

**Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua
UNAN-Managua
Facultad de Ciencias e Ingenierías
Carrera Ingeniería Civil**



**Tesis de Seminario de Graduación
para optar al título de Ingeniero Civil**

Estudio de prefactibilidad técnico-económico-ambiental para el anteproyecto "Vía
Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco, en el Departamento de
Rivas."

Autores:

Francis Gabriela Mejía Jiménez.
Omar Alejandro Matus Hernández.
Yasser Condega Carrillo.

Tutor:

Ing. Ernesto Cuadra Chévez.

**Managua, Nicaragua
Abril de 2008**



Estudio de prefactibilidad técnico-económico-ambiental para el anteproyecto "Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco, en el Departamento de Rivas."





Agradecimiento

El resultado de un trabajo, representa el esfuerzo de muchas personas que de una u otra forma han aportado para que este sea posible.

Sin embargo siempre habrá personas a quienes agradecer por su especial ayuda, así como por habernos confiado un reto que enfrentar y vencer. De todas ellas:

A Dios, autor de nuestras vidas, por darnos fortaleza para llegar a la meta.

A nuestros queridos padres, que con su esfuerzo y amor han contribuido a la culminación de esta etapa tan importante en nuestras vidas.

A nuestro tutor, Ing. Ernesto Cuadra Chévez, por su guía, orientación, tolerancia y paciencia.

A la Alcaldía de Buenos Aires; Sra. Alcaldesa Zela Díaz de Obregón y su personal, en especial a Harold Martínez por su tiempo y colaboración.

A la Alcaldía de San Jorge; Sr. Alcalde Luis Felipe Baldizón y su personal, en especial a Pabel Avellán por su atención.

Al Personal de INETER, en especial al Ing. Mauricio Rosales por su tiempo y ayuda.

Al Personal del MTI, en especial agradecimiento a la Ing. Thelma Zambrano y al Ing. Joaquín Guevara por confiar en el trabajo universitario.

Y finalmente a quienes por sus obligaciones no les fue posible apoyarnos, a un a ellos por ponernos frente a obstáculos que superar.

Nuestro Agradecimiento.



CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| RESUMEN..... | 8 |
| INTRODUCCIÓN | 10 |
| Capítulo I. Caracterización del Proyecto | 12 |
| I.1- ANTECEDENTES..... | 13 |
| I.2- OBJETIVOS..... | 14 |
| I.3- JUSTIFICACIÓN | 15 |
| Capítulo II. Estudio y Análisis de Mercado..... | 18 |
| II.1- INTRODUCCIÓN | 19 |
| II.2- OBJETIVOS..... | 19 |
| II.3- DEFINICIÓN DEL PRODUCTO EN EL MERCADO..... | 20 |
| II.4- DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL MERCADO | 21 |
| II.5- ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DEMANDA..... | 22 |
| II.6- MÉTODOS DE PROYECCIÓN..... | 29 |
| II.7- CONCLUSIONES..... | 33 |
| Capítulo III. Estudio y Análisis Técnico..... | 35 |
| III.1-INTRODUCCIÓN | 36 |
| III.2- OBJETIVOS..... | 36 |
| III.3-TAMAÑO DEL PROYECTO..... | 37 |
| III.4- LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO..... | 38 |
| III.5- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA E IMPORTANCIA DE LA VÍA..... | 40 |
| III.6- TRÁFICO | 41 |
| III.7- DISEÑO GEOMÉTRICO | 75 |
| III.8- SUELOS Y PAVIMENTO..... | 124 |
| III.9- PUENTE | 152 |
| III.10- ALCANTARILLAS | 161 |
| III.11- OTRAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO | 163 |
| III.12- ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL PROYECTO..... | 168 |
| III.13- CONCLUSIONES..... | 170 |
| Capítulo IV. Análisis y Evaluación Económica | 171 |
| IV.1- INTRODUCCIÓN | 172 |
| IV.2- OBJETIVOS | 172 |
| IV.3- GENERALIDADES..... | 173 |
| IV.4- COSTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO | 186 |
| IV.5- INGRESOS DIRECTOS | 187 |
| IV.6- FLUJO DE FONDOS..... | 189 |
| IV.7- CRITERIOS DE ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO..... | 195 |



| | |
|--|------------|
| IV.8- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD | 196 |
| IV.9- CONCLUSIONES | 197 |
| Capítulo V. Análisis Social | 199 |
| V.1- INTRODUCCIÓN | 200 |
| V.2- OBJETIVOS | 200 |
| V.3- DESCRIPCIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA ZONA | 201 |
| V.4- CONCLUSIONES | 217 |
| Capítulo VI. Análisis Ambiental | 218 |
| VI.1- GENERALIDADES | 219 |
| VI.2- OBJETIVOS | 220 |
| VI.3- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... | 220 |
| VI.4- DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INFLUENCIAS | 221 |
| VI.5- IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES | 224 |
| VI.6- CONCLUSIONES | 235 |
| CONCLUSIONES..... | 237 |
| RECOMENDACIONES | 239 |
| GLOSARIO | 240 |
| BIBLIOGRAFÍA | 245 |
| ANEXOS | 246 |
| Anexo 1. Gráficas de Proyección de demanda de vehículos y turistas..... | 247 |
| Anexo 2. Memoria de cálculos de proyección de afluencia de turistas y vehículos..... | 248 |
| Anexo 3. Capacidad y niveles de servicio en circulación continua (Carreteras Convencionales). | 251 |
| Anexo 4. Capacidad y niveles de servicio en circulación ininterrumpida | 255 |
| Anexo 5. Ingresos en córdobas durante las temporadas de invierno y verano | 258 |
| Anexo 6. Análisis de Sensibilidad (Segunda Opción) | 260 |
| Anexo 7. Hoja de cálculos de espesores de pavimentos | 265 |
| Anexo 8. Figuras utilizadas en el cálculo de espesores de pavimento | 268 |
| Anexo 9. Álbum de Fotos | 271 |
| Anexo 10. Factores de ejes equivalentes de carga según el tipo de vehículos | 274 |
| Anexo 11. Formulario de Solicitud de Permiso Ambiental del MARENA | 278 |
| Anexo 12. Coordenadas tomadas sobre la vía mediante un GPS..... | 285 |
| Anexo 13. Dibujo de puentes..... | 292 |
| Anexo 14. Valores LP, P, SA y N para velocidades de 80 a 30 K/h y diferentes Gc..... | 295 |
| Anexo 15. Secciones Típicas y Vista en Planta de Carretera..... | 300 |
| Anexo 16. Matriz de Leopold | 303 |
| Anexo 17. Curvas horizontales..... | 305 |
| Anexo 18. Trazado Planta-Perfil..... | 310 |



LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla II.1 Principales mercados receptores de turismo en la región centroamericana (1995).... | 22 |
| Tabla II.2- Afluencia de Turistas a los balnearios del municipio de Buenos Aires. | 27 |
| Tabla II.3- Afluencia de Turistas a los balnearios del municipio de San Jorge..... | 28 |
| Tabla II.4- Promedio de la afluencia de turistas en las playas de San Jorge y Buenos Aires | 28 |
| Tabla II.5- Afluencia de vehículos al municipio Buenos Aires..... | 28 |
| Tabla II.6- Afluencia de vehículos al municipio de San Jorge..... | 29 |
| Tabla II.7- Promedio de afluencia de vehículos en los municipios de San Jorge y Buenos Aires . | 29 |
| Tabla II.8- Afluencia de Turistas en los municipios de San Jorge y Buenos Aires | 32 |
| Tabla II.9- Afluencia de Vehículos del transporte público y privado en los municipios de San Jorge y Buenos Aires..... | 32 |
| Tabla III.6.1- Registros históricos de la estación N° 206 | 47 |
| Tabla III.6.2- Registros Históricos de la Estación Permanente N° 206..... | 47 |
| Tabla III.6.3- Tasas de Crecimiento del Tráfico Desarrollado Por Tipo de Vehículos | 48 |
| Tabla III.6.4- Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual TPDA (vpd) | 55 |
| Tabla III.6.5- Distribución Horaria del Tráfico Promedio Diario (vph) | 56 |
| Tabla III.6.6- Distribución Horaria del Tráfico Promedio Diario (vph) | 57 |
| Tabla III.6.7- Proyecciones del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)..... | 58 |
| Tabla III.6.8- Tasas de Crecimiento del Tráfico Desarrollado Por Tipo de Vehículos | 60 |
| Tabla III.6.9- Tráfico Desarrollado | 60 |
| Tabla III.6.10- Trafico Promedio Diario Anual (Trafico Total) | 61 |
| Tabla III.6.11- Condiciones de Geometría y Tráfico | 64 |
| Tabla III.6.12- Condiciones Geométricas, Tráfico, Capacidad y Nivel de Servicio | 68 |
| Tabla III.6.13- Condiciones Geométricas y de Tráfico para el Segundo Tramo | 70 |
| Tabla III.6.14- Condiciones Geométricas, Tráfico, Capacidad y Nivel de Servicio | 75 |
| Tabla III.7.1- Nivel de servicio para diseño según el tipo de carretera..... | 80 |
| Tabla III.7.2- Peralte máximo | 81 |
| Tabla III.7.3- Valores de f en función de la velocidad de diseño..... | 84 |
| Tabla III.7.4- Valor del desarrollo con respecto a Δ | 86 |
| Tabla III.7.5- Relación entre pendiente máxima y velocidad de diseño | 93 |
| Tabla III.7.6- Valores de K para el cálculo de L | 96 |
| Tabla III.7.7- Resultados del desarrollo del peralte y sobreebanco de la curva horizontal 1..... | 101 |
| Tabla III.7.8- Resultados del desarrollo del peralte y sobreebanco de la curva horizontal 2..... | 105 |
| Tabla III.7.9- Resultados del desarrollo del peralte y sobreebanco de la curva horizontal 3..... | 110 |
| Tabla III.7.10- Resultados del desarrollo del peralte y sobreebanco de la curva horizontal 4..... | 114 |
| Tabla III.7.11- Resultados del desarrollo del peralte y sobreebanco de la curva horizontal 5..... | 119 |
| Tabla III.7.12- Resultados del desarrollo del peralte y sobreebanco de la curva horizontal 6..... | 123 |



| | |
|--|-----|
| Tabla III.8.1- Factor de distribución por carril..... | 133 |
| Tabla III.8.2- Períodos de diseño en función del tipo de carretera..... | 134 |
| Tabla III.8.3- Valores de “r” de confiabilidad | 134 |
| Tabla III.8.4- Relación entre el nivel de confianza y la desviación normal estándar ZR | 135 |
| Tabla III.8.5- Coeficientes “a1” para carpeta de rodamiento | 139 |
| Tabla III.8.6- Capacidad del drenaje para remover la humedad..... | 140 |
| Tabla III.8.7- Valores recomendados para modificar los coeficientes estructurales de capa de bases | 140 |
| Tabla III.8.8- Factor de distribución por carril..... | 141 |
| Tabla III.8.9- Factores Camión por tipo de vehículo | 146 |
| Tabla III.8.10- Ejes acumulados totales en el periodo de diseño..... | 147 |
| Tabla III.8.11 Valores de Confiabilidad y Factores de Seguridad | 147 |
| Tabla III.8.12- Unidades de Diseño y caracterización del material de la sub-rasante para un 90% de la DMS..... | 148 |
| Tabla III.8.13- CBR utilizados para el proyecto San Jorge El Menco | 149 |
| Tabla III.8.14- Valores requeridos de Número Estructural (SN) sobre la sub-rasante por Unidad de Diseño | 149 |
| Tabla III.8.15- Valores de SN sobre la capa de base granular, por Unidad de Diseño..... | 151 |
| Tabla III.8.16- Valores de SN sobre la capa de base granular, por Unidad de Diseño..... | 151 |
| Tabla III.8.17- Requisitos de calidad de las mezclas asfálticas..... | 151 |
| Tabla III.8.18- Espesores de capas de la estructura del pavimento..... | 152 |
| Tabla III.12.1- Costo del Proyecto | 168 |
| Tabla IV.1- Personal para Mano de Obra y Administración..... | 183 |
| Tabla IV.2- Costo de peaje | 188 |
| Tabla IV.3- Ingresos Anuales | 188 |
| Tabla IV.4- Fondo de Amortización | 190 |
| Tabla IV.5- Flujo de Fondos | 191 |
| Tabla IV.6- Resultados del Análisis de Sensibilidad | 196 |
| Tabla V.1- División Política y Administrativa del Municipio de San Jorge | 201 |
| Tabla V.2- Población por Barrios y Comarcas | 202 |
| Tabla V.3- Estructura Poblacional del Municipio de Buenos Aires | 211 |
| Tabla VI.1- Lista de chequeo de los principales factores ambientales impactados y acciones impactantes | 226 |
| Tabla VI.2- Impactos provocados por el proyecto | 226 |
| Tabla VI.3- Medidas de mitigación..... | 233 |



RESUMEN

Este trabajo, el cual ha sido titulado: **Estudio de prefactibilidad técnico-económico-ambiental para el anteproyecto Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco, en el departamento de Rivas**, se ha presentado como trabajo final para el Seminario de Graduación en la Facultad de Ciencias e Ingenierías de la UNAN-Managua, con el objetivo de que los autores obtengan el título de Ingeniero Civil. Este trabajo ha sido elaborado con mucha dedicación, aplicando los conocimientos adquiridos tanto en las aulas de clase como en las prácticas profesionales, con el fin de que pueda ser utilizado como un suplemento que sirva para guiarse en la realización de un estudio de prefactibilidad en los aspectos teóricos y técnicos referentes al diseño de carreteras.

El estudio del anteproyecto se presenta en forma clara y detallada, para que el lector lleve una secuencia lógica de cada uno de los aspectos que encuentre a medida que se va introduciendo en la lectura del mismo. El documento se divide en seis capítulos, en los cuales se detallan todos los estudios: Caracterización del Proyecto, Estudio de Mercado, Estudio Técnico, Evaluación Económica, Análisis Social y Análisis Ambiental. Además se presenta una sección de anexos, en los que se detallan las tablas de referencias de diseño, resumen de resultados, bibliografía empleada, fotos del sitio de estudio y los respectivos planos constructivos.

El proyecto cuenta con 22.91 km en su totalidad, requiriendo de una inversión inicial muy alta para los ingresos económicos de nuestro país y de esta forma poder ejecutarlo, por tanto se realizaron los diferentes estudios (Mercado, Técnico, Ambiental) para una primera parte del proyecto (9.22 km) con el fin de realizar el proyecto en varias etapas, de esta manera resultaría más factible para los inversionistas desembolsar el monto total del proyecto por parte, es decir mediante diferentes etapas

En el Capítulo I, titulado Caracterización del Proyecto, se permite identificar el origen y las posibles causas que motivan la ejecución e implementación del proyecto,



considerando la realidad del sector en el cual se ubica el anteproyecto en estudio. En este capítulo se definen claramente los objetivos (general y específicos) del trabajo, los cuales permiten conocer en forma concreta y clara donde se dirige el proyecto y cuál es su meta final. Así mismo se plantea la justificación del anteproyecto, en la cual se detallan las razones por las cuales se considera que el impacto del proyecto justifica la solicitud del financiamiento y la ejecución de la inversión.

En el Capítulo II, Estudio y Análisis de Mercado, se determina la cantidad demandada de vehículos que harán uso de la carretera, en estudio, mediante datos históricos. La investigación de la demanda tiene como resultado un pronóstico cuantitativo del mercado. Esta información es la primera y muchas veces la más determinante para juzgar la prefactibilidad de un proyecto. Un estudio de mercado debe facilitar la toma de decisiones, verificar la verdadera potencialidad existente en el mercado, este estudio más que describir y proyectar los mercados relevantes para el proyecto, deberá ser la base sólida sobre la que continúe el estudio completo y además proporcione datos básicos para las demás partes del estudio.

En el Capítulo III, Estudio y Análisis Técnico, se demuestra la factibilidad técnica, reflejando y justificando mediante un estudio de tráfico aquella alternativa técnica que logra una optimización de los recursos que se invertirán. En este capítulo se realiza un diseño dimensional en cuanto a ancho de calzada, curvas horizontales, verticales y las secciones transversales.

El capítulo IV, Análisis y Evaluación Económica, recopila todos los capítulos anteriores para determinar los resultados económicos que pueden esperarse de la inversión. Desde el punto de vista de una institución de crédito, la parte socioeconómica de un estudio de factibilidad es la más importante para la realización de un proyecto.

El capítulo V, Análisis Social, realiza una explicación de la situación socioeconómica actual de los municipios comprendidos dentro del proyecto, San Jorge y Buenos Aires.



En el capítulo VI, Análisis Ambiental del Proyecto, se presenta el estudio del impacto ambiental, especificando todas aquellas normas a cumplir durante el proceso de construcción de la carretera en estudio.

INTRODUCCIÓN

Las carreteras tanto urbanas como rurales son parte fundamental del entorno que rodea a la sociedad de manera que afecta al hombre en sus actividades diarias. Por esta razón la calidad de vida del hombre está influenciada por el nivel de servicio de las carreteras que estén a su alrededor. Así mismo, la economía que es el factor primordial en la supervivencia del hombre, está estrechamente relacionada con la infraestructura vial y el desarrollo que en esta materia posea la región en la que está establecida la sociedad. Por tanto, la comodidad de los usuarios de las vías de transporte debe incrementarse en consonancia con la mejora general de la calidad de vida de la población.

