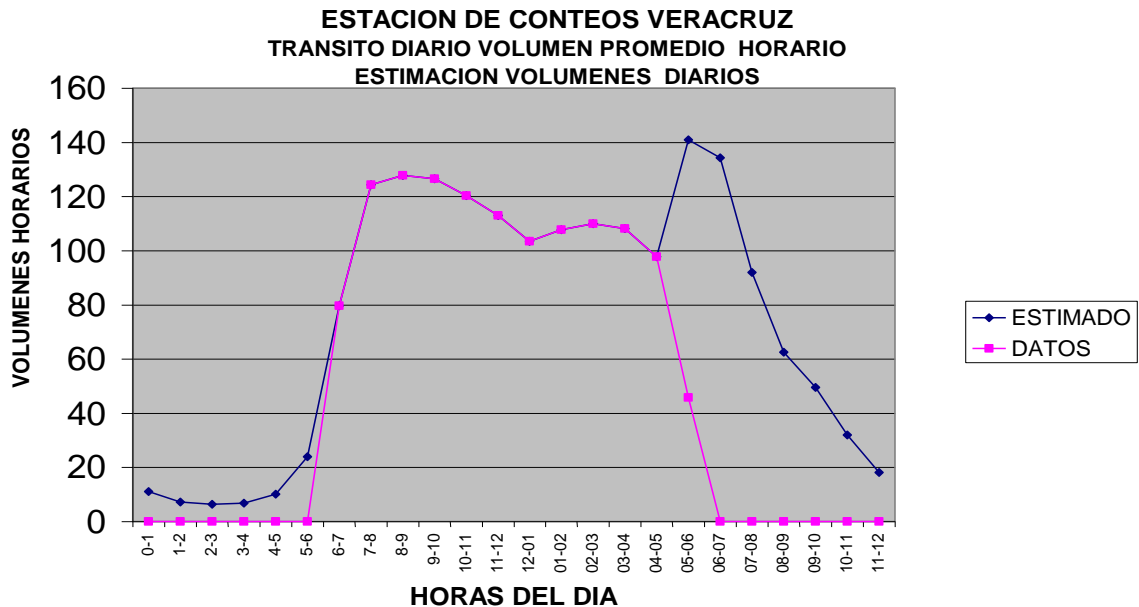
HORAS DEL DIA	DATOS VERACRUZ		ESTACION 400	ESTACION VERACRUZ ESTIMACION	
	SEMANA	PROM DIARIO	% DIARIO	VOLUMEN	% DIARIO
0-1		-	0.61	11	0.61
1-2		-	0.40	7	0.40
2-3		-	0.35	6	0.35
3-4		-	0.37	7	0.37
4-5		-	0.56	10	0.56
5-6		-	1.32	24	1.32
6-7	558	80	4.13	80	4.40
7-8	870	124	7.68	124	6.85
8-9	894	128	6.12	128	7.04
9-10	886	127	5.67	127	6.98
10-11	842	120	5.55	120	6.63
11-12	791	113	5.51	113	6.23
12-01	724	103	5.56	103	5.70
01-02	754	108	6.12	108	5.94
02-03	770	110	6.58	110	6.07
03-04	757	108	7.54	108	5.96
04-05	684	98	6.74	98	5.39
05-06	320	46	7.77	141	7.77
06-07		-	7.41	134	7.41
07-08		-	5.07	92	5.07
08-09		-	3.45	63	3.45
09-10		-	2.73	49	2.73
10-11		-	1.76	32	1.76
11-12		-	1.00	18	1.00
TOTAL	8,850	1,264	100.00	1,813	100.00



Procedimiento utilizado.

Haciendo alusión al Cuadro N° 5, las observaciones obtenidas en campo en la estación Veracruz desde la 6 am hasta las 5 pm suman 1219. Las muestra obtenidas entre 5-6 pm fueron (son) limitadas debido a que en el mes de noviembre de año 2006 todavía estaba vigente la hora oficial, de tal manera que después de las 5:30 pm era difícil realizar conteos por las limitaciones de la luz solar. Esto indujo a aplicar el criterio de usar las horas entre las 6 de la mañana a las 5 de la tarde y usar un factor de expansión para el resto de las horas. Por otra parte, la sumatoria en términos de porcentaje de la estación 400 en ese mismo período de 6 am a 5 pm corresponde al 67.20% del TPD (24 horas). Si dividimos 1219 vpd entre 0.6720 tendremos una proyección del tráfico diario en 24 horas. $1219/0.6720 = 1,813$ vpd (24 horas). Eso significa que las horas que no fueron cubiertas por la encuesta (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6am y 5-6, 6-7...11-12 pm) tendrán una representación porcentual típica y semejante a la estación 400 que fue la que se usó como modelo. En la representación típica la hora de 5-6 pm tiene un valor igual al 7.77% del tránsito diario. Si multiplicamos $1,813 \times 0.0777 =$ esto da un valor de 141 que fue el valor agregado en la casilla correspondiente.

La representación gráfica de estos valores aparece en el gráfico N° 2, en el cual se puede apreciar los valores reales encontrados a partir de los valores de la estación citada.





Crecimiento Normal del Tránsito

La tasa de crecimiento que se aplicará al crecimiento normal será producto de la evaluación de correlaciones de series históricas de volúmenes de tránsito y de las siguientes variables socioeconómicas: población, Producto Interno Bruto - PIB, consumo de combustible, o de la validación de las tasas de crecimiento suministradas la investigaciones recientes elaborados por el MTI.

CUADRO N° 4.7

CRECIMIENTO NORMAL DEL TRÁNSITO Y VARIABLES SOCIOECONÓMICAS

NICARAGUA: INDICADORES MACROECONOMICOS, CONSUMO COMBUSTIBLE, VOLUMENES DE TRÁNSITO Y POBLACIÓN														
CONCEPTOS	1971	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	TASA CRECIMIENTO PROMEDIO
INDICADORES	VALORES DE ACUERDO A FUENTES													
PIBapreciosde1994(tasasde crecimiento)*			5.9	6.3	4.0	3.7	7.0	4.1	3.0	0.8	2.3	5.1	4.0	4.19
Consumo Gasoliona (miles de Barriles)**		933.60	957.40	947.70	987.50	1,135.60	1,257.70	1,321.10	1,407.70	1,477.10	1,510.40	1,563.90	1,581.70	4.91
Consumo Diesel (miles de Barriles)**		2,108.11	2,277.42	2,234.92	2,608.82	3,156.52	2,978.72	2,833.93	2,863.73	2,769.13	2,846.83	3,007.43	2,971.73	3.17
Población Urbana de Managua***	384,904		819,731					879,721					973,087	2.77
Población Urbana de Masaya***	30,796		80,051					108,362					130,113	4.32
Tránsito Estación 400 vehículos por día****	4,603			12,303	13,202	14,528	15,468	16,560	16,560		19,590	23,104	23,298	7.33 y 4.89

FUENTES: *BANCO CENTRAL, ** DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS-INE, ***INEC, **** MTI

Resultados del Estudio de Tránsito:

En la tasa de crecimiento anual se consideraron las tasas de crecimiento del PIB del país, así mismo, los consumos históricos de combustibles, Poblaciones urbanas de Managua y Masaya y el crecimiento histórico del volumen de tráfico de la Estación 400 del MTI que es aledaña al proyecto.

Consideramos que en el caso específico del consumo de combustibles, para los próximos años se presentará una disminución considerable del rubro, debido principalmente al alto costo de estos y su continua alza semanalmente. Así mismo, por el aumento del precio del combustible a nivel mundial, se considera que para los próximos años se reducirá considerablemente el porcentaje de aumento anual del parque vehicular del país.

La tasa de crecimiento anual se estableció por un criterio aplicado en un valor del 4.5%, el cual se considero por razones de análisis del tráfico, donde influyen los principales parámetros del crecimiento normal del Tráfico.

A continuación, en los siguientes cuadros se desglosan por Estación los volúmenes de tránsito del promedio diario anual por tipo de vehículo, luego de la estimación del tránsito a 24 horas:

CUADRO N° 4.10		
ESTACIÓN VERACRUZ		
PROYECCIÓN COMPOSICIÓN VEHICULAR		
TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL		
TIPO DE VEHÍCULOS	TOTAL DIARIOS	% DEL TPDA
Motos	288	15.91
Autos	327	18.02
Jeep	131	7.23
Camionetas	372	20.50
McBus <15 pas	51	2.84
McBus >15 pas	15	0.85
Bus	143	7.90
C2	374	20.62

C3	54	2.99
T2-S2 $\leq 4e$	5	0.29
T2-S3 $\geq 5e$	51	2.80
C2-R2 $\leq 4e$	1	0.05
C3-R2 $\geq 5e$	0	0.00
TOTAL	1,813	100.00

Tránsito en el Período De Diseño

La vía que intercepta al proyecto es el camino pavimentado que parte del poblado de Veracruz y llega a la carretera Managua –Masaya en el k 14+300, sitio conocido como el empalme de Veracruz (Ticuantepé).

El método de proyección se simplificó para fines de establecer algunos parámetros del diseño de las intersecciones. Se utilizaron factores de crecimiento anual.

CUADRO N 4.11
RESUMEN DE LAS PROYECCIONES EN VEHÍCULOS POR DÍA
TRAMO VERACRUZ – CARRETERA MASAYA

VERACRUZ – EMPALME C. MASAYA	AÑOS CONSIDERADOS EN LA PROYECCIÓN					
	2006	2008	2013	2018	2023	2028
Tránsito Actual	1,813					
Crecimiento Normal 3.5%		1,942	2,307	2,740	3,254	3,864
Crecimiento Normal 4%		1,961	2,386	2,903	3,532	4,297
Crecimiento Normal 4.5%		1,980	2,467	3,075	3,832	4,775
Crecimiento Normal 6%		2,037	2,726	3,648	4,882	6,533

El volumen de Tránsito del proyecto, se proyectará a un período de diseño de 20 años, considerando la tasa de crecimiento anual del 4.5% el Factor de Crecimiento Anual (FCA) nos da como resultado:

Formula N° 1:

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

$$FCA = \frac{(1+0.045)^{20} - 1}{(0.045) * (20)}$$

$$FCA = 1.57$$

Tomando en cuenta los siguientes criterios del cálculo de las Repeticiones Esperadas:

- El Factor de Sentido (FS) es igual a 0.5, por motivos de que el aforo vehicular se realiza para vialidad en doble sentido.

- El Factor de Carril (FC) es igual a 1, debido a que se establece un carril por dirección del tráfico.

Aplicando la fórmula para determinar las repeticiones esperadas por el período de diseño de 20 años de cada tipo de vehículo, se obtienen los siguientes resultados por cada una de las Estaciones:

Formula N° 2:

REPETICIONES ESPERADAS POR EJES:

$$Re = TPDA \times \%Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 36$$

CUADRO N° 4.12			
ESTACIÓN VERACRUZ			
COMPOSICIÓN POR VEHICULAR			
REPETICIONES ESPERADAS			
TIPO DE VEHÍCULOS	TOTAL DIARIOS	%TE	REPETICIONES ESPERADAS
Motos	288	0.16	262,576
Autos	327	0.18	337672
Jeep	131	0.07	54275
Camionetas	372	0.21	437008
McBus <15 pas	51	0.03	8300
McBus >15 pas	15	0.01	731
Bus	143	0.08	64737
C2	37	0.21	43720
C3	54	0.03	9252
T2-S2 <= 4e	5	0.00	83
T2-S3 >= 5e	51	0.03	8183
C2-R2 <= 4e	1	0.00	3
C3-R2 >= 5e	0	0.00	0

Tomando en cuenta los resultados del cuadro N° 10 de las repeticiones esperadas en el período de diseño de 20 años por composición vehicular, se procede a desglosar las repeticiones esperadas por cada uno de los ejes del tipo de vehículo. Por razones de utilizar el método de diseño de la PCA no se consideran los vehículos de tráfico ligero, debido a que dicho tráfico no influye en el diseño de los espesores.

**CUADRO N° 4.13
COMPOSICIÓN VEHICULAR POR EJES
ESTACIÓN VERACRUZ**

TIPO DE VEHÍCULO	TIPO DE EJE	PESO EN KIPS	REPETICIONES ESPERADAS POR VEHÍCULO	REPETICIONES ESPERADAS POR EJES
Mc < 15 pas	Sencillo	4	8,300	8,300
	Sencillo	6		8,300
Mc > 15 pas	Sencillo	6	731	731
	Sencillo	10		731
BUS	Sencillo	8	64,737	64,737
	Sencillo	18		64,737
C-2	Sencillo	10	43,720	43,720
	Sencillo	20		43,720
C-3	Sencillo	12	9,252	9,252
	Doble	36		9,252
T2-S2	Sencillo	12	83	83
	Sencillo	20		83
	Doble	36		83
T2-S3	Sencillo	12	8,183	8,183
	Sencillo	20		8,183
	Triple	46		8,183
C2-R2	Sencillo	10	3	3
	Sencillo	20		3
	Sencillo	14		3
	Sencillo	14		3

**CUADRO N° 4.14
TOTAL REPETICIONES ESPERADAS POR EJES
ESTACIÓN VERACRUZ**

TIPO DE EJE	PESO EN KIPS	TOTAL REPETICIONES
SENCILLO	4	8,300
	6	9,031
	8	64,737
	10	44,454
	12	17,518
	14	6
	18	64,737
	20	51,989
DOBLE	36	9,335
TRIPLE	46	8,183



4.2 ESTUDIO DE SUELOS

4.2.1 Análisis Estudio De Suelos:

Las investigaciones geotécnicas consistieron en determinar las características y propiedades de los suelos existentes del camino en estudio.

Los resultados de los sondeos de línea, nos proporcionaran la información necesaria para determinar el módulo de reacción de la sub-rasante y analizar la posibilidad de utilizar directamente como material de base el terreno existente.

La determinación del Modulo de reacción de la sub-rasante (k) es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada (un plato de 30” de diámetro) dividido entre la deformación en pulgadas que provoca dicha carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (Psi/in) ó más comúnmente, por libras por pulgada cúbica (pci).

Debido a que la prueba de placa toma tiempo y dinero, en nuestro caso específico se realizara un estimado del valor del Modulo de reacción de la sub-rasante mediante una correlación entre el valor k y el CBR de diseño del proyecto. La correlación de valores es válida según el método de diseño de la PCA, en el cual no requiere una determinación exacta del valor k, ya que variaciones normales de este no afectan significativamente los requerimientos del espesor del pavimento.

Los ensayos y métodos de laboratorio que se utilizaron son los que se muestran en el siguiente cuadro:



CUADRO N° 4.15:

TIPO DE ENSAYE	DESIGNACION A.S.T.M.
Granulometría	ASTM C –136 y C -137
Límites de Atterberg	ASTM D – 4318
Clasificación, método HRB (AASHTO M –145)	ASTM D – 2487
Ensaye de Penetración -CBR-	ASTM D – 1883

SONDEOS DE LÍNEA:

Se efectuaron ensayos de suelos a muestras extraídas a lo largo del camino. Se realizaron 10 sondeos de línea por cada kilómetro, para un total de 52 en toda la longitud del tramo.

Los sondeos consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto, con dimensiones aproximadas de 25 x 25 x 150 cms de profundidad, localizados uno a cada 100 metros, de forma alternada al centro y a ambos lados de la línea central. Fotos de Sondeos de Línea (Ver Anexos)

De los sondeos de la segunda etapa se extrajeron 131 muestras de los diferentes estratos de suelos encontrados, equivalente a un promedio de 2.4 muestras por sondeo, las que fueron sometidas a las pruebas de laboratorio a fin de ser analizadas y determinar las características y las condiciones físicas de los suelos existentes.

En cada sitio de sondeo, primeramente se hizo una clasificación de forma visual y al tacto, identificando las características del tipo de suelo encontrado de cada estrato.

Todas las muestras extraídas de los sondeos de línea se homogenizaron y agruparon por tipos de suelos afines representativos de todos los tipos de suelos encontrados, para cada uno de los tramos en estudio. Los resultados de la agrupación de los suelos se muestran en el cuadro N° 4.16:



A estas muestras agrupadas, se les practicó los ensayos para determinar su densidad máxima para obtener su capacidad soporte (CBR) a diferentes grados de compactación (90, 95 y 100%), resultado que es la base para el diseño de espesores del pavimento.

Características del Suelo

Se describen los resultados que se obtuvieron de las pruebas practicadas en el laboratorio a los tipos de suelos encontrados en el camino del proyecto, siendo los predominantes los siguientes:

- A – 2- 4(0)
- A –4(0)
- A –5(en índices de grupo del 0 al 10)
- A – 1- b(0)

El eje central de este camino está trazado sobre terrenos donde no existe camino y cuyos suelos están ocupados por actividades del agro.

Según los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, los suelos existentes en el eje proyectado son bastante homogéneos, conformados predominantemente por los tipos de suelos arriba mencionados.

En los primeros 6 kms a partir de la estación Est. 9+754 prevalece la presencia de los tipos de suelos A-2-4(0) que es un material arenoso con grava limosa de color gris; y el A-4(0) que es material compuesto de limo con arena y un poco de arcilla. El primero en capas que van desde la superficial hasta profundidades de 1.50, es decir que hay tramos donde sólo se encontró este tipo de suelo en toda la profundidad del sondeo. En otros tramos está combinado con el A-4(0), el que se encuentra en capas normalmente después de los 20 cm de profundidad y llega a tener espesores hasta más de 1.0 m.

Entre los estacionamientos 10+200 al 10+600, siempre presencia del tipo A-4(0) compartiendo estratos con existencia muy acentuada del tipo de suelo A -5 con Indices de Grupo (5), (2) y (4), compuesto por material limoso con arena y arcilla.



A partir del estacionamiento 11+700, los resultados de las pruebas señalan diversidad en cuanto al posicionamiento de las capas de suelos existentes y a los espesores de las mismas. Puede observarse en el esquema de la Estratigrafía que se presenta en los Anexos de este documento, como la capa superficial, por ejemplo, está conformada unas veces por suelos tipo A-4, A-5, A-1-b(0), A-2-4(0) y otras veces suelos inestables como el A-7-5. La posición de estos suelos es diversa, pues tanto se encuentran en la superficie, como en las partes medias, así como también en los estratos finales dentro de la escala de profundidad de 1.50 mts que se hicieron en los sondeos.

En el siguiente cuadro se muestra las características y propiedades de los cuatro tipos de suelos predominantes encontrados en la línea proyectada.



**CUADRO N° 4.16:
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE SONDEOS DE LÍNEA**

Grupo	Tipo de Suelo	Pasa Malla (%)			LL %	IP %	CBR (%)	
		N° 3/8"	N° 4	N° 200			95	100
1	A-2-4(0)	75	65	29	19	6	45	52
2		96	88	28	-	NP	46	56
3		96	90	21	-	NP	47	60
4		90	81	21	-	NP	43	52
5		94	87	21	-	NP	47	61
6		92	84	19	-	NP	47	58
7		95	83	23	-	NP	33	45
8		83	74	26	-	NP	30	35
9		94	76	34	-	NP	34	45
10		91	84	31	-	NP	34	47
11		100	65	33	39	5	18	24
12			100	25	32	2	17	20
13		95	51	31	35	3	19	27
14		99	60	15	36	4	19	24
15		100	65	33	39	2	17	25
16	A-4(0)	99	98	40	23	3	15	17
17			100	45	35	3	7	10
18			100	48	30	4	11	17
19			100	43	13	1	12	18
20			95	92	50	NP	16	23
21		98	94	57	18	4	13	17
22		94	88	8	21	2	13	17
23		98	94	50	21	2	16	22
24		98	96	57	16	2	16	20
25		98	94	49	21	3	14	17
26		100	97	44	31	1	13	18
27			100	37	38	4	13	17
28			100	49	39	5	12	16
29			10	45	40	5	10	15
30			100	37	36	4	11	15
31			100	42	38	5	11	17
32	A-4(3)		100	48	40	5	11	14

En Anexos se muestran el esquema estratigráfico del suelo y los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en los sondeos de línea.



4.2.3 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELO:

De los resultados obtenidos a través de las pruebas de laboratorio y de las realizadas directamente en el sitio, se deduce en general que el valor soporte de los suelos existentes es relativamente adecuado para el diseño del pavimento rígido.

Los CBR obtenidos oscilan de acuerdo a cada tipo de material entre valores de: Tipo A-2-4(0), el CBR tiene valores entre 17 y 47% al 95% próctor; y al 100% alcanza valores entre 25 y 60%; El resto de los tipos de suelos presentan valores bajos de CBR que no superan el 20%.

Los valores de CBR encontrados nos permiten no necesitar la utilización de bancos de materiales y no agregar una capa base, debido a que utilizaremos el material existente como terreno de apoyo de la losa de concreto.

El análisis para utilizar un CBR de diseño, se realizó primeramente considerando un corte de 20 cm de altura por todo el tramo del Proyecto, el cual corresponde a la etapa de descapote del tramo. Así mismo, se considero este mismo nivel como la subrasante terminada.

A continuación, se presentan el tramo del proyecto los CBR al 95% Proctor, considerando solamente la capa de material inmediata bajo la sub-rasante con un espesor mayor o igual a 15 cm. Cabe mencionar, que en los valores de CBR desglosados se esta considerando el corte de 20 cm de altura.



CUADRO N° 4.17

TRAMO: INTERSECCIÓN VERACRUZ – KM 17.5 CTRA. MASAYA

CBR (%) 95 % PROCTOR	CBR IGUALES	CBR IGUALES O MAYORES	PORCENTAJE (%)
7	4	75	100.00
8	8	71	94.67
9	6	63	84.00
10	24	57	76.00
11	11	33	44.00
12	1	22	29.33
13	11	21	28.00
14	3	10	13.33
17	2	7	9.33
20	2	5	6.67
34	1	3	4.00
47	2	6	8.00

Considerando un porcentaje de CBR de valores iguales o mayores relativamente adecuado de entre el 80 y 90%, se asume utilizar como CBR de diseño del presente tramo el valor equivalente a 9% con el 95% Proctor. Consideramos que el porcentaje asumido se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.

Procediendo a determinar los valores del Modulo de reacción de la sub-rasante, utilizamos el grafico de la relación aproximada entre las clasificaciones del suelo y sus valores de resistencia. Obteniendo los siguientes resultados:



CUADRO N° 4.18
CORRELACIÓN DE VALORES DE CBR Y K

TRAMOS	CBR DE DISEÑO (%)	MODULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (K), (PCI)
Inters. Veracruz – Km 17.3 Carret. Masaya	9	187

A continuación, se presenta en el gráfico N° 4.6 la correlación de los valores de CBR de diseño de los dos tramos del Proyecto y los valores de Modulo de reacción de subrasante determinados por el gráfico. (Ver Anexos)



4.3 DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO HIDRÁULICO

4.3.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DEL MÉTODO DE LA PCA:

El método de la PCA utiliza factores necesarios para el diseño, tales como resistencia a la flexión del concreto (MR), el valor del modulo de reacción del terreno de apoyo (k), factor de seguridad de carga (LSF), Número de repeticiones esperadas durante el período de diseño para cada tipo y peso de eje.

El diseño del pavimento rígido se realizara para los dos tramos en los que se dividió el proyecto, sin embargo, el tramo Veracruz – intersección Km 17.5 Ctra Masaya comparten los siguientes factores de diseño:

- a) El valor de la resistencia a la compresión del concreto ($f'c$) a utilizarse es de 4,000 PSI, cuyo valor nos permite considerar una resistencia adecuada a las características del concreto proporcionado en nuestro país, así como también, nos permite utilizar un valor considerable de la resistencia a la flexión (MR).

A través de la fórmula para determinar la resistencia a la flexión del concreto, utilizando la resistencia a la compresión del mismo, obtenemos el siguiente resultado:

Formula N° 3:

$$MR = 10 \sqrt{f'c} \text{ (PCI)}$$

$$MR = 10\sqrt{4,000\text{PSI}} \text{ (PCI)}$$

$$\underline{\underline{MR = 632 \text{ PCI}}}$$

- b) El Factor de Seguridad de Carga considerado en nuestro proyecto equivale al valor 1.1, se estimo dicho valor por motivos de poseer volúmenes moderados de tráfico pesado.
- c) En el diseño no consideramos utilizar pasajuntas o refuerzos de acero, las razones para no considerar los pasajuntas se deben principalmente por motivos de no encarecer considerablemente el costo de la construcción de la losa de rodamiento.



Así mismo, nos permite avanzar considerablemente en la ejecución física de la futura construcción de la losa de concreto.

En el pavimento la transferencia de carga se realizara exclusivamente mediante la trabazón de los agregados del concreto.

- d) Entre los factores de diseño, se considera el apoyo lateral del pavimento, que es el equivalente a considerar cunetas en los dos tramos del proyecto. Al utilizar el apoyo lateral nos permite controlar más efectivamente la erosión del terreno de soporte y evitar el crecimiento de plantas en las orillas del pavimento del concreto.

Entre los otros factores fundamentales del diseño, se involucran los resultados determinados en los temas anteriores, tales como los volúmenes de tránsito y el modulo de reacción de la sub-rasante del terreno de apoyo.

El método de la PCA considera dos criterios de diseño: el análisis por fatiga y el análisis por erosión.

El análisis por fatiga se utiliza principalmente para controlar el agrietamiento e influye principalmente en el diseño de pavimentos de tráfico ligero (con o sin pasajuntas) y pavimentos de tráfico mediano con pasajuntas.

El análisis por erosión se utiliza para controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de las juntas, influye principalmente en el diseño de pavimentos con tráfico de mediano a pesado, con transferencia de carga por trabazón de agregados (sin pasajuntas) y pavimentos de tráfico pesado con pasajuntas.

A continuación procedemos a calcular a través de iteraciones el diseño de espesores del método de la PCA. El espesor inicial a considerar para el diseño se utilizara de 8 pulgadas.



El propósito del formato de diseño, es determinar los factores de relación de esfuerzo y de erosión, para proceder a calcular las repeticiones permisibles por cada uno de los criterios de diseño. El espesor de losa adecuado será el que nos proporcione la sumatoria de los valores totales del porcentaje de cada uno de los criterios de diseño, que sean menores del 100% y a la vez no tener un gran margen del porcentaje entre el valor límite y el porcentaje determinado.

En nuestro trabajo, por efectos de resumen y fácil interpretación de los resultados, se explicará el proceso de análisis y erosión de la primera iteración de diseño y se utilizará como muestra en los gráficos de análisis de fatiga y erosión uno de los ejes del tránsito. Sin embargo, en los anexos correspondientes al trabajo se incluirán los gráficos representativos de los diferentes análisis para cada uno de los ejes del tránsito.