El patrimonio nacional de la red vial de Nicaragua asciende a un total de 19,036.57km de los cuales 2,299.28km son pavimentados y 16,737.29 no pavimentados*. Nicaragua es un país en vías de desarrollo y tiene planeado, en sus próximos años proyectos de gran envergadura en materia vial. Por otro lado desde hace 5 años, el turismo se ha convertido en la actividad económica más importante del país. Ofreciendo una oferta turística auténtica que incluye; naturaleza, cultura, historia y aventura, sin embargo el reto se orienta considerar la cantidad y calidad de la infraestructura necesaria, para dar respuesta a la demanda turística generada y poder desarrollar la actividad turística.

* Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Diciembre 2005



En estos contextos, se determinó la realización del estudio de prefactibilidad técnico-económico-ambiental para el anteproyecto *Vía turística entre los balnearios San Jorge y El Menco*, mediante el cual se pretende promover la actividad turística de la zona, mejorando los sistemas de acceso a las distintas playas ubicadas en el municipio de Buenos Aires. Así mismo, se pretenden obtener beneficios económicos para todos los pobladores dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto.



Capítulo I: Caracterización del Proyecto



I.1- ANTECEDENTES

El proyecto “Vía Turística entre los Balnearios de San Jorge y El Menco” se ubica entre los municipios de San Jorge y Buenos Aires, situados en el departamento de Rivas.

La carretera objeto del presente estudio consta con 4.26 km de camino a ser mejorado, sin embargo en 4.65 km se construirá una carretera nueva que incluirá movimiento de tierra. Estas condiciones demandan la necesidad de rehabilitar la vía en sus diversos componentes, que se resumen en construir el pavimento por las razones anteriormente expuestas, habilitar un nuevo sistema de drenaje, y atender aspectos ambientales inmediatos y sostenidos de problemas que se presentan a lo largo de la línea existente del Proyecto.

El municipio de Buenos Aires está ubicado a 114km al suroeste de Managua, Capital de Nicaragua, entre las coordenadas 11°28' de latitud norte y 85°49' de longitud oeste. Sus límites son: Al norte con municipio de Nanadaime, departamento de Granada y el Lago de Nicaragua; Al Sur con el Municipio de San Jorge y Rivas, Departamento de Rivas; Al Este con el Lago de Nicaragua; Al Oeste con el Municipio de Potosí. La forma del municipio es alargada, con una longitud de 28 km. en el eje Norte/Sur. Cuenta con 25 km. de costa lacustre con elevado potencial ecoturístico.

La ciudad de San Jorge está ubicada a 115 kilómetros de Managua y cuenta con unos 8,000 habitantes, la mayoría de los cuales se dedican a las labores agrícolas, como el cultivo del plátano, una de sus principales fuentes de ingresos. SAN JORGE se localiza entre las coordenadas 11° 27' latitud norte y 85° 48' longitud oeste.

Límites Al Norte: Con el municipio de Buenos Aires. Al Sur: Con el municipio de Rivas. Al Este: Con el Lago de Nicaragua (Cocibolca). Al Oeste: Con el municipio Rivas. San Jorge cuenta con uno de los balnearios más bellos de toda Nicaragua ya que hacia el Este tiene una extensa franja de playa que limita con el Gran Lago de Nicaragua, a la



orilla de la cual existen muchos hoteles y restaurantes para atender las necesidades de los visitantes.

Los municipios de San Jorge y Buenos Aires son municipios con un gran potencial turístico, ya que se encuentran ubicados frente al Gran Lago de Nicaragua, el cual contiene la hermosa Isla de Ometepe con sus dos majestuosos volcanes: El Concepción y El Madera. Sin embargo, estos dos municipios no han sido completamente explotados turísticamente.

Ambos municipios presentan una gran afluencia de turistas al año, siendo el municipio de san Jorge el más visitado.

San Jorge presenta frente a las costas del Lago de Nicaragua una serie de restaurantes que instan a los turistas a visitar sus playas, en cambio Buenos Aires posee poca afluencia de turistas extranjeros, ya que no hay suficiente información sobre sus costas, de igual manera no cuenta con suficiente explotación de sus playas, es decir no posee restaurantes, hoteles, etc. atractivos para el turismo nacional e internacional.

I.2- OBJETIVOS

Objetivo General:

- Realizar una evaluación de prefactibilidad técnica-económica-ambiental de los primeros 9.22 km del anteproyecto *Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco en el departamento de Rivas.*

Objetivos Específicos:



- Detectar y medir la necesidad turística actual y futura de vehículos que harán uso de la **Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco**

- Diseñar una sección típica de la primera etapa de la vía turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco en el departamento de Rivas.

- Determinar la viabilidad del proyecto mediante el funcionamiento de la primera etapa del proyecto Vía turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco en el departamento de Rivas, durante los veinte años de vida útil del proyecto.

- Identificar los beneficios sociales del proyecto en los municipios de San Jorge y Buenos Aires.

- Identificar los principales impactos ambientales y sociales, directos e indirectos, positivos y negativos, que causará el mejoramiento y rehabilitación de la carretera.

I.3- JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo **Estudio de prefactibilidad técnico-económico-ambiental para el anteproyecto Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco, en el departamento de Rivas** ha sido elaborado, en primera instancia, con el fin de retribuir a la sociedad la inversión que realizan en las universidades públicas a través de sus impuestos. Además para que éste sea utilizado por estudiantes de Ingeniería Civil para la realización de futuros trabajos de curso o como material de consulta para la realización del diseño de carreteras.

Mediante la ejecución del anteproyecto planteado se logrará dar fin a la problemática que sufren muchos usuarios de la zona en estudio. El flujo vehicular de este tramo se debe en su mayoría, al tráfico de vehículos livianos que utilizan la vía con



finés turísticos. De ahí la necesidad de eliminar las condiciones un poco favorables en que se encuentran las calles a mejorar, a través de un diseño geométrico y estructural que permita eliminar estos problemas durante un período de 20 años (período de diseño). Estas mejoras permitirán que los usuarios puedan circular con libertad, ahorrando tiempo y evitando el deterioro de sus vehículos de transporte provocado por el deterioro del camino actual. Además se reducirían accidentes, ya que mediante una moderna red vial se proveen suficientes facilidades físicas para reducir la ocurrencia de accidentes, como lo son el dimensionamiento necesario de carriles y las precauciones adecuadas en el cálculo de la distribución vehicular.

Además de mejorar el flujo de transporte del tramo de carretera ubicado entre los balnearios de San Jorge y El Riego, se mejorarán las condiciones adecuadas para promover el turismo de la zona así como; bahías de buses, arborización, lugares de descanso (bancas).

La mayoría de las playas del país, principalmente las del Pacífico, constituyen un gran potencial turístico, de marcada importancia para la economía del país. Sin embargo, para alcanzar los beneficios de las grandes posibilidades turísticas que ostentan estas playas, son evidentemente necesarias las vías de comunicación. Actualmente las carreteras que conducen a estas playas se encuentran en graves condiciones de deterioro, así como también los caminos existentes costeros que adolecen de estructuras adecuadas para el cruce de ríos y quebradas de la zona, razones obvias del por qué este potencial no ha podido ser explotado en su máxima expresión. No menos cierto es el hecho de que se ha notado un esfuerzo tal vez un poco incipiente en las infraestructuras de algunos lugares tales como Masachapa, La Boquita, Casares, etc., en los que se ha venido observando cada vez con mayor notoriedad un impulso animado de grandes expectativas turísticas de parte del Gobierno de Nicaragua, quien ha gestionado con Entidades Crediticias como el Banco Mundial hacer realidad las expectativas del logro de los objetivos turísticos por tanto tiempo contenidos.



Con la creación de la vía turística se aprovecharían las riquezas de la zona mediante la construcción de nuevos proyectos turísticos como restaurantes, hoteles, etc. que atraerían muchos visitantes nacionales e internacionales. De esta manera, mediante el turismo, las alcaldías de los municipios de san Jorge y Buenos Aires obtendrían mayores ingresos económicos los cuales serían utilizados para el mejoramiento y el progreso de la zona.



Capítulo II: Estudio y Análisis de Mercado



II.1- INTRODUCCIÓN

El estudio de mercado es una herramienta de mercadeo que permite y facilita la obtención de datos, resultados que de una u otra forma serán analizados, procesados mediante herramientas estadísticas y así obtener como resultados la aceptación o no y sus complicaciones de un producto dentro del mercado.

El estudio o investigación de mercado, es la compilación sistemática de los datos históricos y actuales de oferta y demanda en el análisis de los posibles vehículos que circularían por la carretera, permitiendo estimar el comportamiento futuro de los vehículos.

II.2- OBJETIVOS

Objetivo General:

- Detectar y medir la necesidad turística actual y futura de vehículos que harán uso de la ***Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco***

Objetivos Específicos:

- Definir el anteproyecto ***Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco*** dentro del mercado.
- Delimitar geográficamente el anteproyecto dentro del mercado.
- Realizar el análisis y evaluación de la demanda del mercado mediante uno de los Métodos de Proyección.



II.3- DEFINICIÓN DEL PRODUCTO EN EL MERCADO

El proyecto en estudio consiste en el diseño de una vía de 9.22km entre los balnearios de San Jorge y El Menco, ubicados en el departamento de Rivas, que servirá como un medio de transporte entre los pobladores de la zona, iniciando el proceso de desarrollo de las ciudades o incrementando el existente, pues la comunicación es la base del comercio y de todas las demás actividades económicas de una ciudad. El proyecto se realizará para una vida útil de 20 años. El proyecto total consiste en una carretera a orillas de la costa del Lago de Nicaragua que parte de la Iglesia del Municipio de San Jorge hasta llegar al balneario El Menco y recorre las playas del municipio de Buenos Aires, localizándose la vía a 50m de la costa. Sin embargo, los estudios que se realizarán serán para la primera parte del proyecto, partiendo desde la iglesia del municipio de San Jorge hasta el balneario El Riego.

Toda red vial es planificada con el objetivo de proporcionar beneficios a la sociedad en conjunto o a los individuos.

El término “beneficio” se usa en forma más general para designar una ventaja que puede traducirse en dinero, disfrutada en forma directa por los usuarios, un beneficio es un valor asignado originado por el incremento del capital y como resultado de una acción determinada.

Una red vial planificada eficientemente y en la que los estudios técnicos, políticos, económicos, sociales, etc. han sido plenamente satisfechos, pasada a las etapas de diseño y construcción, producirá una serie de beneficios los cuales pueden expresarse en:

- **Reducción en la distancia o longitud de ruta:** Esto es una consecuencia de una adecuada selección de ruta en base a los diferentes



factores de topografía local, densidad de población, uso actual o futuro del suelo.

- **Reducción de accidente:** Una moderna red vial proveerá de suficientes facilidades físicas de tal forma que reduciría la ocurrencia de accidentes. Es de carácter indispensable el considerar los diferentes puntos dentro de la red que atraerán grandes concentraciones de viajes, para lo cual se deben de tomar las precauciones adecuadas en el cálculo de la distribución vehicular, así como también el dimensionamiento necesario de los carriles.
- **Turismo:** Con la construcción de nuevas vías de comunicación, se generarán nuevos tipos de viajes, siendo inducidos por los no usuarios de las vías, dando como resultado un incremento en el turismo, que es considerado en muchos países como uno de los factores de importancia en el producto interno bruto de una nación.

Existen otros tipos de beneficios que por su naturaleza no pueden ser evaluables a precio de mercado, pero que también son de importancia, entre ellos tenemos: impacto general del uso de vehículos, áreas culturales e históricas en donde la pérdida o ganancia principal es para los usuarios.

II.4- DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL MERCADO

El proyecto de “Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco”, ubicado entre los Municipios de San Jorge y Buenos Aires se pretende dirigir principalmente al mercado turístico, pues mediante esta vía se disfrutarán de las playas ubicadas en dichos municipios, las cuales son muy concurridas por turistas en toda época del año, sin embargo las playas ubicadas en el municipio de Buenos Aires no son muy conocidas por los turistas nacionales e internacionales, pues el camino que



permite acceder a ellas no se encuentra en buen estado, además de no poseer suficiente información a nivel nacional e internacional sobre lo que sus playas ofrecen.

Una vez realizada la vía se producirá un incremento en el turismo de la zona, tanto internacional como nacional, ya que la vía abrirá camino a muchos hoteles y restaurantes que atiendan las diversas necesidades de todos los visitantes a los distintos balnearios.

II.5- ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DEMANDA

Desarrollo del turismo en Nicaragua

La actividad turística ha contribuido de manera notable al desarrollo de las economías de los países centroamericanos, pudiéndose convertir, a corto plazo, en el sector generador de mayores ingresos de divisas a dichos países, por encima incluso de la producción agrícola.

La participación de Centroamérica en el contexto del turismo continental, sigue siendo baja, aunque en 1995 mejoró ligeramente su posición. En efecto, durante ese año, el número de llegadas a Centroamérica creció el 4.2%, para llegar a 2 463 000 visitantes, mientras que los ingresos por turismo lo hicieron en el 8.4%, para situarse en US\$1 483 millones.

Tabla II.1 Principales mercados receptores de turismo en la región centroamericana (1995)*

| N° | País | N° de Turistas | Variación 1994-1995 | Ingresos (U\$M) | Variación 1994-1995 | Ingreso "per cápita" (U\$) |
|----|------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|----------------------------|
| 1 | Costa Rica | 792,000 | 4.1 | 661 | 5.6 | 834 |

* Fuente: OMT (Organismo Mundial del Turismo)



| | | | | | | |
|----------|------------------|------------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| 2 | Guatemala | 563,000 | 4.9 | 277 | 7.2 | 491 |
| 3 | Panamá | 328,000 | 1.2 | 310 | 27.90 | 945 |
| 4 | Nicaragua | 281,000 | 18.4 | 44 | 11.0 | 157 |
| 5 | El Salvador | 235,000 | 29.8 | 75 | -12.8 | 319 |
| 6 | Honduras | 215,000 | 8.6 | 34 | 3.0 | 158 |
| 7 | Belice | 131,000 | 1.6 | 78 | 9.9 | 572 |
| | Total | 2,545,000 | 7.5 | 1,483 | 9.4 | 583 |

Nicaragua, durante los últimos cinco años, ha sido el país que presenta un mayor crecimiento --164%-- en cuanto al número de visitantes recibidos y --265%-- en los ingresos resultantes de su actividad turística.

Nicaragua cuenta con unas sobresalientes condiciones de partida para su consolidación como destino turístico en el ámbito internacional. Dispone de una amplia y variada oferta que basada en recursos naturales contiene parámetros de diferenciación suficientes para asegurar, con alta probabilidad, su éxito como destino turístico. Playas con temperaturas templadas todo el año, ciudades de arquitectura colonial, lagos, bosques tropicales, islas en el mar, etc. estos elementos integran un destino con un óptimo potencial turístico y muy especialmente en cuanto a la práctica del ecoturismo se refiere, si bien, sería necesario reforzar las infraestructuras turísticas del país para adaptarse a un grupo de demanda de nivel adquisitivo medio ya motivado.

En cuanto a la diversidad de sus recursos, el *World Travel and Tourism Council* afirma en su informe "The 2004 Travel & Tourism Economic Research" que Nicaragua es una de las regiones con más potencial de crecimiento de toda América Latina, estimándose las previsiones de demanda en cifras aproximadas al 5.7% de crecimiento anual para la década 2004-2014.

Este potencial turístico está igualmente reflejado en los datos recogidos durante el período 1995 y 2002, cuando Nicaragua se posicionó en el ranking mundial de *Destinos Turísticos Emergentes* de la OMT*, esto es, un destino cuyo porcentaje de

* Organización Mundial del Turismo



crecimiento es el doble al de la media mundial y que además experimenta un incremento de, al menos, 150,000 llegadas durante dicho período.

El escenario de evolución futura del sector turístico dibujado por la OMT tendrá una influencia clara en Nicaragua como destino emergente. Las tendencias marcadas implicarán un cambio en el perfil turístico al que tanto empresarios como administraciones públicas, deberán adecuar su oferta y, de manera conjunta, reestructurar sus políticas de comercialización y promoción.

El futuro del sector turístico nicaragüense se presenta optimista. La llegada de turistas internacionales al país ascendió a 614,782 en el año 2004, logrando una tasa de crecimiento del 16.9% con respecto al año anterior.

La positiva evolución de dicho parámetro se manifiesta desde la última década.

El Instituto Nicaragüense de Turismo (INTUR) estima en 166.7 millones U\$ los ingresos generados por esta actividad durante el año 2004, lo que supone un importante incremento con respecto a años anteriores. La citada circunstancia pone fin a la situación de estancamiento de ingresos de divisas por turismo de años anteriores (2000-2002), lo que se debió principalmente a la recesión económica mundial y los ataques terroristas del 11 de septiembre. Así, la evolución positiva experimentada en los últimos años por los parámetros de referencias citados –número de llegadas de turistas internacionales e ingresos de divisas por turismo-, determina la percepción de **las amplias posibilidades de desarrollo de Nicaragua como destino turístico.**

En el mediano plazo, el turismo en Nicaragua se presenta como uno de los campos de mayor potencialidad de explotación. En 1992, Nicaragua recibió vía ingresos turísticos US\$21 millones. En 1994, esta cantidad fue de US\$40 millones, lo que experimentó un alza de casi el 100%. Para 1995, esta suma fue de US\$44.5 millones, lo que demuestra una clara tendencia del desarrollo de este rubro como fuente de ingresos líquidos al país.



Vía turismo, Nicaragua recibió diez dólares de ingreso por cada habitante (cada visitante dejó un promedio de US\$157 dólares). En 1995 el turismo ocupó el cuarto lugar como rubro generador de divisas, superado únicamente por el café, los mariscos y la carne. Lo anterior significa un 11% del total de las exportaciones de mercancías y un 39.6% de las exportaciones de servicios comerciales*. La tasa promedio anual de crecimiento de los ingresos por turismo entre 1992-1995 fue del 30%. En igual período, las exportaciones del país crecieron el 20,6%, producto del incremento de los precios internacionales y del volumen exportado de los principales productos†. Para 1995, el ingreso del sector turismo representó un 2,2% del Producto Nacional Bruto.