A continuación, se presentara el método de diseño por iteración de los tramos del proyecto, con los diferentes espesores de losa considerados hasta obtener el valor adecuado de la misma.

4.3.2 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO:

4.3.2.2 Tramo: Inters. Veracruz – Km 17.3 Carret. A Masaya

La primera iteración del método se realizara con un espesor inicial de losa de 8 pulgadas. En la presente iteración se desarrolla una explicación del método de diseño de la PCA.

Posterior a las determinaciones de las repeticiones esperadas por ejes y de haber determinado el Modulo de reacción de la subrasante, se procede a realizar el análisis de Fatiga y el de erosión.

Esfuerzo equivalente:

Con los datos de un espesor inicial de 8 pulgadas y una k de diseño de 187 PCI, entramos al Cuadro N° 25 para encontrar los esfuerzos equivalentes para los ejes



sencillos, tándem y Tridem, resultando de interpolación 199.70, 170.86 y 132.82 respectivamente. El cuadro utilizado de esfuerzos equivalentes es el que corresponde al de un diseño con apoyo lateral.

CUADRO N°4.19
Esfuerzo Equivalente- Con apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																			
	50			100			150			200			300			500			700	
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri		
4.0	640	517	439	317	489	377	489	422	383	452	403	362	409	388	360	383	364	359		
4.5	547	444	371	313	421	358	303	390	338	297	355	322	292	333	316	291				
5.0	475	337	323	268	367	308	253	341	290	250	311	274	244	294	267	242				
5.5	418	342	235	231	324	271	223	302	254	214	276	238	208	261	231	206				
6.0	372	325	249	327	218	304	255	204	289	241	96	270	225	187	247	210	180	234		
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	163	260	218	175	243	203	166	223	188	159		
7.0	302	270	204	266	230	178	248	210	155	236	168	153	220	184	149	203	170	142		
7.5	275	250	187	243	211	162	226	173	171	165	162	149	201	168	135	185	155	127		
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	168	131	185	155	123	170	142	118		
8.5	232	216	159	205	182	138	184	166	128	169	156	121	170	144	113	157	131	106		
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	146	122	98		
9.5	200	190	134	176	160	120	164	146	111	157	137	105	147	126	98	136	114	91		
10.0	181	172	122	160	151	112	153	137	104	146	129	98	137	122	98	118	108	84		
10.5	165	156	112	148	141	105	144	130	97	137	121	92	127	113	92	107	95	79		
11.0	151	142	103	137	131	99	135	123	92	129	115	87	122	107	90	100	85	71		
11.5	138	129	95	126	121	93	127	117	86	121	109	82	114	100	85	87	77	67		
12.0	126	118	88	116	111	86	120	111	82	114	104	78	107	95	81	81	71	63		
12.5	115	108	81	106	101	79	113	106	78	108	99	74	101	90	77	77	67	60		
13.0	105	98	75	96	91	73	102	95	70	96	86	65	89	78	60	65	57	57		
13.5	96	89	69	87	82	66	92	85	63	87	77	59	81	71	54	67	57	54		
14.0	88	81	63	78	73	59	83	76	55	81	71	54	67	57	54	54	47	51		

Relación de esfuerzo:

La relación de esfuerzo se calcula dividiendo el esfuerzo equivalente entre el módulo de ruptura, por lo que la relación de esfuerzos para los ejes sencillos será de 0.316, para los ejes Tándem de 0.270 y finalmente para los ejes Tridem de 0.210.

Análisis por fatiga:

Para calcular las repeticiones permisibles para cada tipo de eje, por el análisis de fatiga, se emplea un nomograma, el peso y tipo del eje, así como su relación de esfuerzo.

En el caso del eje sencillo de 20 Kips, se entra a la figura con la carga ya multiplicada por su factor de seguridad, la carga en el eje será de 22 Kips, se une con el valor de relación de esfuerzo de 0.316, de manera que uniendo los dos puntos con una línea recta y extendiéndola hasta la escala de repeticiones permisibles, encontramos el valor de Ilimitadas repeticiones permisibles para el eje en específico.



Este mismo procedimiento se hace para todos los ejes y se van anotando las repeticiones permisibles encontradas por cada tipo de eje. A continuación se detalla en el gráfico N° 4.7 las repeticiones permisibles para un solo tipo de eje (eje sencillo de 22 Kips). La representación grafica del resto de los ejes se adjunta en los anexos del trabajo. (Ver Anexos)

En el caso de los ejes Tridem, la carga total se dividió entre tres y el resultado es el valor de carga que se usa en la escala de ejes sencillos para el cálculo de repeticiones permisibles, usando su correspondiente factor de esfuerzo equivalente. Los resultados gráficos se adjuntan en los anexos del trabajo.

Factor de erosión:

En el análisis por erosión se determina primero el factor de erosión, empleando el Cuadro N° 26, el cual es el cuadro correspondiente al diseño sin pasajuntas y con apoyo lateral. El factor de erosión se determina para cada tipo de eje (sencillo, tándem y tridem).

Con los datos de espesor igual a 8 pulgadas y un k igual a 187 PCI, encontramos los valores de los factores de erosión. Los resultados interpolados corresponden a 2.57 para los ejes sencillos, 2.69 para los ejes tándem y 2.72 para los ejes tridem.



CUADRO N° 4.20

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

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	4.42	3.39	3.28	3.38	3.32	3.30	3.26	3.29	3.25	3.32	3.26	3.21	3.28	3.24	3.18			
4.5	3.28	3.23	3.18	3.24	3.19	3.18	3.22	3.16	3.13	3.19	3.12	3.08	3.15	3.09	3.04			
5.0	3.16	3.19	3.19	3.12	3.09	3.08	3.10	3.05	3.03	3.07	3.00	2.97	3.04	2.97	2.89			
5.5	3.00	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.96	2.90	2.87	2.93	2.86	2.83			
6.0	2.90	3.02	3.05	2.90	2.92	2.92	2.88	2.87	2.86	2.86	2.81	2.79	2.83	2.77	2.74			
6.5	2.91	3.08	3.11	2.84	2.87	2.86	2.81	2.85	2.86	2.79	2.76	2.79	2.75	2.73	2.72	2.74	2.68	2.67
7.0	2.83	3.02	3.06	2.77	2.80	2.81	2.73	2.78	2.80	2.70	2.72	2.73	2.68	2.66	2.65	2.65	2.61	2.60
7.5	2.76	2.97	3.05	2.71	2.74	2.75	2.65	2.72	2.75	2.62	2.66	2.67	2.60	2.59	2.59	2.57	2.54	2.54
8.0	2.69	2.92	3.01	2.60	2.79	2.84	2.57	2.67	2.70	2.55	2.61	2.62	2.52	2.53	2.54	2.50	2.48	2.48
8.5	2.63	2.88	2.97	2.58	2.74	2.80	2.51	2.62	2.65	2.48	2.55	2.58	2.45	2.48	2.49	2.43	2.43	2.43
9.0	2.57	2.83	2.94	2.50	2.70	2.77	2.44	2.57	2.61	2.42	2.51	2.53	2.39	2.43	2.44	2.38	2.38	2.38
9.5	2.51	2.79	2.91	2.44	2.65	2.73	2.38	2.53	2.58	2.36	2.46	2.49	2.33	2.38	2.40	2.30	2.33	2.34
10.0	2.46	2.75	2.86	2.39	2.61	2.70	2.33	2.49	2.54	2.30	2.41	2.45	2.28	2.34	2.36	2.24	2.28	2.29
10.5				2.58	2.87	2.97	2.45	2.51		2.30	2.32	2.19	2.24	2.26				
11.0				2.54	2.85	2.92	2.41	2.48		2.26	2.29	2.14	2.20	2.22				
11.5				2.51	2.82	2.87	2.37	2.45		2.22	2.26	2.09	2.16	2.19				
12.0				2.48	2.80	2.83	2.34	2.44		2.19	2.23	2.01	2.13	2.16				
12.5				2.45	2.77	2.79	2.31	2.40		2.05	2.24	2.31	2.02	2.15	2.20	1.98	2.10	2.13
13.0	2.30	2.66	2.74	2.11	2.42	2.55	2.04	2.28	2.38	2.01	2.21	2.28	1.88	2.15	2.17	1.85	2.06	2.10
13.5	2.16	2.53	2.72	2.08	2.39	2.53	2.00	2.25	2.35	1.97	2.18	2.26	1.83	2.09	2.16	1.81	2.03	2.07
14.0	2.13	2.51	2.70	2.04	2.36	2.51	1.97	2.23	2.33	1.93	2.15	2.24	1.80	2.06	2.12	1.87	2.00	2.03

Interpolado Eje Sencillo 2.57

Interpolado Eje Tándem 2.69

Interpolado Eje Tridem 2.72

Análisis de Erosión:

Con los valores del factor de erosión y con las cargas de los ejes, se procede a utilizar la Grafica N° 7, la cual corresponde a la grafica de diseño con apoyo lateral.

Para efectos de resumen y fácil interpretación de los resultados del grafico, se explicará el eje sencillo de 22 Kips y con su correspondiente factor de erosión de 2.57. Se obtiene un número de repeticiones esperadas igual a 725,000, como podemos apreciar en la grafica N° 4.8. (Ver Anexo)



Empleando la misma grafica N° 4.8, se determinaron las repeticiones esperadas para el resto de los ejes, cuyos resultados gráficos se muestran en los anexos del trabajo.

Posterior al cálculo de cada una de las repeticiones permisibles para los análisis de fatiga y erosión, se procede a calcular el porcentaje de daño. Esto se hace expresando como porcentaje la relación entre las repeticiones esperadas y las repeticiones permisibles. A continuación se muestra en el cuadro N° 27 los resultados de la primera iteración:

**CUADRO N° 27
CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO
ESTACIÓN VERACRUZ
PRIMERA ITERACIÓN, ESPESOR DE 8 PULGADAS**

PROYECTO:	INTA-CARR. MASAYA	PASAJUNTAS:	NO
ESPESOR		APOYO	SI
INICIAL (PLG):	8	LATERAL:	
K:	187	f _c (PSI) :	4,000
MR (PCI):	632		
FS:	1.1		

CARGA DEL EJE (KIPS)	MULTIPLICADA POR LSF	REPETICIONES ESPERADAS	ANÁLISIS POR FATIGA		ANÁLISIS POR EROSIÓN	
			REPETICIONES PERMISIBLES	% DE FATIGA	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE DAÑO
1	2	3	4	5	6	7

8. Esfuerzo Equivalente:	<u>199.7</u>	10. Factor de Erosión:	<u>2.57</u>
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.316</u>		

Ejes Sencillos

20	22.0	51,989	Ilimitadas	0.00	725,000	7.17
18	19.8	64,737	Ilimitadas	0.00	1,600,000	4.05
14	15.4	6	Ilimitadas	0.00	30,900,000	0.00
12	13.2	17,518	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
10	11.0	44,454	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
8	8.8	64,737	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
6	6.6	9,031	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
4	4.4	8,300	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00

8. Esfuerzo Equivalente:	<u>170.86</u>	10. Factor de Erosión:	<u>2.69</u>
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.270</u>		

Ejes Tadem

36	39.6	9,335	Ilimitadas	0.00	645,000	1.45
----	------	-------	------------	------	---------	------

8. Esfuerzo Equivalente:	<u>132.82</u>	10. Factor de Erosión:	<u>2.72</u>
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.210</u>		

Ejes Tridem

46/3 = 15.33	16.9	8,183	Ilimitadas	0.00	1,550,000	0.53
--------------	------	-------	------------	------	-----------	------

TOTAL	0.00	TOTAL	13.19
--------------	-------------	--------------	--------------

“Diseño Vial con Pavimento Rígido para el Corredor Alterno Veracruz – Km 17.3 Intersección Carretera A Masaya Con Una Longitud De 5.4 Km en el Municipio de Nindirí (Segunda Etapa)”



La anterior iteración (cuadro N° 27) con un espesor de 8 pulgadas, nos cumple el análisis de los dos criterios de diseño ($\Sigma\%$ de daños < 100%). Sin embargo, existe un margen diferencial considerable entre el valor límite (100%) y la sumatoria de cada análisis de los criterios, por lo cual se necesita iterar nuevamente con un espesor inferior, con el propósito de reducir el margen diferencial al más óptimo. A continuación se muestra los resultados de la segunda iteración:

**CUADRO N° 28
CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO
ESTACIÓN VERACRUZ
SEGUNDA ITERACIÓN, ESPESOR 7.5 PULGADAS**

PROYECTO: INTA-CARR. MASAYA PASAJUNTAS: NO
 ESPESOR APOYO
 INICIAL (PLG): 7.5 LATERAL: SI
 K: 187 f'c (PSI) : 4,000
 MR: 632
 FS: 1.1

CARGA DEL EJE (KIPS)	MULTIPLICADA POR LSF	REPETICIONES ESPERADAS	ANÁLISIS POR FATIGA		ANÁLISIS POR EROSIÓN	
			REPETICIONES PERMISIBLES	% DE FATIGA	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE DAÑO
1	2	3	4	5	6	7

8. Esfuerzo Equivalente: 217.86
 9. Factor de Relación de Esfuerzo: 0.344
 10. Factor de Erosión: 2.66

Ejes Sencillos

20	22.0	51,989	llimitadas	0.00	445,000	11.68
18	19.8	64,737	llimitadas	0.00	880,000	7.36
14	15.4	6	llimitadas	0.00	7,500,000	0.00
12	13.2	17,518	llimitadas	0.00	llimitadas	0.00
10	11.0	44,454	llimitadas	0.00	llimitadas	0.00
8	8.8	64,737	llimitadas	0.00	llimitadas	0.00
6	6.6	9,031	llimitadas	0.00	llimitadas	0.00
4	4.4	8,300	llimitadas	0.00	llimitadas	0.00

8. Esfuerzo Equivalente: 184.86
 9. Factor de Relación de Esfuerzo: 0.292
 10. Factor de Erosión: 2.74

Ejes Tadem

36	39.6	9,335	llimitadas	0.00	470,000	1.99
----	------	-------	------------	------	---------	------

8. Esfuerzo Equivalente: 145.08
 9. Factor de Relación de Esfuerzo: 0.229
 10. Factor de Erosión: 2.77

Ejes Tridem

46/3 = 15.33	16.9	8,183	llimitadas	0.00	1,150,000	0.71
--------------	------	-------	------------	------	-----------	------

TOTAL	0.00	TOTAL	21.74
--------------	-------------	--------------	--------------

“Diseño Vial con Pavimento Rígido para el Corredor Alterno Veracruz – Km 17.3 Intersección Carretera A Masaya Con Una Longitud De 5.4 Km en el Municipio de Nindirí (Segunda Etapa)”



La iteración correspondiente al cuadro N° 28, con un espesor de 7.5 pulgadas, no cumple el análisis de los dos criterios de diseño ($\sum\%$ daños < 100%). A la vez, los porcentajes totales se nos aproximan al valor límite (100%), sin embargo aún es necesario realizar otra iteración con espesor inferior para determinar porcentajes de daño lo más próximos al valor límite. A continuación, se determina la tercera iteración:

CUADRO N° 29						
CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO						
ESTACIÓN VERACRUZ						
TERCERA ITERACIÓN, ESPESOR DE 7 PULGADAS						
PROYECTO:	INTA-CARR. MASAYA			PASAJUNTAS:	NO	
ESPESOR INICIAL (PLG):	7			APOYO LATERAL:	SI	
K:	187			f _c (PSI) :	4,000	
MR:	632					
FS:	1.1					
				ANÁLISIS POR FATIGA	ANÁLISIS POR EROSIÓN	
CARGA DEL EJE (KIPS)	MULTIPLICADA POR LSF	REPETICIONES ESPERADAS	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE FATIGA	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE DAÑO
1	2	3	4	5	6	7
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>239.12</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.73</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.378</u>					
Ejes Sencillos						
20	22.0	51,989	3,000,000	1.73	260,000	20.00
18	19.8	64,737	Ilimitadas	0.00	445,000	14.55
14	15.4	6	Ilimitadas	0.00	3,000,000	0.00
12	13.2	17,518	Ilimitadas	0.00	19,000,000	0.09
10	11.0	44,454	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
8	8.8	64,737	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
6	6.6	9,031	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
4	4.4	8,300	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>201.12</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.8</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.318</u>					
Ejes Tadem						
36	39.6	9,335	Ilimitadas	0.00	375,000	2.49
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>159.82</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.82</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.253</u>					
Ejes Tridem						
46/3 = 15.33	16.9	8,183	Ilimitadas	0.00	730,000	1.12
			TOTAL	1.73	TOTAL	38.25

“Diseño Vial con Pavimento Rígido para el Corredor Alterno Veracruz – Km 17.3 Intersección Carretera A Masaya Con Una Longitud De 5.4 Km en el Municipio de Nindirí (Segunda Etapa)”



La iteración correspondiente al cuadro N° 29, con un espesor de 7 pulgadas, nos cumple el análisis de los dos criterios de diseño ($\sum\%$ daños < 100%). A la vez, los porcentajes totales se nos aproximan al valor límite (100%), sin embargo aún es necesario realizar otra iteración con espesor inferior para determinar porcentajes de daño lo más próximos al valor límite. A continuación, se determina la cuarta iteración:

CUADRO N° 30						
CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO						
ESTACIÓN VERACRUZ						
CUARTA ITERACIÓN, ESPESOR DE 6.5 PULGADAS						
PROYECTO:	INTA-CARR. MASAYA			PASAJUNTAS:	NO	
ESPESOR INICIAL (PLG):	6.5			APOYO LATERAL:	SI	
K:	187			fc (PSI) :	4,000	
MR:	632					
FS:	1.1					
			ANÁLISIS POR FATIGA		ANÁLISIS POR EROSIÓN	
CARGA DEL EJE (KIPS)	MULTIPLICADA POR LSF	REPETICIONES ESPERADAS	REPETICIONES	% DE FATIGA	REPETICIONES	% DE DAÑO
			PERMISIBLES		PERMISIBLES	
1	2	3	4	5	6	7
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>263.64</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.82</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.417</u>					
Ejes Sencillos						
20	22.0	51,989	300,000	17.33	180,000	28.88
18	19.8	64,737	2,900,000	2.23	310,000	20.88
14	15.4	6	Ilimitadas	0.00	1,500,000	0.00
12	13.2	17,518	Ilimitadas	0.00	6,500,000	0.27
10	11.0	44,454	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
8	8.8	64,737	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
6	6.6	9,031	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
4	4.4	8,300	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>221.12</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.86</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.350</u>					
Ejes Tadem						
36	39.6	9,335	Ilimitadas	0.00	250,000	3.73
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>177.08</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.88</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.280</u>					
Ejes Tridem						
46/3 = 15.33	16.9	8,183	Ilimitadas	0.00	500,000	1.64
			TOTAL	19.56	TOTAL	55.41

“Diseño Vial con Pavimento Rígido para el Corredor Alterno Veracruz – Km 17.3 Intersección Carretera A Masaya Con Una Longitud De 5.4 Km en el Municipio de Nindirí (Segunda Etapa)”



La iteración correspondiente al cuadro N° 30, con un espesor de 6 pulgadas, nos cumple el análisis de los dos criterios de diseño ($\sum\%$ daños < 100%). A la vez, los porcentajes totales se nos aproximan al valor límite (100%), sin embargo aún es necesario realizar otra iteración con espesor inferior para determinar porcentajes de daño lo más próximos al valor límite. A continuación, se determina la cuarta iteración:

CUADRO N° 31						
CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO						
ESTACIÓN VERACRUZ						
QUINTA ITERACIÓN, ESPESOR DE 6 PULGADAS						
PROYECTO:	INTA-CARR. MASAYA			PASAJUNTAS:	NO	
ESPESOR INICIAL (PLG):	6			APOYO LATERAL:	SI	
K:	187			f _c (PSI) :	4,000	
MR:	632					
FS:	1.1					
				ANÁLISIS POR FATIGA	ANÁLISIS POR EROSIÓN	
CARGA DEL EJE (KIPS)	MULTIPLICADA POR LSF	REPETICIONES ESPERADAS	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE FATIGA	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE DAÑO
1	2	3	4	5	6	7
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>292.90</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.91</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.463</u>					
Ejes Sencillos						
20	22.0	51,989	53,000	98.09	100,000	51.99
18	19.8	64,737	180,000	35.97	200,000	32.37
14	15.4	6	Ilimitadas	0.00	7,500,000	0.00
12	13.2	17,518	Ilimitadas	0.00	2,900,000	0.60
10	11.0	44,454	Ilimitadas	0.00	20,000,000	0.22
8	8.8	64,737	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
6	6.6	9,031	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
4	4.4	8,300	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>244.64</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.93</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.387</u>					
Ejes Tadem						
36	39.6	9,335	Ilimitadas	0.00	175,000	5.33
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>198.08</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.94</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.313</u>					
Ejes Tridem						
46/3 = 15.33	16.9	8,183	Ilimitadas	0.00	380,000	2.15
				TOTAL	134.06	TOTAL 92.67



Se puede observar que la iteración con un espesor de 6 pulgadas, cumple el análisis por erosión al tener un porcentaje total por debajo del valor límite. Sin embargo, el porcentaje total del análisis de fatiga sobrepasa el valor límite. Por lo tanto, se descarta utilizar un espesor de 6 pulgadas por no cumplir en uno de los análisis.

Se determina que el espesor apropiado para el tramo del Proyecto “Intersección Veracruz – Km 17.3 Carretera a Masaya”, es el equivalente a una losa de concreto de 6.5 pulgadas, por cumplir con los diferentes análisis de los factores de diseño y por tener porcentajes totales lo más próximos al valor límite, comparando con las otras iteraciones.

Las iteraciones de los diferentes espesores, no se continúan debido a que al reducir aun más el espesor de diseño, se nos aumentaría los porcentajes totales y alcanzar valores mayores del 100%, lo cual equivale a que dichos espesores no cumplirían con los análisis del diseño.

4.3.2.3 Aspectos Complementarios Al Diseño

En esta sección detallamos aspectos complementarios al diseño, por no estar directamente en el rubro del diseño de espesores.

Modulación de las losas:

La modulación de la losa se refiere a definir la forma que tendrán los tableros de losas del pavimento. Esta forma se da en base a la separación entre juntas tanto transversales como longitudinales.

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

Formula N° 4:
$$SJT = (21 \text{ a } 24) D$$



Donde:

SJT = Separación de Juntas Transversales (≤ 5.0 m)

D = Espesor del Pavimento en Metros

En nuestra modulación de losas utilizaremos el valor de 21, debido a tener mayor fricción entre la sub-base y el pavimento de concreto. Aplicando la Formula N° 3, obtenemos el siguiente resultado para el tramo del proyecto:

TRAMO: INTERS. VERACRUZ – KM 17.3 CARRETERA A MASAYA

$$SJT = (21) \times (0.1651 \text{ metros})$$

$$SJT = \underline{3.47 \text{ metros}}$$

La otra dimensión que tiene que ver con la modulación de losas es la separación de juntas longitudinales. La forma ideal de un tablero de losa es la cuadrada, sin embargo, en nuestro diseño consideramos un tablero rectangular, que cumple con la condición de diseño.

La relación entre largo y ancho de un tablero de losas no deberá estar fuera de los límites 0.71 a 1.4.

En nuestra modulación de losa la relación del tablero, nos da como resultado del proyecto:

Formula N° 5:

$$0.71 < x/y < 1.40$$

TRAMO: INTERS. VERACRUZ – KM 17.3 CARRETERA A MASAYA

$$x/y = 3.47/3 = \underline{1.16, OK}$$

Las siguientes figuras 4.9 y 4.10 representan una vista de planta de la modulación correspondiente al tramo del proyecto:



CAPITULO IV

4 Diseño Geométrico de la Segunda Etapa: Intersección Veracruz-Intersección Km 17.5 Ctra Masaya

El diseño vial de este proyecto es el resultado en el que se combinaron criterios, normas y cálculos, elementos que interactuaron y se relacionaron entre sí para definir las características físicas que tendrá la carretera en su etapa de construcción. Estos elementos físicos, tales como sección típica, alineamiento horizontal y alineamiento vertical, entre otros, son también resultados de cálculos e investigaciones que provinieron de información vertida de la buena determinación de los criterios, de la adecuada escogencia de las normas y de los cálculos finales que dimensionan cada elemento de la carretera.

Elementos que Intervinieron en el Diseño Vial

En los estudios se encontraron una serie de elementos que incidieron en el diseño los cuales fueron parte de los resultados de los estudios que otras especialidades desarrollaron en el proyecto.

Estos elementos se identificaron bajo los siguientes conceptos:

- a) Elementos de Servicio de la Carretera o funcionalidad de la misma.
- b) Topografía del terreno en que se aloja el trazo de la carretera
- c) Hidrología de la zona de influencia del proyecto
- d) Costos de la vía
- e) Impactos Ambientales (positivos y negativos)

Todos estos elementos se influenciaron entre sí y modificaron de gran manera el diseño final de la carretera.

Al relacionar estos elementos, se observó cuidadosamente los objetivos que se han planteado para la definición de la vía, por lo que los resultados finales dan cumplimiento a ellos sin perjuicio de la calidad del diseño y de la seguridad de los futuros usuarios de la misma.



Criterios en el Diseño Vial de la Carretera

Unido a los elementos que incidieron en el diseño vial de la vía se encuentran los criterios que se tomaron, previo análisis técnico de la información con que se contó.

Los criterios se basaron en información resultante de estudios realizados por otras especialidades participantes en el proyecto y por la consulta de las normas establecidas en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales y que para abreviar se llamará el Manual de Diseño en este documento.

Entre los criterios más importantes tomados en consideración en la parte inicial del diseño, se denotan los siguientes:

a) Clasificación Funcional de la Vía

La ruta del proyecto está ubicada precisamente entre dos vías de alto tráfico que se han clasificado funcionalmente como troncales principales siendo éstas la carretera Norte y la Carretera a Masaya, donde se ubica la segunda etapa del proyecto Intersección Veracruz-C. Masaya. Tomando en consideración el concepto de Troncal Secundaria definido por el Ministerio de Transporte e Infraestructura para este tipo de vías se conoce que:

Una vía denominada como Troncal Secundaria se caracterizan por:

- Conectar cabeceras departamentales o centros económicos importantes y centros importantes generadores de tráfico, tales como áreas turísticas capaces de atraer viajes de mayor distancia.
- Una vía Troncal Secundaria es equivalente a una vía Nacional Primaria.
- Sirve también a un volumen considerable de viajes Inter-departamentales.
- Sirve a corredores de viajes con longitudes de trayecto y densidades de viajes mayores que los que atienden los sistemas de carreteras colectoras.
- El volumen de tráfico atendido es un mayor de 500 veh/día.



- Se requiere un ancho de derecho de vía de 50 metros, incluye 5 m. a cada lado del eje ó línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de Información Gubernamental.

De esta manera, se ha considerado que la vía en estudio tendrá una clasificación funcional de Troncal Secundaria.

a) Vehículo de Diseño

Al contar con la clasificación funcional de la vía, se analizó el tipo de vehículo de diseño a utilizar en la determinación de los elementos geométricos de la vía. Para ello, se tomo en consideración lo expresado en el Cuadro 4.1 del Manual de Diseño del cual se inserta un resumen referido a los parámetros que son atingentes a las vías clasificadas como Troncales Secundarias.

ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMETRICO			
DESCRIPCION	TIPO DE VIA		
	Troncal Secundaria		
TPDA Vehículos Promedio Diario	10000 - 3000		
VHD, Vehículos por Hora	1500 - 450		
Factor de Hora Pico, FHP	0.95 - 0.91		
Vehículo de Diseño	WB - 20		
Tipo de Terreno	P	O	
Velocidad de Diseño	80	70	
Número de Carriles	2		
Ancho de Carril, m	3.6		
Ancho de Hombros, m	1.80 m		
Tipo de Superficie de Rodamiento	Mezcla Asfáltica		
Distancia de Visibilidad de Parada	85 - 140		
Distancia de Visibilidad de Adelantamiento, m	410 - 540		
Radio Mínimo de Curva, Peralte 6 %, m	135 - 210		
Máximo Grado de Curva	8°29´ - 4°35´		
Pendiente Longitudinal, Máx. Porcentaje	8		
Sobreelevación, Porcentaje	10		



Pendiente Transversal de Calzada, %	2.5
Pendiente de Hombros, %	4
Carga de Diseño de Puentes, AASHTO	HS 20 - 44 + 25%
Ancho de Derecho de Vía, m	50
Ancho de Mediana, m	2 - 6
Nivel de Servicio, según el HCM	C
Tipo de Control de Acceso	Sin Control
Clasificación Funcional	Troncal Secundaria

En esta definición se conjugaron también los objetivos del proyecto y el espíritu de integración centroamericana que se traduce en contar, en un futuro, con mayor diversificación del tráfico de carga, principalmente.

Por lo anterior, se seleccionó como vehículo de diseño a utilizar en el estudio al vehículo denominado como WB – 20.

Este tipo de vehículo cuenta con las dimensiones que se muestran en el siguiente cuadro 4.2: (Ver gráfico 4.1 de vehículo de diseño en Anexo)

DIMENSION DEL VEHICULO DE DISEÑO

CARACTERISTICA	WB - 20
Altura	4.10
Ancho	2.60
Longitud	22.50
Voladizo Delantero	1.20
Voladizo Trasero	0.90
Distancia entre Ejes Extremos, WB1	6.10
Distancia entre Ejes Extremos, WB2	14.30
Radio Interior, m	
Radio de Diseño, m	13.70



La gráfica 4.2 muestra los diferentes giros con sus respectivos radios que realiza el vehículo de diseño. Estos datos fueron utilizados en el diseño de los radios de curvatura de las intersecciones que también se diseñaron sobre la carretera. (Ver anexo)

c) Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño es un elemento de mucho peso en el modelamiento de la carretera dado que define la geometría de la misma referido principalmente a su alineamiento horizontal y vertical. Al haber definido los criterios anteriores para esta vía, dichos elementos nos llevaron a la toma de decisión de seleccionar la velocidad de diseño para determinar los parámetros restantes de la vía.

De esta manera, se seleccionó una velocidad de diseño de 80 KPH bajo la cual se efectuaron los cálculos necesarios para la definición del resto de parámetros. Con la velocidad de diseño definida, también se definieron los parámetros de la geometría de la vía tales como los valores mínimos de los radios de las curvas circulares horizontales a través de las fórmulas que nos provee la teoría de estos temas.

Fue así que se obtuvo que en el trazado horizontal de la vía se debiera contar con un radio mínimo aproximado de 210 m para las curvas horizontales que enlazaran las tangentes de la misma.

La ruta en estudio mantuvo las normas establecidas para velocidades de 80 KPH debido a la condición topográfica del terreno en que se alojará la misma la cual es del tipo plano dado que altimétricamente no existen pendientes mayores del 3 % en sus tangentes, ni se trazaron combinaciones de curvas horizontales y verticales el cual es otro elemento que hubiese podido restringir la velocidad de diseño.



Tráfico

El estudio de tráfico realizado fue basado en la definición de los diferentes tipos de tráfico que conformarán el futuro volumen de tráfico que hará uso de la vía hasta su horizonte de diseño.

Cualquiera que fuese el caso, el tema del volumen del Transito Promedio Diario Anual (TPDA) es un elemento importante en el diseño de la vía dado que sus resultados son la base para la definición de la sección típica a utilizar en la que se incluye, entre otros elementos, los anchos de los hombros de la carretera. También los resultados ayudan a conocer la proyección de tráfico en su vida de diseño dato que contribuye a la definición de la clasificación de la vía. Existen otras utilidades del análisis de los resultados de la vía tal como la capacidad y nivel de servicio de la carretera.

Para este caso, los resultados de los estudios de tráfico definieron un ancho mínimo de rodamiento de 7.2 m formado por dos carriles de circulación de 3.60 m cada uno. Así mismo, se definió la construcción de hombros con un ancho de 1.80 m cada uno en las tangentes de la vía.

La gráfica 4.3 muestra la sección típica de la carretera, en la que se incluye el espesor de pavimento a base de una losa de 4,500 psi y de 26 cm de espesor sobre una Sub-base granular de 15 cm.

Metodología del Trazado de la Vía

Existe una teoría en que se afirma que las carreteras son obras tridimensionales, cuyos elementos quedan definidos mediante las proyecciones sobre los planos ortogonales de referencia: Planta, Elevación o Perfil y Sección Transversal.

El elemento básico para tal definición es el eje de la vía, cuyas proyecciones en planta y elevación definen la planta y el perfil respectivamente.



Estos ejes en planta y perfil, deben cumplir con una serie de normas y recomendaciones, que pretenden conciliar la conveniencia económica de adaptarlos lo más posibles al terreno, con las exigencias técnicas requeridas para posibilitar desplazamientos seguros de un conjunto de vehículos a una cierta velocidad, definida genéricamente como Velocidad de Diseño.

La elección y definición del conjunto de elementos de planta y perfil y de sus combinaciones, constituye el trazado del eje y, por extensión, de la carretera.

Tal como se estableció en los Términos de Referencia, de manera inicial se estableció una poligonal base localizada sobre la ruta ideal en que se trazaría el eje de la nueva carretera.

Toda esta poligonal fue formada por puntos georreferenciados cuya base partió de un eje de travesía formado a su vez por cuatro pares de puntos geoposicionados con equipo GPS estacionario.

Definida así la línea base, se procedió a establecer en ella la altimetría necesaria para establecer posteriormente la rasante de la vía. Con la definición de la altimetría, se determinaron las secciones transversales a cada 20 m, partiendo de la información contenida en cada uno de los mojones de la línea base.

Apoyados en la información contenida en cada una de las secciones transversales y tomando el punto definido como eje de la vía en ellas, se procedió a trazar la línea que definiría el eje preliminar de la ruta. Este eje de la ruta se diseñó tomando en consideración los radios de curva mínimos calculados

El trazado preliminar fue replanteado en el sitio por nuestro equipo de topografía con el objetivo de identificar sitios críticos en los que se alojaba el eje diseñado. De esta manera, se replanteó dos veces las opciones de eje que fueron proyectadas hasta obtener el eje final de la vía el cual no compromete mayores afectaciones a las propiedades en las que se aloja en su desarrollo.



A continuación se incluyen los resultados del trazado planimétrico definitivo con los datos de cada una de las curvas horizontales proyectadas en la ruta.

Datos de Curvas Horizontales de Trazado Definitivo

Horizontal Alignment Station and Curve Report.
 Alignment: LINEA CENTRAL PROYECTADO
 Desc: LINEA CENTRAL PROYECTADO

Desc.	Station	Spiral/Curve Data	Northing	Easting
-------	---------	-------------------	----------	---------

Circular Curve Data

PC	9+362.361		1335651.6861	589744.8558
RP			1335555.8998	590029.1531
PT	9+745.302		1335311.6153	589855.0122
	Delta:	73-08-11	Type:	LEFT
	Radius:	300.00	DOC:	19-05-55
	Length:	382.94	Tangent:	222.54
	Mid-Ord:	59.06	External:	73.53
	Chord:	357.47	Course:	S 17-56-54 E
	Es:	73.53		

PI	10+484.666		1334882.4365	590457.0631
	Length:	2307.84	Course:	S 20-46-38 W
	Delta:	75-17-37		

Tangent Data

9+745.302		1335311.6153	589855.0122
10+098.963		1335106.3253	590142.9924
Length:	353.66	Course:	S 54-30-59 E

Circular Curve Data

PC	10+098.963		1335106.3253	590142.9924
RP			1334699.1845	589852.7575
PT	10+756.024		1334521.8171	590320.2410
	Delta:	75-17-37	Type:	RIGHT
	Radius:	500.00	DOC:	11-27-33
	Length:	657.06	Tangent:	385.70
	Mid-Ord:	104.10	External:	131.48
	Chord:	610.79	Course:	S 16-52-11 E
	Es:	131.48		

PI	12+678.162		1332724.6810	589638.3918
	Length:	1483.50	Course:	S 18-29-42 W
	Delta:	2-16-56		



Tangent Data		
10+756.024	1334521.8171	590320.2410
12+608.447	1332789.8620	589663.1221
Length:	1852.42	Course: S 20-46-38 W

Circular Curve Data		
PC	12+608.447	1332789.8620 589663.1221
RP		1331548.2908 592935.5067
PT	12+747.859	1332658.5668 589616.2768
Delta:	02-16-56	Type: LEFT
Radius:	3500.00	DOC: 01-38-13
Length:	139.41	Tangent: 69.71
Mid-Ord:	0.69	External: 0.69
Chord:	139.40	Course: S 19-38-10 W
Es:	0.69	

PI	14+161.646	1331317.7998 589167.7928
Length:	818.46	Course: S 34-53-38 W
Delta:	16-23-56	

Tangent Data		
12+747.859	1332658.5668	589616.2768
14+017.554	1331454.4491	589213.5017
Length:	1269.70	Course: S 18-29-42 W

Circular Curve Data		
PC	14+017.554	1331454.4491 589213.5017
RP		1331771.6708 588265.1503
PT	14+303.767	1331199.6140 589085.3643
Delta:	16-23-56	Type: RIGHT
Radius:	1000.00	DOC: 05-43-46
Length:	286.21	Tangent: 144.09
Mid-Ord:	10.22	External: 10.33
Chord:	285.24	Course: S 26-41-40 W
Es:	10.33	

PI	14+978.140	1330646.4840 588699.5848
----	------------	--------------------------

Tangent Data		
14+303.767	1331199.6140	589085.3643
14+978.140	1330646.4840	588699.5848
Length:	674.37	Course: S 34-53-38 W



El siguiente Cuadro 4.3 muestra los valores de los elementos geométricos de las curvas horizontales

PLANIMETRIA DEL CAMINO
RESULTADOS DE LA PROYECCION DEL TRAZO PLANIMETRICO
VELOCIDAD DE PROYECTO: 80 Kph., PERALTE MAXIMO: 10%
PROYECTO: VERACRUZ -CARRETERA MASAYA

VELOCIDAD DE DISEÑO: 80 KPH
 PERALTE MAXIMO: 10.00%
 Ancho de carril de rodamiento: 3.60 m.

Sobre ancho máximo = 0.80 mt.
 RADIO MINIMO: 210.00 m
 Pendiente relativa = 0.50%

CURVA No.	ESTACION DEL PI	Gr.	Min.	Seg.	SENTIDO	RADIO (m)	TANGENTE (m.)	LONGITUD DE CURVA (m.)	GRADO CURVATURA (Gc ° '')	Dm (°)	EXTERNAL
1	10+440.84	75	17	37	DER	500.000	385.703	657.058	2.2918	0.0573	131.480
2	12+634.34	9	59	54	IZQ	3500.000	306.159	610.761	0.3274	0.0082	13.365
3	13+077.78	10	59	46	DER	500.000	48.127	95.959	2.2918	0.0573	2.311
4	14+121.73	13	7	8	DER	1000.000	114.987	228.967	1.1459	0.0286	6.589
5	14+939.19	0	0	0	DER	1000.000	0.000	0.000	1.1459	#¡DIV/0!	0.000

“Diseño Vial con Pavimento Rígido para el Corredor Alterno Veracruz – Km 17.3 Intersección Carretera A Masaya Con Una Longitud De 5.4 Km en el Municipio de Nindirí (Segunda Etapa)”



CURVA No.	ESTACION DEL PC	ESTACION DEL PT	ESTACION DEL CENTRO DE LA CURVA	PERALTE CALCULADO (%)	PERALTE A USAR	SOBRE ANCHO CALCULADO (m)	SOBRE ANCHO A USAR (m)	Longitud de Transición (LT) (m)	Longitud/Revertir Corona (N) (m)	Longitud existente entre curvas (m)	LONGITUD REQUERIDA ENTRE CURVAS	
1	10+055.140	10+712.198	10+383.67	4.20	4.20	0.50	0.50	30.24	21.60			
										1,615.98	73.44	-1,542.54
2	12+328.181	12+938.942	12+633.56	0.60	CN	0.10	0.00	0.00	21.60			
										90.71	73.44	-17.27
3	13+029.651	13+125.609	13+077.63	4.20	4.20	0.50	0.50	30.24	21.60			
										881.13	73.44	-807.69
4	14+006.744	14+235.711	14+121.23	2.10	CN	0.30	0.30	0.00	21.60			
										703.48	43.20	-660.28
5	14+939.190	14+939.190	14+939.19	2.10	CN	0.30	0.30	0.00	21.60			
											21.60	21.60



El Trazo de la Altimetría Proyectada de la Carretera

Esta parte corresponde a la proyección de la rasante sobre el perfil natural de la carretera en toda su longitud, que corresponde al nivel de la superficie del terreno donde se alojará el trazo.

Los criterios que se aplicaron principalmente para la proyección y establecimiento de la rasante se detallan a continuación.

- ✓ Resultados que se obtuvieron del diseño de la estructura de pavimento para la carretera proyectada en función de las características de la estratigrafía del subsuelo así como de los materiales del contenidos en los diferentes Bancos de Préstamo.
- ✓ Resultados de la proyección de los niveles de rasante de las diferentes estructuras de drenaje en función de los niveles de invert y las dimensiones de dicha estructura.
- ✓ Establecimiento de las pendientes longitudinales máximas requeridas.
- ✓ Intenciones de obtener una rasante proyectada en las condiciones más óptimas del alineamiento vertical optimizado para un funcionamiento adecuado y razonablemente aceptable a los requerimientos del Proyecto.
- ✓ Coordinación de los niveles de rasante con los niveles de rodamiento de las diferentes intersecciones con la vía principal, así como en los sitios de intersecciones principales que se muestran en los planos.

En el diseño de la rasante no se obtuvieron problemas a resolver dado que la topografía del terreno donde se alojará la carretera es del tipo plano por lo que la definición de la rasante tuvo como mayor elemento decisorio el hecho de contar con terrenos planos con pendientes de drenaje mínimas lo que puede generar en algunos sectores riesgos de inundaciones al contar las corrientes de aguas con velocidades muy bajas para evacuar rápidamente.



Con esta premisa se proyectó la rasante con niveles por encima del terreno natural existente teniendo un alto terraplén donde se acomodará la estructura de pavimento diseñada.

En Anexo a este documento se presenta listado de datos base resultante de la proyección de la rasante y que corresponden al Estacionado del PI, Elevación que se seleccionó y la curva vertical que se aplicó en cada punto PI.

En las intersecciones principales así mismo se proyectó rasante para los accesos que conforman dicha intersección en función de un perfil establecido para las respectivas calles y que a su vez está relacionado con la rasante de carretera.



CUADRO 4.4
PAVIMENTACION DEL CORREDOR ALTERNO VERACRUZ - CTRA A MASAYA
ALINEAMIENTO VERTICAL

PI	ESTACIÓN	LONGITUD	ELEVACION	DIF. ELEV.	PENDIENTE	DIFERENCIA ALGEBRAICA	TIPO DE CURVA	FACTORES	
								COLUMPIO	CRESTA
								23	30
1	9+690		137.25						
		250.00		-1.25	-0.50				
2	9+940		136.00			1.00	CR		50.00
		250.00		-3.75	-1.50				
3	10+190		132.25			0.94	COL	40.00	
		490.00		-2.75	-0.56				
4	10+680		129.50			0.78	COL	40.00	
		350.00		0.75	0.21				
5	11+030		130.25			1.04	COL	40.00	
		220.00		2.75	1.25				
6	11+250		133.00			0.69	COL	40.00	
		310.00		6.00	1.94				
7	11+560		139.00			1.06	COL	40.00	
		500.00		15.00	3.00				
8	12+060		154.00			0.72	CR		50.00
		570.00		13.00	2.28				
9	12+630		167.00			1.57	COL	40.00	
		260.00		10.00	3.85				
10	12+890		177.00			0.71	CR		50.00
		990.00		31.00	3.13				
11	13+880		208.00			1.56	COL	40.00	
		810.00		38.00	4.69				
12	14+690		246.00			1.45	CR		60.00
		245.20		7.94	3.24				
13	14+935		253.94			1.54	CR		60.00
		-14,935.20		-253.94	1.70				

Señalización Vial

Aunque la actividad de señalización vial no es una actividad propiamente de diseño geométrico de la vía sí es una parte importante en la finalización de éste dado que de una buena señalización horizontal y vertical dependerá en parte la seguridad de los usuarios de la vía.

Para orientar a los usuarios en el uso adecuado de la ruta, se ha proyectado la colocación de señales verticales que restrinjan la circulación en los sitios en que pueda haber conflictos, que orienten al usuario de lo que se pueda encontrar en su recorrido y que informen al mismo de las facilidades que encontrará sobre la ruta.

Las restricciones se establecieron también en el diseño de la señalización horizontal al proyectar líneas centrales continuas en los tramos en que existen restricciones de adelantamiento.

Memoria de cálculo

Calculo de espesores de pavimento en el tramo de carretera Veracruz

Para iniciar con los cálculos se debe de tener en cuenta las características del método de la CPA. Y las condiciones iniciales relativas al proyecto.

Este método es uno de los más sencillo para determinar el espesor en los pavimento con concreto hidráulico y en tomo parte del Método de la AASTHO. El método se basa en la interacción de datos.

Condiciones iniciales:

Se debe de proponer un espesor inicial el cual se propone inicialmente de 8 pulg (20 cm)

La losa de concreto la analizaremos sin pasa junta por factor económico y calidad del terreno

Y además se propone apoyo lateral para la losa de concreto para evitar el desgaste el talud y a la misma losa que afecte.

Se le aplicara un factor de seguridad del 10 porciento este factor esta en base a la capacidad de carga que circulara sobre la carretera el rango se encuentra entre 5 y 20%.

El esfuerzo a la compresión del concreto será de 4000psi (**282kg/m²**)

Para obtener k(modulo de reacción de la sub rasante), se debe basar en el estudio del suelo, este estudio proporciona los CBR de cada sondeo.(Ver tabla3.5).

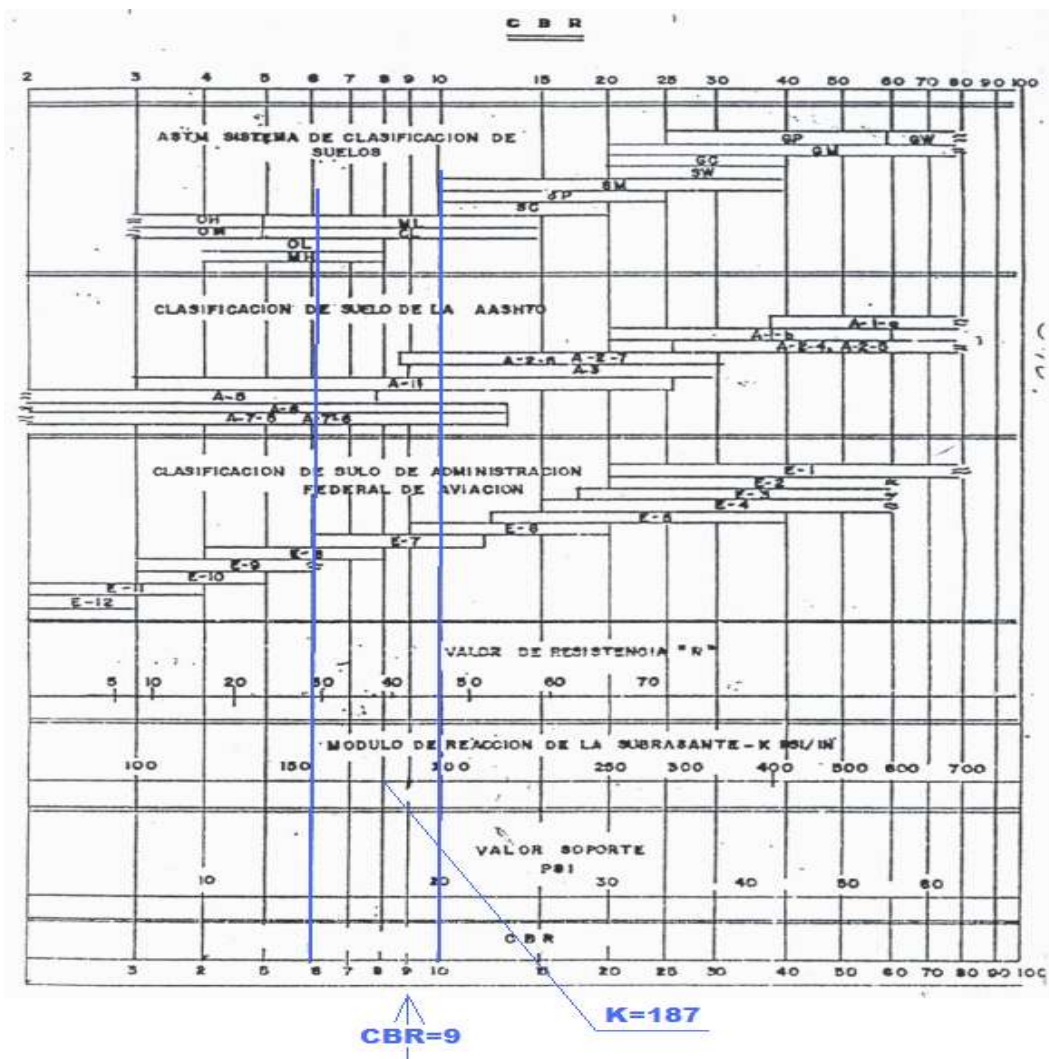
Tabla 3.1

CBR (%) 95 % PROCTOR	CBR IGUALES	CBR IGUALES O MAYORES	PORCENTAJE (%)
7	2	75	100.00
8	4	71	95.35
9	7	63	86.05
10	17	57	69.77
11	7	33	30.23
14	2	10	13.95
17	2	7	9.30
20	1	5	4.65
47	1	6	2.33

Ya obtenido los resultado de los CBR tomaremos los CBR que se encuentre un 75% y 90% para asegurarnos de que el soporte de suelo sea el más idóneo a la hora de la construcción de la losa.

Se selecciona CBR=9, ahora se procede a calculo de modulo de reacción (k), este calculo de hace por medio de la tabla correlación de los valores de CBR de diseño.

Tabla 3.2 Correlación de los Valores de CBR de Diseño



Fuente: Manual de diseño y Construcción, Nic. Pág. 43

Por medio de esta tabla $k=187$, este modulo se puede obtener mediante AASTHO D1195 Y D1196 pero en Nicaragua no se cuenta con los equipos.