Nicaragua también cuenta con ciertas limitaciones en el mercado turístico. Por un lado, históricamente, no ha contado con una imagen positiva a nivel internacional. Por otro lado, la oferta de alojamiento y servicios turísticos no es apta ni suficiente para atender las necesidades del mercado internacional. Además, los precios de los bienes y servicios turísticos están por encima del resto de los países de la región. Asimismo, falta experiencia empresarial, personal capacitado, y recursos financieros para invertir en infraestructura civil y turística. Finalmente, hay que reconocer que: a) estamos en pañales (en la región de Centro América y el Caribe, Costa Rica y República Dominicana llevan veinte años liderando el sector); b) somos un mercado minúsculo (Nicaragua representa el 0.07% de las llegadas internacionales y el 0.02% de los ingresos internacionales por turismo); y c) consecuentemente, no podemos vender turísticamente a Nicaragua sino como parte de una región.

Sin embargo durante el período 2001-2005, el turismo ha estado, de acuerdo a las divisas generas en el primer lugar entre los principales generadores de exportación y del turismo, lo cual se muestra en las siguientes figuras:

* Danilo Martínez. Importancia Económica del Turismo en Nicaragua. Suplemento Turístico de "La Tribuna". 27 de septiembre, 1996. p.15.

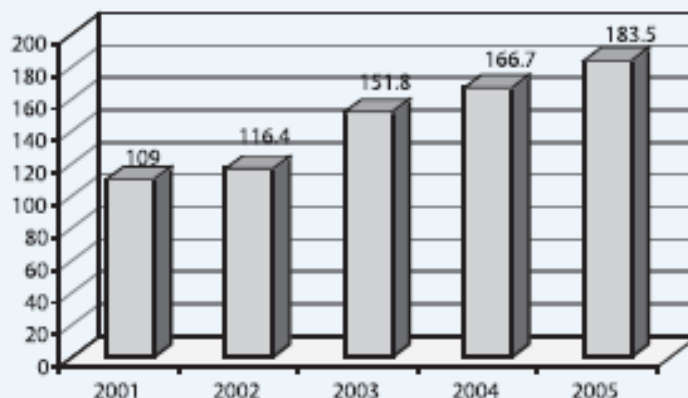
† Ministerio de Turismo, Boletín 1995



V. 5 Posición de los Principales Productos de Exportación y del Turismo según Divisas Generadas (Serie 2001 - 2005)

| Escala | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | Turismo | Turismo | Turismo | Turismo | Turismo |
| 2 | Café | Carne | Carne | Carne | Carne |
| 3 | Carne | Mariscos | Café | Café | Café |
| 4 | Mariscos | Café | Mariscos | Mariscos | Mariscos |
| 5 | Azúcar | Oro | Oro | Oro | Azúcar |
| 6 | Oro | Azúcar | Maní | Maní | Maní |
| 7 | Banano | Banano | Azúcar | Azúcar | Oro |
| 8 | Ajonjolí | Ajonjolí | Frijol | Frijol | Frijol |

**Ingresos por Turismo
(en miles de US \$)**



Fuente: Instituto Nicaragüense de Turismo

En el año 2006* la actividad turística receptiva generó US \$ 230.6 millones, producto del gasto que los visitantes internacionales realizaron a lo interno del país durante su estadía. Esto representa un incremento del 25.7% en la captación de divisas en relación al año 2005, cuando los ingresos fueron de 183.5 millones de dólares de EE.UU.

* Fuente: Instituto Nicaragüense de Turismo (INTUR). Estadísticas 2005.



Los ingresos obtenidos por Nicaragua en concepto de exportaciones totales fueron de US \$1,027.4 millones, los ingresos generados por la actividad turística representaron 22.4% del valor total de las exportaciones del país; por lo tanto el sector turismo sigue ocupando, por sexto año consecutivo, el primer lugar de los principales productos generadores de divisas para el país, superado las exportaciones de café (US \$200.7 millones), carne (US \$186.1 millones) y mariscos (US \$85.8 millones).

Al relacionar las cifras obtenidas en el año 2006 con las de igual período del año 2005 se observa que el valor total acumulado de las exportaciones del país creció en 18.6% y los ingresos turísticos presentaron una tasa de crecimiento del 25.7%, esto se debe al incremento del 8.6% en las llegadas de los turistas internacionales y 9.4% del total de visitantes, el cual alcanza alrededor de los 900 mil visitantes totales.

Desarrollo del turismo en los Municipios de San Jorge y Buenos Aires

El municipio de San Jorge cuenta con una población de 8,031 habitantes, en cambio el municipio de Buenos Aires cuenta con 5,650 habitantes.

En las siguientes tablas (Tabla II.2, Tabla II.3, Tabla II.4, Tabla II.5, II.6 y II.7) se encuentran datos históricos de las alcaldías de los municipios de San Jorge y Buenos Aires sobre la afluencia de turistas y vehículos a sus distintos balnearios.

Tabla II.2- Afluencia de Turistas a los balnearios del municipio de Buenos Aires*.

| Buenos Aires | |
|---------------------|------------------|
| Años | Población |
| 2003 | 80,000 |
| 2004 | 80,000 |
| 2005 | 100,000 |

* Fuente: Alcaldía del municipio de Buenos Aires



| | |
|------|---------|
| 2006 | 120,000 |
| 2007 | 125,000 |

Tabla II.3- Afluencia de Turistas a los balnearios del municipio de San Jorge*

| San Jorge | |
|------------------|------------------|
| Años | Población |
| 2003 | 200,000 |
| 2004 | 230,000 |
| 2005 | 250,000 |
| 2006 | 275,000 |
| 2007 | 300,000 |

Tabla II.4- Promedio de la afluencia de turistas en las playas de San Jorge y Buenos Aires

| San Jorge y Buenos Aires | |
|---------------------------------|------------------|
| Años | Población |
| 2003 | 140,000 |
| 2004 | 155,000 |
| 2005 | 175,000 |
| 2006 | 197,500 |
| 2007 | 212,500 |

Tabla II.5- Afluencia de vehículos al municipio Buenos Aires†

| Buenos Aires | | |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| Años | Transporte Público | Transporte Privado |
| 2003 | 867 | 4,200 |
| 2004 | 934 | 3,600 |
| 2005 | 1,000 | 6,000 |
| 2006 | 1,500 | 4,500 |
| 2007 | 1,417 | 6,000 |

* Fuente: Alcaldía del municipio de San Jorge

† Fuente: Alcaldía del Municipio de Buenos Aires

**Tabla II.6- Afluencia de vehículos al municipio de San Jorge***

| San Jorge | | |
|------------------|---------------------------|---------------------------|
| Años | Transporte Público | Transporte Privado |
| 2003 | 2,167 | 10,500 |
| 2004 | 2,684 | 10,350 |
| 2005 | 2,500 | 15,000 |
| 2006 | 3,438 | 10,313 |
| 2007 | 3,400 | 14,400 |

Tabla II.7- Promedio de afluencia de vehículos en los municipios de San Jorge y Buenos Aires

| San Jorge y Buenos Aires | |
|---------------------------------|--|
| Años | Transporte Público y Transporte Privado |
| 2003 | 17,734 |
| 2004 | 17,568 |
| 2005 | 19,751 |
| 2006 | 24,500 |
| 2007 | 25,217 |

II.6- MÉTODOS DE PROYECCIÓN

Los cambios futuros, no sólo de la demanda, sino también de la oferta y de los precios, pueden ser conocidos con exactitud si son usadas las técnicas estadísticas adecuadas para analizar el entorno aquí y ahora. Para ello se usan las llamadas series de tiempo, ya que lo que se desea observar es el comportamiento de un fenómeno con relación al tiempo.

Existen cuatro elementos básicos que pueden explicar el comportamiento del fenómeno con relación al tiempo: la tendencia secular surge cuando el fenómeno tiene poca variación durante períodos largos, y puede representarse gráficamente por una línea recta o por una curva suave; la variación estacional, surge por los hábitos y las tradiciones de la gente y, a veces, por las condiciones climatológicas; las fluctuaciones

* Fuente: Alcaldía del Municipio de San Jorge



cíclicas, surgen principalmente por razones de tipo económico, y los movimientos irregulares, que surgen por causas aleatorias o imprevistas que afectan al fenómeno.

La tendencia es la más común en los fenómenos del tipo que se estudian como oferta y demanda. Para calcular las tendencias de este tipo se pueden usar el método de Promedio Móviles, Suavización Exponencial, Mínimos Cuadrados y Regresión Lineal.

La determinación de la existencia o no de un lugar en el mercado para una nueva empresa se produce cuando existe una diferencia entre la demanda esperada y la oferta que proporcionan las otras empresas. Esta diferencia define el volumen de producción o de prestación de servicios inicial para nuestra empresa, mismo que deberá ser evaluado, en el capítulo de operaciones y equipo, en términos de si es factible y rentable contar con equipo para satisfacer dicha demanda.

Si el resultado entre la demanda esperada y la oferta es negativo es recomendable buscar otros giros; a menos que se cuente con la capacidad para diferenciar los productos o servicios, creando nichos de mercado específicos y capturando clientes de la competencia.

El método utilizado en este proyecto para la proyección de la demanda es el **Método de Regresión Lineal**.

De los diversos tipos de ecuaciones que se utilizan para predecir valores de una variable, y , a partir de valores asociados de otra variable, x , la más simple y de más amplio uso es la ecuación lineal en dos incógnitas, que tiene la forma

$$y = a + bx$$

Donde “ a ” es la intercepción (y el valor de “ y ” en el punto donde $x=0$) y “ b ” es la pendiente de la recta (el cambio en “ y ” que acompaña una unidad ordinaria).



Ordinariamente, las constantes de “a” y “b” se estiman a partir de datos de muestra y, una vez que se han determinado, se puede sustituir el valor de “x” dado en la ecuación y calcular el valor pronosticado de “y”. Las ecuaciones lineales son útiles e importantes no sólo porque muchas relaciones tienen en realidad esta forma, sino porque también proporcionan a menudo aproximarse bastante exactas a relaciones que en caso contrario sería difíciles de describir.

Para la realización de la gráfica de ecuación lineal se traza la variable independiente, x, el número de catálogos sobre el eje horizontal y la variable dependiente, y, el número de pedidos esperados sobre el eje vertical.

Cuando se ajusta una línea recta, nos enfrentamos con el problema de obtener la ecuación de la recta específica que proporcione en algún sentido el mejor ajuste a los datos observados. En términos lógicos, no hay límite para el número de líneas rectas que se pueden trazar en una pieza de papel para gráficas. Algunas de estas rectas serían ajustes tan evidentemente deficientes a los datos que no se podrían considerar con seriedad; pero hay muchas rectas que parecen ofrecer ajustes más o menos buenos y el problema radica en encontrar esa recta que mejor se ajuste a los datos en algún sentido bien definido.

El criterio que se aplica hoy en día casi exclusivamente para definir in “mejor” ajuste data de la primera parte del siglo diecinueve y se debe al matemático francés Adrien Legendre; éste se conoce como **Método de Mínimos Cuadrados**. Este método requiere que la recta a la que se ajusten los datos sea tal que la suma de los cuadrados de las desviaciones verticales de los puntos a partir de la línea de estimación sea mínima.

Ecuaciones

$$y = na + b(\sum x)$$

Ec. (II.1)



$$xy = a(\sum x) + b(\sum x^2)$$

Ec. (II.2)

RESULTADOS DE LA PROYECCIÓN*

Tabla II.8- Afluencia de Turistas en los municipios de San Jorge y Buenos Aires

| Año | Turistas |
|------------|-----------------|
| 2008 | 232250 |
| 2009 | 251000 |
| 2010 | 269750 |
| 2011 | 288500 |
| 2012 | 307250 |
| 2013 | 326000 |
| 2014 | 344750 |
| 2015 | 363500 |
| 2016 | 382250 |
| 2017 | 401000 |
| 2018 | 419750 |
| 2019 | 438500 |
| 2020 | 457250 |
| 2021 | 476000 |
| 2022 | 494750 |
| 2023 | 513500 |
| 2024 | 532250 |
| 2025 | 551000 |
| 2026 | 569750 |
| 2027 | 588500 |
| 2028 | 607,250 |

Tabla II.9- Afluencia de Vehículos del transporte público y privado en los municipios de San Jorge y Buenos Aires

| Año | Vehículos |
|------------|------------------|
| 2008 | 27,523 |
| 2009 | 29,713 |
| 2010 | 31,903 |

* Ver hoja de cálculo en el Anexo 2, Pág. 248



| | |
|------|--------|
| 2011 | 34,093 |
| 2012 | 36,283 |
| 2013 | 38,472 |
| 2014 | 40,662 |
| 2015 | 42,852 |
| 2016 | 45,042 |
| 2017 | 47,232 |
| 2018 | 49,421 |
| 2019 | 51,611 |
| 2020 | 53,801 |
| 2021 | 55,991 |
| 2022 | 58,181 |
| 2023 | 60,370 |
| 2024 | 62,560 |
| 2025 | 64,750 |
| 2026 | 66,940 |
| 2027 | 69,130 |
| 2028 | 71,320 |

II.7- CONCLUSIONES

En el anteproyecto se detectó y midió la necesidad turística actual y futura de vehículos que harán uso de la vía en donde se determinó la cantidad demandada de vehículos que harán uso de la vía turística durante los próximos 20 años (vida útil del proyecto), mediante datos históricos de visitantes a la zona de los municipios de San Jorge y Buenos Aires, obteniendo la siguiente afluencia de vehículos por la vía: Mediante el método de regresión lineal y realizando un resumen de las cantidades de vehículos cada 5 años, en el año 2008 se determinó una cantidad vehicular de 27, 523, en el año 2013 la cantidad será de 38, 472, en el año 2018 será de 49, 421, en el año 2023 la cantidad de vehículos será de 60,370, en el año 2028 será de 71, 320.

El anteproyecto de la vía turística consiste en el diseño de una vía de 9.22km entre los balnearios de San Jorge y Buenos Aires, que servirá como un medio de transporte entre los pobladores de la zona, iniciando el proceso de desarrollo de las



ciudades o incrementando el existente, pues la comunicación es la base del comercio y de todas las demás actividades económicas de una ciudad. La vía empieza desde la iglesia del Municipio de San Jorge hasta recorrer la playa El Riego, ubicada en el municipio de Buenos Aires, encontrándose a 50m de la costa.

El proyecto de “Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco” se pretende dirigir principalmente a la incrementación del mercado turístico, pues esta vía servirá como un punto de partida al desarrollo turístico de la zona, ya que esta zona cuenta con una amplia y variada oferta que basada en recursos naturales contiene una alta probabilidad de su éxito como destino turístico, entre sus principales ofertas están playas con agua dulce, islas en el lago (Isla Zapatera, Isla de Ometepe), etc. De acuerdo a datos históricos*, Nicaragua, durante los últimos cinco años, ha sido el país a nivel centroamericano que presenta un mayor crecimiento --164%-- en cuanto al número de visitantes recibidos y --265%-- en los ingresos resultantes de su actividad turística. El turismo en Nicaragua se presenta como uno de los campos de mayor potencialidad de explotación. En 1992, Nicaragua recibió vía ingresos turísticos US\$21 millones. En 1994, esta cantidad fue de US\$40 millones, lo que experimentó un alza de casi el 100%. Para 1995, esta suma fue de US\$44.5 millones, lo que demuestra una clara tendencia del desarrollo de este rubro como fuente de ingresos líquidos al país.

Se realizó el análisis y evaluación de la demanda de mercado mediante uno de los métodos de proyección: Método de Regresión Lineal, que consiste en el uso de la ecuación lineal con dos incógnitas, que es de los diversos tipos de ecuaciones que se utilizan para predecir valores de una variable “y” a partir de valores asociados de otra variable “x”, el más simple y de más amplio uso.

*Fuente: OMT (Organismo Mundial del Turismo)



Capítulo III. Estudio y Análisis Técnico



III.1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los aspectos de Ingeniería Civil que en lo general cubre las áreas de suelo, sección típica, normas de diseño, diseño geométrico, planos y especificaciones, todo de acuerdo a las mejores y más modernas prácticas de la ingeniería en proyectos de naturaleza semejante.

El estudio técnico consiste en:

- Verificar la posibilidad técnica-económica del proyecto.
- Analizar y determinar el tamaño óptimo del proyecto.
- Analizar y determinar la localización apropiada.
- Determinar las obras civiles necesarias para el proyecto.

III.2- OBJETIVOS

Objetivo General:

- Diseñar una sección típica de la ***Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco en el departamento de Rivas.***

Objetivos Específicos:

- Analizar y determinar la localización apropiada del anteproyecto ***Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco.***
- Determinar las obras civiles necesarias para el anteproyecto.



- Estimar el costo de realización del anteproyecto ***Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco.***

- Determinar un diseño de espesor de pavimento para la vía turística entre los balnearios San Jorge y El Menco, en el departamento de Rivas.

III.3-TAMAÑO DEL PROYECTO.

En el tamaño del proyecto se definen los beneficios que generará el proyecto a la sociedad. Por ello, para determinar cuál debe ser ese tamaño, se tomará a partir del déficit de satisfacción encontrado en la zona donde será ubicado, en las carencias que estos tengan.