El modulo de ruptura (MR) se obtiene mediante la fórmula:

$$MR=10\sqrt{f'c} \quad MR=10\sqrt{4000\text{psi}} = 632\text{pci}$$

Para el diseño se debe de tomar en cuenta la compasión vehicular por ejes de la estación de Veracruz y las repeticiones esperadas por ejes. Se debe hacer una

observación que solo se tomaran los de microbuses mayores de 15 pasajeros y camiones mayores de 9 ton debido que los vehículos ligero no tiene incidencia en la losa. (ver cuadro 3.3 y 3.4)

CUADRO N° 3.3
COMPOSICIÓN VEHICULAR POR EJES
ESTACIÓN VERACRUZ

TIPO DE VEHÍCULO	TIPO DE EJE	PESO EN KIPS	REPETICIONES ESPERADAS POR VEHÍCULO	REPETICIONES ESPERADAS POR EJES
Mc < 15 pas	Sencillo	4	8,300	8,300
	Sencillo	6		8,300
Mc > 15 pas	Sencillo	6	731	731
	Sencillo	10		731
BUS	Sencillo	8	64,737	64,737
	Sencillo	18		64,737
C-2	Sencillo	10	43,720	43,720
	Sencillo	20		43,720
C-3	Sencillo	12	9,252	9,252
	Doble	36		9,252
T2-S2	Sencillo	12	83	83
	Sencillo	20		83
	Doble	36		83
T2-S3	Sencillo	12	8,183	8,183
	Sencillo	20		8,183
	Triple	46		8,183
C2-R2	Sencillo	10	3	3
	Sencillo	20		3
	Sencillo	14		3
	Sencillo	14		3

CUADRO N° 3.4
TOTAL REPETICIONES ESPERADAS POR EJES
ESTACIÓN VERACRUZ

TIPO DE EJE	PESO EN KIPS	TOTAL REPETICIONES
SENCILLO	4	8,300
	6	9,031
	8	64,737
	10	44,454
	12	17,518
	14	6
	18	64,737
	20	51,989
DOBLE	36	9,335
TRIPLE	46	8,183

Ya con estos resultados se procede con el diseño de la losa y a llenar la tabla:
Tabla de Resultados

Los esfuerzos equivalentes(Ee) utilizaremos la tabla: Esfuerzo Equivalente Para Pavimentos Con Apoyo Lateral. Y su Factor de Relación De Esfuerzo (FRe). (ver tabla 3.5)

Tabla3.5 Esfuerzo Equivalente Para Pavimentos Con Apoyo Lateral

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	392	517	439	377	489	422	369	452	403	362	409	388	360	383	384	359
4.5	547	461	365	479	400	328	444	371	313	421	356	305	390	338	297	355	322	292	333	316	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	367	308	258	341	290	250	311	274	244	294	267	242
5.5	418	360	279	368	309	246	342	285	231	324	271	223	302	254	214	276	238	208	261	231	206
6.0	372	325	249	327	277	218	304	255	204	289	241	196	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	166	223	188	159	212	180	156
7.0	302	270	204	266	230	178	248	210	165	236	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138
7.5	275	250	187	243	211	162	226	193	151	215	182	143	201	168	135	185	155	127	176	148	124
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	166	131	185	155	123	170	142	116	162	135	112
8.5	232	216	159	205	182	138	191	166	128	182	156	121	170	144	113	157	131	106	150	125	102
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	146	122	98	139	116	94
9.5	200	190	134	176	160	120	164	146	111	157	137	105	147	126	98	136	114	91	129	108	87
10.0	186	179	127	164	151	112	153	137	104	146	129	98	137	118	91	127	107	84	121	101	81
10.5	174	170	119	154	143	105	144	130	97	137	121	92	128	111	86	119	101	79	113	95	76
11.0	164	161	111	144	135	99	135	123	92	129	115	87	120	105	81	112	95	74	106	90	71
11.5	154	153	104	136	128	93	127	117	86	121	109	82	113	100	76	105	90	70	100	85	67
12.0	145	146	97	128	122	88	120	111	82	114	104	78	107	95	72	99	86	66	95	81	63
12.5	137	139	91	121	117	83	113	106	78	108	99	74	101	91	68	94	82	63	90	77	60
13.0	130	133	85	115	112	79	107	101	74	102	95	70	96	86	65	89	78	60	85	73	57
13.5	124	124	80	109	107	75	102	97	70	97	91	67	91	83	62	85	74	57	81	70	54
14.0	118	122	75	104	103	71	97	93	67	93	87	63	87	79	59	81	71	54	77	67	51

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

Con estos valores tenemos que interpolar pues nuestra k=187pci

Para eje sencillo

150---207

187---Ee Ee = 199.6 FRe =Esfuerzo Equivalente/Modulo Ruptura

200---197 FRe=199.6/632.46 = 0.316

Para eje doble

150---179

187---Ee Ee = 170.86 FRe =Esfuerzo Equivalente/Modulo Ruptura

200---168 $FRe=170.86/632.46 = 0.270$

Para eje triple

150---138

187---Ee $Ee = 132.82$ $FRe = \text{Esfuerzo Equivalente}/\text{Modulo Ruptura}$

200---131 $FRe=132.82/632.46 = 0.210$

Para el caso del factor de erosión

Se utiliza la tabla, factor de erosión para pavimento sin pasa juntas y con apoyo lateral. (Ver tabla 3.5)

Tabla 3.5 Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Con Apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.46	3.49	3.50	3.42	3.39	3.38	3.38	3.32	3.30	3.36	3.29	3.25	3.32	3.26	3.21	3.28	3.24	3.16
4.5	3.32	3.39	3.40	3.28	3.28	3.28	3.24	3.19	3.18	3.22	3.16	3.13	3.19	3.12	3.08	3.15	3.09	3.04
5.0	3.20	3.30	3.32	3.16	3.18	3.19	3.12	3.09	3.08	3.10	3.05	3.03	3.07	3.00	2.97	3.04	2.97	2.93
5.5	3.10	3.22	3.26	3.05	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.96	2.90	2.87	2.93	2.86	2.83
6.0	3.00	3.15	3.20	2.95	3.02	3.05	2.90	2.92	2.92	2.88	2.87	2.86	2.86	2.81	2.79	2.83	2.77	2.74
6.5	2.91	3.08	3.41	2.86	2.96	2.99	2.81	2.85	2.86	2.79	2.79	2.79	2.76	2.73	2.72	2.74	2.68	2.67
7.0	2.83	3.02	3.09	2.77	2.90	2.94	2.73	2.78	2.80	2.70	2.72	2.73	2.68	2.66	2.65	2.65	2.61	2.0
7.5	2.76	2.97	3.05	2.70	2.84	2.89	2.65	2.72	2.75	2.62	2.66	2.67	2.60	2.59	2.59	2.57	2.54	2.54
8.0	2.60	2.92	3.01	2.60	2.79	2.84	2.57	2.67	2.70	2.55	2.61	2.62	2.52	2.53	2.54	2.50	2.48	2.48
8.5	2.63	2.88	2.97	2.56	2.74	2.80	2.51	2.62	2.65	2.48	2.55	2.58	2.45	2.48	2.49	2.43	2.43	2.43
9.0	2.57	2.83	2.94	2.50	2.70	2.77	2.44	2.57	2.61	2.42	2.51	2.53	2.39	2.43	2.44	2.36	2.38	2.38
9.5	2.51	2.79	2.91	2.44	2.65	2.73	2.38	2.53	2.58	2.36	2.46	2.49	2.33	2.38	2.40	2.30	2.33	2.34
10.0	2.46	2.75	2.88	2.39	2.61	2.70	2.33	2.49	2.54	2.30	2.51	2.46	2.27	2.34	2.36	2.24	2.28	2.29
10.5	2.41	2.72	2.85	2.33	2.58	2.67	2.27	2.45	2.51	2.24	2.38	2.42	2.21	2.30	2.32	2.19	2.24	2.26
11.0	2.36	2.68	2.83	2.28	2.54	2.65	2.22	2.41	2.48	2.19	2.34	2.39	2.16	2.26	2.29	2.14	2.20	2.22
11.5	2.32	2.65	2.80	2.24	2.51	2.62	2.17	2.37	2.45	2.14	2.31	2.36	2.11	2.22	2.26	2.09	2.16	2.19
12.0	2.28	2.62	2.78	2.19	2.48	2.59	2.13	2.34	2.54	2.10	2.27	2.33	2.06	2.19	2.23	2.01	2.13	2.16
12.5	2.24	2.59	2.76	2.15	2.45	2.57	2.09	2.31	2.40	2.05	2.24	2.31	2.02	2.15	2.20	1.99	2.10	2.13
13.0	2.20	2.56	2.74	2.11	2.42	2.55	2.04	2.28	2.38	2.01	2.21	2.28	1.98	2.15	2.17	1.95	2.06	2.10
13.5	2.16	2.53	2.72	2.08	2.39	2.53	2.00	2.25	2.35	1.97	2.18	2.26	1.93	2.09	2.15	1.91	2.03	2.07
14.0	2.13	2.51	2.70	2.04	2.36	2.51	1.97	2.23	2.33	1.93	2.15	2.24	1.89	2.06	2.12	1.87	2.00	2.05

Como se muestra no se encuentra k=187, entonces se debe de interpolar y de esta manera encontrar los factores de erosión (Fe) que afectará la losa.

Para eje sencillo

Para eje doble

Para eje triple

100---2.60

100---2.79

100---2.84

187---Fe $Fe=2.57$

187---Fe $Fe=2.69$

187---Fe $Fe=2.72$

200---2.67

200---2.70

200---2.57

Ya teniendo los Esfuerzos Equivalentes y el factor por fatiga y de erosión se procede a llenar la siguiente tabla.

Tabla 3.6						
CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO						
ESTACIÓN VERACRUZ						
PRIMERA ITERACIÓN, ESPESOR DE 8 PULGADAS						
PROYECTO:	INTA-CARR. MASAYA			PASAJUNTAS:	NO	
ESPESOR INICIAL (PLG):	8			APOYO LATERAL:	SI	
K:	187			fc (PSI) :	4,000	
MR (PCI):	632					
FS:	1.1					
			ANÁLISIS POR FATIGA		ANÁLISIS POR EROSIÓN	
CARGA DEL EJE (KIPS)	MULTIPLICADA POR LSF	REPETICIONES ESPERADAS	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE FATIGA	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE DAÑO
1	2	3	4	5	6	7
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>199.7</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.57</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.316</u>					
Ejes Sencillos						
20	22.0	51,989	Ilimitadas	0.00	725,000	7.17
18	19.8	64,737	Ilimitadas	0.00	1600,000	4.05
14	15.4	6	Ilimitadas	0.00	30900,000	0.00
12	13.2	17,518	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
10	11.0	44,454	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
8	8.8	64,737	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
6	6.6	9,031	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
4	4.4	8,300	Ilimitadas	0.00	Ilimitadas	0.00
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>170.86</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.69</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.270</u>					
Ejes Tadem						
36	39.6	9,335	Ilimitadas	0.00	645,000	1.45
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>132.82</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.72</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.210</u>					
Ejes Tridem						
46/3 = 15.33	16.9	8,183	Ilimitadas	0.00	1550,000	0.53
TOTAL				0.00	TOTAL	13.19

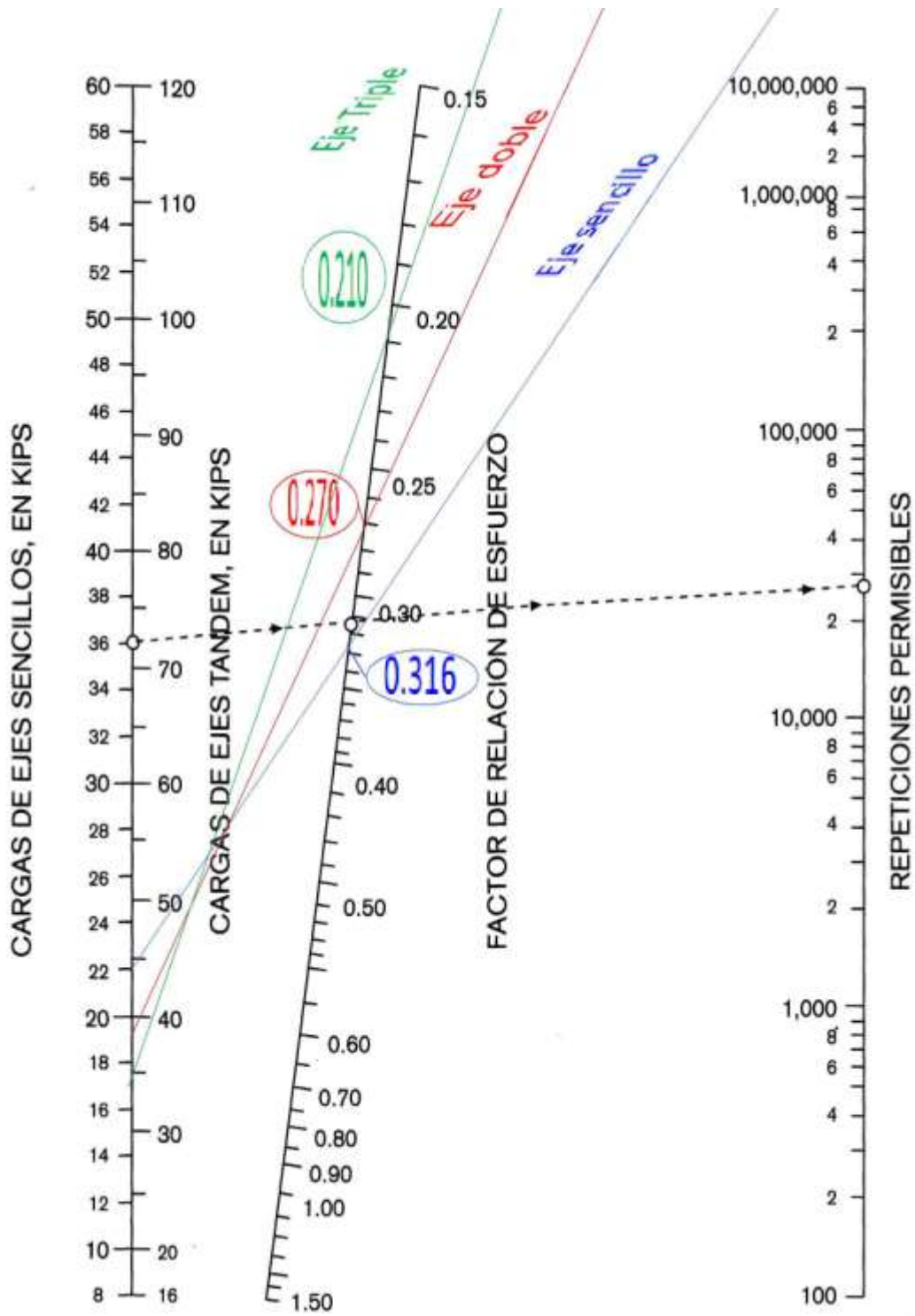
En la columna 1 se encuentra la carga del eje , de acuerdo a su peso se ordena de manera descendente.

En la columna 2 se encuentra la carga de los ejes multiplicado por su factor de seguridad que es un 10%.

En la columna 3 se anotaran las repeticiones esperadas tomada del cuadro n° 3.4 total repeticiones esperadas por ejes estación Veracruz.

En la columna 4 y 5 se toma por análisis por fatiga y se debe hacer por medio de proyecciones logarítmicas. Realizaremos el eje de 22 Kips corregido de los ejes sencillo y su factor relación de esfuerzo 0.316 y se proyecta. El de 39.6Kips de los ejes dobles y su factor relación de esfuerzo 0.270, se proyecta y por último 16.9 Kips para los ejes triples con su factor relación de esfuerzo 0.210 y se proyecta. (Ver tabla 3.7)

Tabla 3.7 Análisis de fatiga (repeticiones permitidas basadas en el factor de relación con o sin apoyo lateral)



Como se ha mencionado la sumatoria de los daño debe de estar entre el rango del 100% o menos pero nunca pasarse debido que no estaría bien diseño y colapsaría prontamente, ni tampoco estar en 0% de daño pues esto significaría que estaría sobre diseño y este proyecto seria anti económico su construcción de tal manera que nos obliga a estar iterando hasta encontrar un espesor que se encuentre dentro de las especificaciones de la PCA.

Para un espesor de 8.5 pulgadas (22.5cm), el porcentaje por fatiga es del 0% y por erosión es de 13.19% , la cual la consideramos que esta sobre diseñada de manera que se debe probar con otros espesores que vaya decreciendo en 0,5 como es este caso que se analiza para los espesores de 8.5", 8", 7.5", 7", 6.5" y 6".

El análisis con un espesor de 6 pulgada al someterlo a fatiga y erosión no cumple por es muy delgada y puede fracturarse de una manera mas ligera.

De la cual el espesor que cumplió con los requerimiento de la CPA es el que tiene un espesor de 6.5 pulgadas (16cm), para el cual será diseñada para todo el tramo de la carretera. El cual se someter a fatiga que es del 19.58% y por análisis de erosión que fue de 55.41%. Por tanto el porcentaje por daño es del 37.5%.

Por tanto $37.5\% \leq 100\%$ consideramos que es el más optimo. (Ver cuadro 3.9)

CUADRO N°3.9						
CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO						
ESTACIÓN VERACRUZ						
CUARTA ITERACIÓN, ESPESOR DE 6.5 PULGADAS						
PROYECTO:	INTA-CARR. MASAYA			PASAJUNTAS:	NO	
ESPESOR INICIAL (PLG):	6.5			APOYO LATERAL:	SI	
K:	187			fc (PSI) :	4,000	
MR:	632					
FS:	1.1					
		ANÁLISIS POR FATIGA			ANÁLISIS POR EROSIÓN	
CARGA DEL EJE (KIPS)	MULTIPLICADA POR LSF	REPETICIONES ESPERADAS	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE FATIGA	REPETICIONES PERMISIBLES	% DE DAÑO
1	2	3	4	5	6	7
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>263.64</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.82</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.417</u>					
Ejes Sencillos						
20	22.0	51,989	300,000	17.33	180,000	28.88
18	19.8	64,737	2900,000	2.23	310,000	20.88
14	15.4	6	l limitadas	0.00	1500,000	0.00
12	13.2	17,518	l limitadas	0.00	6500,000	0.27
10	11.0	44,454	l limitadas	0.00	l limitadas	0.00
8	8.8	64,737	l limitadas	0.00	l limitadas	0.00
6	6.6	9,031	l limitadas	0.00	l limitadas	0.00
4	4.4	8,300	l limitadas	0.00	l limitadas	0.00
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>221.12</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.86</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.350</u>					
Ejes Tadem						
36	39.6	9,335	l limitadas	0.00	250,000	3.73
8. Esfuerzo Equivalente:	<u>177.08</u>			10. Factor de Erosión:	<u>2.88</u>	
9. Factor de Relación de Esfuerzo:	<u>0.280</u>					
Ejes Tridem						
46/3 = 15.33	16.9	8,183	l limitadas	0.00	500,000	1.64
TOTAL				19.56	TOTAL	55.41

ESTUDIO HIDRAULICO

En el estudio hidrológico de las cuencas se presentan los procedimientos y resultados para determinar el dimensionamiento de las obras a instalar en los cruces de corrientes que afectan la carretera en el proyecto.

Se realizaron varias visitas de campo al área del proyecto a fin de observar in situ las características topográficas tales como: cauces naturales, cruces de corrientes, cambios de pendientes, límites de cuenca, estructuras de cruce existente, tipo de vegetación, usos del suelo.

Sobre las hojas cartográficas en escala 1:50.000, las cuales contienen las áreas de drenaje de los cauces que afectan el proyecto, se han delimitado en color rojo la parte aguas y en color azul la huella de la corriente, ya que el 100% de ellos son corrientes de invierno. En el programa AUTO CAD se realizaron medición de los siguientes datos: Áreas, perímetro de las cuencas, longitudes de cauces y diferencias de elevación entre el punto más alto del cauce y el más bajo.

Se realizó un estudio topográfico longitudinal del proyecto de carretera, cuyos datos son el soporte para conocer las pendientes, características y el sentido del flujo a evacuar en cada cruce de alcantarilla. En los sitios donde se consideran obras como cajas puentes o puentes, se realizaron levantamientos completos tanto longitudinales como transversales.

Características de las Cuencas

5.1 Trazado del proyecto

El trazo de la carretera se ubica dentro de la hoja cartográfica de escala 1:50,000 N° 2952-Nindirí¹, la longitud del proyecto es de 5.3 kilómetros la cual corresponde a una nueva ruta en la que se trata de salvar los problemas de

¹ Hoja cartográfica N° 2952-Nindirí, INETER

incremento en infraestructura hidráulica, alejamiento de áreas pobladas y tener un trazado vial que se ajuste a normas técnicas nacionales e internacionales en lo que respecta curvas verticales, curvas horizontales y derechos de vía, que permitan que la vía funcione con velocidades que alivien el tráfico vehicular.

5.2 Tipo y uso del Suelo.

De acuerdo al estudio de suelo realizado los suelos de la cuenca son color café-claro, gris-oscuro a negro y bastante compacto, seguido de suelos más gruesos con relleno de carbonato o como horizontes de suelos aluviales limo-arcilloso con gravas y rodados de roca volcánica con espesores variables, la parte Norte con pendientes menores del 3% es una acumulación de materiales volcánicos y aluviales que predominan en el área del proyecto son suelos de color gris de textura areno limosa.

Los suelos que sirven como soporte de rodamiento, son suelos profundos con alto contenido areno limoso, lo que los hace con alta permeabilidad y vulnerables a la erosión por el transporte de flujo superficial.

5.3 Cuenca Hidrológica.

El proyecto de carretera intercepta en dos sitios al cauce El Arroyo, cuya cuenca con un área aproximada de 11,215.38 hectáreas recibe la escorrentía superficial de los territorios de Ticuantepe y El Crucero donde se han formado un sinnúmero de causes debido a su formación geológica. El cauce principal se forma en la comarca La Borgoña, teniendo una longitud de 25 kilómetros hasta la carretera Norte. La cuenca se encuentra altamente deteriorada debido a desarrollos urbanos y principalmente a las altas erosiones del suelo fértil.

Sobre otros tramos de la carretera existen estructuras de alcantarillas de cruces de corrientes de agua pluvial cuyas cuencas son menores de 1,000

hectáreas y los cauces están bien definidos, las características geomorfológicas del suelo son igual al anterior.

5.3.1 Características de la Cuenca Principal

El cauce El Arroyo, nace al pie de las faldas del costado Sur del cerro “El Crucero” y en el trayecto es alimentado por otros cauces corrientes primarios con longitudes menores de 10.0 km, el río Santa Elena es afluente del río El Borbollón, el cual descarga al Lago Xolotlán y la cuenca hidrográfica en su punto de cierre tiene un área de 112.15 Km², corresponde a una cuenca longitudinal con patrón de drenaje dendrítico. Ésta área se encuentra en la cuenca hidrológica N° 69 de Nicaragua que corresponde al río San Juan. La longitud del cierre al punto más alejado sobre la cresta es de 32.81914 Km. La pendiente hidráulica promedio entre 860 msnm y 90msnm es del 2.35 %.

En la cuenca se encuentran desarrollos urbanos conocidos tales como: Veracruz, residencial Palmanova, urbanización La Cascada, Villa Asturias, residencial Casa Blanca, urbanización La Cañada, Planes de Veracruz, Ciudad Real, residencial Vizcaya, Las Lomas, Nuevo Milenium, La Puesta del Sol, Los Almendros, Ticuantepe, Leonel Reynosa, Las Conchitas, La Borgoña y otras urbanizaciones.

La cuenca hidrográfica tiene los siguientes límites:

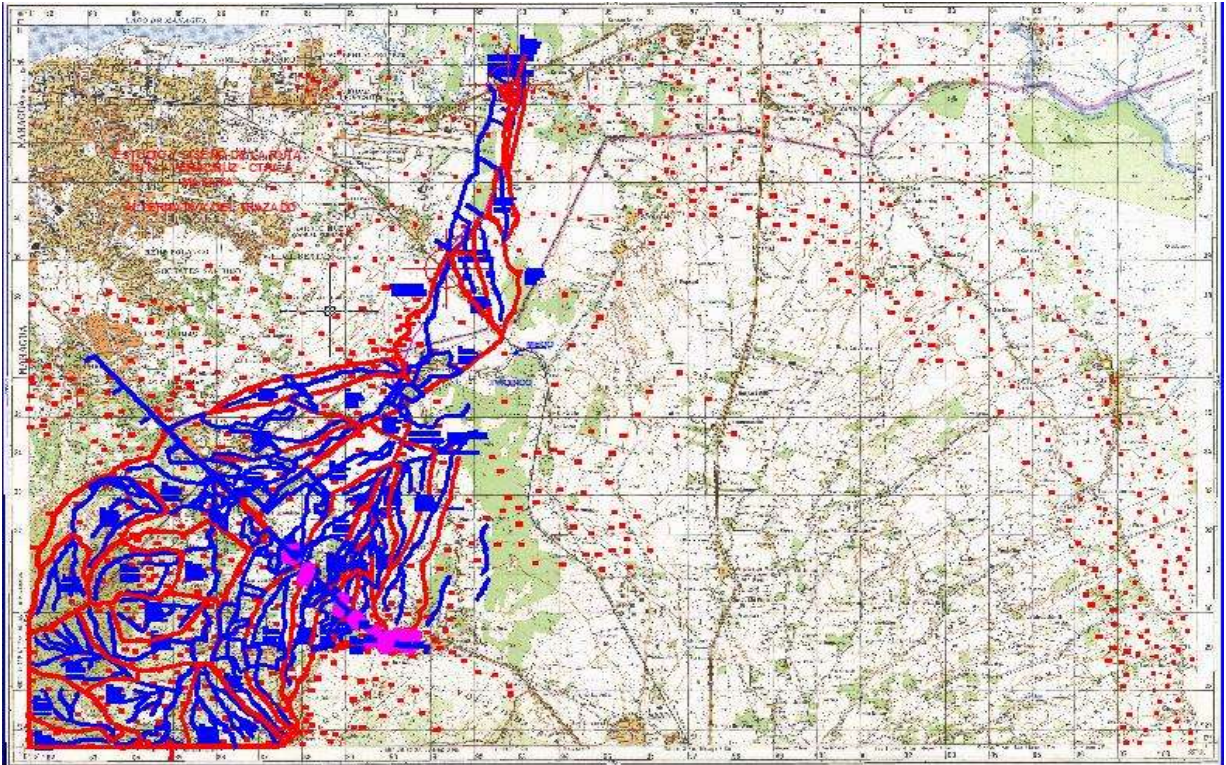
Norte: Barrio Monte Fresco en la costa del Lago de Managua

Este: Volcán Masaya, Comarca Buena Vista y Cofradía

Sur: Comarca Palo Solo y Comarca Los Moncadas.

Oeste: Aeropuerto Internacional, Sabana grande, Las Jagüitas, Las Cuaresmas y las Sierras de Managua. (Ver Mapa No 4)

Mapa No 4



5.4 Parámetros geomorfológicos de la cuenca

5.4.1 Forma de la Cuenca

Determina la distribución de las descargas de agua a lo largo del curso principal y es en gran parte responsable de las características de las crecientes que presentan las mismas.

Datos de la cuenca:

Perímetro = 62,081 kilómetros.

Superficie total = 11.215,38 hectáreas.

Coeficiente de capacidad o Índice de Gravelius: Este parámetro constituye la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de la circunferencia cuya área, igual a la del círculo, es equivalente al área de la cuenca en estudio.

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Siendo K_c = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la cuenca en kilómetros

$$K_c = 0.28 \frac{62.081}{\sqrt{112.15}} = 1.64$$

A = Área de la cuenca en km^2 .

El valor de $K_c < 1$, confirma que es una cuenca alargada, con diferentes tiempos de concentración, por lo tanto la probabilidad de crecientes es menos oportuna.

Factor de forma (F_f)

Es la relación entre el ancho medio de la cuenca (A_m) y la longitud del curso de agua más largo. El ancho medio de la cuenca se obtiene dividiendo el área de la misma entre la longitud del curso de agua más largo.

$$F_f = \frac{A_m}{L} = \frac{A/L}{L} = \frac{A}{L^2} \quad F_f = \frac{3.417}{32.819^2} = 0.00317$$

Esta cuenca por su factor de forma bajo, está sujeta a menos crecientes.

5.4.2 Sistema de Drenaje

Está constituido por un curso principal y sus tributarios. Por lo general, cuanto más largo sea el curso de agua principal, más bifurcaciones tendrá la red de drenaje.

Dentro de esta característica se consideran los siguientes parámetros:

Grado de ramificación: De acuerdo a las bifurcaciones que tienen los tributarios del cauce El Arroyo, este tiene un curso de 5º orden, ya que cuenta con varios ramales.

Densidad de Drenaje (Dd): Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua y el área total de la misma.

$$Dd = \frac{\text{Largo total del curso de agua (km)}}{\text{Superficie de la cuenca (km}^2\text{)}} = \frac{32.819}{112.15} = 0.29$$

La baja densidad de drenaje indica que las precipitaciones no influyen inmediatamente

5.4.3 Morfología del cauce

En el perfil topográfico, se puede apreciar que el cauce ha tenido un fondo estable con una pendiente de 1.358% en el estacionado 21+352.91 aguas abajo, de 1.88 en el tramo aguas arriba del mismo estacionado la pendiente es igual a 4.186%, por lo que se considera probable que la pendiente del lecho del cauce no cambie.