Los beneficios que el proyecto en estudio proporcionará son:

- Generación de empleos
- Desarrollo del turismo
- Mejor calidad de vida para las personas que habitan cerca de la zona

El déficit de satisfacción encontrado en la zona es alto ya que en esta zona la explotación del turismo es baja ya que no cuenta con los servicios básicos para fomentar el desarrollo turístico, además que no se cuenta con fuertes inversiones que logren explotar este lugar.

Si este proyecto se ejecutase tras él vendría mucho desarrollo social, económico, turístico e infraestructural, las inversiones extranjeras aumentarían y se expandirían debido al potencial turístico de este lugar provocando un aumento anual en la cantidad de los ingresos que se obtendrán, ya que la apertura de nuevos caminos abre la oportunidad del desarrollo.



III.4- LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Se presenta la ubicación y localización del proyecto, incluyendo macro y microlocalización, en los cuales se incluirán los factores económicos, institucionales, sociales y geográficos.

En el presente proyecto la localización está considerada como uno de los elementos principales en el alcance de los objetivos del proyecto.

Macro Localización

El proyecto de la Vía Turística se ubica a nivel macro en el Departamento de Rivas en los municipios de San Jorge y Buenos aires, donde el municipio de San Jorge está ubicado en la región Sur del país teniendo una extensión territorial de 22 Km², ubicado a 115 Km de la ciudad capital y geográficamente se localiza entre las coordenadas 11°27'Lat. Norte y 85°48'Long. Oeste y a 50 msnm. Y el municipio de Buenos Aires ubicado a 114Km. Al sur oeste de Managua entre las coordenadas 11°28'Lat. Norte y 85°49'Long. Oeste con una superficie de 65 Km² y a 53 msnm.

Esta es una zona con gran afluencia turística tanto de personas como de vehículos, lo que se demostró al obtener esta afluencia durante los últimos 5 años.

Micro Localización

El proyecto se ubica a nivel micro partiendo del Municipio de San Jorge, específicamente de la iglesia “San Jorge” con coordenadas de (X:0630863, Y:1266318) hasta Tolesmaida (X:0629954, Y:1273851).*

* Véase Anexo 12 Pág. 286. Coordenadas X,Y Obtenidas con GPS.



La vía será ubicada en una zona con un gran potencial turístico, poco explotado, la cual ayudará al desarrollo económico de la zona, ya que es una nueva vía de comunicación, que generará nuevos tipos de viajes, dando como resultado un incremento en el turismo, que es considerado como uno de los factores de importancia en el desarrollo de la zona.

Economía y Producción del municipio de Buenos Aires

La base económica del municipio de Buenos Aires está constituida por la producción agropecuaria, territorialmente el 85% de la producción agrícola se concentra en las comarcas de Tolesmáida y Buenos Aires, localizadas en la parte sur del municipio.

La actividad ganadera es de doble propósito (carne y leche). Territorialmente el 85% de la producción pecuaria se concentra en la comarca el Menco, ubicada en la parte norte del municipio.

Economía y Producción del municipio de Buenos Aires

La economía del municipio descansa en el sector agrícola cuya producción es diversificada mayoritariamente se cultiva musácea, cítricos, hortalizas y la papaya asociados con plátano. La actividad ganadera ocupa un lugar de importancia en el municipio la cual se utiliza para doble propósito producción de leche y carne. La pesca es de manera artesanal y como alternativa de subsistencia la pequeña industria presenta una economía menos dinámica siendo la más representativa la fabricación de ladrillos de barro. Existe en el municipio panadería, matarifes, bares, carpinterías, pulperías, molinos, farmacias hoteles, moteles.



III.5- LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA E IMPORTANCIA DE LA VÍA

El sitio donde se desarrollará el proyecto está ubicado en el Departamento de Rivas, a lo largo del Municipio de San Jorge y Buenos Aires en la zona del Pacífico de la República de Nicaragua.

El Proyecto da inicio en el balneario de la comarca El Menco, en el Municipio de Buenos Aires dirigiéndose hacia el sur sobre la costa del Lago de Nicaragua hasta finalizar en la iglesia del municipio de San Jorge, con una longitud de 22.91km. Sin embargo, el costo de inversión de este proyecto es extenso, por lo que planteamos la ejecución de este proyecto en tres etapas:

- ◆ La primera etapa consta de una rehabilitación de la carretera de la Iglesia de San Jorge hasta El Riego con una distancia de 4.63km y una apertura de camino desde El Riego hasta el dragado hacia el Ingenio Benjamín Zeledón con una distancia de 4.59km a 50 m. de la costa, además de la construcción de 2 puentes con un claro de 30m (El Riego) y 15m (Tolesmaida).
- ◆ La segunda etapa consta de la continuación de la vía desde el dragado del Ingenio Benjamín Zeledón con un puente de claro de 50m hasta completar 10 Km de carretera.
- ◆ La tercera etapa finalizará con el seguimiento de la vía y la construcción de un puente La bocana de claro de 50m hasta Las Piedras (Intersección del camino que une la Panamericana con la vía Proyectada).

El presente estudio es realizado para la primera etapa del proyecto.

Actualmente la ruta que parte de la iglesia de San Jorge consta de 47.9m de carretera asfáltica con un ancho de calzada de cuatro metros (4.0 m), y un derecho de



vía de 10.15m con el proyecto esta carretera será mejorada y tendrá un ancho de carril de 3.0, 1.4m de andén y 0.6m de cuneta a ambos lados, teniendo un ancho total de 10.0 m una vez mejorada. Después de los 47.9m de carretera asfáltica la ruta del proyecto es un camino de 4 kilómetros y quince metros (4.15km), y un derecho de vía de 12.46m, mediante el proyecto se rehabilitará la vía, con 3.0m de ancho de calzada, 1.4m de andén, 0.6m de cuneta a ambos lados y 1m de área verde, con un total de 12.0m de derecho de vía. Partiendo del balneario El Riego hasta concluir la primera etapa del proyecto (4.59km) en el dragado del Ingenio Benjamín Zeledón no hay un camino existente, por lo tanto se tienen que realizar movimientos de tierra para la construcción de la carretera, que tendría un derecho de vía de 22m, con dos carriles por sentido de 3.0m cada uno, 1.4m de andén, 4m de mediana, 0.6m de cuneta y 1m de área verde.

La Carretera mejorada y rehabilitada, adquiere una importancia estratégica para el desarrollo económico y social de los centros poblacionales de esta parte del País; de forma que este corredor sirva de eje para incentivar los desplazamientos de personas y bienes, tanto a nivel local como de la región, formando parte de las facilidades que originará la operación de la vía y que por su localización la transforma en una vía estratégica para aumentar el turismo de la zona, sobre todo cuando todo el proyecto de la carreta costanera sea ejecutado, ya que se incrementará el desarrollo turístico mediante inversiones de hoteles, restaurantes, etc.

III.6- TRÁFICO

III.6.1- Metodología de Estudio

La determinación de los Volúmenes de Tráfico y su composición; a partir del inicio de operación de la vía hasta el final de la vida útil del proyecto y la determinación de la Capacidad y Los Niveles de Servicio de la carretera a estudiar, son los objetivos principales de este estudio.



Para obtener estos objetivos se desarrollaron actividades necesarias cuya finalidad era la consecución de éstos, las actividades son las siguientes:

Revisión de la información existente

Como actividad inicial del Estudio de Tráfico, fue la recopilación y revisión de la información histórica existente de las Estaciones de Conteo de Tráfico del Sistema de Nacional Conteos Volumétrico.

De igual forma, se analizaron estudios realizados con anterioridad y de carácter sectorial a nivel nacional, como es el Plan Nacional de Transporte y sus resultados del flujo obtenido por este estudio del transporte Nacional e internacional de pasajeros y de carga.

Los datos de Tráfico Promedio Diario, Semanal y Anual, así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, se obtienen de porcentajes de los resultados del trabajo de campo y los cálculos de gabinete de estudios realizados en la carretera La Virgen-San Juan del Sur, los cuales fueron dados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura por no tener estudios de la zona en la que se realizará el proyecto de la carretera costanera, ya que será una carretera nueva un 90% aproximadamente. Fueron brindados los datos de la carretera La Virgen-San Juan del Sur por ser una carretera altamente turística perteneciente al departamento de Rivas, características del proyecto en estudio.

El porcentaje proporcionado por el MTI para la realización del estudio de tráfico es de un 40% del tráfico de la carretera La Virgen-San Juan del Sur.

Volumen y Clasificación.



El MTI consta de una estación permanente de control en la carretera panamericana entre Nandaime y Rivas, mediante la cual se obtuvieron la cantidad y tipo de vehículos que circularon. De este mismo conteo se obtienen las variaciones vehiculares horarias, diarias durante la semana y el volumen diario semanal (TPD y TPDS)

Tamaño de la Muestra, el conteo se efectuó durante una semana (siete días continuos), al cien por ciento de los vehículos que circulan en ambas direcciones del tráfico en la estación ubicada sobre la carretera panamericana. Para el diseño de la carretera en estudio se utilizó un 40% de los datos obtenidos en el conteo.

De este mismo conteo y clasificación se obtienen posteriormente las variaciones vehiculares horarias, diarias durante la semana y el volumen promedio diario semanal (TPD y TPDS).

Tráfico Promedio Diario, con la información de campo se obtienen los volúmenes de tráfico existente para el tramo y para cada día de la semana, clasificado por tipo de vehículo. De estos volúmenes diarios se obtiene el promedio de la semana.

Corrección Estacional, el volumen vehicular determinado en el campo, será afectado por el factor de corrección estacional obtenido de la estación Maestra de esa carretera, con el que finalmente se calculó el Tráfico Promedio Medio Diario Anual (TPDA) para cada uno de los tramos donde se realizarán conteos de tráfico.

Factor de Expansión a 24 Horas, Esta expansión consiste en dividir el tráfico Nocturno entre el tráfico Diurno para obtener el factor de expansión a 24 horas, obteniéndose el total de vehículos por días (VPD), la suma del conteo y clasificación vehicular, del día de veinticuatro horas más los seis días de doce horas expandidos a 24 horas dieron como resultado el tránsito promedio diario semanal (TPDS).

Tipos de vehículos



La clasificación vehicular realizada comprendió a los vehículos Livianos, Vehículos Pesados de Pasajeros y los Pesados de Carga.

- ⇒ **Vehículos Livianos:** Son los vehículos automotores de dos y cuatro ruedas, que incluyen a las motos, los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups y Microbuses de uso particular.

- ⇒ **Vehículos Pesados de Pasajeros:** Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros) y Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.

- ⇒ **Vehículos Pesados de Carga:** Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C₂) mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes (C₃), los camiones combinados con remolque del tipo (C₂R₂) y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T₃S₂) y (T₃S₃) y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción.

Para expandir de 12.0 hrs. a 24.0 hrs., se hará uso de la expresión siguiente:

Fac. Exp. 24 hr. = T.N. / T.D.

Ec. (III.6.1)

Donde:

- ➔ *TN: Es el Tráfico Nocturno*
- ➔ *TD: Tráfico Diurno.*



Las proyecciones de tráfico se efectuaron para cada tipo de vehículo, sobre la base de tasas de crecimientos de la estación de Conteo Volumétrico de Tránsito.

Además, se analizó el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PND) del Gobierno de la República y datos de los censos y pronósticos de crecimiento de la población, etc.

Proyección de tránsito

Para la determinación de los volúmenes de tráfico a ser proyectados, se utilizó un modelo estadístico de regresión lineal, el que resultó del correlacionamiento de variables como datos de censos y pronósticos de crecimiento del tráfico.

Las series históricas de los volúmenes de tránsito de la carretera panamericana y datos recopilados de estudios de tráfico realizados en diferentes corredores viales del país, servirán como base de las proyecciones junto al análisis de otras variables, tales como:

- Plan Nacional de Desarrollo Económico.
- Datos poblacionales y los pronósticos de crecimiento de INEC para el período 2000 - 2025.
- Intercambio comercial a nivel departamental y regional donde se haga uso de los corredores viales.

Se han definido los tipos de flujo que se presentarán en la carretera una vez rehabilitada, los cuales se definen a continuación.

Volumen de Tránsito Normal.



Este consiste en aquel flujo que actúa en una carretera y crece normalmente independiente de la mejora que se le haga a la vía.

Volumen de Tránsito Desarrollado.

Se considera al flujo nuevo a desarrollarse como efecto directo de la mejoría de la Economía Nacional.

Las proyecciones de tráfico se efectuarán a partir del Tráfico Promedio Diario Anual TPDA, haciendo uso de las tasas de crecimientos históricas acumuladas en el decenio 1996 – 2005, de la Estación N° 206 del Sistema Nacional de Conteo Volumétrico de Tráfico localizada en el tramo Nandaime – Rivas y que opera la Dirección de Administración Vial (DAV) del MTI, la que tiene registros hasta 2005, ya que ésta tiene registros continuos del tráfico que circula sobre la red vial sobre la que tiene influencia, siendo el Tramo de carretera en estudio y diseño, parte de esta red, para lo cual se ha realizado un análisis detallado de las tasas de crecimiento promedio anual (TAC), en los períodos 1996 – 2000, cuya media ponderada de ese quinquenio es de 4.15 %, mientras que para el quinquenio 2001 - 2005 la media ponderada de las tasas de crecimiento es del 5.80 % anual; y su composición porcentual por tipo de vehículo, es la que será utilizada para las TAC de crecimiento del TPDA normal de la vía.

La predicción de este tráfico corresponde al Tráfico Normal, que es el tráfico que crece de forma continua, independiente de las mejoras físicas y estructurales que pudiesen sufrir los tramos de carreteras.

En el análisis de los registros históricos del TPDA de la Estación Permanente N° 206, se detectaron crecimientos irregulares para el primer quinquenio, de apenas un 0.07 % entre los años 1999 y 2000 y de 17.07 % entre los años 1998 y 1999, tasas que distorsionan las estadísticas, teniéndose que desechar estos registros, por lo que se



decidió hacer uso de las estadísticas que presenta esta estación, en el quinquenio 2001 – 2005, cuyos registros estadísticos son más consistentes. Las **Tablas III.1 y III.2**, presenta los registros históricos de la Estación Permanente N° 206.

Tabla III.6.1- Registros históricos de la estación N° 206

Segundo Quinquenio (2001 - 2005)

| Año | Carros | Utilitarios | MBus | Bus | Camión C ₂ | Camión C ₃ | Articulados | TPDA (vpd) | Tac del TPD A (%) |
|------------------------|--------|-------------|------|------|-----------------------|-----------------------|-------------|------------|-------------------|
| 2005 | 532 | 929 | 91 | 185 | 455 | 33 | 439 | 2.664 | 7,49 |
| 2004 | 538 | 867 | 95 | 166 | 382 | 27 | 403 | 2.479 | 5,59 |
| 2003 | 515 | 818 | 91 | 178 | 360 | 24 | 362 | 2.347 | 2,15 |
| 2002 | 491 | 836 | 83 | 186 | 359 | 26 | 317 | 2.298 | 5,95 |
| 2001 | 400 | 774 | 64 | 140 | 334 | 27 | 430 | 2.169 | |
| Media Ponderada | | | | | | | | 5,8 | |
| Promedio Quinquenio | 495 | 845 | 85 | 171 | 378 | 28 | 390 | 2391 | 5,30 |
| Composición (%) | 20,71 | 35,33 | 3,55 | 7,15 | 15,80 | 1,15 | 16,32 | 100,0 | |

Fuente: DAV – MTI

Tabla III.6.2- Registros Históricos de la Estación Permanente N° 206

Primer Cuatrienio (1997 - 2000)

| Año | Carros | Utilitarios | MBus | Bus | Camión C ₂ | Camión C ₃ | Articulados | TPDA (vpd) | Tac del TPD A (%) |
|------------------------|--------|-------------|------|------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------|
| 2000 | 363 | 728 | 62 | 142 | 312 | 40 | 382 | 2.029 | 0,07 |
| 1999 | 387 | 740 | 61 | 143 | 318 | 36 | 343 | 2.028 | 17,07 |
| 1998 | 376 | 707 | 19 | 129 | 231 | 20 | 250 | 1.732 | 4,15 |
| 1997 | 297 | 735 | 30 | 92 | 256 | 47 | 206 | 1.663 | |
| Media Ponderada | | | | | | | | 4.15 | |
| Promedio Cuatrienio | 356 | 728 | 43 | 127 | 279 | 36 | 295 | 1863 | 2,640 |
| Composición (%) | 19,09 | 39,05 | 2,31 | 6,79 | 14,99 | 1,92 | 15,85 | 100,0 | |

Fuente: DAV - MTI

Para el Tráfico desarrollado por la red vial principal y secundaria, así como los caminos vecinales, se hará uso de las proyecciones de crecimiento económico



(proyecciones del PIB)*, cuyas tasas de crecimiento según las estadísticas del PIB publicadas por el Banco Central de Nicaragua (BCN), en su página Web, en el quinquenio 1999 – 2004, el PIB nacional tuvo un crecimiento promedio del 4.40 % y en el 2005 se espera que este valor se sitúe en un 5.0 %, lo cual es consecuencia del crecimiento económico experimentado después del Huracán Mitch.

Una vez que el PND esté ejecutándose a plena capacidad, se estima que la tasa de crecimiento del PIB se sitúe por encima del cinco por ciento para el período 2010 – 23, por lo que se asumirá una tasa del 6.0 % anual y para el resto del horizonte del proyecto será del 5.0 %, considerando una estabilización del crecimiento económico.

Estas tasas de crecimiento económico, serán utilizadas para las proyecciones del tráfico desarrollado de los vehículos de carga.