5.4 Cálculo Hidrológico

Criterios de Diseño.

Para este proyecto, la lluvia de diseño se estimó de una probabilidad de ocurrencia de 25 años para alcantarillas menores y de 50 años para cajas puentes o puentes.

La estación base tomada como representativa es la estación Aeropuerto Internacional de Managua, ubicada en el mismo aeropuerto, la cual se presenta en la tabla 5.1

La duración de la intensidad mínima se asumió en (6) seis horas. Valores menores extrapolados dan cifras muy altas e irreales. Considerando el tipo de pavimento, uso del suelo circundante, pendiente del terreno, el coeficiente de escorrentía fue estimado en forma ponderada.

5.5 Metodología.

Considerando las pequeñas dimensiones, el método usado es el Método Racional, el cual es recomendado para pequeñas cuencas. El Método esta dado por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C.I.A}{360}, \text{ donde}$$

Q: Caudal en M³/seg.

I: Intensidad de la lluvia en mm/h.

A: Área de drenaje de la sub cuenca en Ha.

C: Coeficiente de escorrentía, a dimensional.

5.5.1 Coeficiente de Escorrentía.

Se define como la razón entre la cantidad de agua que escurre y la precipitación. La tabla presentada en las hojas de cálculo presentan los coeficientes de escorrentía para diferentes áreas de drenaje

Estos valores se aplican para tormentas con período de retorno de 2 a 500 años. ²De acuerdo a la tabla y propósito de este estudio el área tributaria se dividió en área urbana y área rural; que en es este estudio es de:

Tabla 5.2

Coeficientes de escorrentía		
	25 años	50 años

² Tomados de la tabla 15.1.1 del texto Hidrología aplicada de Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays.

Sub		
Urbano	0.35	0.4
Rural	0.2	0.25

5.5.2 Intensidad de la Lluvia.

Se define como la cantidad de agua que cae por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (o pulgadas por hora).

La frecuencia e intensidad de las lluvias varía bastante de mes a mes, de año en año y de zona a zona geográfica, aún dentro de la misma zona afectada por la tormenta; En la región del pacífico del país se registran precipitaciones promedias que van desde los 10 mm hasta los 600 mm. Las formaciones montañosas del departamento de Managua-Masaya También está en función de la probabilidad o frecuencia de diseño del aguacero y de la duración de la misma y para efecto del uso de la fórmula racional es el tiempo de concentración de la cuenca.

Para el análisis se uso la estación meteorológica de Augusto C. Esta estación es del tipo HMP o hidrometeorológica principal, estaciones muy confiables por la calidad de las personas que las atienden y el equipamiento que usan. Se hace notar que los registros y extrapolaciones incluyeron los datos del Huracán MITCH (1998). La lluvia de diseño fue seleccionada para una probabilidad de ocurrencia de 10 años, periodo de retorno. Ver tabla 5.1.

5.6 Duración de la Lluvia.

La duración de la lluvia corresponde al tiempo de concentración de la cuenca, el que fue determinado usando la fórmula

$$T_c = 0.0041 (K)^{0.77}$$

Donde,

$$K = \underline{3.28L}$$

$$(S)^{1/2}$$

Tc = Tiempo de concentración en minutos.

L = Longitud máxima en metros.

S = Pendiente media del terreno.

Para este proyecto, los datos y resultados se presentan en hojas de cálculo adjuntas. (Ver tabla 5.3)

5.7. Cálculo del Área.

El área de aporte de caudal se calculo para cada cuenca de drenaje diferenciando entre el área urbana y el área rural, por los tipos de usos y coberturas del suelo. (Ver tabla 5.3)

5.8. Caudal de Diseño.

Con todos los parámetros conocidos se estimó el caudal de diseño, para cada tramo de cuneta, haciendo uso de la fórmula del Método Racional. La fórmula es la siguiente:

$$Q = \frac{C.I.A.}{360}, \text{ donde}$$

Q: Caudal en M³/seg.

I : Intensidad de la lluvia en mm/h.

A: Área de drenaje de la subcuenca en Ha.

C: Coeficiente de escorrentía, a dimensional.

Los datos y resultados de este cálculo son los siguientes:

Los coeficientes de escorrentía y la intensidad de la lluvia varían dependiendo del período de retorno utilizado, para este caso se usarán periodos de retorno de 25 años para obras menores y de 50 años para puentes. (Ver tabla 5.3)

5.9 Cálculo Hidráulico.

5.9.1 Criterios de Diseño.

- a) Las alcantarillas de cruce se diseñaran para que funcionen a caudal libre, con una pendiente mínima del 1% y velocidades no erosionables, en todos los casos se utilizarán muros cabeceros.
- b) Los puentes se calcularán con un solo claro, utilizándose el programa automatizado HEC – RAS, en la que se obtienen los perfiles de flujo para los períodos de lluvia considerados y las profundidades de socavación esperadas.
- c) Para el drenaje longitudinal de la carretera se considerarán cunetas triangulares con ancho de caite de 0.30 metros y alto de bordillo de 0.15 metros para áreas urbanas y en áreas abiertas se propondrán canales naturales de poca profundidad, donde se requiera.

5.9.2 Ingeniería de Campo y Recopilación de la Información

Durante esta fase, se realizaron los reconocimientos y levantamientos topográficos, los estudios hidrológicos e hidráulicos, también se recabarán todas las informaciones que generan otras instituciones del Estado y que son necesarias para los distintos estudios (INETER, M.T.I.).

5.10 Estudios Topográficos

- a) Levantamiento de Cauces

Para el levantamiento se usó equipos electrónicos conocidos como Total Station y prismas para obtener una mayor precisión en los datos que se tomaron.

Con el trazado en planta del eje de la carretera en las proximidades de los accesos y fijadas las elevaciones de los BM's, se procedió a levantar el perfil longitudinal sobre el terreno natural actual, en puntos coincidentes con el estacado y se tomaron estaciones cada 10 metros y puntos notables de la línea central, obteniéndose las elevaciones correspondientes, para obtener el alineamiento vertical y poder diseñar en la etapa correspondiente, la plantilla de los cauces.

El perfil se comprueba en cada BM de llegada con una tolerancia de 2 mm. por "turning point".

Las estaciones establecidas como sus respectivas elevaciones serán la base o punto de apoyo para el levantamiento de las secciones transversales del camino.

Las secciones transversales se extenderán 10 metros a cada lado de la línea central o más cuando las condiciones del sitio lo exijan o donde sea necesario hacer cambios menores en el trazado, y serán utilizados para el cálculo del movimiento de tierra y sus alternativas.

b. Estructuras de diseño

Una vez obtenidos los caudales de diseño definitivos en cada corriente de cruce se realizaron cálculos de los diámetros de las alcantarillas correspondientes tomando en consideración como puntos de referencia obligados, la alcantarillas ya existentes en la carretera Managua-Masaya, Carretera Interamericana Norte y vías de acceso intermedias dentro de la cuenca, que comunican las

urbanizaciones existentes o en etapa de construcción. Para las alcantarillas de

Tabla 5.4 Estructuras Existentes

pequeño diámetro se usó el software H-Canales y para caja puente en el cauce principal el HEC-RAS.

5.11 Memoria de cálculo

En vista que ya se tienen los caudales debidos al estudio hidrológico se procede a seleccionar las corrientes que afecten directamente al proyecto.

En vista que existen estructuras existentes solo se procederá a ver si se encuentran en buenas condiciones y mejorarlas. Las estructuras existentes se presentan en la tabla 5.4

Kilómetro 13+000 Ctra. Masaya	1Ø48" Concreto
Kilómetro 15+800 Ctra. Masaya	3Ø46" Concreto
Kilómetro 16+000 Ctra. Masaya	1Ø45" Concreto
Kilómetro 16+375 Ctra. Masaya	3Ø58" Concreto
Kilómetro 17+540 Ctra. Masaya	2Ø54" Concreto
Kilómetro 17+800 Ctra. Masaya	2Ø45" Concreto
Kilómetro 18+080 Ctra. Masaya	1Ø48" Concreto
Kilómetro 18+670 Ctra. Masaya	1Ø48" Concreto
Kilómetro 19+000 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Kilómetro 19+220 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Kilómetro 19+400 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Kilómetro 19+625 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Terminal buses de Veracruz	1Ø50" Acero- Corrugado
Puente Ferrocarril, camino a Sabana Grande	
Kilómetro 14+150	3Ø42" + 2Ø36" Concreto
Kilómetro 13+800	2Ø36" Concreto
Kilómetro 13+750	5Ø58" Concreto
Kilómetro 13+500	Caja puente Concreto

Por tanto solo se dimensionará en las siguientes sub cuenca que afectara la carretera y en cual se utilizará el programa H-CANAL, esto permitirá que propongamos estructuras que cumplan con las especificaciones y seguridad. (Ver tabla 5.5)

Este programa funciona también por iteración por lo tanto uno va rediseñando hasta encontrar la dimensiones que cumpla.

Tabla 5.5 Estructuras propuestas sobre carretera en proyecto

Estación	Cuenca	Caudal, m ³ /s	Esviaje	Longitud, m	Nivel de Entrada	Nivel de Salida
9+685.855	C7-1	46.00	50° NE	15.00	131.40	
9+822.18	CA	0.82	81° NE	18.00	134.57	
10+765.312	CB	7.77	27° NW	10.00		
11+732.512	CC, D4	9.67	53° NE	30.00		
12+342.52	D3	4.45	66° NW	18.00		
12+544.81	D2	3.97	65° NW	18.00		
Los enviajes tienen como referencia el Norte magnético						

Se ha presentado que el proyecto inicia en la estación 9+701, el mejoramiento hidráulico inicia en la estación 9+620.

Datos:

Para la 9+685.855

Su caudal es de 46 m³/s

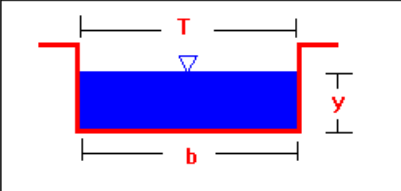
Por tener un caudal considerable de agua pluvial se proponer Caja Puente doble con módulos de 3 m x 3 m de concreto.

El caudal lo dividimos en dos para tomar como una caja sencilla por tanto el caudal es de 23 m³/s.

Con una pendiente promedio de 1%

Su rugosidad para un terreno plano, con arbustos y de tierra es de 0.015

Con estos datos se obtiene el siguiente resultado

Lugar:	Managua	Proyecto:	INTA-Veracruz-Masaya		
Tramo:	9+685.855	Revestimiento:	Concreto		
Datos :					
Caudal (Q)	23	m ³ /s			
Ancho de solera (b)	3	m			
Talud (Z)	0				
Rugosidad (n)	0.015				
Pendiente (S)	0.01	m/m			
					
Resultados :					
Tirante normal (y)	1.4194	m	Perímetro (p)	5.8388	m
Area hidráulica (A)	4.2581	m ²	Radio hidráulico (R)	0.7293	m
Espejo de agua (T)	3.0000	m	Velocidad (v)	5.4014	m/s
Número de Froude (F)	1.4475		Energía específica (E)	2.9064	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	Supercrítico				

Datos:

Estación 9+822.18

Caudal es de 0.82 m³/s

Para este caudal que es pequeño tomaremos todo el caudal y proponemos una alcantarilla con un diámetro de 30 pulgada , de concreto.

Con una pendiente promedio de 1%

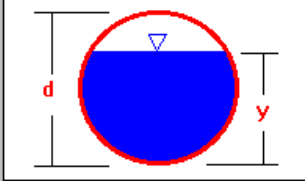
Su rugosidad para un terreno plano, con arbustos y de tierra es de 0.015

Con estos datos se obtiene el siguiente resultado

Lugar:	<input type="text" value="Managua"/>	Proyecto:	<input type="text" value="INTA-Veracruz-Masaya"/>
Tramo:	<input type="text" value="9+822.18"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos :

Caudal (Q)	<input type="text" value=".82"/>	m ³ /s
Diámetro (d)	<input type="text" value=".762"/>	m
Rugosidad (n)	<input type="text" value="0.015"/>	
Pendiente (S)	<input type="text" value="0.01"/>	m/m



Resultados :

Tirante normal (y)	<input type="text" value="0.5225"/>	m	Perímetro mojado (p)	<input type="text" value="1.4869"/>	m
Área hidráulica (A)	<input type="text" value="0.3333"/>	m ²	Radio hidráulico (R)	<input type="text" value="0.2242"/>	m
Espejo de agua (T)	<input type="text" value="0.7075"/>	m	Velocidad (v)	<input type="text" value="2.4601"/>	m/s
Número de Froude (F)	<input type="text" value="1.1443"/>		Energía específica (E)	<input type="text" value="0.8310"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Datos

Estación 10+ 765.312

Caudal = 7.7 m³/s

Se proponer una Caja Punte con base 2 m y alto 3 m de concreto.

Con una pendiente promedio de 1%

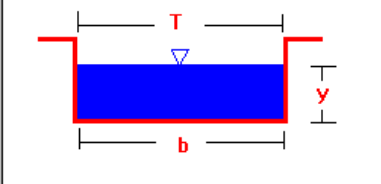
Su rugosidad para un terreno plano, con arbustos y de tierra es de 0.015

Con estos datos se obtiene el siguiente resultado

Lugar:	<input type="text" value="Managua"/>	Proyecto:	<input type="text" value="INTA-Veracruz-Masaya"/>
Tramo:	<input type="text" value="10+765.312"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>

Datos :

Caudal (Q)	<input type="text" value="7.99"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b)	<input type="text" value="2"/>	m
Talud (Z)	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n)	<input type="text" value="0.015"/>	
Pendiente (S)	<input type="text" value="0.01"/>	m/m



Resultados :

Tirante normal (y)	<input type="text" value="0.9633"/>	m	Perímetro (p)	<input type="text" value="3.9266"/>	m
Área hidráulica (A)	<input type="text" value="1.9266"/>	m ²	Radio hidráulico (R)	<input type="text" value="0.4907"/>	m
Espejo de agua (T)	<input type="text" value="2.0000"/>	m	Velocidad (v)	<input type="text" value="4.1472"/>	m/s
Número de Froude (F)	<input type="text" value="1.3491"/>		Energía específica (E)	<input type="text" value="1.8399"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Datos

Estación 11+732.512

Caudal = 9.67 m³/s

Por tener un caudal considerable de agua pluvial se proponer alcantarilla de 54 pulgadas de diámetro, de concreto.

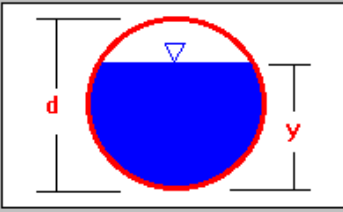
Se calcula con 1/3 del caudal total

El caudal se dividida en tres para tomar como una alcantarilla sencilla por tanto el caudal es de 3.22 m³/s.

Con una pendiente promedio de 1%

Su rugosidad para un terreno plano, con arbustos y de tierra es de 0.015

Con estos datos se obtiene el siguiente resultado

Lugar:	<input type="text" value="Managua"/>	Proyecto:	<input type="text" value="INTA-Veracruz-Masaya"/>		
Tramo:	<input type="text" value="11+732.512"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>		
Datos :					
Caudal (Q)	<input type="text" value="3.22"/>	m ³ /s			
Diámetro (d)	<input type="text" value="1.37"/>	m			
Rugosidad (n)	<input type="text" value="0.015"/>				
Pendiente (S)	<input type="text" value="0.01"/>	m/m			
					
Resultados :					
Tirante normal (y)	<input type="text" value="0.8200"/>	m	Perímetro mojado (p)	<input type="text" value="2.4238"/>	m
Area hidráulica (A)	<input type="text" value="0.9208"/>	m ²	Radio hidráulico (R)	<input type="text" value="0.3799"/>	m
Espejo de agua (T)	<input type="text" value="1.3431"/>	m	Velocidad (v)	<input type="text" value="3.4970"/>	m/s
Número de Froude (F)	<input type="text" value="1.3484"/>		Energía específica (E)	<input type="text" value="1.4433"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Datos:

Estación 12+342.52

Caudal = 4.45 m³/s

Por tener un caudal considerable de agua pluvial se proponer alcantarilla de 42 pulgadas de diámetro, de concreto.

Se calcula con 1/2 del caudal total

El caudal se dividida en dos para tomar como una alcantarilla sencilla por tanto el caudal es de 2.22 m³/s.

Con una pendiente promedio de 1%

Su rugosidad para un terreno plano, con arbustos y de tierra es de 0.015

Con estos datos se obtiene el siguiente resultado.

Lugar:	<input type="text" value="Managua"/>	Proyecto:	<input type="text" value="INTA-Veracruz-Masaya"/>		
Tramo:	<input type="text" value="12+342.52"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>		
Datos :					
Caudal (Q)	<input type="text" value="2.22"/>	m ³ /s			
Diámetro (d)	<input type="text" value="1.07"/>	m			
Rugosidad (n)	<input type="text" value="0.015"/>				
Pendiente (S)	<input type="text" value="0.01"/>	m/m			
Resultados :					
Tirante normal (y)	<input type="text" value="0.7877"/>	m	Perímetro mojado (p)	<input type="text" value="2.2071"/>	m
Area hidráulica (A)	<input type="text" value="0.7096"/>	m ²	Radio hidráulico (R)	<input type="text" value="0.3215"/>	m
Espejo de agua (T)	<input type="text" value="0.9431"/>	m	Velocidad (v)	<input type="text" value="3.1286"/>	m/s
Número de Froude (F)	<input type="text" value="1.1516"/>		Energía específica (E)	<input type="text" value="1.2866"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Datos:

Estación 12+544.81

Caudal = 3.97 m³/s

Por tener un caudal considerable de agua pluvial se proponer alcantarilla de 42 pulgadas de diámetro, de concreto.

Se calcula con 1/2 del caudal total

El caudal se divide en dos para tomar como una alcantarilla sencilla por tanto el caudal es de 1.99 m³/s.

Con una pendiente promedio de 1%

Su rugosidad para un terreno plano, con arbustos y de tierra es de 0.015

Con estos datos se obtiene el siguiente resultado.

Lugar:	<input type="text" value="Managua"/>	Proyecto:	<input type="text" value="INTA-Veracruz-Masaya"/>		
Tramo:	<input type="text" value="12+544.81"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto"/>		
Datos :					
Caudal (Q)	<input type="text" value="1.99"/>	m ³ /s			
Diámetro (d)	<input type="text" value="1.07"/>	m			
Rugosidad (n)	<input type="text" value="0.015"/>				
Pendiente (S)	<input type="text" value="0.01"/>	m/m			
Resultados :					
Tirante normal (y)	<input type="text" value="0.7237"/>	m	Perímetro mojado (p)	<input type="text" value="2.0664"/>	m
Area hidráulica (A)	<input type="text" value="0.6472"/>	m ²	Radio hidráulico (R)	<input type="text" value="0.3132"/>	m
Espejo de agua (T)	<input type="text" value="1.0012"/>	m	Velocidad (v)	<input type="text" value="3.0747"/>	m/s
Número de Froude (F)	<input type="text" value="1.2210"/>		Energía específica (E)	<input type="text" value="1.2055"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Tabla 5.6 Resumen de los cálculos realizados

Descripciones		Dimensiones			Longitudes (m)									
									Entrada		Salida			
Estación	Est. Propuesta	#tubería	Altura de cabezales (m)	Tubería	Aletón de entrada	Aletón de salida	Muro de cabezal de entrada	Muro de cabezal de salida	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Entradas	Salidas
9+685.86	CAJA PUENTE 3.0 X 3.0 M	0.00	0.00	0.00	1.49	1.07	0.00	0.00	3.30	2.20	3.30	2.20	3.30	2.20
9+847.64	1-TCR-30"	1.00	1.91	15.00	1.49	1.07	2.00	1.86	1.42	0.83	0.94	0.61	1.55	0.94
10+765.31	CAJA PUENTE de 2.0 x	0.00	0.00	0.00	1.49	1.07	0.00	0.00	2.80	2.20	2.80	2.20	2.80	1.35

	3.0 m													
11+732. 51	3- TCR- 54"	1.00	2.57	15.00	2.73	2.14	2.71	2.57	2.75	1.90	1.65	1.68	2.88	1.65
12+342. 52	2- TCR- 42"	2.00	2.24	18.00	2.11	1.61	4.29	4.15	4.02	1.37	1.29	1.15	4.15	3.23
12+544. 81	3- TCR- 54"	3.00	2.57	18.00	2.73	2.14	7.66	7.52	7.70	1.90	1.65	1.68	7.83	6.60

TABLA 5.1
INTENCIDADES MAXIMAS ANUALES
DURACION EN MINUTOS
EST. AEOPUERTO INTERNACIONAL

AÑOS	5	10	15	30	60	120	360
1974	198.0	115.2	84.0	59.0	44.4	30.9	6.3
1975	126.0	125.4	118.4	100.0	90.0	65.6	8.6
1976	123.6	118.2	113.6	72.4	41.6	22.8	7.0
1977	187.2	142.2	118.4	79.2	52.1	29.2	2.1
1978	126.0	125.6	90.8	77.0	49.0	30.2	6.3
1979	121.2	111.6	92.8	57.8	42.4	26.8	10.2
1980	180.0	178.2	158.4	99.0	63.8	37.3	13.5
1981	153.6	109.2	104.8	59.6	36.7	23.0	5.8
1982	155.6	122.4	95.6	68.0	57.7	33.6	23.7
1983	133.2	102.0	80.8	55.8	35.4	18.1	8.8
1984	151.2	150.0	123.2	112.8	63.2	32.7	10.1
1985	150.0	134.4	109.6	106.4	77.3	67.9	52.8
1986	158.4	103.8	88.0	54.4	28.5	8.9	7.0
1987	200.4	151.8	119.2	84.4	47.1	17.4	7.1
1988	212.4	168.8	134.4	93.2	64.2	21.2	7.2
1989	150.1	120.7	98.0	36.4	25.2	14.8	6.1
1990	106.2	86.4	72.4	62.5	36.9	14.8	6.0
1991	238.8	204.0	159.6	82.2	33.8	23.0	9.1
1992	123.6	111.0	98.0	69.0	39.3	21.5	6.1
1993	150.0	111.0	87.2	66.0	49.3	29.1	11.1
1994	122.4	108.6	90.0	60.6	54.3	32.8	18.7
1995	115.2	114.0	113.0	76.0	76.0	45.8	6.0
1996	124.8	121.8	120.0	69.6	43.5	23.3	11.6

1997	120.0	120.0	80.0	64.0	33.4	14.9	10.7
1998	230.4	141.6	110.4	76.6	43.1	24.5	7.2
1999	126.0	109.8	84.0	62.4	32.6	22.7	5.8
2000	124.8	116.4	125.2	89.2	51.2	19.8	7.8
2001	230.4	164.0	119.2	76.8	46.0	30.6	9.9
2002	126.0	120.0	114.0	90.0	66.5	62.7	27.0

Fuente: Estación meteorológica de Aeropuerto Internacional de Nicaragua, INETER.