Tabla III.6.3- Tasas de Crecimiento del Tráfico Desarrollado Por Tipo de Vehículos[†]

| Período | Tipo de Transporte | Tasa de Crecimiento (%) |
|----------------|---------------------------|--------------------------------|
| 2005– 2009 | Carga | 4.5 |
| | Pasajeros | 3.0 |
| 2010– 2023 | Carga | 6.0 |
| | Pasajeros | 3.0 |
| 2024 + | Carga | 5.0 |
| | Pasajeros | 3.0 |

Cálculo de los Volúmenes de servicio.

Este volumen es la razón horaria equivalente de los volúmenes de vehículos que pasan por un punto dado de un carril o camino durante un intervalo de tiempo dado menor de una hora. Este volumen se obtiene dividiendo el volumen de hora máxima entre el Factor de Hora Pico (FHP). Este factor es calculado a su vez utilizando la siguiente ecuación:

* (PIB) Producto Interno Bruto

[†] Fuente: Plan Nacional de Desarrollo PND e INEC



$$FHP = V/4xV_{15}$$

Ec. (III.6.2)

Donde :

FHP : Es el Factor de Hora Pico.

V : Volumen Horario

V₁₅ : Volumen de Demanda Máxima en el período de 15 Minutos.

La ecuación que se utiliza para cálculo del volumen de servicio (Vs) es la siguiente:

$$V_s = V/FHP$$

Ec. (III.6.3)

Simulación de la Capacidad y niveles de servicios para la obtención de la nueva sección transversal de la Carretera.

Los resultados obtenidos en la sección anterior, serán la base para determinar la o las sección (es) transversal (les) que tendrá el camino, lo mismo que determinar un nivel de servicio capaz de absorber los volúmenes de tráfico a partir del año de inicio de operación de carretera y al finalizar su vida útil, a fin de que éste no alcance niveles de saturación.

Esta sección tiene las componentes que son:

- 1.-Determinación del nivel de servicio con que iniciará operación la carretera y su proyección cada cinco años hasta el fin de la vida útil del proyecto.
- 2.-Determinación de la o las secciones transversales de la carretera.



Determinación del nivel de servicio con que iniciará operación la carretera y su proyección a cinco, diez, quince y veinte años.

Se realizarán simulaciones del nivel de servicio con que iniciará operaciones la carretera experimentando diferentes tipos de secciones transversales para la vía. Con esta finalidad se realizaran diferentes simulaciones variando el ancho de calzada, hasta obtener un Nivel de Servicio que permita una operación cómoda a los usuarios y que no alcance niveles de saturación temprana de forma que la carretera no sea sobre dimensionada, evitando que se incrementen los costos de ejecución del proyecto. En lo referente a las condiciones del tráfico, se partirán de las proyecciones realizadas por ellos para el año de inicio del proyecto.

Partiendo de esta hipótesis, se procederán a realizar las diferentes simulaciones, variando las condiciones de geometría de la vía (ancho de carril), se calculará la capacidad y niveles de servicio para el año de inicio de operaciones de la carretera.

Una vez determinado el nivel de servicio con que iniciará operaciones la carretera, se calcularán las capacidades y niveles de servicios de la carretera a los cinco, diez, quince y veinte años.

Determinación de las secciones transversales de la Carretera.

El factor fundamental que norma las condiciones geométricas de una vía son los volúmenes de Tráfico que circulan por ésta, los que están en relación directa con la intensidad de Tráfico, sus características y composición. Por tal razón, la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para el año horizonte del proyecto es la base de la geometría del camino a ser adoptada.

Además del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para el horizonte del proyecto, existen otros elementos que influyen en la definición de las características del camino tales como; la topografía del terreno (plano, ondulado y montañoso), la



composición del tráfico y sus características, las velocidades de diseño a adoptar y las condiciones de circulación de los vehículos de diseños adoptados para el camino, que permitan la circulación de los usuarios con seguridad, confort y ahorros sustanciales de tiempos de viajes, así como ahorro en los costos de operación. La carretera del proyecto, tendrá las características geométricas resultantes de los cálculos realizados en la sección anterior.

Procedimiento de cálculo para la determinación del nivel de servicio en carreteras continuas

Para determinar la capacidad y los niveles de servicio en tramos de carretera con circulación continua o ininterrumpida generalmente se utiliza el método americano que consiste en términos generales en:

- ◆ Determinar la capacidad o intensidad de servicio en condiciones ideales.
- ◆ Determinar los factores de corrección que hay que aplicar a la capacidad o intensidad de servicio en condiciones ideales.
- ◆ Calcular el valor real de la capacidad o intensidad del servicio del tramo en estudio.

Para el cálculo del nivel de servicio se sigue el siguiente procedimiento:

⇒ *Velocidad libre para condiciones ideales de vías primarias*

$$S = VLB - Fa - Fo - Fc \quad \text{Ec. (III.6.4)}$$

⇒ *Velocidad libre para condiciones ideales de otras vías*

$$S = VLB - Fa - Fo - Fm - Fc \quad \text{Ec. (III.6.5)}$$

⇒ *Intensidad Límite*



Vías primarias

$$= 3100 - 15(VL)$$

Ec. (III.6.6)

Otras vías

$$= 1400$$

Ec. (III.6.7)

Para intensidades mayores que la intensidad límite la velocidad se va reduciendo hasta llegar a la velocidad en capacidad cuando la intensidad sea igual a la capacidad. Las expresiones que nos permiten calcular la capacidad en función de la intensidad son:

Para $I < I_L$; $V = VL$

$$\text{Para } I > I_L; V = VL - (VL - VC) \left(\frac{I - I_L}{C - I_L} \right)^a$$

Ec. (III.6.8)

Donde:

I: Intensidad en vehículos equivalentes

V: Velocidad de vehículos

a: Coeficiente cuyos valor es:

Vías primarias= 2.6

Otras vías= 1.31

I_L : Intensidad Límite

V_c : Velocidad en capacidad

C: Capacidad del nivel de servicio

La aplicación de estas ecuaciones permiten determinar el nivel de servicio conociendo la intensidad en vehículos equivalentes ya que permite determinar la velocidad de los vehículos (V) y la densidad ($d=I/V$), la cual define el nivel de servicio.



Procedimiento del cálculo para la determinación del nivel de servicio en carreteras convencionales

Las carreteras convencionales de calzada única con dos carriles y doble sentido de circulación constituyen la mayor parte de las redes de carretera. Forman la casi totalidad de las redes locales cuya función es asegurar la accesibilidad, por lo que los vehículos las recorren a velocidades moderadas. Pero algunas carreteras convencionales forman parte de las redes primarias y tienen una función de movilidad por lo que se registra en ellas velocidades altas. Se pueden distinguir dos clases de carreteras que tienen una función principal de movilidad y que por ende forman parte de una red principal cuya función principal es la de accesibilidad.

Para el cálculo del nivel de servicio en carreteras convencionales se sigue el siguiente procedimiento:

⇒ **Cálculo del porcentaje de tiempo siguiendo a otro.**

Intensidad de tráfico equivalente

$$= \frac{I \times Fvp}{Fhp \times Fi}$$

Ec. (III.6.9)

Donde:

F_i^* : Anexo 3

F_{vp}^\dagger : Anexo 3

Porcentaje de tiempo siguiendo a otro

$$S = 100 \left(1 - e^{-\frac{Iq}{1158}} \right) + Fpa$$

Ec. (III.6.10)

* Véase Anexo 3, Pág. 251

† Véase Anexo 3, Pág. 251



Donde:

F_{pa}^* : Anexo 3.

⇒ **Cálculo de velocidad media**

Velocidad Libre (VL)

$$V = VL - F_a - F_o - F_c \quad \text{Ec. (III.6.11)}$$

Donde:

F_a : Anexo 3, Tabla 4. Pág. 251

F_o : Anexo 3, Tabla 5. Pág. 251

F_c : Anexo 3, Tabla 6. Pág. 252

Intensidad de tráfico equivalente

$$I = \frac{I \times F_{vp}}{F_{HP} \times F_i} \quad \text{Ec. (III.6.12)}$$

Donde:

F_i : Anexo 3, Tabla 7. Pág. 252

F_{vp} : Anexo 3, Tabla 8. Pág. 252

Velocidad media

$$V = VL - 0.0125(Iq) - F_{pa} \quad \text{Ec. (III.6.13)}$$

* Véase Anexo 3, Pág. 251



III.6.2- Resultados del conteo vehicular

Tráfico Promedio Diario Anual TPDA

El TPDA fue estimado en base a los datos proporcionados por el MTI del tramo de carretera La Virgen-San Juan del Sur, tomando un 40% de los resultados del tráfico de dicho tramo, en el que se presentan datos del año 2005.

Para desestacionalizar el TPDS de la estación y obtener el Tráfico Promedio Diario Anual TPDA, se multiplicó la Composición del TPDS, por tipo de Vehículo por el Factor de cada uno de éstos de la Estación Permanente N° 206, dando como resultado el TPDA en vehículos por día de cada estación. La **Tabla III.6.4**, presenta el Cálculo del TPDA.

Tabla III.6.4- Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual TPDA (vpd)

| Tipo de vehículo | Moto | Vehic. Liviano | Pesados de Pasajeros | | Pesados de Carga | | | | | | | Total (vpd) |
|------------------------------------|--------|----------------|----------------------|--------|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| | | | Mbuses | Bus | C2 Liv. | C2 | C3 | C2R2 | T3S2 | T3S3 | Otros | |
| TPDS (vpd) | 88 | 694 | 36 | 74 | 117 | 98 | 14 | 1 | 73 | 2 | 2 | 1201 |
| Factor de Desestac. Estacion N°206 | 1.12 | 1.11 | 1.04 | 1.04 | 1.02 | 1.2 | 1.04 | 1.25 | 1.08 | 1.08 | 1.42 | |
| Composición del TPDA (vpd) | 99 | 771 | 38 | 77 | 119 | 117 | 15 | 2 | 78 | 3 | 3 | 1322 |
| Porcentaje del TPDA | 7.4926 | 58.2941 | 2.8469 | 5.8604 | 9.0301 | 8.861 | 1.1249 | 0.1335 | 5.9271 | 0.2019 | 0.2275 | 100 |



Distribución Horaria del Tráfico

Se han obtenido como parte de los resultados del conteo volumétrico de tráfico, la distribución horaria, ya que los máximos volúmenes horarios del corredor que se estudia, representan las condiciones más críticas de la vía, para el cálculo de Capacidad Vial y los Niveles de Servicio en que operará la vía a lo largo de su vida, lo mismo que la distribución direccional del flujo del tráfico, los que servirán de base para el cálculo de las Capacidades y Niveles de servicios del tramo de la carretera, correspondiente a la Estación N° Panamericana las cuales se presentan a continuación en la **Tabla III.6.5**

Tabla III.6.5- Distribución Horaria del Tráfico Promedio Diario (vph)

| Período de Máximo Volumen | TPD (vpd) | Volumen Horario (VPH) | Porcentaje de TPD |
|---------------------------|-----------|-----------------------|-------------------|
| 09:00-10:00 | 1194 | 117 | 9.80 |
| 15:00-16:00 | 732 | 75 | 10.25 |
| 10:00-11:00 | 981 | 100 | 10.19 |
| 09:00-10:00 | 956 | 96 | 10.04 |
| 08:00-09:00 | 1511 | 144 | 9.53 |
| 09:00-10:00 | 835 | 93 | 11.14 |
| 17:00-18:00 | 916 | 162 | 17.69 |

Se aprecia en la **Tabla III.6.5**, que el máximo volumen horario (MVH) se presenta el día domingo por la mañana entre las 17:00 y las 18:00 horas, con un volumen horario máximo de 162.0 vph y representa el 17.69 % del TPD de ese día, aunque el comportamiento del máximo volumen horario en esta carretera es diferente en cada día de la semana.

A lo largo de la vida útil de la carretera se tendrán los máximos volúmenes horarios que se presentan en la **Tabla III.6.6** y para efecto de proyección se asume que



a lo largo de su vida útil se continuará presentando el MVH, en el mismo horario que en la actualidad (17:00 – 18:00).

Tabla III.6.6- Distribución Horaria del Tráfico Promedio Diario (vph)

| Período (Años) | Período de Máximo Volumen Horario (vph) | TPD (vpd) | Porcentaje del TPD | Volumen Horario (vph) |
|----------------|---|-----------|--------------------|-----------------------|
| 2007 | 17:00-18:00 | 1530 | 17.69 | 271 |
| 2008 | 17:00-18:00 | 1617 | 17.69 | 286 |
| 2009 | 17:00-18:00 | 1710 | 17.69 | 302 |
| 2010 | 17:00-18:00 | 1808 | 17.69 | 320 |
| 2011 | 17:00-18:00 | 1912 | 17.69 | 338 |
| 2012 | 17:00-18:00 | 2022 | 17.69 | 358 |
| 2013 | 17:00-18:00 | 2138 | 17.69 | 378 |
| 2014 | 17:00-18:00 | 2261 | 17.69 | 400 |
| 2015 | 17:00-18:00 | 2392 | 17.69 | 423 |
| 2016 | 17:00-18:00 | 2529 | 17.69 | 447 |
| 2017 | 17:00-18:00 | 2675 | 17.69 | 473 |
| 2018 | 17:00-18:00 | 2829 | 17.69 | 500 |
| 2019 | 17:00-18:00 | 2992 | 17.69 | 529 |
| 2020 | 17:00-18:00 | 3164 | 17.69 | 560 |
| 2021 | 17:00-18:00 | 3346 | 17.69 | 592 |
| 2022 | 17:00-18:00 | 3538 | 17.69 | 626 |
| 2023 | 17:00-18:00 | 3742 | 17.69 | 662 |
| 2024 | 17:00-18:00 | 3957 | 17.69 | 700 |
| 2025 | 17:00-18:00 | 4185 | 17.69 | 740 |
| 2026 | 17:00-18:00 | 4426 | 17.69 | 783 |
| 2027 | 17:00-18:00 | 4680 | 17.69 | 828 |
| 2028 | 17:00-18:00 | 4950 | 17.69 | 875 |

Proyecciones de Tráfico

Las proyecciones de tráfico se efectúan a partir del TPDA del 2005 y luego para su composición por cada tipo de vehículo, sobre la base de tasa de crecimiento de la Estación de Conteo Volumétrico de Tráfico Permanente N° 206, ubicada en el tramo de la Carretera Nandaime – Rivas; que es la que tiene influencia sobre el proyecto, cuyo crecimiento en el quinquenio 2001 – 2005, fue del 5.80 %.



Proyección de Tráfico Normal

Para la determinación del volúmenes de tráfico normal para el horizonte del tramo del proyecto, se hizo uso de la media ponderada de las Tasas de Crecimientos Promedios Anuales (TAC)*, de la estación permanentes N° 206, durante el último quinquenio fue del 5.80 %, la cual se aplicó a la proyección de la estación Panamericana.

Se analizaron los flujos de tráfico que se producirán durante la vida útil del proyecto bajo la perspectiva del Plan Nacional de Desarrollo, como modelo estratégico de Desarrollo de la Economía Nacional y que el Gobierno de la República impulsa como elemento fundamental de crecimiento y desarrollo socioeconómico de Nicaragua.

Tabla III.6.7- Proyecciones del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

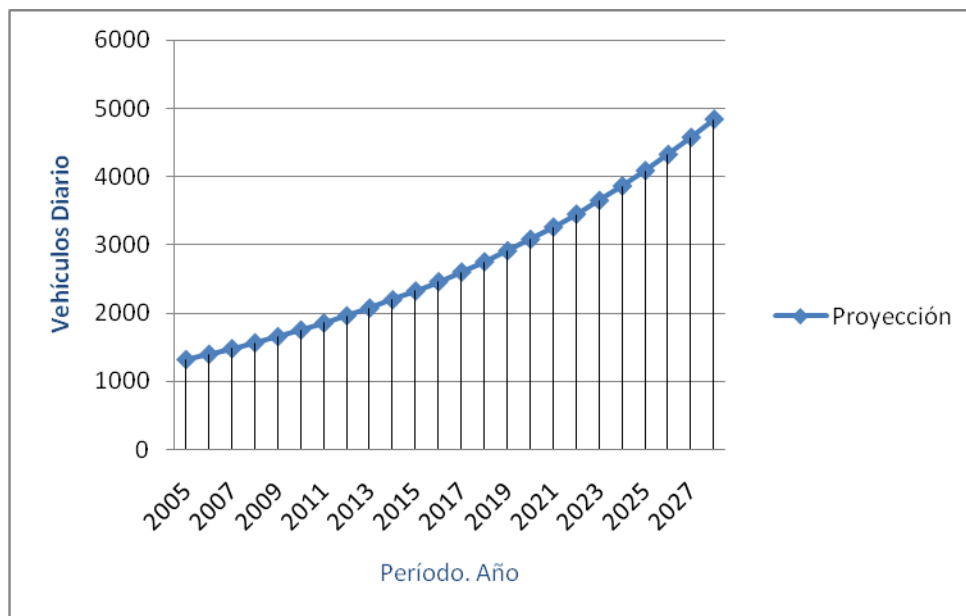
| Año | Moto | Vehic. Livia no | Pesados de Pasajeros | | Pesados de Carga | | | | | | | Total (vpd) |
|------|------|-----------------|----------------------|-----|------------------|-----|----|------|------|------|-------|-------------|
| | | | Mbuses | Bus | C2 Liv. | C2 | C3 | C2R2 | T3S2 | T3S3 | Otros | |
| 2005 | 99 | 771 | 38 | 77 | 119 | 117 | 15 | 2 | 78 | 3 | 3 | 1322 |
| 2006 | 105 | 815 | 40 | 82 | 126 | 124 | 16 | 2 | 83 | 3 | 3 | 1399 |
| 2007 | 111 | 863 | 42 | 87 | 134 | 131 | 17 | 2 | 88 | 3 | 3 | 1480 |
| 2008 | 117 | 913 | 45 | 92 | 141 | 139 | 18 | 2 | 93 | 3 | 4 | 1566 |
| 2009 | 124 | 966 | 47 | 97 | 150 | 147 | 19 | 2 | 98 | 3 | 4 | 1657 |
| 2010 | 131 | 1022 | 50 | 103 | 158 | 155 | 20 | 2 | 104 | 4 | 4 | 1753 |
| 2011 | 139 | 1081 | 53 | 109 | 167 | 164 | 21 | 2 | 110 | 4 | 4 | 1854 |
| 2012 | 147 | 1144 | 56 | 115 | 177 | 174 | 22 | 3 | 116 | 4 | 4 | 1962 |
| 2013 | 156 | 1210 | 59 | 122 | 187 | 184 | 23 | 3 | 123 | 4 | 5 | 2076 |
| 2014 | 165 | 1280 | 63 | 129 | 198 | 195 | 25 | 3 | 130 | 4 | 5 | 2196 |
| 2015 | 174 | 1354 | 66 | 136 | 210 | 206 | 26 | 3 | 138 | 5 | 5 | 2323 |
| 2016 | 184 | 1433 | 70 | 144 | 222 | 218 | 28 | 3 | 146 | 5 | 6 | 2458 |
| 2017 | 195 | 1516 | 74 | 152 | 235 | 230 | 29 | 3 | 154 | 5 | 6 | 2601 |
| 2018 | 206 | 1604 | 78 | 161 | 248 | 244 | 31 | 4 | 163 | 6 | 6 | 2752 |
| 2019 | 218 | 1697 | 83 | 171 | 263 | 258 | 33 | 4 | 173 | 6 | 7 | 2911 |
| 2020 | 231 | 1795 | 88 | 180 | 278 | 273 | 35 | 4 | 183 | 6 | 7 | 3080 |

* Tasa Anual de Crecimiento (TAC)



| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|---|-----|----|----|------|
| 2021 | 244 | 1900 | 93 | 191 | 294 | 289 | 37 | 4 | 193 | 7 | 7 | 3259 |
| 2022 | 258 | 2010 | 98 | 202 | 311 | 305 | 39 | 5 | 204 | 7 | 8 | 3448 |
| 2023 | 273 | 2126 | 104 | 214 | 329 | 323 | 41 | 5 | 216 | 7 | 8 | 3648 |
| 2024 | 289 | 2250 | 110 | 226 | 348 | 342 | 43 | 5 | 229 | 8 | 9 | 3859 |
| 2025 | 306 | 2380 | 116 | 239 | 369 | 362 | 46 | 5 | 242 | 8 | 9 | 4083 |
| 2026 | 324 | 2518 | 123 | 253 | 390 | 383 | 49 | 6 | 256 | 9 | 10 | 4320 |
| 2027 | 342 | 2664 | 130 | 268 | 413 | 405 | 51 | 6 | 271 | 9 | 10 | 4570 |
| 2028 | 362 | 2819 | 138 | 283 | 437 | 428 | 54 | 6 | 287 | 10 | 11 | 4835 |

Gráfica de Proyección



Proyección de Tráfico Desarrollado

Para el tráfico desarrollado de los vehículos de pasajeros, se hará uso de las estadísticas de población por Departamento y de las TAC que el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC), a calculado hasta el año 2005, por cada departamento, así como las proyecciones poblacionales para el período 2000 – 2025, cuyos valores son inferiores al 3.0 %.



La **tabla III.6.8** presenta las Tasa de Crecimiento Anual que serán utilizadas para las proyecciones del Tráfico Desarrollado o Generado, para los vehículos de Carga y Pasajeros.

Tabla III.6.8- Tasas de Crecimiento del Tráfico Desarrollado Por Tipo de Vehículos*

| Período | Tipo de Transporte | Tasa de Crecimiento (%) |
|------------|--------------------|-------------------------|
| 2005– 2009 | Carga | 4.5 |
| | Pasajeros | 3.0 |
| 2010– 2023 | Carga | 6.0 |
| | Pasajeros | 3.0 |
| 2024 + | Carga | 5.0 |
| | Pasajeros | 3.0 |

Las Proyecciones del Tráfico Desarrollado se presentan para la Estación Panamericana en la **Tabla III.6.9**

Tabla III.6.9- Tráfico Desarrollado

| Año | Vehículos Livianos | Pesados de Pasajeros | | Pesados de Carga | | | | | | | Total (vpd) |
|------|--------------------|----------------------|-----|------------------|----|----|------|------|------|-------|-------------|
| | | Mbuses | Bus | C2 Liv. | C2 | C3 | C2R2 | T3S2 | T3S3 | Otros | |
| 2005 | 26 | 1 | 2 | 6 | 6 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 46 |
| 2006 | 27 | 1 | 2 | 6 | 6 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 48 |
| 2007 | 28 | 1 | 2 | 7 | 6 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 50 |
| 2008 | 29 | 1 | 3 | 7 | 7 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 52 |
| 2009 | 29 | 1 | 3 | 7 | 7 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 53 |
| 2010 | 30 | 1 | 3 | 8 | 7 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 56 |
| 2011 | 31 | 1 | 3 | 8 | 8 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 58 |
| 2012 | 32 | 1 | 3 | 8 | 8 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 60 |
| 2013 | 33 | 1 | 3 | 9 | 9 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 63 |
| 2014 | 34 | 1 | 3 | 10 | 9 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 65 |
| 2015 | 35 | 2 | 3 | 10 | 10 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 68 |
| 2016 | 36 | 2 | 3 | 11 | 11 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 71 |
| 2017 | 37 | 2 | 3 | 11 | 11 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 74 |

* Fuente: Plan Nacional de Desarrollo PND e INEC



| | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|---|---|----|----|---|---|----|---|---|-----|
| 2018 | 38 | 2 | 3 | 12 | 12 | 1 | 0 | 8 | 0 | 0 | 77 |
| 2019 | 39 | 2 | 3 | 13 | 13 | 2 | 0 | 8 | 0 | 0 | 81 |
| 2020 | 41 | 2 | 4 | 14 | 13 | 2 | 0 | 9 | 0 | 0 | 84 |
| 2021 | 42 | 2 | 4 | 14 | 14 | 2 | 0 | 9 | 0 | 0 | 87 |
| 2022 | 43 | 2 | 4 | 15 | 15 | 2 | 0 | 10 | 0 | 0 | 91 |
| 2023 | 44 | 2 | 4 | 16 | 15 | 2 | 0 | 10 | 0 | 0 | 94 |
| 2024 | 46 | 2 | 4 | 16 | 16 | 2 | 0 | 11 | 0 | 0 | 98 |
| 2025 | 47 | 2 | 4 | 17 | 17 | 2 | 0 | 11 | 0 | 0 | 102 |
| 2026 | 49 | 2 | 4 | 18 | 18 | 2 | 0 | 12 | 0 | 0 | 106 |
| 2027 | 50 | 2 | 4 | 19 | 19 | 2 | 0 | 12 | 0 | 0 | 110 |
| 2028 | 51 | 2 | 4 | 20 | 20 | 2 | 0 | 13 | 0 | 1 | 114 |

La suma del Tráfico Normal mas el Tráfico Desarrollado da como resultado el Tráfico Total más crítico que será usuario de la Carretera. En la tabla III.10 se presenta el crecimiento del Tráfico Total durante su vida útil.

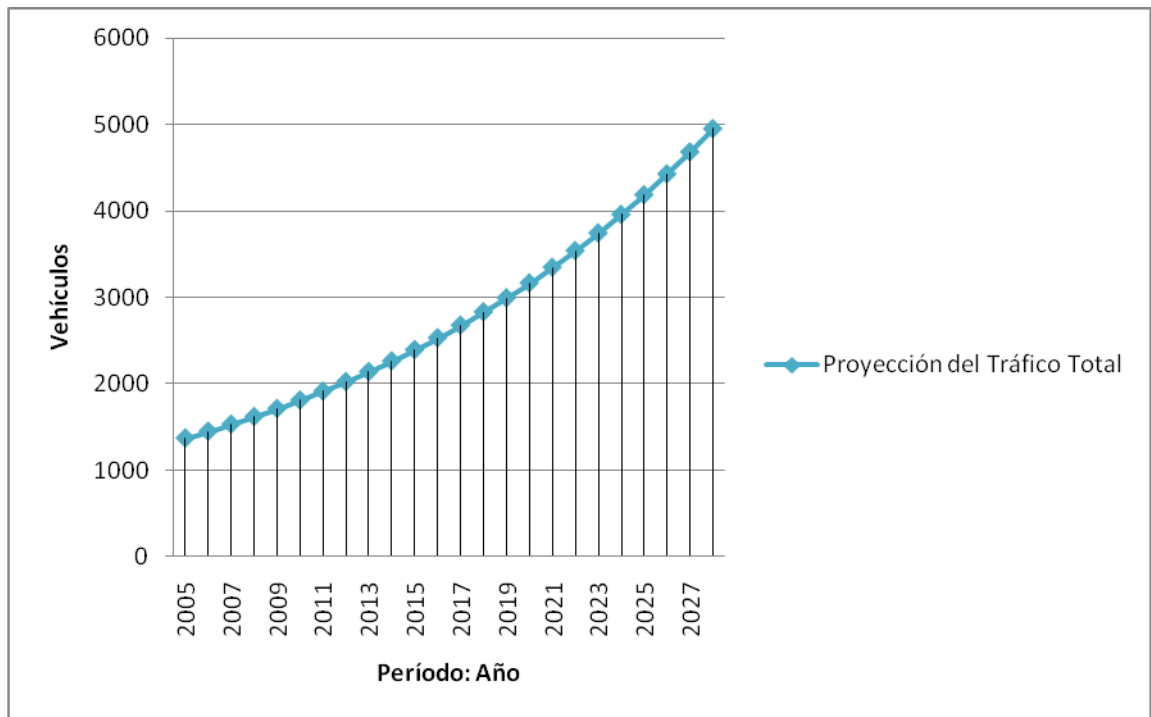
Tabla III.6.10- Trafico Promedio Diario Anual (Trafico Total)(vpd)

| Año | Vehículos Livianos | Pesados de Pasajeros | | Pesados de Carga | | | | | | | Total (vpd) |
|-------------|--------------------|----------------------|-----|------------------|-----|----|------|------|------|-------|-------------|
| | | Mbuses | Bus | C2 Liv. | C2 | C3 | C2R2 | T3S2 | T3S3 | Otros | |
| 2005 | 896 | 39 | 80 | 125 | 123 | 16 | 2 | 82 | 3 | 3 | 1368 |
| 2006 | 947 | 41 | 84 | 133 | 130 | 17 | 2 | 87 | 3 | 3 | 1447 |
| 2007 | 1001 | 43 | 89 | 140 | 138 | 17 | 2 | 92 | 3 | 4 | 1530 |
| 2008 | 1059 | 46 | 94 | 148 | 145 | 18 | 2 | 97 | 3 | 4 | 1617 |
| 2009 | 1119 | 48 | 100 | 157 | 154 | 20 | 2 | 103 | 4 | 4 | 1710 |
| 2010 | 1183 | 51 | 105 | 166 | 163 | 21 | 2 | 109 | 4 | 4 | 1808 |
| 2011 | 1251 | 54 | 111 | 175 | 172 | 22 | 3 | 115 | 4 | 4 | 1912 |
| 2012 | 1323 | 57 | 118 | 186 | 182 | 23 | 3 | 122 | 4 | 5 | 2022 |
| 2013 | 1399 | 61 | 125 | 196 | 193 | 24 | 3 | 129 | 4 | 5 | 2138 |
| 2014 | 1479 | 64 | 132 | 208 | 204 | 26 | 3 | 136 | 5 | 5 | 2261 |
| 2015 | 1564 | 68 | 139 | 220 | 216 | 27 | 3 | 144 | 5 | 6 | 2392 |
| 2016 | 1653 | 72 | 147 | 233 | 228 | 29 | 3 | 153 | 5 | 6 | 2529 |
| 2017 | 1748 | 76 | 156 | 246 | 242 | 31 | 4 | 162 | 6 | 6 | 2675 |
| 2018 | 1848 | 80 | 165 | 260 | 256 | 32 | 4 | 171 | 6 | 7 | 2829 |
| 2019 | 1955 | 85 | 174 | 276 | 270 | 34 | 4 | 181 | 6 | 7 | 2992 |
| 2020 | 2067 | 89 | 184 | 292 | 286 | 36 | 4 | 191 | 7 | 7 | 3164 |



| | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-----|-----|-----|-----|----|---|-----|----|----|------|
| 2021 | 2186 | 95 | 195 | 308 | 303 | 38 | 5 | 202 | 7 | 8 | 3346 |
| 2022 | 2311 | 100 | 206 | 326 | 320 | 41 | 5 | 214 | 7 | 8 | 3538 |
| 2023 | 2444 | 106 | 218 | 345 | 339 | 43 | 5 | 226 | 8 | 9 | 3742 |
| 2024 | 2585 | 112 | 230 | 365 | 358 | 45 | 5 | 240 | 8 | 9 | 3957 |
| 2025 | 2733 | 118 | 243 | 386 | 379 | 48 | 6 | 253 | 9 | 10 | 4185 |
| 2026 | 2890 | 125 | 257 | 408 | 401 | 51 | 6 | 268 | 9 | 10 | 4426 |
| 2027 | 3057 | 132 | 272 | 432 | 424 | 54 | 6 | 283 | 10 | 11 | 4680 |
| 2028 | 3233 | 140 | 288 | 457 | 448 | 57 | 7 | 300 | 10 | 12 | 4950 |

Proyección de Tráfico Total



III.6.3- Capacidad y Niveles de Servicio

El análisis de capacidad y nivel de servicio, relaciona los elementos geométricos de la vía con los volúmenes de tráfico, la composición vehicular y los usuarios, a fin de que las condiciones de viaje del usuario sean fluidas, seguras, confortables y que a su vez generen ahorros sustanciales de tiempo y económicos, como efectos de la reducción de los costos operacionales de los vehículos y costos de tiempo de los usuarios.



El cálculo de la capacidad y nivel de servicio se hace para dos tramos, por poseer diferentes características, para las cuales existen distintos tipos de métodos para la realización de la capacidad y los niveles de servicio.

Determinación de Sección Transversal

Para el primer tramo que solamente será rehabilitado en los que se empleara los casos de simulación de sección Transversal ensayados, se utilizó una velocidad de Proyecto igual a 30.0 kph.

Primer Tramo (Tramo a rehabilitar): Carretera Convencional

Al estudiar la capacidad y las intensidades de servicio en una carretera de calzada única con dos carriles de circulación se tiene en cuenta la capacidad conjunta de ambos sentidos. En condiciones ideales, la capacidad de una carretera de este tipo es como máximo de 3200 autos por hora, siempre que tomando por separado la intensidad de cada sentido, en ninguno de ellos se sobrepasará los 1700 vehículos ligeros por hora.

Las condiciones ideales para carreteras convencionales son:

- ◆ Carriles de 3.0m
- ◆ Sin accesos a las propiedades colindantes
- ◆ Terreno llano (Pendiente menor o igual al 2%)
- ◆ Tráfico formado exclusivamente por vehículos ligeros.
- ◆ Con prohibiciones de adelantamiento (20%)
- ◆ Reparto del tráfico total entre sentidos de (50/50)%



Tabla III.6.11- Condiciones de Geometría y Tráfico

| Período (Años) | Volumen Máximo Horario (vph) | FPH | Volumen de Demanda Máxima (vph) | Composición del Tráfico (%) | | | Distrib. Direc. (%) | Ancho de Carril (mts) | Ancho de Arcén (mts) | Velocidad de Proyecto (kph) |
|----------------|------------------------------|------|---------------------------------|-----------------------------|------|--------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|
| | | | | Liv. | Bus | Camión | | | | |
| 2007 | 271 | 0.9 | 301 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2008 | 286 | 0.9 | 318 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2009 | 302 | 0.9 | 336 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2010 | 320 | 0.91 | 351 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2011 | 338 | 0.91 | 372 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2012 | 358 | 0.91 | 393 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2013 | 378 | 0.91 | 416 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2014 | 400 | 0.91 | 439 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2015 | 423 | 0.91 | 465 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2016 | 447 | 0.91 | 492 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2017 | 473 | 0.92 | 514 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2018 | 500 | 0.92 | 544 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2019 | 529 | 0.92 | 575 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2020 | 560 | 0.92 | 608 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2021 | 592 | 0.92 | 643 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2022 | 626 | 0.93 | 673 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2023 | 662 | 0.93 | 712 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2024 | 700 | 0.93 | 753 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2025 | 740 | 0.93 | 796 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2026 | 783 | 0.93 | 842 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2027 | 828 | 0.93 | 890 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |
| 2028 | 875 | 0.93 | 941 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.2 | 0.5 | 80 |

Las condiciones de geometría y tráfico para la vida útil del Proyecto se presentan en la **Tabla III.6.11**.

⇒ **Simulación de Sección Transversal de Ancho de Carril de 3.0 m.**

Para inicios de operación del proyecto, la carretera estará operando con una Demanda Máxima Horaria de **VDM = 318** vph, con un Nivel de Servicio **NS = B**.



Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **1922 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 16.50 % de su Capacidad al iniciar el primer quinquenio de operación, lo cual refleja una operación aceptable para la carretera.

Para el Año 2013, la Vía estará operando con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 416** vph y un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **1922 veh/c/h**, por lo que la carretera para este período estará operando a un 21.6 % de su Capacidad al iniciar el segundo quinquenio de operación, lo cual refleja una reducción en la operación de la carretera.