Tabla 4.3 Cuencas del Cauce Principal "El Arroyo" - Areas para Caja-Puente

Coeficientes de escorrentía															
	25 años	50 años													
Sub Urbano	0.35	0.4													
Rural	0.2	0.25	Método Racional												
Nº Cuenca	Area (ha)	Area Urbana (ha)	Area Rural (ha)	Perímetro (m)	Lcauce (m)	Hmáx	Hmín	S m/m	C Ponderado, 25 años	C Ponderado, 50 años	Tc, min	I (mm/h) 25 años	I (mm/h) 50 años	Q (m³/s)25 años	Q (m³/s)50 años
Cuenca 1	11.97		11.97	1,585.41	760	55	50	0.006578947	0.20	0.25	11.70	31.3	37.3	0.21	0.31
Cuenca 2	70.7		70.7	4,369.57	1,936.68	70	65	0.002581738	0.20	0.25	34.47	31.3	37.3	1.23	1.83
Cuenca 3	188.71		188.71	6,780.88	2,357.64	100	80	0.008483059	0.20	0.25	25.37	31.3	37.3	3.28	4.89
Cuenca 4	70.98		70.98	4,230.68	1,664.45	110	80	0.018023972	0.20	0.25	14.52	31.3	37.3	1.23	1.84
Cuenca 5	431.79	49.28	382.51	9,481.88	3,708.69	130	90	0.0108	0.22	0.27	32.78	31.3	37.3	8.15	11.95
Cuenca 6	197.91	5.43	192.48	9,872.58	4,782.54	240	130	0.0230	0.20	0.25	29.79	31.3	37.3	3.51	5.21
Cuenca E	381.94	109.9	272.04	13279	6,037.94	380.00	216.80	0.027029086	0.24	0.29	33.50	31.3	37.3	8.07	11.60
Cuenca 7-1	220.32	33.65	186.67	7,083.21	1,805	160	130	0.0166	0.22	0.27	15.94	31.3	37.3	4.27	6.23
Cuenca 7-2	414.23	181.17	233.06	9,961.13	3,213	220	160	0.0187	0.27	0.32	23.76	31.3	37.3	9.57	13.55
Cuenca 7-3	268.56	62.57	205.99	9,770.31	3,695	240.72	160	0.0218	0.23	0.28	24.91	31.3	37.3	5.49	7.93
Cuenca	455.3	60.54	394.76	13,209.84	2,249.03	245	210.72	0.0152	0.22	0.27	19.52	31.3	37.3	8.71	12.73

8-1															
Cuenca 8-2	359.42	20.51	338.91	10,491.36	3,385.64	380	245	0.0399	0.21	0.26	18.47	31.3	37.3	6.52	9.63
Cuenca 9	219.73		219.73	6,640.39	2,232.29	600	380	0.0986	0.20	0.25	9.46	31.3	37.3	3.82	5.69
Cuenca 10-1	296.68	61.1	235.58	9,777.31	2,194.45	252.89	218	0.0159	0.23	0.28	18.85	31.3	37.3	5.96	8.63
Cuenca 10-2	247.83		247.83	6,532.14	2,744.02	580	245	0.1221	0.20	0.25	10.21	31.3	37.3	4.31	6.42
Cuenca 11-1	200.32	8.98	191.34	6,018.35	2,657.25	500	252.89	0.0930	0.21	0.26	11.07	31.3	37.3	3.60	5.33
Cuenca 11-2	311.66	37.71	273.95	10,576.17	5,147.82	600	252.89	0.0674	0.22	0.27	20.84	31.3	37.3	5.91	8.66
Cuenca 12-1	270.61		270.61	7,574.63	2,637.79	600	330	0.1024	0.20	0.25	10.60	31.3	37.3	4.71	7.01
Cuenca 12-2	347.6	35.67	311.93	8,586.00	3,273.50	320	280	0.0122	0.22	0.27	28.38	31.3	37.3	6.51	9.56
Cuenca 13-1	317.52		317.52	8,754.00	3,733.34	700	340	0.0964	0.20	0.25	14.18	31.3	37.3	5.52	8.22
Cuenca 13-2	336.16		336.16	10,003.87	5,182.58	800	320	0.0926	0.20	0.25	18.54	31.3	37.3	5.85	8.71
Cuenca 14	449.4	32.32	417.08	10,304.47	4,555.37	460	280	0.0395	0.21	0.26	23.30	31.3	37.3	8.24	12.14
Cuenca 15.1	316.25		316.25	9,311.77	1,368.14	350	315	0.0256	0.20	0.25	10.91	31.3	37.3	5.50	8.19
Cuenca 15-2	390.16		390.16	11,412.70	4,257.58	500	340	0.0376	0.20	0.25	22.55	31.3	37.3	6.78	10.11
Cuenca 15-3	219.38		219.38	8,801.75	3,787.54	540	375	0.0436	0.20	0.25	19.47	31.3	37.3	3.81	5.68
Cuenca 16	237.49		237.49	9,190.80	3,775.11	480	340	0.0371	0.20	0.25	20.66	31.3	37.3	4.13	6.15
Cuenca	428.24	36.54	391.7	14,515.32	7,032.30	680	340	0.0483	0.21	0.26	30.12	31.3	37.3	7.92	11.66

33															
Cuenca 34															
TOTALES	11171													204.43	301.49

Tabla 5.3b Cuencas de Cruces de Corriente menores

Nº Cuenca	Area (ha)	Area Urbana (ha)	Area Rural (ha)	Perímetro (m)	Lcauce (m)	Hmáx	Hmín	S m/m	C Ponderado, 25 años	C Ponderado, 50 años	Tc, min	I (mm/h) 25 años	I (mm/h) 50 años	Q (m³/s)25 años	Q (m³/s)50 años
Cuenca A	44.44	3.45	40.99	2776.69	836.00	158.00	138.00	0.023923445	0.21	0.26	7.66	31.3	37.3	0.82	1.20
Cuenca B	422.19	49.74	372.45	10311.65	4,013.00	216.80	140.00	0.019137802	0.22	0.27	27.94	31.3	37.3	7.99	11.71
Cuenca C	214.09	73.67	140.42	8360.1	3,522.05	231.27	147.00	0.023926406	0.25	0.30	23.18	31.3	37.3	4.68	6.69
Cuenca D1	74.1	21.14	52.96	5142.69	2,091.38	240.00	170.00	0.033470723	0.24	0.29	13.64	31.3	37.3	1.56	2.25
Cuenca D2	44.67	20.07	24.6	4224.66	980.16	220.00	199.00	0.021425073	0.27	0.32	9.03	31.3	37.3	1.04	1.47
Cuenca D3	90.32		90.32	5752.55	2,090.54	240.00	170.00	0.033484172	0.20	0.25	13.63	31.3	37.3	1.57	2.34
Cuenca	43.08		43.08	3538.25	1,250.0	170.00	140.00	0.024	0.20	0.25	10.43	31.3	37.3	0.75	1.12

D4					0										
Cuenca-FA	309.95	45	264.95	10041.32	5,009.76	440.00	231.27	0.041664671	0.22	0.27	24.56	31.3	37.3	5.98	8.73
CuencaFB	165.72	12.66	153.06	7975.94	3,313.21	360.00	229.00	0.039538695	0.21	0.26	18.23	31.3	37.3	3.05	4.49
CuencaFC	104.42	19.26	85.16	5257.38	1,854.98	300.00	220.00	0.04312715	0.23	0.28	11.28	31.3	37.3	2.07	3.00
CuencaFD	125.26	7	118.26	5492.31	1,905.00	300.00	220.00	0.041994751	0.21	0.26	11.63	31.3	37.3	2.27	3.35
Cuenca G	196.69		196.69	7719.25	3,667.91	220.00	133.00	0.02371923	0.20	0.25	24.00	31.3	37.3	3.42	5.09

Tabla 4.4 Estructuras Existentes	
Kilómetro 13+000 Ctra. Masaya	1Ø48" Concreto
Kilómetro 15+800 Ctra. Masaya	3Ø46" Concreto
Kilómetro 16+000 Ctra. Masaya	1Ø45" Concreto
Kilómetro 16+375 Ctra. Masaya	3Ø58" Concreto
Kilómetro 17+540 Ctra. Masaya	2Ø54" Concreto
Kilómetro 17+800 Ctra. Masaya	2Ø45" Concreto
Kilómetro 18+080 Ctra. Masaya	1Ø48" Concreto
Kilómetro 18+670 Ctra. Masaya	1Ø48" Concreto
Kilómetro 19+000 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Kilómetro 19+220 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Kilómetro 19+400 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Kilómetro 19+625 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Terminal buses de Veracruz	1Ø50" Acero- Corrugado
Puente Ferrocarril, camino a Sabana Grande	
Kilómetro 14+150	3Ø42" + 2Ø36" Con- creto
Kilómetro 13+800	2Ø36" Concreto
Kilómetro 13+750	5Ø58" Concreto
Kilómetro 13+500	Caja puente Concreto

Tabla 4.5 Estructuras propuestas sobre carretera en proyecto

Estación	Cuenca	Caudal, m ³ /s	Esviaje	Longitud, m	Nivel de En- trada	Nivel de Salida
9+685.855	C7-1	46.00	50° NE	15.00	131.40	
9+822.18	CA	0.82	81° NE	18.00	134.57	
10+765.312	CB	7.77	27° NW	10.00		
11+732.512	CC, D4	9.67	53° NE	30.00		
12+342.52	D3	4.45	66° NW	18.00		
12+544.81	D2	3.97	65° NW	18.00		

Los enviajes tienen como referencia el Norte magnético

Tabla 4.6 Resumen de los cálculos realizados

Descripciones		Dimensiones			Longitudes (m)									
									Entrada		Salida			
Esta- ta- ción	Est. Propuesta	#tu- ber- ía	Altura de cabezales (m)	Tu- berí- a	Aletón de en- trada	Aletón de sali- da	Muro de ca- bezal de en- trada	Muro de cabezal de salida	An ch o	La rg o	An ch o	La rg o	En- tra- da	Sa- li- das
9+68 5.86	CAJA PUEN- TE 3.0 X 3.0 M	0.0 0	0.00	0.0 0	1.49	1.07	0.00	0.00	3.3 0	2. 20	3.3 0	2. 20	3.3 0	2.2 0
9+84 7.64	1–TCR–30"	1.0 0	1.91	15. 00	1.49	1.07	2.00	1.86	1.4 2	0. 83	0.9 4	0. 61	1.5 5	0.9 4
10+7 65.3 1	CAJA PUEN- TE de 2.0 x 3.0 m	0.0 0	0.00	0.0 0	1.49	1.07	0.00	0.00	2.8 0	2. 20	2.8 0	2. 20	2.8 0	1.3 5
11+7 32.5 1	3–TCR–54"	1.0 0	2.57	15. 00	2.73	2.14	2.71	2.57	2.7 5	1. 90	1.6 5	1. 68	2.8 8	1.6 5
12+3 42.5 2	2–TCR–42"	2.0 0	2.24	18. 00	2.11	1.61	4.29	4.15	4.0 2	1. 37	1.2 9	1. 15	4.1 5	3.2 3
12+5 44.8 1	3–TCR–54"	3.0 0	2.57	18. 00	2.73	2.14	7.66	7.52	7.7 0	1. 90	1.6 5	1. 68	7.8 3	6.6 0

TABLA 4.1

INTENCIDADES MAXIMAS ANUALES, DURACION EN MINUTOS, EST. AEOPUERTO INTERNACIONAL

AÑOS	5	10	15	30	60	120	360
1974	198.0	115.2	84.0	59.0	44.4	30.9	6.3
1975	126.0	125.4	118.4	100.0	90.0	65.6	8.6
1976	123.6	118.2	113.6	72.4	41.6	22.8	7.0
1977	187.2	142.2	118.4	79.2	52.1	29.2	2.1
1978	126.0	125.6	90.8	77.0	49.0	30.2	6.3
1979	121.2	111.6	92.8	57.8	42.4	26.8	10.2
1980	180.0	178.2	158.4	99.0	63.8	37.3	13.5
1981	153.6	109.2	104.8	59.6	36.7	23.0	5.8
1982	155.6	122.4	95.6	68.0	57.7	33.6	23.7
1983	133.2	102.0	80.8	55.8	35.4	18.1	8.8
1984	151.2	150.0	123.2	112.8	63.2	32.7	10.1
1985	150.0	134.4	109.6	106.4	77.3	67.9	52.8
1986	158.4	103.8	88.0	54.4	28.5	8.9	7.0
1987	200.4	151.8	119.2	84.4	47.1	17.4	7.1
1988	212.4	168.8	134.4	93.2	64.2	21.2	7.2
1989	150.1	120.7	98.0	36.4	25.2	14.8	6.1
1990	106.2	86.4	72.4	62.5	36.9	14.8	6.0
1991	238.8	204.0	159.6	82.2	33.8	23.0	9.1
1992	123.6	111.0	98.0	69.0	39.3	21.5	6.1
1993	150.0	111.0	87.2	66.0	49.3	29.1	11.1
1994	122.4	108.6	90.0	60.6	54.3	32.8	18.7
1995	115.2	114.0	113.0	76.0	76.0	45.8	6.0
1996	124.8	121.8	120.0	69.6	43.5	23.3	11.6
1997	120.0	120.0	80.0	64.0	33.4	14.9	10.7

1998	230.4	141.6	110.4	76.6	43.1	24.5	7.2
1999	126.0	109.8	84.0	62.4	32.6	22.7	5.8
2000	124.8	116.4	125.2	89.2	51.2	19.8	7.8
2001	230.4	164.0	119.2	76.8	46.0	30.6	9.9
2002	126.0	120.0	114.0	90.0	66.5	62.7	27.0

Fuente: Estación meteorológica de Aeropuerto Internacional de Nicaragua, INETER.



CAPITULO VI

COSTO Y PRESUPUESTO DEL TRAMO DE CARRETERA VERACRUZ- INTERSECCIÓN CTRA. MASAYA.

Para el estudio financiero, se realizaron investigaciones directas en el área de influencia del proyecto, con el objetivo de conocer todo lo concerniente a los aspectos generales, cuantificar los beneficios y costos que se generan dentro de las actividades económicas, así como para cuantificar los costos de construcción de esta vía de gran importancia.

Inversión del Proyecto

Se contemplan dos tipos de costos de inversión:

- a. Inversión en construcción de la vía.
- b. Inversión en medidas de mitigación de impacto ambiental.

Los cambios tecnológicos considerados para la situación CON PROYECTO están sustentados por la existencia de planes y programas que tanto por el lado gubernamental y del sector privado se han estado desarrollando en la zona de influencia del proyecto.

Costos de Mantenimiento

En los costos de mantenimiento para carreteras pavimentadas básicamente son considerados dos componentes:

- a) Mantenimiento Rutinario, está dirigido fundamentalmente a la limpieza de derecho de vía, limpieza de alcantarilla, limpieza de cunetas, bacheo superficial, mantenimiento de defensas y señalización Horizontal y Vertical, siendo su ejecución anual, en el caso de vías asfaltadas. .
- b) El Mantenimiento Periódico, se realiza cada tres o cinco años, correspondiendo en general a los conceptos de sello asfáltico, bacheo profundo y micro carpeta, en el caso de vías asfaltadas; alguno de estos elementos cambia en el caso de las vías cuya superficie de rodamiento es a base de losas de concreto hidráulico.



Costos totales del pavimento hidráulico.

Concepto	cantidad(km)	Costo unitario	Total córdobas	Total dólares
Costo directos	5.4	5,586,292.66	30,165,980.38	1,657,471.45
Costo indirecto	5.4	1,468,878.60	7,931,944.46	435,821.12
Gasto Administrativo (5%)	5.4	518,555.10	2,800,197.48	153,857.00
Utilidades (13%)	5.4	754,903.33	4,076,477.96	87,089.97
Impuesto municipal (1%)	5.4	83,039.37	448,412.58	16,574.71
Impuesto valor agregado	5.4	1,258,046.39	6,793,450.52	87,089.97
Total	5.4	9,645,022.34	52,083,120.63	1,925,157.07

Debemos de recordar que ya existía un diseño de pavimento flexible el cual el MTI tiene estos estudios y su debido diseño.

El costo por kilometro en la obra es de 9,645,022.34 córdobas ya incluido los impuestos. Por tanto el costo total de la obra será de 52083120.63 (cincuenta y dos millones ochenta y tres mil ciento veinte con sesenta y tres centavos de córdobas).



LISTADO DE PRECIOS DE MATERIALES					
			Factor del Dólar	19.20 €	
DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO (US\$)	PRECIO (C\$)	COSTO TRANSPORTE (C\$)	COSTO MATERIAL (C\$)
Material Selecto	m ³		20.00		20.00
Cemento	saco		88.75	18.27	107.02
Concreto 3000 psi	m ³	81.70	1,568.64		1,568.64
Concreto 3500 psi	m ³	87.30	1,676.16		1,676.16
Concreto 4000 psi	m ³	93.00	1,785.60		1,785.60
Concreto 4500 psi	m ³	96.50	1,852.80	185.28	2,038.08
Concreto 5000 psi	m ³	102.00	1,958.40		1,958.40
Concreto 6000 psi	m ³	109.75	2,107.20		2,107.20
Adoquín Tipo Tráfico	C/U	0.30	5.76	4.32	10.08
Asfalto RC-250	Lts	0.518	9.94		9.94
Asfalto MC-70	Lts	2.85	54.76		54.76
Piedra Triturada de ½"	m ³	15.00	288.00	307.01	595.01
Arena	M ³	3.98	76.42	242.98	319.40
Piedra Triturada de ¾"	m ³	15.00	288.00	307.01	595.01
Piedra Bolón	m ³		30.00		30.00
Tubo de Concreto Reforzado de 30" Clase II	C/U	61.00	1,171.20	263.89	1,435.09
Tubo de Concreto Reforzado de 36" Clase II	C/U	73.00	1,401.60	351.85	1,753.45
Tubo de Concreto Reforzado de 42" Clase II	C/U	108.00	2,073.60	452.38	2,525.98
Tubo de Concreto Reforzado de 48" Clase II	C/U	122.00	2,342.40	633.33	2,975.73
Tubo de Concreto Reforzado de 54" Clase II	C/U	169.00	3,244.80	791.67	4,036.47
Tubo de Concreto Reforzado de 60" Clase II	C/U	187.00	3,590.40	863.64	4,454.04
Tubo de Concreto Reforzado de 72" Clase II	C/U	321.32	6,169.34	1,357.14	7,526.48
Caja CR de 4m x 4m	C/U	4,098.60	78,693.12	2,714.28	81,407.40
Caja CR de 3m x 3m	C/U	1,983.75	38,088.00	2,714.28	40,802.28
Caja CR de 2 x 3 m	C/U	1,901.09	36,501.00	2,714.28	39,215.28
Tubo Abovedado de Acero Galvanizado, 612 cms de luz, 277 cms de flecha, calibre 4.7 mm	C/U	1,369.00	26,284.80	351.86	26,636.66
Tubo Abovedado de Acero Galvanizado, 655 cms de luz, 3567 cms de flecha, calibre 4.7 mm	C/U	1,636.00	31,411.20	351.86	31,763.06
Postes Delineadores	C/U	78.00	1,497.60	149.76	1,647.36
Postes de Kilometraje	C/U	48.00	921.60	92.16	1,013.76
Señales de Reglamentación de 137.2 cm x 91.4 cm	C/U	156.00	2,995.20	299.52	3,294.72
Señales de Reglamentación de 91.4 cm x 91.4 cm	C/U	132.00	2,534.40	253.44	2,787.84
Señales de Reglamentación de 91 cm x 76	C/U	136.00	2,611.20	261.12	2,872.32

“Diseño Vial con Pavimento Rígido para el Corredor Alterno Veracruz – Km 17.3 Intersección Carretera A Masaya Con Una Longitud De 5.4 Km en el Municipio de Nindirí (Segunda Etapa)”



cm					
LISTADO DE PRECIOS DE MATERIALES					
			Factor del Dólar	19.20 €	
DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO (US\$)	PRECIO (C\$)	COSTO TRANSPORTE (C\$)	COSTO MATERIAL (C\$)
Señales de Reglamentación de 30 cms x 90 cms	C/U	78.00	1,497.60	149.76	1,647.36
Señales de Reglamentación de 61 cm x 91 cm	C/U	88.73	1,703.62	170.36	1,873.98
Señales de Prevensión de 91.4 cm x 91.4 cm	C/U	163.71	3,143.23	314.32	3,457.56
Señales de Prevensión de 91.4 cm x 76.2 cm	C/U	146.00	2,803.20	280.32	3,083.52
Señales Preventiva de 30 cms x 90 cms	C/U	78.00	1,497.60	149.76	1,647.36
Señales de Identificación ID-2-1 de 75 cm x 220 cm	C/U	350.00	6,720.00	672.00	7,392.00
Señales de Identificación ID-2-2 de 150cm x 240 cm	C/U	430.00	8,256.00	825.60	9,081.60
Señales de Identificación ID-3-24 de 240 cm x 260 cm	C/U	560.00	10,752.00	1,075.20	11,827.20
Señal de Prevensión de 61 cm x 121.9 cm (Ensamblada)	C/U	138.00	2,649.60	264.96	2,914.56
Señales de Reglamentación de 61 cms x 61 cms	C/U	71.51	1,372.99		1,372.99
Señales Reglamentación CEDA EL PASO de 75 cm x 75 cm	C/U	64.55	1,239.28		1,239.28
Señales de Reglamentación de 75 cms x 75 cms	C/U	64.56	1,239.55		1,239.55
Señales de Prevensión de 61 cm x 61 cm	C/U	71.51	1,372.99		1,372.99
Señales de Identificación de 76 cm x 61 cm	C/U	90.85	1,744.32		1,744.32
Señales ensambladas de 61 cm x 61 cm + 61 cm x 30 cm	C/U	110.51	2,121.79		2,121.79
Señales Preventiva de 42 cms x 72 cms	C/U	86.72	1,665.02		1,665.02
Señales Informativa de 180 cms x 80 cms	C/U	193.76	3,720.19		3,720.19
Señales Informativa de 120 cms x 240 cms	C/U	299.83	5,756.74		5,756.74
Marcas de Pavimento Tipo C	M	1.55	29.76		29.76
Marcas de Pavimento Tipo C	M ²	5.50	105.60		105.60
Postes Guías (Fantasma)	C/U	39.00	748.80		748.80
Ojos de Gato	C/U	3.30	63.36		63.36
Agua	M ³		6.59		6.59
Herramientas	Glb		125.00		125.00
Madera de Pino	Pulg ² vr		4.13		4.13
Clavos Corrientes	lbs		8.10	0.22	8.32
Acero de Refuerzo	Kgs		2.52	0.48	3.00
Alambre de Amarre	lbs		7.26	0.22	7.48
Perlín de 2" x 4" x 1/16" x 20'	c/u		326.25	8.70	334.95
Zinc corrugado de 12' cal 26	Lam		284.26	4.70	288.96
Pernos punta de broca de 1 1/2"	c/u		2.78	0.02	2.80
Pernos punta de broca de 1"	c/u		2.25	0.02	2.27
Zinc liso de 3' x 8'	Lam		186.00	4.70	190.70
Soldadura	lbs		11.25	0.22	11.47



MANO DE OBRA		
Hacer Formaleta de Cuneta Revestida	Hrs	15.00
Hacer media caña a tubo	ml	15.00
Hacer mezcla de suelo cemento	m ³	50.00
Hacer muro de mampostería	m ³	180.00
Hacer y Colocar Formaleta	m ²	65.76
Nivelación y conformación	m ²	2.60
Operador de Bomba de succión	Hrs	9.71
Operador de Camión Cabezal	Hrs	16.31
Operador de Camión Cisterna	Hrs	12.08
Operador de Camión Volquete	Hrs	12.08
Operador de Cargador Frontal	Hrs	14.50
Operador de Compactador de dos rodos	Hrs	12.08
Operador de Compactadora manual	Hrs	9.71
Operador de Equipo barredor	Hrs	11.48
Operador de Equipo de esparcido de piedra triturada	Hrs	11.48
Operador de Equipo regador de asfalto	Hrs	12.08
Operador de Excavadora	Hrs	12.68
Operador de Mezcladora	Hrs	9.71
Operador de Motoniveladora	Hrs	16.31
Operador de Motosierra	Hrs	9.71
Operador de Pavimentadora de Concreto	Hrs	16.31
Operador de Tractor D6	Hrs	14.50
Operador Tractor D8	Hrs	14.50
Operador de vibrador	Hrs	9.71
Operador de Vibrocompactadora	Hrs	12.08
Relleno y compactación de fondo	m ³	83.45
Relleno y Compactación manual	m ³	46.85
Selección y acopio de piedra bolón	m ³	30.00
Trazado de tubería	m ²	2.60
Trazo y Nivelación	m ²	7.25
Trazo y Nivelación de Cuneta Revestida	Hrs	15.00



COSTO UNITARIO DE PAVIMENTO HIDRÁULICO

Por excel



COSTO INDIRECTO DEL PAVIMENTO HIDRÁULICO



OBRA HIDRAULICAS

Descripciones		Dimensiones			Longitudes (m)										
estacion	Alcantarilla a intalar	#tuberia	Altura de cabezales(m)		tuberia	Aleton entrada	Aleton salida	Muro cabezal entrada	Muro cabezal salida	entrada		salida		entrad a	salid a
										anch o	larg o	anch o	larg o		
9+685.86	CAJA PUENTE 3.0 X 3.0 M	0.00	0.00		0.00	1.49	1.07	0.00	0.00	3.30	2.20	3.30	2.20	3.30	2.20
9+847.64	1–TCR–30"	1.00	1.91		15.00	1.49	1.07	2.00	1.86	1.42	0.83	0.94	0.61	1.55	0.94
10+765.31	CAJA PUENTE de 2.0 x 3.0 m	0.00	0.00		0.00	1.49	1.07	0.00	0.00	2.80	2.20	2.80	2.20	2.80	1.35
11+732.51	3–TCR–54"	1.00	2.57		15.00	2.73	2.14	2.71	2.57	2.75	1.90	1.65	1.68	2.88	1.65
12+342.52	2–TCR–42"	2.00	2.24		18.00	2.11	1.61	4.29	4.15	4.02	1.37	1.29	1.15	4.15	3.23
12+544.81	3–TCR–54"	3.00	2.57		18.00	2.73	2.14	7.66	7.52	7.70	1.90	1.65	1.68	7.83	6.60



**COSTO DEL PAVIMENTO HIDRÁULICO
LOSA HIDRAULICA
EXCEL Mantenimiento del proyecto por un año**

AÑO	MANTENIMIENTO RUTINARIO					MANTENIMIENTO PERIODICO	
	Mov y Desmov	Limp de Derecho de Via	Rep de Grietas	Limp Alcantarillas y Cajas	Señalización	Reparac de Juntas	Rep. De Losas
2009	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10		
2010	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10		
2011	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10		
2012	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10	1,515.08	
2013	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10		
2014	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10		
2015	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10	1,515.08	303,016.99
2016	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10		
2017	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10		
2018	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10	1,515.08	
2019	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10		
2020	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10		
2021	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10	1,515.08	303,016.99
2022	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10		
2023	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10		
2024	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10	1,515.08	
2025	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10		
2026	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10		
2027	312.21	5,238.68	15,150.85	1,252.42	4,365.10	1,515.08	303,016.99

“Diseño Vial con Pavimento Rígido para el Corredor Alterno Veracruz – Km 17.3 Intersección Carretera A Masaya Con Una Longitud De 5.4 Km en el Municipio de Nindirí (Segunda Etapa)”



202							
8	312.21	5,238.68		1,252.42	4,365.10		
	6,244.10	104,773.58	151,508.49	25,048.34	87,302.00	9,090.51	909,050.96
tota							918,141.46
l							

IMPACTO AMBIENTAL

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso formal que predice las consecuencias ambientales causadas por un proyecto. Esta también se concentra en los problemas, conflictos o restricciones que podrían afectar el éxito de un proyecto y como puede verse afectada la población. Por otro lado, identifica las medidas para contrarrestar los problemas y propone mejoras para hacer más viable el proyecto.

En vista que el proyecto en su totalidad tiene como finalidad el interconectar y facilitar el ingreso a la capital de la población de las áreas cercanas al aeropuerto o el traslado expedito de la circulación proveniente del norte hacia la región sur y viceversa.

La evaluación de impacto ambiental de este proyecto tiene como ejes de estudio el estado actual de los recursos naturales, la calidad del medio ambiente y la estrecha relación que con estos mantienen los sectores poblacionales y productivos de la zona, y además de la incidencia que sobre esos factores podría tener el proyecto.

De la misma manera, se analizaron los aspectos positivos y los posibles negativos que tendrá el proyecto en el área de influencia en el medio ambiente, los aspectos productivos y en la población.

Este estudio de impacto ambiental consiste en los mecanismos técnicos que conducen a la evaluación directa o indirecta. Identifica, evalúa y cuantifica los impactos que podrían ocurrir con el desarrollo del actual proyecto, por tanto determina las medidas de mitigación y define un plan de gestión ambiental para su implementación.

Para la realización de la evaluación del estudio de impacto ambiental se tomó como área de influencia del proyecto, las zonas aledañas, comunidades semi urbanas y rurales que de una u otra forma se verán afectadas.

El trabajo de campo incluyó la valoración por observación visual de las condiciones agroecológicas y, consideramos tanto estas, como el tipo de ecosistema regional con localidades parecidas. Se utilizó como fuentes de información secundaria los trabajos cartográficos y fotos aéreas de la zona.

El criterio metodológico para este cálculo se basará en la influencia del Proyecto sobre la población posiblemente a ser trasladada y en la homogeneidad de las características de los recursos naturales y el medio ambiente en sus diferentes aspectos: desde los movimientos de tierra posibles, agua y saneamiento, considerando su impacto socio-ambiental.