En el Año 2018, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 544** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

En este período de vida útil de la carretera, ésta operará a un 28.3% de su capacidad al iniciar el tercer quinquenio, lo cual refleja una reducción de la operación carretera.

En el Año 2023, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 712** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

La Capacidad Máxima del Tramo es igual a **1922 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 37.0 % de su Capacidad.

Para el Año 2028, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 941** vph y un Nivel de Servicio **NS = D**, operando a un 49% de su capacidad.

En la tabla III.6.12, se presenta el Resumen de los Cálculos de Capacidad y Niveles de Servicio durante la vida útil de la Carretera.



⇒ **Simulación de Sección Transversal de Ancho de Carril de 3.2m.**

Para inicios de operación del proyecto, la carretera estará operando con una Demanda Máxima Horaria de **VDM = 318** vph, con un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **1922 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 16.50 % de su Capacidad al iniciar el primer quinquenio de operación, lo cual refleja una operación aceptable para la carretera.

Para el Año 2013, la Vía estará operando con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 416** vph y un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **1922 veh/c/h**, por lo que la carretera para este período estará operando a un 21.6 % de su Capacidad al iniciar el segundo quinquenio de operación, lo cual refleja una reducción en la operación de la carretera.

En el Año 2018, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 544** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

En este período de vida útil de la carretera, ésta operará a un 28.3% de su capacidad al iniciar el tercer quinquenio, lo cual refleja una reducción de la operación carretera.

En el Año 2023, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 712** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

La Capacidad Máxima del Tramo es igual a **1922 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 37.0 % de su Capacidad.



Para el Año 2028, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 941** vph y un Nivel de Servicio **NS = D**, operando a un 49% de su capacidad.

En la tabla III.6.12, se presenta el Resumen de los Cálculos de Capacidad y Niveles de Servicio durante la vida útil de la Carretera.

⇒ **Simulación de Sección Transversal de Ancho de Carril de 3.5m.**

Para inicios de operación del proyecto, la carretera estará operando con una Demanda Máxima Horaria de **VDM = 318** vph, con un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **1927 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 16.50 % de su Capacidad al iniciar el primer quinquenio de operación, lo cual refleja una operación aceptable para la carretera.

Para el Año 2013, la Vía estará operando con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 416** vph y un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **1927 veh/c/h**, por lo que la carretera para este período estará operando a un 21.6 % de su Capacidad al iniciar el segundo quinquenio de operación, lo cual refleja una reducción en la operación de la carretera.

En el Año 2018, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 544** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

En este período de vida útil de la carretera, ésta operará a un 28.3% de su capacidad al iniciar el tercer quinquenio, lo cual refleja una reducción de la operación carretera.



En el Año 2023, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 712** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

La Capacidad Máxima del Tramo es igual a **1927 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 37.0 % de su Capacidad.

Para el Año 2028, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 941** vph y un Nivel de Servicio **NS = D**, operando a un 49% de su capacidad.

En la Tabla III.6.12, se presenta el Resumen de los Cálculos de Capacidad y Niveles de Servicio durante la vida útil de la Carretera.

Tabla III.6.12- Condiciones Geométricas, Tráfico, Capacidad y Nivel de Servicio (Vd = 30 kph).

| Año | Vol. Máx. Hor. (vph) | FPH | Distrib. Direc. (%) | Composición del Tráfico (%) | | | Vol. de Dem. Máx. (vph) | Ancho de C = 3.0 (mts) | | | Ancho de C = 3.2 (mts) | | | Ancho de C = 3.5 (mts) | | |
|------|----------------------|------|---------------------|-----------------------------|------|------|-------------------------|------------------------|----|------------------|------------------------|----|------------------|------------------------|----|------------------|
| | | | | Liv. | Bus | Cam. | | Capac. | NS | Relc. VDN/VS (%) | Capac. | NS | Relc. VDN/VS (%) | Capac. | NS | Relc. VDN/VS (%) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2008 | 286 | 0.90 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 318 | 1922 | B | 0.165 | 1922 | B | 0.165 | 1927 | B | 0.165 |
| 2013 | 378 | 0.91 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 416 | 1922 | B | 0.216 | 1922 | B | 0.216 | 1927 | B | 0.216 |
| 2018 | 500 | 0.92 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 544 | 1922 | C | 0.283 | 1922 | C | 0.283 | 1927 | C | 0.283 |
| 2023 | 662 | 0.93 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 712 | 1922 | C | 0.37 | 1922 | C | 0.37 | 1927 | C | 0.37 |
| 2028 | 875 | 0.93 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 941 | 1922 | D | 0.489 | 1922 | D | 0.49 | 1927 | D | 0.49 |

Como se puede observar en Tabla III.6.12, el tramo para diferentes anchos de vía da como resultado el mismo nivel de servicio y por consiguiente su operación es óptima en los tres casos los cuales son:

- ⇒ Ancho de carril : 3.0m
- ⇒ Ancho de carril : 3.2m



⇒ Ancho de carril : 3.5 m

Al final de la vida útil logran mantener un nivel de servicio aceptable para que los vehículos circulen cómodamente, ya que las tres opciones dan niveles de servicio iguales, por economía se toma la primera opción.

Segundo Tramo (Tramo nuevo): Otras Vías

Todas las carreteras de circulación continua generalmente son de tipo interurbano y que tienen como característica fundamental no tener impedimentos de circulación como:

- ◆ Semáforos
- ◆ Intersecciones o cruces
- ◆ Señales de tránsito como “ALTO” y “Ceda el Paso”

Dentro de este tipo de carreteras interurbanas para la determinación de su capacidad y nivel de servicio se dividen en dos clasificaciones:

1. Carreteras con calzadas separadas y con más de un carril por sentido.
2. Otras vías

Las condiciones ideales para carreteras de este segundo tipo, al cual pertenece el segundo tramo del diseño de la carretera en estudio, se definen como aquellas condiciones no restrictivas desde el punto de vista de las características geométricas de circulación y del entorno, siendo estas las siguientes:

- ⇒ Ancho de carril de 3.60m
- ⇒ Suma de obstáculos laterales a la calzada igual o mayor de 3.60m.
- ⇒ Tráfico formado únicamente por vehículos ligeros.
- ⇒ Terreno llano.
- ⇒ Mediana entre las calzadas.



⇒ Conductores que conocen la vía.

Las condiciones de geometría y tráfico para la vida útil del Proyecto se presentan en la Tabla III.6.13.

Tabla III.6.13- Condiciones Geométricas y de Tráfico para el Segundo Tramo

| Período (Años) | Volumen Máximo Horario (vph) | FPH | Volumen de Demanda Máxima (vph) | Composición del Tráfico (%) | | | Distrib. Direc. (%) | Ancho de Carril (mts) | Ancho de Hombros (mts) | Velocidad de Proyecto (kph) |
|----------------|------------------------------|------|---------------------------------|-----------------------------|------|--------|---------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|
| | | | | Liv. | Bus | Camión | | | | |
| 2007 | 271 | 0.9 | 301 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2008 | 286 | 0.9 | 318 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2009 | 302 | 0.9 | 336 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2010 | 320 | 0.91 | 351 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2011 | 338 | 0.91 | 372 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2012 | 358 | 0.91 | 393 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2013 | 378 | 0.91 | 416 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2014 | 400 | 0.91 | 439 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2015 | 423 | 0.91 | 465 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2016 | 447 | 0.91 | 492 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2017 | 473 | 0.92 | 514 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2018 | 500 | 0.92 | 544 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2019 | 529 | 0.92 | 575 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2020 | 560 | 0.92 | 608 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2021 | 592 | 0.92 | 643 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2022 | 626 | 0.93 | 673 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2023 | 662 | 0.93 | 712 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2024 | 700 | 0.93 | 753 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2025 | 740 | 0.93 | 796 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2026 | 783 | 0.93 | 842 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2027 | 828 | 0.93 | 890 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |
| 2028 | 875 | 0.93 | 941 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 52/48 | 3.5 | 1 | 80 |

Para cuantificar la Capacidad de cada uno de los tramos se utilizan los siguientes datos:



| | | |
|---|-----------------------------------|-----------------|
| ⇒ | Velocidad de Proyecto: | 50.0 kph |
| ⇒ | Ancho de Carril: | 3.0m |
| ⇒ | Ancho de Carril: | 3.2m |
| ⇒ | Ancho de Carril: | 3.5m |
| ⇒ | Número de Carriles: | 2 por Sentido. |
| ⇒ | Porcentaje de Camiones: | Cuadro N°. VI.3 |
| ⇒ | Porcentaje de Buses: | Cuadro N°. VI.3 |
| ⇒ | Porcentaje de vehículos livianos: | Cuadro N° VI.3 |

⇒ **Simulación de Sección Transversal de Ancho de Carril de 3m.**

Para inicios de operación del proyecto, la carretera estará operando con una Demanda Máxima Horaria de **VDM = 318** vph, con un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **2042 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 15.50 % de su Capacidad al iniciar el primer quinquenio de operación, lo cual refleja una operación aceptable para la carretera.

Para el Año 2013, la Vía estará operando con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 416** vph y un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **2042 veh/c/h**, por lo que la carretera para este período estará operando a un 20 % de su Capacidad al iniciar el segundo quinquenio de operación, lo cual refleja una reducción en la operación de la carretera.

En el Año 2018, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 544** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.



En este período de vida útil de la carretera, ésta operará a un 26.6% de su capacidad al iniciar el tercer quinquenio, lo cual refleja una reducción de la operación carretera.

En el Año 2023, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 712** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

La Capacidad Máxima del Tramo es igual a **2042 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 34.80 % de su Capacidad.

Para el Año 2028, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 941** vph y un Nivel de Servicio **NS = D**, operando a un 46.8% de su capacidad.

En la tabla III.6.14, se presenta el Resumen de los Cálculos de Capacidad y Niveles de Servicio durante la vida útil de la Carretera.

⇒ **Simulación de Sección Transversal de Ancho de Carril de 3.2m.**

Para inicios de operación del proyecto, la carretera estará operando con una Demanda Máxima Horaria de **VDM = 318** vph, con un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **2042 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 15.50 % de su Capacidad al iniciar el primer quinquenio de operación, lo cual refleja una operación aceptable para la carretera.

Para el Año 2013, la Vía estará operando con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 416** vph y un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **2042 veh/c/h**, por lo que la carretera para este período estará operando a un 20 % de su Capacidad al



iniciar el segundo quinquenio de operación, lo cual refleja una reducción en la operación de la carretera.

En el Año 2018, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 544** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

En este período de vida útil de la carretera, ésta operará a un 26.6% de su capacidad al iniciar el tercer quinquenio, lo cual refleja una reducción de la operación carretera.

En el Año 2023, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 712** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

La Capacidad Máxima del Tramo es igual a **2042 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 34.80 % de su Capacidad.

Para el Año 2028, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 941** vph y un Nivel de Servicio **NS = D**, operando a un 46.8% de su capacidad.

En la tabla III.6.14, se presenta el Resumen de los Cálculos de Capacidad y Niveles de Servicio durante la vida útil de la Carretera.

⇒ **Simulación de Sección Transversal de Ancho de Carril de 3.5m.**

Para inicios de operación del proyecto, la carretera estará operando con una Demanda Máxima Horaria de **VDM = 318** vph, con un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **2047 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 15.50 % de su Capacidad al iniciar el primer quinquenio de operación, lo cual refleja una operación aceptable para la carretera.



Para el Año 2013, la Vía estará operando con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 416** vph y un Nivel de Servicio **NS = B**.

Como se puede observar, la Capacidad Máxima del Tramo es de **2047 veh/c/h**, por lo que la carretera para este período estará operando a un 20 % de su Capacidad al iniciar el segundo quinquenio de operación, lo cual refleja una reducción en la operación de la carretera.

En el Año 2018, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima de **VDM = 544** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

En este período de vida útil de la carretera, ésta operará a un 26.6% de su capacidad al iniciar el tercer quinquenio, lo cual refleja una reducción de la operación carretera.

En el Año 2023, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 712** vph y un Nivel de Servicio **NS = C**.

La Capacidad Máxima del Tramo es igual a **2047 veh/c/h**, por lo que el tramo estará operando a un 34.80 % de su Capacidad.

Para el Año 2028, la Carretera operará con un Volumen de Demanda Máxima por Hora de **VDM = 941** vph y un Nivel de Servicio **NS = D**, operando a un 46.8% de su capacidad.

En la tabla III.6.14, se presenta el Resumen de los Cálculos de Capacidad y Niveles de Servicio durante la vida útil de la Carretera.



Tabla III.6.14- Condiciones Geométricas, Tráfico, Capacidad y Nivel de Servicio (Vd. = 50 kph) .

| Año | Vol. Máx. Hor. (vph) | FPH | Distrib. Direc. (%) | Composición del Tráfico (%) | | | Vol. de Dem. Máx. (vph) | Ancho de C = 3.0 (mts) | | | Ancho de C = 3.2 (mts) | | | Ancho de C = 3.5 (mts) | | |
|------|----------------------|------|---------------------|-----------------------------|------|------|-------------------------|------------------------|----|------------------|------------------------|----|------------------|------------------------|----|------------------|
| | | | | Liv. | Bus | Cam. | | Capac. | NS | Relc. VDN/VS (%) | Capac. | NS | Relc. VDN/VS (%) | Capac. | NS | Relc. VDN/VS (%) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2008 | 286 | 0.90 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 318 | 2042 | B | 0.155 | 2042 | B | 0.155 | 2047 | B | 0.155 |
| 2013 | 378 | 0.91 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 416 | 2042 | B | 0.20 | 2042 | B | 0.20 | 2047 | B | 0.20 |
| 2018 | 500 | 0.92 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 544 | 2042 | C | 0.266 | 2042 | C | 0.266 | 2047 | C | 0.266 |
| 2023 | 662 | 0.93 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 712 | 2042 | C | 0.348 | 2042 | C | 0.348 | 2047 | C | 0.348 |
| 2028 | 875 | 0.93 | 52/48 | 89.85 | 6.43 | 3.72 | 941 | 2042 | D | 0.468 | 2042 | D | 0.468 | 2047 | D | 0.468 |

Como se puede observar en la tabla III.16, el tramo para diferentes anchos de vía da como resultado el mismo nivel de servicio y por consiguiente su operación es óptima en los tres casos los cuales son:

- ⇒ Ancho de carril : 3.0m
- ⇒ Ancho de carril : 3.2m
- ⇒ Ancho de carril : 3.5m

Al final de la vida útil logran mantener un nivel de servicio aceptable para que los vehículos circulen cómodamente, ya que las dos opciones dan niveles de servicio iguales, por economía se toma la primera opción.

III.7- DISEÑO GEOMÉTRICO

Comprende el diseño óptimo de la línea definitiva, la cual estará sujeta a las alineaciones vertical, horizontal y al derecho de vía, además del criterio del ingeniero diseñador y de las especificaciones establecidas para la misma.



III.7.1- Normas, Criterios y Especificaciones*

La conformación y aprobación de carreteras y/o vías nacionales lleva la implícita necesidad de que su diseño, construcción, mantenimiento y operación se rija por normas y procedimientos para asegurar su coherencia y uniformidad funcional.

En todo diseño de pavimento se debe tener en consideración los siguientes aspectos:

1. Ninguna norma debe sustituir el buen criterio y juicio explícito del diseñador.
2. El mejor diseño geométrico de una carretera puede ser rechazado si, en el análisis de sus eventos justificativos, no se incorporan uniformemente los componentes ambientales de su impacto en el medio natural y social.
3. Las normas de diseño no deben ser una camisa de fuerza, únicamente deben ser utilizadas como una guía sólida y técnicamente aceptable sobre las soluciones más deseables para el diseño geométrico.
4. El buen funcionamiento de la red vial es crucial para el desarrollo seguro y eficiente de las actividades socioeconómicas.
5. El diseño de una carretera debe ser consistente, esto es, evitar los cambios considerables en las características geométricas de un segmento dado, manteniendo la coherencia de todos los elementos del diseño con las expectativas del conductor promedio.
6. En el diseño debe presentarse la debida atención a las necesidades de los peatones, de los ciclistas y motociclistas que circulan por la carretera.

* Manual Centroamericano, Normas para el diseño geométrico de carreteras regionales



7. En el diseño de pavimento de la carretera es esencial facilitar la efectiva interacción entre la superficie de rodamiento y las llantas de los vehículos para el control y frenado de los mismos.

Normas, Criterios y Especificaciones utilizadas en el diseño del Proyecto

Para obtener las condiciones adecuadas en el diseño a realizar se tomará en consideración los siguientes aspectos:

- ⊕ Tipo de área: Rural
- ⊕ Condiciones de Terreno: Plano
- ⊕ Volumen de Tránsito*
- ⊕ Condiciones ambientales
- ⊕ Consistencia en el diseño de carreteras similares.

La velocidad máxima permitida para los vehículos que circulan en calles urbanas es de 45 KPH[†], para elaborar el diseño del tramo de carretera San Jorge-El Riego se seleccionó una velocidad de diseño de 30 KPH, por las siguientes razones:

1. Existen curvas horizontales a corta distancia entre sí (curvas 2, 3, 4 y 5).
2. La carretera diseñada es muy utilizada por peatones, por su ubicación próxima al Lago Cocibolca.

En la etapa de construcción de este anteproyecto, se rehabilitará el camino existente desde la Iglesia del municipio de San Jorge hasta el balneario de El Menco (4.63 km), por tanto no se necesitará abrir camino, además, considerando las viviendas edificadas en el tramo de estudio primeramente nuestro trabajo consistirá en replantear el alineamiento tanto vertical como horizontal, que más se adapte al camino existente. En el tramo de carretera que va desde el balneario El Riego hasta el Dragado Los

* Véase Tabla III.6.10 Pág.61

†Complemento de Ley 431, página 125



Hollman (4.15km), se realizará una apertura de camino, el cual presenta una topografía plana y recta, por lo que no se necesitará un diseño geométrico de curvas horizontales y verticales.