Los factores abordados en el presente estudio fueron:

a) **Aguas Superficiales.** Realización de inventario y caracterización hidrológica, incluyendo masas de agua cercanas o que pudieran ser afectadas por el proyecto que tienen un impacto directo negativo sobre el medio ambiente.

b) **Suelos,** Uso Actual y Uso Potencial. Caracterización de los suelos y Topografía del municipio.

c) **Flora y Fauna.** Descripción y cuantificación de la vegetación y fauna terrestre que pudiera ser afectada. Señalamiento de la existencia de especies (animales y vegetales) raras, endémicas o en peligro de extinción, de valor comercial y susceptible de aprovechamiento.

d) **Aspectos socioeconómicos.** Aspectos demográficos, característica de la población según el último censo. Variaciones recientes de las condiciones socioeconómicas en el área, impacto social del proyecto positivo y negativo en las personas y comarcas.

e) **Identificación y evaluación de los impactos.** Mediante una matriz o una lista de identificación de impactos, se señalan los efectos (positivos y negativos) que ocasionará el proyecto sobre el medio. Considerando los impactos directos, indirectos o inducidos sobre los componentes físico naturales, socioeconómicos y estéticos del ambiente.

Se destacan los efectos ambientales adversos inevitables, y entran en consideración la relación entre el uso de los recursos y el mantenimiento de la productividad.

f) **Medidas preventivas, correctivas y de control.** Las medidas preventivas serán consideradas y establecidas en la fase de localización y diseño del proyecto, y se desarrollarán en las fases de construcción y operación del proyecto.

El presente estudio plantea como objetivos valorar los impactos ambientales del proyecto, así como identificar las acciones inducidas por el proyecto que probablemente alterarán las condiciones básicas del medio ambiente y diseñar estrategias, proponer alternativas de mitigación y presentar recomendaciones que contribuyan a disminuir el posible impacto negativo del proyecto.

Aspectos Legales, Normativos, Administrativos y Requisitos para la Evaluación Ambiental

En la actualidad el control y la normación de los Estudios y las Evaluaciones de Impacto Ambiental para los proyectos de desarrollo está asignada a MARENA por medio de la Ley Creadora de MARENA 1-94, la Ley 290 de la Organización del Estado, la Ley General del Ambiente (Ley 217) y su Reglamento y el Decreto para la administración de E.I.A. y Permisos Ambientales (Decreto 45-94), en coordinación con las Unidades Ambientales de los sectores involucrados.

Los proyectos no obligados a realizar un E.I.A. completo según la ley, se encuentran sujetos a condicionantes de protección y gestión ambiental que deben ser incorporados en el diseño, construcción y operación.

Ley Creadora de MARENA: Las funciones (algunas secundarias y compartidas) de MARENA son las siguientes:

1. Estudio e inventario de clima, agua, suelos, subsuelos, minerales, bosques, vegetación, pesca y vida silvestre.
2. Normar el uso y aprovechamiento, las concesiones, licencias y permisos de los recursos naturales
3. Diseñar, implementar y supervisar las políticas ambientales
4. Implementar las políticas de desarrollo y manejo de los recursos naturales
5. Proteger las cuencas hidrográficas
6. Promover la repoblación forestal y de fauna silvestre
7. Apoyar la reglamentación del uso del territorio
8. Establecer normas de supervisión y control de fuentes contaminantes
9. Establecer normas de calidad ambiental y reglamentar el tratamiento de los desechos industriales
10. Propiciar campañas divulgativas y educativas ambientales
11. Autorización necesaria por medio de EIA a proyectos de infraestructura que afecten el ambiente o los recursos naturales.
12. Preservar y conservar áreas especiales que presenten condiciones especiales para la ecología, flora, fauna y lugares escénicos.

Caracterización Diagnóstica de la zona de influencia del proyecto

Las principales características socio-ambientales del municipio, y en específico de las áreas poblacionales cercanas a los sitios donde se construirá la obra, se relacionan a continuación.

La mayor parte del área de estudio tiene esta entre 0 y 20 % de pendiente, es decir se caracteriza por presentar un relieve plano.

Aguas Superficiales: No se localizan ríos en el trazado del camino; solamente se ubica el cauce llamado El Arroyo, por el que corre agua en la estación lluviosa.

Suelos: En cuanto al uso potencial, según estudios realizados por INETER, el tipo de suelo son Mollisoles e Inceptisoles: que se caracterizan por ser suelos ricos en nutrientes y con profundidades de mas de 40 cm de tierra fértil, son muy productivos aptos para la agricultura.

Educación: El sistema educativo del MECD (Ministerio de Educación, Cultura y Deportes) estructura la enseñanza convencional en las etapas de preescolar, primaria y secundaria. Además se imparte educación básica para adultos y programas específicos de alfabetización. Se localizan 20 instalaciones físicas dentro del área de influencia donde se imparten educación preescolar, primaria y secundaria. Y un centro de investigación tropical ubicado en Veracruz.

Aspectos Económicos: El proyecto y su importancia para la vida de sus beneficiarios, plantearon la necesidad de prever las condiciones de implantación del proyecto y sus efectos directos e indirectos sobre la zona y sus áreas vecinas, así como las repercusiones de carácter económico y social, con el fin de evaluar el impacto a nivel local y diseñar las medidas que garantizarán beneficios para el área, además de un mejoramiento sustancial en la calidad de vida de su población.

Actividades y Procesos que Genera el Proyecto.

El proyecto generará actividades de construcción y transporte en toda la zona por construcción de campamentos y viviendas, transporte de materiales y personal.

La identificación de impactos ambientales resulta del análisis de las interacciones entre las diferentes acciones del proyecto y los factores ambientales

presentes en el área de influencia del mismo. Para identificar los impactos, describir el ambiente, predecir y evaluar los impactos y alternativas, se usan en este caso las técnicas de listas simples de verificación o chequeo y matrices simples de causa/efecto.

Se desarrollarán matrices que indicarán los efectos recíprocos entre el sitio actual y el cambio en la implementación del proyecto en relación al ambiente y los recursos naturales. En las celdas de intersección se indican los valores de las interacciones entre las columnas y las filas.

En primera instancia se indican los efectos que el ambiente tiene sobre ambos ambientes (actual y proyecto propuesto) de una forma global y después se indican los impactos sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

La valorización que se utiliza es del 3 al 0 según el efecto/impacto sea mayor (3) o ninguno (0). Este estrecho rango es utilizado porque no es recomendable usar rangos más amplios (de 0 a 5, o de 0 a 10) debido a la subjetividad del método y a la falta de mayor información o nuevas investigaciones para generar nuevos datos de base. Se usan términos cualitativos por la escasez de la información y por practicidad, rapidez y bajo costo. El rango utilizado se define de la siguiente manera.

Valorización de Impactos

CATEGORÍA DE IMPACTO	VALOR
ALTO	3
MEDIANO	2
BAJO	1
NINGUNO	0

Las actividades relevantes a considerar para la determinación de impactos ambientales de las alternativas a analizar, deben ser establecidas tanto para la etapa de construcción como de operación del proyecto.

En forma general o global, se deberán considerar al menos las siguientes variables:

Etapa de Rehabilitación Y Construcción

Respecto a la habilitación y construcción las variables relevantes a considerar corresponden a las siguientes:

Etapa de construcción

- Remoción de capa superficial del suelo (alterando vegetación y fauna).
- Movimiento de tierra (banco de préstamo).
- Fuente de trabajo (corto plazo).
- Actividades propias de una faena de obras civiles: ruido, polvo, tránsito de vehículos, movimiento de maquinaria pesada.

Etapa de Operación

Buena operación

- Descarga de aguas tratadas al receptor sin alterar su calidad
- Recolección de desechos sólidos.
- Reforestar los derechos a vía.

Mala operación

- Alteración negativa del entorno y componentes del área de influencia (Basura, aguas residuales, no reforesta).
- Falta de Riego, (Polvo producto de los materiales de construcción y mov. de suelo).

Consideraciones de los Impactos del Medio Ambiente Sobre el Proyecto

Recursos energéticos

La carencia de esta cobertura vegetal afecta los procesos de infiltración y retención de aguas superficiales, limitando los procesos de recarga de los acuíferos y exponiendo los suelos superficiales a erosión.

Las áreas deforestadas se compactan rápidamente, perdiendo capacidad de regulación de la escorrentía superficial, al producirse un nivel de precipitación mayor, las unidades de captación de aguas naturales, produciéndose desbordes a lo largo de la cuenca hidrográfica.

Deterioro de los suelos

Se manifiesta en la pérdida de la capa fértil, compactación y contaminación. Está asociado, entre otros factores, al uso desordenado de la tierra (utilización que no corresponde a las características naturales de los suelos); la deforestación, el uso excesivo de agroquímicos y del pastoreo. El uso desordenado de los suelos se da principalmente en áreas no adecuadas para la actividad agropecuaria, especialmente en laderas de fuerte pendiente.

Resultados de Análisis de la Matriz De Leopold

Matriz de Leopold (Causas – efectos)

FACTORES	SITIO ACTUAL	PROYECTO
Precipitación	1	1
Red hidrológica	2	1
Escorrentía	1	1
Erosión	1	1
Geología	1	0
Cauces	2	1
Uso del suelo	2	2
Ruidos	0	2
Vida silvestre	1	2
Contaminación del suelo	3	1
Contaminación del agua	2	2
Contaminación del aire	2	2

Este cuadro es un resumen de la matriz de Leopold donde posteriormente se describirá con más detalle la relación y efectos de las actividades del proyecto en relación con los factores ambientales (suelo, aire, aguas superficiales, subterráneas, etc.). y se harán sus respectivos ajustes con la información recopilada de las encuestas.

Impactos del Proyecto sobre el Ambiente

IMPACTOS DIRECTOS (PRIMARIOS) POSITIVOS

FACTORES	SITIO ACTUAL (presente)	PROYECTO (futuro)
Generación de desechos sólidos	2	1
Generación de desechos líquidos	3	1
Transitabilidad y seguridad	0	3
Más reducción de costos	0	2
Más seguridad del tráfico	0	2

IMPACTOS DIRECTOS NEGATIVOS (por parte del proyecto)

FACTORES	SITIO ACTUAL	PROYECTO
Vertederos de materiales	0	1
Paisajes y entorno	0	1
Extracción de material	0	0
Desechos de operaciones	0	0
Cambios de drenaje	0	1
Generación/arrastre de sedimentos	0	0
Deforestación	0	1

CONTAMINACIÓN

Impactos potenciales

Cambio en la calidad del aire y del agua, por mal uso de equipo, maquinaria o sustancia peligrosas (contaminantes) como cemento, aditivos para concreto, residuos de pinturas especiales u otros. Durante la etapa de construcción existe la posibilidad de generación de ruidos por uso de equipo y maquinaria.

Medidas ambientales

Deben anticiparse las reacciones de la población a los cambios de calidad del agua y aire debido a los efectos de las fases constructivas. El contratista deberá tomar medidas que contribuyan a disminuir la contaminación del aire a través del polvo generado por los movimientos de tierra y acarreo de materiales, mediante el riego de la tierra removida y la cobertura con lonas de los materiales a transportarse. Igualmente deberá

prevenir los ruidos de gran intensidad causados por los equipos de construcción, asegurando el correcto funcionamiento de los sistemas de escape de estos equipos.

El constructor o contratista del proyecto debe recoger y retirar del sitio del proyecto todo recipiente que contenga sustancias tóxicas o peligrosas que representen un riesgo de contaminación y/o intoxicación para los pobladores. Debe incluirse un plan de advertencia al contratista y a la población sobre posibles derrames de contaminantes a la calidad de las aguas y suelos. Los contaminantes (productos químicos, combustibles, lubricantes, asfaltos, aguas servidas, pinturas y otros desechos nocivos) no deben descargarse en cursos o cuerpos de agua o en obras de canalización que se drenen en ellos.

El contratista no podrá utilizar materiales de construcción compuesto por sustancias peligrosas como son: plomo, mercurio, asbestos o cualquier sustancia susceptible de producir intoxicación o daños por inhalación o contacto.

IMPACTO SOCIO - ECONÓMICO DEL PROYECTO

La conservación es la aplicación de las medidas necesarias para preservar, mejorar, mantener, rehabilitar y restaurar las poblaciones y los ecosistemas sin afectar su aprovechamiento o la construcción de las viviendas planificadas.

Criterios de diseño en beneficio del medio ambiente, estos consistieron en un conjunto de normas que se tomaron en cuenta en el diseño, incluidas en las obras de diseño del proyecto.

Los efectos indeseables al medio ambiente serán los mínimos, sin embargo, todo desarrollo o utilización de recursos alterarán algunos atributos del ambiente existente. Las decisiones a tomarse consideran tanto los

efectos adversos como los beneficiosos. Esta valoración debe diseñarse para mejorar la calidad de la planeación y el proceso de toma de decisión.

IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO

Las siguientes tablas resumen las medidas ambientales proyectadas más importantes del proyecto:

a) Durante la construcción

Impacto Ambiental Negativo	Medida ambiental
Modificación de la morfología del suelo	➤ Conservación y reconstrucción de los suelos
Pérdida de la cubierta vegetal	➤ Reforestar sitios cercanos al camino. Creación de áreas verdes en los espacios donde se trace el camino.
Pérdida de suelo orgánico	➤ Asegurar que la capa superior del suelo en las áreas de construcción sea retirada y almacenada para su posterior uso en el establecimiento de nueva vegetación
Alteración de los patrones de drenaje	➤ Adaptar los diseños hidráulicos de la red pluvial a los patrones naturales. ➤ Siembra de vegetación para controlar la velocidad de la escorrentía superficial
Mayor erosión y sedimentación	➤ Aumentar el número de salidas de sistema de drenaje pluvial. ➤ Colocar las salidas de drenaje de modo que se evite el efecto de cascada. ➤ Revestir la superficie receptora con piedras y concreto ➤ Plantar árboles en las áreas en las superficies propensas a la erosión
Alteración a la calidad del aire	➤ Rociar con agua las áreas expuestas al movimiento de tierra (una o dos veces al día), protección de los trabajadores.
Generación de ruidos	➤ Facilitar equipo de protección a operadores de maquinaria. ➤ Mantener silenciadores en los equipos.
Afectación a las vías de comunicación al proyecto	➤ Ubicación de señales de tránsito orientadas a la disminución de velocidad. ➤ Ubicación de avisos informativos preventivos que orienten o informen a la población, para minimizar el riesgo de ocurrencia de accidentes (en zonas cercanas a población) y en las entradas de las carreteras principales).

b) Durante el Funcionamiento

Impacto Ambiental Negativo	Medida ambiental
Alteración a la calidad del aire	<ul style="list-style-type: none">➤ Siembra de árboles en las áreas que bordean el proyecto. Cortinas rompe vientos➤ Reforestación de áreas verdes dentro del área urbanizada
Generación de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none">➤ Proporcionar un servicio interno completo de recolección y disposición final de desechos.➤ Garantizar almacenamiento adecuado de desechos

INVERSIONES DE MITIGACION

Para la reforestación ya sea con especies forestales propias del sitio y frutales las consideraciones son las siguientes: Jenízaro, madroño, pochote, leucaena. Existen la alternativa para el área de reforestación: en las áreas al borde del camino es importante buscar un vivero cercano al proyecto y que cumpla con el requisito de las especies de interés. Los árboles serán escogidos para cortinas rompevientos, sombra, plantas ornamentales: madroño, laurel, cañafístula, acacia, gramas, avispas, entre otras. Los costos se harán en un monto global.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El trabajo se ha desarrollado en diversos capítulos el cual a sido empleado métodos y conceptos fundamentales para el diseño del subtramo de carretera Veracruz – Intersección Carretera Masaya.

En los capítulos introductorios se presentan generalidades del proyecto y aspectos aclaratorios que están ligados en los estudios que se han efectuado: Diseño geométrico, diseño del espesor de la losa la cual involucra al estudio de suelo y el estudio de tránsito, el estudio hidráulico, su costo y el estudio de impacto ambiental.

Diseño Geométrico.

A partir de la decisión del MTI de escoger la ruta propuesta, el Diseño Vial se centro en la consideración de las características físicas y espaciales del trazo conocido como “VERACRUZ – KM 17.3 INTERSECCION CARRETERA A MASAYA” con una longitud de 5.3 Km.

En este sentido, se comenzó definiendo la Clasificación Funcional de la Vía lo cual resultó ser por su ubicación, una Vía Troncal Secundaria de acuerdo a la clasificación del Ministerio de Transporte e Infraestructura que equivale a una Troncal Rural en el Manual Centroamericano de Carreteras. Luego se consideró la Topografía del terreno en donde se aloja el trazo de la carretera en donde se considera relativamente plano, los elementos hidrológicos de la zona de influencia del proyecto, los costos de la vía y los impactos ambientales tanto positivos como negativos que se pudiesen generar.

El vehículo de diseño de acuerdo a las normas de la SIECA, es un WB 20, la sección típica fue determinada por el análisis de tráfico concluyendo en una sección típica de 7.20 m (dos carriles de 3.60 m cada uno) y hombros de 1.80 a cada lado. Los elementos geométricos se aplicaron de acuerdo a las normas de la SIECA para este

tipo de vía. En cuanto a la señalización vial, se aplicaron las normas de diseño del Manual Centroamericano de Señalización Vial.

Se logro aplicar, con excelentes resultados el Método de diseño de pavimentos rígidos de la Portland Cement Associations (PCA), logrando determinar los diferentes factores de diseño del método y someter a los análisis de fatiga y erosión los diferentes espesores propuestos hasta lograr el espesor ideal de cada tramo del proyecto.

Mediante el aforos vehiculares realizado para el proyecto, se determinaron los volúmenes del tránsito promedio diario anual con 1,813 vehículos para la estación de Veracruz. Se logro proyectar los volúmenes de tránsito para un período de 20 años con una tasa de crecimiento anual del 4.5%, considerada en base al crecimiento normal del tránsito y las variables socioeconómicas del país. Así mismo, se calcularon las repeticiones esperadas en el período por cada uno de los tipos y pesos de los ejes del tránsito, predominando el ejes sencillos de 8 y 18 Kips para la estación de Veracruz. Posteriormente, al peso de cada uno de los ejes se le aplico un factor de seguridad de carga equivalente al 1.1.

Al conocer la calidad de los materiales a lo largo del camino, nos permitieron concluir que no necesitábamos utilizar bancos de materiales para agregar una capa base a la estructura del pavimento, debido principalmente a los valores de soporte de los materiales de línea. Los valores de CBR de diseño corresponden al 9% del tramo la int. Veracruz hasta carretera a Masaya. A través de una correlación de valores, se determinaron que los módulos de reacción de la subrasante equivaldrían a 187 y 200 libras por pulgada cúbica (PCI). Los resultados presentados nos permiten efectivamente utilizar la capa existente por debajo de 20 cm de la rasante como el terreno soporte de la losa de concreto diseñada.

La estructura del pavimento rígido del tramos en los que se dividió el proyecto, se determinaron luego de varias iteraciones de espesores sometidos a los análisis de fatiga y erosión del método de diseño, estableciendo como los espesores adecuados los valores de 6.5 pulgadas para el tramos de: “Carretera Intersección Veracruz – Km 17.3 Carretera a Masaya”.

El concreto utilizado para el diseño es de resistencia a la compresión de 4,000 PSI y una resistencia a la flexión de 632 PCI.

El aspecto complementario del diseño, comprendió la modulación de las losas a través de las juntas transversales y longitudinales, que permiten controlar las grietas de la losa de rodamiento. Resultando unos tableros de modulación de de 3 x 3.47 mts para el tramo de “Intersección Veracruz – Km 17.3 Carretera a Masaya”.

Diseño hidráulico: para dar respuesta a la problemática del drenaje superficial se propuso cunetas revestidas de 3000 PSI con una pendiente del 1% y las instalaciones de drenajes en:

1. El cálculo de las alcantarillas de cruce se realizó bajo la condición de Descarga libre.
2. En el estacionado 9+822.18 se propone la instalación de 1Ø30” concreto con pendiente longitudinal= 1.0%
3. En el estacionado 10+765.312 se propone instalar 3Ø54”concreto con pendiente longitudinal= 1.0%
4. En el estacionado 11+732.512 se propone la instalación de 3Ø54 concreto con pendiente longitudinal= 1.0%
5. En el estacionado 12+342.52 se propone la instalación de 3Ø54 concreto con pendiente longitudinal= 1.0%
6. En el estacionado 12+544.81 se propone la instalación de 3Ø54 concreto con pendiente longitudinal= 1.0%
7. Todas las Alcantarillas de cruce utilizan muros con aletones de concreto para la canalización de la corriente.
8. Los cabezales de salida de los sistemas, no necesitan disipadores de energía, ya que el valor de Froude encontrado fue menor de 1.7.
9. Todos los tramos de los canales y tubería cumplen con el rango de la velocidad mínima y máxima, por lo que se esperan labores mínimos de mantenimiento.

Una vez realizado las estimaciones de costo atreves del sosfware Excel para facilitar el tiempo y tener una mayor presión en los resultados se obtuvo un costo total de la Obra de **C\$ 52,083,120.63** Córdobas Netos para un monto de **\$ 1,925,153.07 Dólares**

9.2 RECOMENDACIONES:

Tránsito:

Entre las recomendaciones técnicas a realizar del proyecto, se hace énfasis en el control del crecimiento del tránsito, para poder estimar a futuro medidas convenientes para poder garantizar la vida útil de la estructura de pavimento. Al igual, recomendamos considerar estaciones de báscula, que nos permitan controlar el peso permisible de cada uno de los vehículos.

Para posteriores diseños de pavimento considerados después de haberse cumplido el período de diseño de 20 años, se recomienda considerar por motivos de altos volúmenes de tránsito ampliar las secciones transversales en al menos 4 carriles, con el propósito de afectar solamente el ancho de la vía y no aumentar considerablemente el espesor de la losa de concreto.

Suelos:

Los análisis de los valores soporte de los materiales del trayecto del proyecto, nos permitieron utilizarlo como terreno de apoyo de la losa de concreto. Sin embargo, se necesita en ciertos puntos específicos donde se encuentre materiales del tipo A-7 (Arcilla) ser reemplazado por un material al menos del tipo A-4 (limos), cuyo material se podría aprovechar de los 20 cm de corte a realizar en toda la línea del trayecto.

La capa de material a utilizar como terreno de apoyo necesita ser compactado al menos al 95% Proctor Modificado, con el propósito de garantizar los valores de soporte óptimos considerados en el diseño del pavimento.

Losa de Rodamiento:

Es importante tener en cuenta en el proceso de colocación del concreto, utilizar juntas frías de construcción por motivos de conclusión de una jornada laboral o por retrasos en el proceso de fabricación del concreto. Dichas juntas deberán coincidir con las juntas Transversales o Longitudinales del proyecto, con el fin de inducir el agrietamiento sobre estas.

Con el fin de obtener una adherencia o fricción entre la superficie de contacto del neumático y el concreto, se recomienda aplicar texturizado a la superficie de la losa. A la vez, dicho texturizado nos permite la rápida evacuación del agua de la superficie del pavimento. La profundidad del texturizado se define entre 3 y 6 mm.

Inmediatamente posterior al colocado de la losa de concreto, se recomienda utilizar una membrana de curado que nos permitirá un proceso correcto del fraguado del concreto para alcanzar la resistencia de 4,000 PSI.

Los cortes de las juntas de la losa de rodamiento, se deben realizar cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados, por lo general entre 4 a 6 horas posterior al colado, dependiendo del clima y humedad de la zona. La profundidad de corte a considerar equivale a un tercio el espesor de la losa.

Se recomienda principalmente que el concreto utilizado cumpla con la resistencia a la compresión de 4,000 PSI y nos proporcione revenimientos adecuados entre los valores de 2 a 4 pulgadas de asentamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) *NIC-2000*
- 2) *Principios para el Proyecto del Eje de un Camino en Nicaragua. MANUEL AMAYA LECLAIR.*
- 3) *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes de Acuerdo con los Proyectos Federales de Carreteras. México.*
- 4) *Estudio del Plan Nacional de Transporte de Nicaragua. MTI. Volumen II: Demanda de Transporte. Junio del 2000. Nicaragua.*
- 5) *Manual de drenaje pluvial de la ciudad de Managua shawinnigan-lavatin.*
- 6) *Normas para el diseño de alcantarillados república de Colombia.*
- 7) *Bustamante Olivera Fernando. Estructura De Vías Terrestres, Dirca México, 1994, Pag (261).*
- 8) *Gonzalez Sandoval Federico Manual De Supervisión De Obras De Concreto, Limusa MEXICO, 1994.*
- 9) *Rico Alfonso y del Castillo Hermilo La Ingeniería De Suelos En Las Vías Terrestres, VOL. 2, Limusa- MEXICO, 1978. Paginas (365)*
- 10) *Manual de Vialidad Urbana, Volumen 3, 1998 de REDEVU. "Recomendaciones para el Diseño del Espacio Vial-Urbano*

Internet:

1. www.pavement.com/StreetPave
2. www.atenea.edu.co/~sicolpav/preevento.html
3. www.cemexmexico.com
4. www.monografias.com/trabajos/transvial/transvial.shtml
5. asocreto.org.co/seminarios/pavimentos

A-3: Anexos de fotos del proyecto

ESTACIÓN 0+000: INTERSECCIÓN KM 17.3 CARRETERA A MASAYA



ESTACIÓN 15+200: INTERSECCIÓN KM 17.3 CARRETERA A MASAYA



**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL CORREDOR ALTERNO "INTERSECCIÓN VERACRUZ
INTERSECCIÓN KM. 17.3 CARRETERA A MASAYA"**

PANORAMICA DEL PROYECTO



PANORÁMICA DEL PROYECTO



**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL CORREDOR ALTERNO “INTERSECCIÓN VERACRUZ
INTERSECCIÓN KM. 17.3 CARRETERA A MASAYA”**

Anexo A-3 HBR

TABLA USADA PARA LA CLASIFICACION DE LOS SUELOS

CLASIFICACION DE SUELO SEGÚN LAS AASHTO

Grupo	Subgrupo	% que pasa tamiz No .			Características de la fraccion		Indice de grupo	Descripcion del suelo	Calidad como sub-rasante
		10	40	200	L.L	IP			
A-1			50 max.	25 máx.		6 max.	0	Grava o arena de buena graduacion, puede incluir finos	Exelente
	A-1-a	50 max	50 max.	15 máx.		6 max.	0	Mayor mente grava pero pude incluir arenas y finos	
	A-1-b		50 max.	25 máx.		6 max.	0	Arena gravosa o arena graduada puede incluir finos	
A-2				35 máx.			0-4	Arena y grava con exceso de finos	Exelente a buena
	A-2-4			35 máx.	40 max	10 max.	0	Arena, grava con fino de limos de baja plasticidad	
	A-2-5			35 máx.	41 min	10 max.	0	arenas, gravas con finos elasticos	
	A-2-6			35 máx.	40 max.	11 mín	4 max	Arena, grava con finos de arcilla	
	A-2-7			35 máx.	41 min	11 mín	4 max	Arena, grava con finos de alta plasticidad	
A-3			51 min	10 max.		No, plástico	0	Arenas finas	Regular a pobre
A-4				36 max.	40 max.	10 max.	8 max	Limos de baja compresibilidad	
A-5				36 mín	41 mín	10 max.	12 max	Limos muy compresibles, limos micaneos	
A-6				36 mín	40 max.	11 mín	16 max	Arcilla de compresibilidad de baja a media	
A-7				36 mín	41 mín	11 mín	20 max	Arcilla de alta compresibilidad	
	A-7-5			36 mín	41 max.	11 mín	20 max	Arcilla limosa de alta compresibilidad	
	A-7-6			36 min	41 min	11 mín	20 max	Arcilla de alta compresibilidad y alto cambio de volumen	
A-8								Turbas, suelo muy organicas.	
		IP <=	LL-30	A-7-5					
		IP >=	LL-30	A-7-6					



REPÚBLICA DE NICARAGUA
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE VIALIDAD



DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES
PESOS MÁXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHÍCULOS

TIPO DE VEHÍCULO	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton – Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		4.50	9.00					13.50
C3		5.00	16.00					21.00
			8.00	8.00				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.67			
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	6.67		
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	6.67	
C2 R2		4.5	9.00	4.0a	4.0a			21.50
		4.5	9.00	6.5b	6.5b			26.50
C3 R2		5.00	16.00		4.0a	4.0a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5b	6.5b		34.00
C3 R3		5.00	16.00		4.0a	5.0a	5.0a	35.00
		5.00	8.00b	8.00b	6.5b	5.0b	5.0b	37.50

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

a: Eje sencillo, llanta sencilla

b: Eje sencillo, llanta doble.

Ningún vehículo cargado o descargado excederá en Ancho: 2.60m. Alto: 4.15m. Largo: 2 ejes 11m, 3 ejes 12m, Semirremolque 17.35m, otras combinaciones 18.30m.

Anexos A-2

TRAMO: "INTERS. VERACRUZ – KM 17.3 CARRET. A MASAYA"

ANÁLISIS DE FATIGA

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

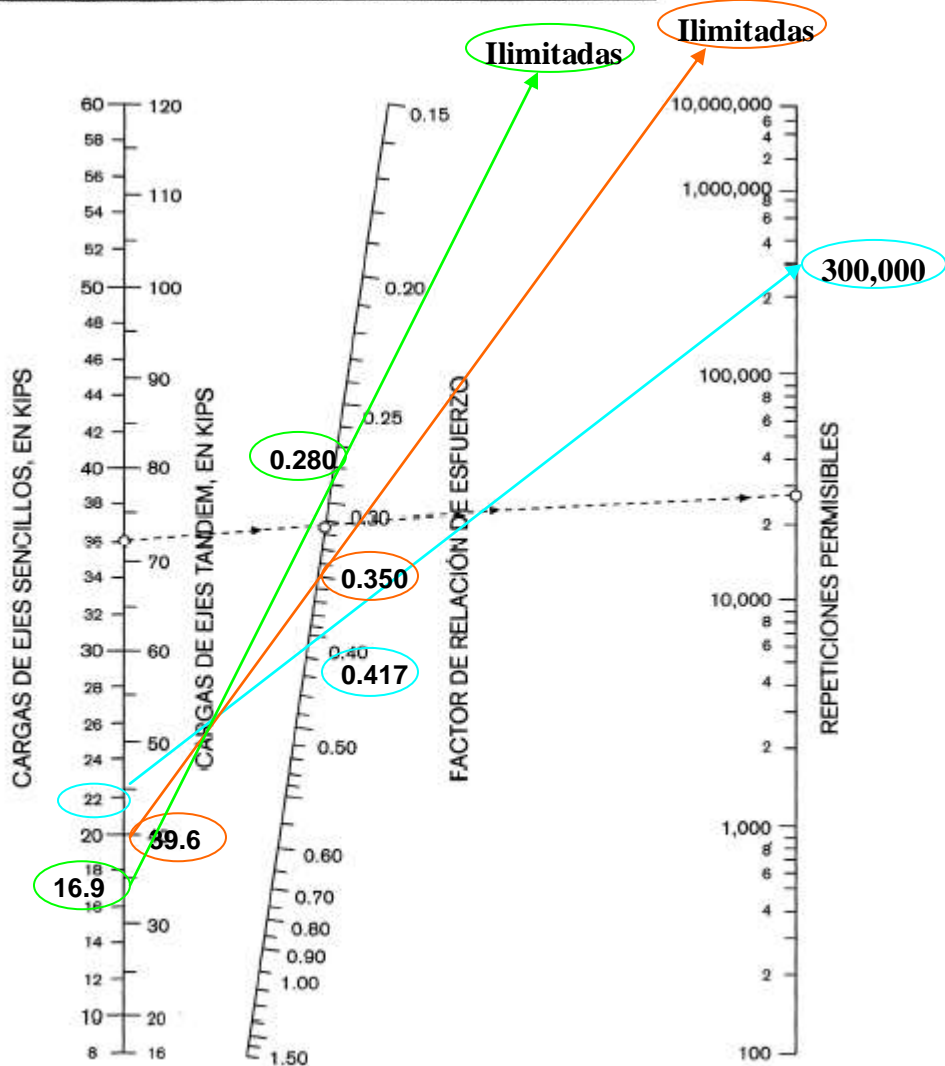
Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci														
	50			100			150			200			300		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	392	517	433	377	489	422	389	552	491	441
4.5	547	461	365	479	400	328	444	371	313	421	355	305	430	367	333
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	367	301	259	341	291	259
5.5	418	360	279	368	309	246	342	283	224	324	269	219	302	255	225
6.0	372	325	249	327	277	218	304	250	194	271	221	171	270	225	187
6.5	334	295	226	294	251	194	274	230	183	250	218	169	243	203	166
7.0	302	270	204	266	230	178	253	210	163	230	198	151	220	184	149
7.5	275	250	187	243	211	162	226	193	151	210	182	143	201	168	135
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	139	197	168	131	185	158	123
8.5	232	216	159	205	182	138	191	166	128	182	156	121	174	147	117
9.0	214	200	149	190	170	130	177	155	119	169	146	112	158	135	108
9.5	199	187	140	176	158	121	164	146	111	157	137	105	147	126	100
10.0	187	176	133	165	149	114	153	137	104	146	129	98	137	116	91
10.5	177	167	124	156	141	107	144	130	97	137	121	92	128	108	85
11.0	168	159	117	148	134	100	135	123	92	129	115	87	120	100	77
11.5	160	151	110	141	128	95	127	117	86	121	109	82	113	94	73
12.0	153	144	104	135	123	90	120	111	82	114	104	78	107	88	69
12.5	147	137	99	129	118	86	113	106	78	108	99	74	101	81	64
13.0	142	133	93	124	114	82	107	101	74	102	95	70	96	78	60
13.5	137	128	88	119	109	79	102	97	70	97	91	67	91	74	57
14.0	132	122	83	114	104	75	97	93	67	93	87	63	87	70	54

- : Ejes Sencillos
- : Ejes Tandem
- : Ejes Tridem

Interpolado Eje Sencillo 263.64

Interpolado Eje Tandem 221.12

Interpolado Eje Tridem 177.08

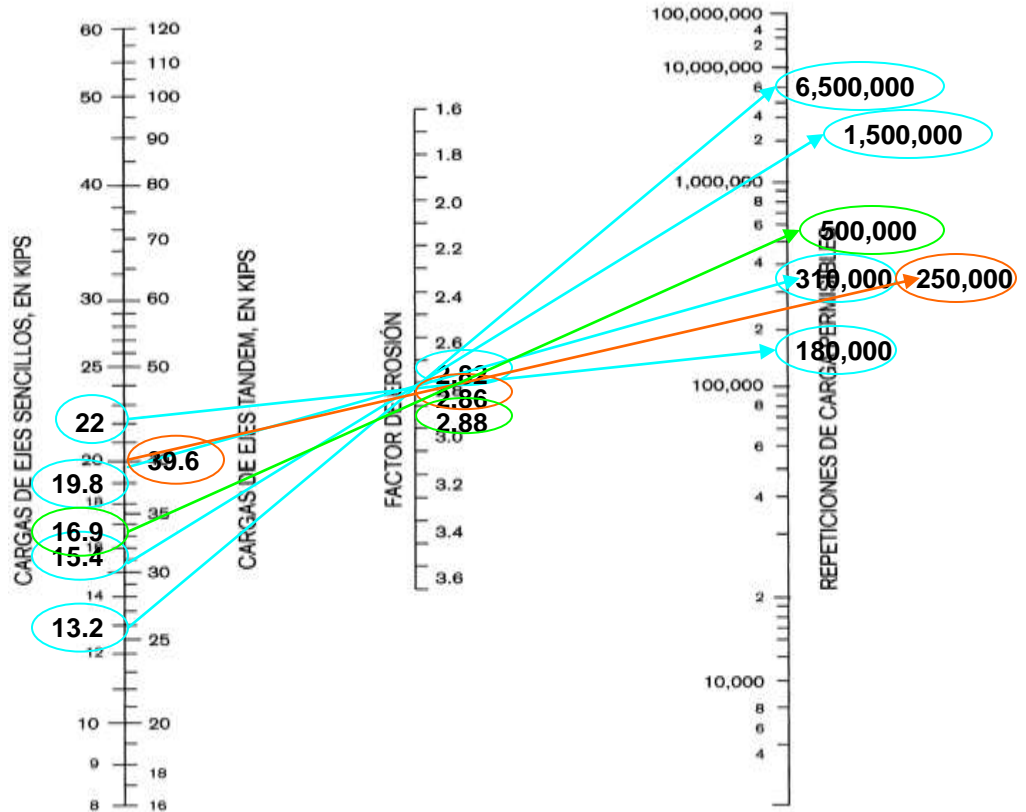
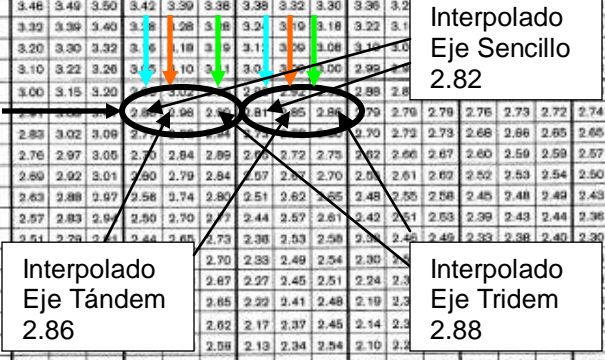


ANÁLISIS DE EROSIÓN

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

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.46	3.49	3.50	3.42	3.39	3.38	3.38	3.32	3.30	3.36	3.32				3.24	3.18		
4.5	3.32	3.39	3.40	3.28	3.26	3.26	3.23	3.19	3.18	3.22	3.1				3.09	3.04		
5.0	3.20	3.30	3.32	3.16	3.18	3.19	3.11	3.09	3.08	3.10	3.0				2.97	2.93		
5.5	3.10	3.22	3.26	3.05	3.10	3.11	3.03	3.00	3.00	3.00	2.95				2.86	2.83		
6.0	3.00	3.15	3.20	2.95	3.05	3.07	2.95	2.95	2.95	2.95	2.9				2.77	2.74		
6.5	2.91	3.05	3.10	2.85	2.98	2.99	2.85	2.85	2.84	2.84	2.79				2.68	2.67		
7.0	2.83	3.02	3.08	2.78	2.92	2.93	2.75	2.75	2.75	2.75	2.73				2.65	2.61		
7.5	2.76	2.97	3.05	2.70	2.84	2.85	2.67	2.72	2.73	2.72	2.66				2.60	2.59	2.59	2.57
8.0	2.69	2.92	3.01	2.60	2.79	2.84	2.57	2.64	2.65	2.64	2.61				2.52	2.53	2.54	2.50
8.5	2.63	2.88	2.97	2.56	2.74	2.80	2.51	2.62	2.63	2.62	2.58				2.45	2.48	2.49	2.43
9.0	2.57	2.83	2.94	2.50	2.70	2.77	2.44	2.57	2.61	2.60	2.53				2.39	2.43	2.44	2.38
9.5	2.51	2.78	2.91	2.44	2.65	2.73	2.38	2.53	2.58	2.56	2.48				2.33	2.38	2.40	2.30
10.0				2.70	2.33	2.49	2.54	2.30	2.3						2.28	2.29		
10.5				2.67	2.27	2.45	2.51	2.24	2.3						2.24	2.26		
11.0				2.65	2.22	2.41	2.48	2.19	2.3						2.20	2.22		
11.5				2.62	2.17	2.37	2.45	2.14	2.3						2.16	2.19		
12.0				2.58	2.13	2.34	2.54	2.10	2.2						2.13	2.16		
12.5	2.34	2.59	2.76	2.15	2.45	2.57	2.09	2.31	2.40	2.06	2.24	2.31	2.02	2.15	2.20	1.99	2.10	2.13
13.0	2.30	2.56	2.74	2.11	2.42	2.56	2.04	2.28	2.38	2.01	2.21	2.28	1.98	2.15	2.17	1.95	2.06	2.10
13.5	2.16	2.53	2.72	2.06	2.39	2.53	2.00	2.25	2.35	1.97	2.18	2.25	1.93	2.09	2.15	1.91	2.03	2.07
14.0	2.13	2.51	2.70	2.04	2.38	2.51	1.97	2.23	2.33	1.93	2.16	2.24	1.89	2.06	2.12	1.87	2.00	2.00

- : Ejes Sencillos
- : Ejes Tandem
- : Ejes Tridem



Abreviaturas y Siglas usadas en el documento

MTI	Ministerio de Transporte e Infraestructura.
FISE	Fondo de Inversión Social de Emergencia.
DGV	Dirección General de Vialidad.
DGP	División General de Planificación.
BID	Banco Interamericano de Desarrollo.
MARENA	Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente.
PIP	Plan de Inversión Pública.
FOMAV	Fondo de Mantenimiento Vial.
RVRN	Red Vial Rural Nacional.
PNT	Plan Nacional de Transporte.
IGV	Impuesto General al Valor.
BM	Banco Mundial.
SNIP	Sistema de Inversiones Públicas.
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana.
PMS	Sistema de Administración de Pavimento.
Vpd	Vehículos por día.

Anexos A-4 Cuencas del Cauce Principal "El Arroyo" - Áreas para Caja-Puente

Coeficientes de escorrentía			Método Racional												
	25 años	50 años													
Sub Urbano	0.35	0.4													
Rural	0.2	0.25													
Nº Cuenca	Area (ha)	Area Urbana (ha)	Area Rural (ha)	Perímetro (m)	Lcauce (m)	Hmáx	Hmín	S m/m	C Ponderado, 25 años	C Ponderado, 50 años	Tc, min	I (mm/h) 25 años	I (mm/h) 50 años	Q (m³/s)25 años	Q (m³/s)50 años
Cuenca 1	11.97		11.97	1,585.41	760	55	50	0.006578947	0.20	0.25	11.70	31.3	37.3	0.21	0.31
Cuenca 2	70.7		70.7	4,369.57	1,936.68	70	65	0.002581738	0.20	0.25	34.47	31.3	37.3	1.23	1.83
Cuenca 3	188.71		188.71	6,780.88	2,357.64	100	80	0.008483059	0.20	0.25	25.37	31.3	37.3	3.28	4.89
Cuenca 4	70.98		70.98	4,230.68	1,664.45	110	80	0.018023972	0.20	0.25	14.52	31.3	37.3	1.23	1.84
Cuenca 5	431.79	49.28	382.51	9,481.88	3,708.69	130	90	0.0108	0.22	0.27	32.78	31.3	37.3	8.15	11.95
Cuenca 6	197.91	5.43	192.48	9,872.58	4,782.54	240	130	0.0230	0.20	0.25	29.79	31.3	37.3	3.51	5.21
Cuenca E	381.94	109.9	272.04	13279	6,037.94	380.00	216.80	0.027029086	0.24	0.29	33.50	31.3	37.3	8.07	11.60
Cuenca 7-1	220.32	33.65	186.67	7,083.21	1,805	160	130	0.0166	0.22	0.27	15.94	31.3	37.3	4.27	6.23
Cuenca 7-2	414.23	181.17	233.06	9,961.13	3,213	220	160	0.0187	0.27	0.32	23.76	31.3	37.3	9.57	13.55
Cuenca 7-3	268.56	62.57	205.99	9,770.31	3,695	240.72	160	0.0218	0.23	0.28	24.91	31.3	37.3	5.49	7.93
Cuenca 8-1	455.3	60.54	394.76	13,209.84	2,249.03	245	210.72	0.0152	0.22	0.27	19.52	31.3	37.3	8.71	12.73
Cuenca 8-2	359.42	20.51	338.91	10,491.36	3,385.64	380	245	0.0399	0.21	0.26	18.47	31.3	37.3	6.52	9.63
Cuenca 9	219.73		219.73	6,640.39	2,232.29	600	380	0.0986	0.20	0.25	9.46	31.3	37.3	3.82	5.69
Cuenca 10-1	296.68	61.1	235.58	9,777.31	2,194.45	252.89	218	0.0159	0.23	0.28	18.85	31.3	37.3	5.96	8.63
Cuenca 10-2	247.83		247.83	6,532.14	2,744.02	580	245	0.1221	0.20	0.25	10.21	31.3	37.3	4.31	6.42
Cuenca 11-1	200.32	8.98	191.34	6,018.35	2,657.25	500	252.89	0.0930	0.21	0.26	11.07	31.3	37.3	3.60	5.33
Cuenca 11-2	311.66	37.71	273.95	10,576.17	5,147.82	600	252.89	0.0674	0.22	0.27	20.84	31.3	37.3	5.91	8.66
Cuenca 12-1	270.61		270.61	7,574.63	2,637.79	600	330	0.1024	0.20	0.25	10.60	31.3	37.3	4.71	7.01
Cuenca 12-2	347.6	35.67	311.93	8,586.00	3,273.50	320	280	0.0122	0.22	0.27	28.38	31.3	37.3	6.51	9.56
Cuenca 13-1	317.52		317.52	8,754.00	3,733.34	700	340	0.0964	0.20	0.25	14.18	31.3	37.3	5.52	8.22
Cuenca 13-2	336.16		336.16	10,003.87	5,182.58	800	320	0.0926	0.20	0.25	18.54	31.3	37.3	5.85	8.71
Cuenca 14	449.4	32.32	417.08	10,304.47	4,555.37	460	280	0.0395	0.21	0.26	23.30	31.3	37.3	8.24	12.14
Cuenca 15.1	316.25		316.25	9,311.77	1,368.14	350	315	0.0256	0.20	0.25	10.91	31.3	37.3	5.50	8.19

Anexos A-4 Cuencas de Cruces de Corriente menores

Nº Cuenca	Area (ha)	Área Urbana	Área Rural	Perímetro (m)	Lcauce (m)	Hmáx	Hmín	S m/m	C Ponderado, 25 años	C Ponderado, 50 años	Tc, min	I (mm/h) 25 años	I (mm/h) 50 años	Q (m³/s)25 años	Q (m³/s)50 años
Cuenca A	44.44	3.45	40.99	2776.69	836.00	158.00	138.00	0.023923445	0.21	0.26	7.66	31.3	37.3	0.82	1.20
Cuenca B	422.19	49.74	372.45	10311.65	4,013.00	216.80	140.00	0.019137802	0.22	0.27	27.94	31.3	37.3	7.99	11.71
Cuenca C	214.09	73.67	140.42	8360.1	3,522.05	231.27	147.00	0.023926406	0.25	0.30	23.18	31.3	37.3	4.68	6.69
Cuenca D1	74.1	21.14	52.96	5142.69	2,091.38	240.00	170.00	0.033470723	0.24	0.29	13.64	31.3	37.3	1.56	2.25
Cuenca D2	44.67	20.07	24.6	4224.66	980.16	220.00	199.00	0.021425073	0.27	0.32	9.03	31.3	37.3	1.04	1.47
Cuenca D3	90.32		90.32	5752.55	2,090.54	240.00	170.00	0.033484172	0.20	0.25	13.63	31.3	37.3	1.57	2.34
Cuenca D4	43.08		43.08	3538.25	1,250.00	170.00	140.00	0.024	0.20	0.25	10.43	31.3	37.3	0.75	1.12
CuencaFA	309.95	45	264.95	10041.32	5,009.76	440.00	231.27	0.041664671	0.22	0.27	24.56	31.3	37.3	5.98	8.73
CuencaFB	165.72	12.66	153.06	7975.94	3,313.21	360.00	229.00	0.039538695	0.21	0.26	18.23	31.3	37.3	3.05	4.49
CuencaFC	104.42	19.26	85.16	5257.38	1,854.98	300.00	220.00	0.04312715	0.23	0.28	11.28	31.3	37.3	2.07	3.00
CuencaFD	125.26	7	118.26	5492.31	1,905.00	300.00	220.00	0.041994751	0.21	0.26	11.63	31.3	37.3	2.27	3.35
Cuenca G	196.69		196.69	7719.25	3,667.91	220.00	133.00	0.02371923	0.20	0.25	24.00	31.3	37.3	3.42	5.09

Anexos 4 Estructuras Existentes	
Kilómetro 13+000 Ctra. Masaya	1Ø48" Concreto
Kilómetro 15+800 Ctra. Masaya	3Ø46" Concreto
Kilómetro 16+000 Ctra. Masaya	1Ø45" Concreto
Kilómetro 16+375 Ctra. Masaya	3Ø58" Concreto
Kilómetro 17+540 Ctra. Masaya	2Ø54" Concreto
Kilómetro 17+800 Ctra. Masaya	2Ø45" Concreto
Kilómetro 18+080 Ctra. Masaya	1Ø48" Concreto
Kilómetro 18+670 Ctra. Masaya	1Ø48" Concreto
Kilómetro 19+000 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Kilómetro 19+220 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Kilómetro 19+400 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Kilómetro 19+625 Ctra. Masaya	1Ø36" Concreto
Terminal buses de Veracruz	1Ø50" Acero-Corrugado
Puente Ferrocarril, camino a Sabana Grande	
Kilómetro 14+150	3Ø42" + 2Ø36" Concreto
Kilómetro 13+800	2Ø36" Concreto
Kilómetro 13+750	5Ø58" Concreto
Kilómetro 13+500	Caja puente Concreto

Anexos 4 Estructuras propuestas sobre carretera en proyecto						
Estación	Cuenca	Caudal, m ³ /s	Esviaje	Longitud, m	Nivel de Entrada	Nivel de Salida
9+685.855	C7-1	46.00	50° NE	15.00	131.40	
9+822.18	CA	0.82	81° NE	18.00	134.57	
10+765.312	CB	7.77	27° NW	10.00		
11+732.512	CC, D4	9.67	53° NE	30.00		
12+342.52	D3	4.45	66° NW	18.00		
12+544.81	D2	3.97	65° NW	18.00		
Los enviajes tienen como referencia el Norte magnético						

Anexos 4 Resumen de los cálculos realizados

Descripciones		Dimensiones			Longitudes (m)									
									Entrada		Salida			
Estación	Est. Propuesta	#tubería	Altura cabezales (m)	Tubería	Aletón de entrada	Aletón de salida	Muro de cabezal de entrada	Muro de cabezal de salida	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Entrada	Salidas
9+685.86	CAJA PUENTE 3.0 X 3.0 M	0.00	0.00	0.00	1.49	1.07	0.00	0.00	3.30	2.20	3.30	2.20	3.30	2.20
9+847.64	1–TCR–30"	1.00	1.91	15.00	1.49	1.07	2.00	1.86	1.42	0.83	0.94	0.61	1.55	0.94
10+765.31	CAJA PUENTE de 2.0 x 3.0 m	0.00	0.00	0.00	1.49	1.07	0.00	0.00	2.80	2.20	2.80	2.20	2.80	1.35
11+732.51	3–TCR–54"	1.00	2.57	15.00	2.73	2.14	2.71	2.57	2.75	1.90	1.65	1.68	2.88	1.65
12+342.52	2–TCR–42"	2.00	2.24	18.00	2.11	1.61	4.29	4.15	4.02	1.37	1.29	1.15	4.15	3.23
12+544.81	3–TCR–54"	3.00	2.57	18.00	2.73	2.14	7.66	7.52	7.70	1.90	1.65	1.68	7.83	6.60

Anexos 4 INTENSIDADES MÁXIMAS ANUALES, DURACION EN MINUTOS, EST. AEOPUERTO INTERNACIONAL

AÑOS	5	10	15	30	60	120	360
1974	198.0	115.2	84.0	59.0	44.4	30.9	6.3
1975	126.0	125.4	118.4	100.0	90.0	65.6	8.6
1976	123.6	118.2	113.6	72.4	41.6	22.8	7.0
1977	187.2	142.2	118.4	79.2	52.1	29.2	2.1
1978	126.0	125.6	90.8	77.0	49.0	30.2	6.3
1979	121.2	111.6	92.8	57.8	42.4	26.8	10.2
1980	180.0	178.2	158.4	99.0	63.8	37.3	13.5
1981	153.6	109.2	104.8	59.6	36.7	23.0	5.8
1982	155.6	122.4	95.6	68.0	57.7	33.6	23.7
1983	133.2	102.0	80.8	55.8	35.4	18.1	8.8
1984	151.2	150.0	123.2	112.8	63.2	32.7	10.1
1985	150.0	134.4	109.6	106.4	77.3	67.9	52.8
1986	158.4	103.8	88.0	54.4	28.5	8.9	7.0
1987	200.4	151.8	119.2	84.4	47.1	17.4	7.1
1988	212.4	168.8	134.4	93.2	64.2	21.2	7.2
1989	150.1	120.7	98.0	36.4	25.2	14.8	6.1
1990	106.2	86.4	72.4	62.5	36.9	14.8	6.0
1991	238.8	204.0	159.6	82.2	33.8	23.0	9.1
1992	123.6	111.0	98.0	69.0	39.3	21.5	6.1
1993	150.0	111.0	87.2	66.0	49.3	29.1	11.1
1994	122.4	108.6	90.0	60.6	54.3	32.8	18.7
1995	115.2	114.0	113.0	76.0	76.0	45.8	6.0
1996	124.8	121.8	120.0	69.6	43.5	23.3	11.6
1997	120.0	120.0	80.0	64.0	33.4	14.9	10.7
1998	230.4	141.6	110.4	76.6	43.1	24.5	7.2
1999	126.0	109.8	84.0	62.4	32.6	22.7	5.8
2000	124.8	116.4	125.2	89.2	51.2	19.8	7.8
2001	230.4	164.0	119.2	76.8	46.0	30.6	9.9
2002	126.0	120.0	114.0	90.0	66.5	62.7	27.0

Fuente: Estación meteorológica de Aeropuerto Internacional de Nicaragua, INETER.