El desarrollo de una carretera rural está influenciado por el tráfico vehicular, peatonal, la topografía, uso de la tierra, costo de construcción y mantenimiento, diseño de intersecciones o futuras ampliaciones. Los criterios básicos a considerarse en el diseño de la vía son: Los anchos y el número de carriles requeridos, el diseño de ambos depende del tipo y tamaño de los vehículos (composición vehicular), volúmenes de tránsito, velocidad de diseño y niveles de servicio requeridos. La determinación del ancho del derecho de vía de una carretera y por consiguiente la determinación del ancho óptimo de los componentes de la sección transversal típica es para un período de diseño de 20 años.

Ancho de carril: La escogencia del ancho de los carriles es una decisión que tiene incidencia determinante en la capacidad de las carreteras. Como parámetro de referencia, durante el diseño, se debe tener a la vista la estructura del tránsito proyectado, que a su vez y en la medida de la importancia relativa del tránsito pesado dentro del mismo, hará necesario que la dimensión de cada carril sea habilitada para que los camiones y las combinaciones de vehículos de diseño, con 3m de ancho, se puedan inscribir cómodamente dentro de la franja de circulación que les ha sido habilitada.

Distancia de Visibilidad: Es la longitud máxima de la carretera que puede un conductor ver continuamente delante de él, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Las tres consideraciones más importantes en la distancia de visibilidad para el diseño de vías son:

1. Distancia de visibilidad de parada
2. Distancia de visibilidad de rebase
3. Distancia de visibilidad en intersecciones



Distancia de visibilidad de parada: Es la distancia mínima que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera. Esta debe ser provista continuamente en toda la vía. Los camiones requieren usualmente distancia de visibilidad de parada más larga que una velocidad dada que los vehículos de pasajeros pero debido a la mayor altura del ojo y bajas velocidades de los camiones, la misma distancia es aplicable.

Distancia de visibilidad en curvas horizontales: Para uso general en el diseño de curvas horizontales la línea de visibilidad es la cuerda de la curva y la distancia de visibilidad de parada aplicable es medida a lo largo de la línea central de la curva del carril interno. Se aplica cuando la longitud de las curvas circulares es mayor que la distancia de visibilidad de parada para la velocidad de diseño en consideración; en este caso la distancia de visibilidad es mayor que las longitudes de curvas horizontales.

Criterios para el diseño de alineamiento vertical.

- ⊕ En pendientes largas es preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final.
- ⊕ Evitar el efecto de montaña rusa que ocurren alineamientos relativamente rectos.
- ⊕ En la pendiente se opera a nivel de servicio E o F, o sea a plena capacidad o cercana a ella.
- ⊕ Es preferible una rasante con cambios graduales a una línea con numerosos quiebres.
- ⊕ En las subidas es preferible las pendientes fuertes abajo, disminuyendo en la parte superior.
- ⊕ Ajustar la línea de rasante de acuerdo con los controles de diseño (pendientes máximas y mínimas, etc.).
- ⊕ Se considera que la elevación de la rasante no sobrepase el nivel o elevación de las aceras de las propiedades adyacentes, altura o rasante del puente y alcantarilla, obteniendo así una buena coordinación entre planimetría y altimetría.



Alineamiento Horizontal y Vertical: El alineamiento horizontal y vertical no debe ser diseñado independientemente. En áreas residenciales el alineamiento debe ser diseñado para minimizar molestias a la población. El diseño óptimo será aquel que conjugue la curvatura y la rasante, ofreciendo seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad de operación y apariencia placentera entre los límites del terreno y áreas de recorrido.

Niveles de servicio: Los diseñadores deben seleccionar el nivel de servicio que mejor se adecue a la realidad del proyecto que se propone desarrollar y no suponer irrealidades absurdas, que, más bien conlleven a errores. La selección de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel. Como criterio de análisis se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño, debe ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño. La AASHTO* ha determinado una manera para seleccionar el nivel de servicio de una carretera en función de su tipología y las características del terreno.

Tabla III.7.1- Nivel de servicio para diseño según el tipo de carretera

| Tipo de carretera | Tipo de área y nivel de servicio | | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| | Rural Plano | Rural Ondulado | Rural Montañoso | Urbano Suburbano |
| Autopista Especial | B | B | C | C |
| Troncales | B | B | C | C |
| Colectora | C | C | D | D |
| Locales | D | D | D | D |

* American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO)



Curvas Horizontales

Alineamiento Horizontal: Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona de la carretera. Los elementos que conforman el alineamiento horizontal son: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

Rasante: Es el término usado para designar la posición vertical de la superficie del camino en relación a la superficie del terreno. La localización final de la rasante está afectada por la topografía, así, en terrenos planos la mayor consideración para el establecimiento de la rasante es usualmente el drenaje.

Bombeo: Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua sobre la carretera.

Peralte y sobre elevación: Es la pendiente que se le da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales. Existen valores de la sobre elevación que se consideran como valores máximos, los cuales dependen de un tipo de tránsito y de las condiciones climática.

Tabla III.7.2- Peralte máximo

| Peralte máximo e_{max} | Cuando usarlo |
|--------------------------|--|
| 12% | Cuando no existan heladas ni nevadas y la cantidad de vehículos pesados en la corriente de tránsito es mínima. |
| 10% | No hay nieve o hielo, pero con un gran porcentaje de vehículos pesados. |
| 8% | En zonas donde las heladas o nevadas son frecuentes. |
| 6% | En zonas urbanas y rurales |

El peralte máximo de diseño para este proyecto es del 6%, ya que se está trabajando con calles rurales.



Curvas Horizontales Continuas. Dos curvas horizontales continuas pueden presentarse de la siguiente manera:

- ⊕ En curvas inversas.
- ⊕ Lomo roto

Las curvas inversas están compuestas por dos curvas en sentido contrario contiguas y con tangente común en el punto de unión. La distancia mínima entre ambas curvas debe ser igual a la suma de las transiciones de ambas curvas. El segundo caso es cuando dos curvas consecutivas giran en el mismo sentido, pero que deben estar separadas por al menos una tangente de 500m.

En este proyecto se presenta el caso de curvas horizontales inversas, éstas están ubicadas en dos puntos distintos a lo largo de la carretera (Curva 2y3), las cuales presentan sentido contrario contiguas y una tangente en común en el punto de unión.

Elementos Geométricos de una curva horizontal.

Puntos notables.

- PI: Es el punto donde se interceptan las dos tangentes horizontales.
- PC: Es el punto de tangencia entre la tangente horizontal y la curva al comienzo de ésta.
- PT: Es el punto de tangencia entre la tangente y la curva al final de ésta.
- PM: Punto medio de la curva horizontal.
- PSC: Indica un punto sobre la curva.

Puntos Geométricos

- R: Es el radio de la circunferencia en la que la curva es un segmento de ésta, de ahí que la curva horizontal es una curva circular.



- T: Tangente de la curva, es el segmento de recta que existe entre el PI y el PC y también entre el PI y PT.
- CM: Cuerda máxima, es el segmento de recta que une el PC con PT.
- LC: Longitud del arco comprendido entre el PC y el PT. Se conoce también como desarrollo (D).
- M: Ordenada a la curva desde el centro de la cuerda máxima.
- E: Distancia desde el centro de la curva al punto de inflexión.
- Δ : Ángulo de inflexión o deflexión formado por las tangentes al interceptarse en el PI.

Ecuaciones

Cálculo de los elementos geométricos de la curva horizontal

Radio: Está determinado según los datos que se obtengan y las aplicación de las ecuaciones del resto de los elementos geométricos.

Tangente $T = R \tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)$ Ec. (III.7.1)

Cuerda Máxima $C = 2R \sin \left(\frac{\Delta}{2} \right)$ Ec. (III.7.2)

Externa $E = R \left[\sec \left(\frac{\Delta}{2} \right) - 1 \right]$ Ec. (III.7.3)

Mediana $M = R \left[1 - \cos \left(\frac{\Delta}{2} \right) \right]$ Ec. (III.7.4)

Desarrollo $D = \frac{\pi R \Delta}{180}$ Ec. (III.7.5)

Antes de calcular el radio de la curva circular simple, debe establecerse primero un valor mínimo con el que el diseñador se guía, este valor consiste en el radio mínimo que evita el deslizamiento del vehículo viajando a la velocidad de diseño. Este valor está dado por:

$$\min = \frac{v^2}{127.14(e_{max} + f)}$$

Ec. (III.7.6)

Donde:



e_{\max} : Peralte máximo

f : Fricción

Una vez definido en radio mínimo se puede calcular el radio de la curva circular y verificar que:

$$R_{\min} \leq R$$

Los valores de f varían según la velocidad, las condiciones de los neumáticos y el estado de la superficie de rodamiento de la carretera. La AASTHO* recomienda los siguientes valores de f .

Tabla III.7.3- Valores de f en función de la velocidad de diseño

| V (KPH) | 50 | 65 | 80 | 110 | 115 |
|---------|------|------|------|------|------|
| F | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |

Criterios para proyectar curvas circulares en el campo

Existen dos maneras de proyectar las curvas horizontales:

1. Consiste en trazar la curva que mejor se adapte al terreno y posteriormente se calcula el grado de curvatura con su grado respectivo.
2. Consiste en emplear curvas de determinado grados y calcular los demás elementos de ellos, siendo éste el último de los más recomendados, debido a la facilidad de cálculos y al cómodo trazado en el terreno.

La experiencia ha demostrado, que existen otras formas adecuadas de trazar una curva circular en el terreno. Algunas veces estarán en función de la externa y otras en función de la tangente, que es el caso que se presenta en este trabajo.

* American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO)



Grado máximo de curvatura (G_{máx}): Es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño. Y se define según la siguiente expresión:

$$máx = \frac{145692.26(e_{máx}+f)}{v^2} \quad \text{Ec. (III.7.7)}$$

Donde:

$e_{máx}$: Es el peralte máximo en decimales.

f : Es el coeficiente de fricción lateral

V : Velocidad de diseño

Grado de curvatura (G): La longitud de una circunferencia es $2\pi R$, para un ángulo central de 360° , si el arco es de 20m, el ángulo central es el valor que adopta G, en otras palabras el grado de curvatura es el ángulo que se subtende un arco de 20 m en la curva circular.

Relaciones fundamentales del grado de curvatura

Relación G - R $= \frac{1145.92}{R}$ Ec. (III.7.8)

Relación G – D $= \frac{20\Delta}{D}$ Ec. (III.7.9)

Condiciones que debe cumplir el grado de curvatura G

$G \leq G_{máx}$

$= \frac{20\Delta}{D}$ Para $\Delta > 5^\circ$. Si $\Delta \leq 5^\circ$, el valor “D” se toma de la tabla siguiente:

Tabla III.7.4- Valor del desarrollo con respecto a Δ

| | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Δ | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| D | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 |

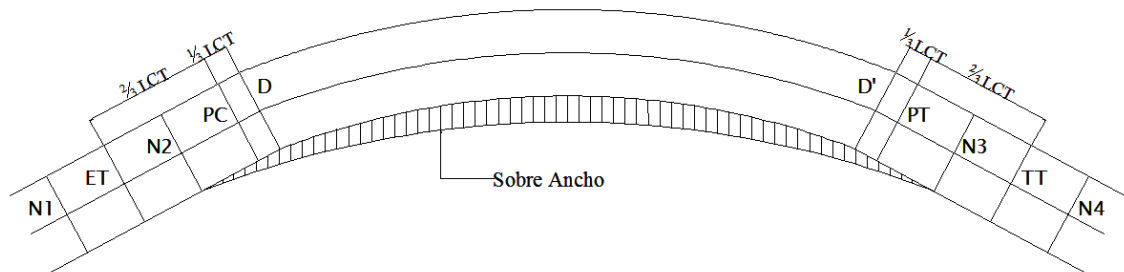


DISEÑO DE LA CURVA DE TRANSICIÓN

Dentro de la curva de transición se incluyen la sobre elevación (peralte) y el sobre ancho.

Sobre ancho: Es el ancho que se adiciona en el extremo interior de la calzada en una curva horizontal, la cual facilita a los conductores mantenerse dentro de su vía. Una de las razones por la cual se hace necesario diseñar el sobre ancho, es que las ruedas traseras de un vehículo describe una trayectoria más corta que las delanteras cuando se recorre una curva.

Figura. Curva de Transición



Cálculo del sobre ancho de diseño

Para calcular el sobre ancho se utilizará la siguiente fórmula general:

$$s = n(R - \sqrt{R^2 - Lc^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad \text{Ec. (III.7.10)}$$

Donde:

- n: Número de carriles
- R: Radio de la curva
- Ld: Distancia entre los ejes más distantes del vehículo de diseño (C3)
- V: Velocidad de diseño (KPH)



Para fines de diseño no se consideran los sobre anchos que resultasen menores de 60 cm, si el sobre ancho resulta mayor deberá redondearse al decímetro superior. No es necesario ampliar la vía si los carriles tienen un ancho de 3.60m o más, o cuando el radio de la curva sea mayor de 300m.

Transición del bombeo a la sobre elevación

Es el procedimiento de cambio de la pendiente de la corona desde el bombeo hasta la sobre elevación, al pasar de una tangente horizontal a una curva, este cambio se hace gradualmente desde antes de entrar a la curva. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de las curvas hasta en un 50%, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede en sobre elevación completa. Aunque existen tres procedimientos para realizar la transición del bombeo al peralte, aquí sólo se menciona que se utilizará en el diseño.

Desarrollo del peralte por el borde interior

Es el segundo método más usado sobre todo en los cortes, en los que se facilita el drenaje al mantener el borde interior una pendiente sobre todo en los cortes, en los que se facilita el drenaje al mantener el borde interior una pendiente longitudinal uniforme; también disminuye el volumen de excavación por elevarse el resto de la calzada, o parte de ella hasta alcanzar la inclinación necesaria (peralte). El peralte, puede desarrollarse en 2/3 sobre la tangente y 1/3 dentro de la curva, manteniéndose en su mayor valor hasta reducirse nuevamente*

Peralte de diseño

Está dado por la siguiente expresión:
$$= \frac{e_{max}}{G_{max}^2} (2G_{max} - G)G \quad \text{Ec. (III.7.11)}$$

*SIECA pág 4-53



Para calcular el Desarrollo del peralte en cualquier punto X de la transición se tiene:

$$= \frac{e}{L_t} (Est. X - Est. LCt) \quad \text{Ec. (III.7.12)}$$

Para calcular el Desarrollo del Sobre ancho en cualquier punto X se tiene:

$$s_x = \frac{Sa}{L_t} (Est. X - Est. LCt) \quad \text{Ec. (III.7.13)}$$

Donde:

e_{max} : Peralte máximo

G_{max} : Grado de curvatura máxima

G: Grado de curvatura

Sa: Sobre ancho de diseño

L_t : Longitud de la curva de transición

Est. X: Estación de un punto X ubicado en el tramo comprendido entre los puntos LCt y D.

Est. ET: Est. PC – 2/3 L_t

Transición del bombeo (Valor “N”)

Normas nicaragüenses $= \frac{L_t \times b}{e}$ Ec. (III.7.14)

ASSHTO $= a \times b \times m$ Ec. (III.7.15)

Donde:

b: Es el valor en decimal del bombeo

a: Es el semiancho de la calzada

m: Se calcula mediante la ecuación

Longitud mínima de la curva de transición



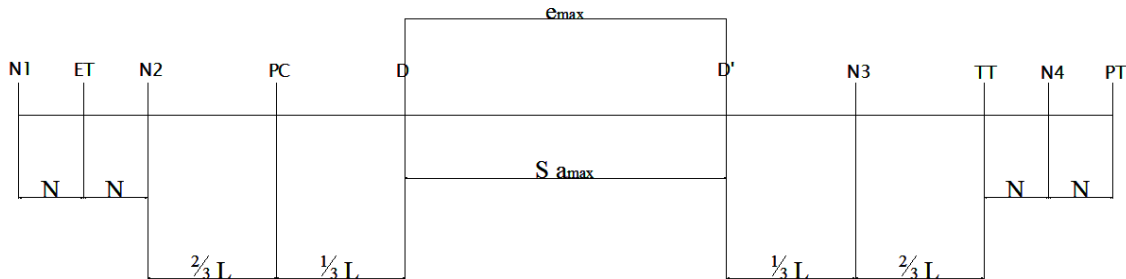
Según la AASHTO la longitud mínima de una curva de transición debe ir acorde con el aspecto estético, su método consiste en igualar la longitud de la espiral a la longitud necesaria para dar la sobre elevación correspondiente a la curva circular. En base a lo anterior la AASHTO determinó la siguiente ecuación:

$$L_{tmin} = m \times a \times e \tag{Ec. (III.7.15)}$$

Donde:

- L_{tmin}: Es la longitud de la curva de transición
- m: Está dado por: $m = 1.5625V + 75$
- a: Es el semiancho de la calzada en tangente
- e: Es el peralte de la curva circular en decimales

Para la longitud de diseño (L_t) de la curva de transición se deberá redondear a un número mayor múltiplo de 20m.



Cálculo de los elementos de la curva de transición

$$\text{Tangente} = T_p + T_c + mt \tag{Ec. (III.7.16)}$$

Donde

- T_c: Es la tangente de la curva circular simple



$$Tp = p \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$p = \frac{L_t^2}{24R} \left(1 - \frac{L_t^2}{112R^2} + \frac{L_t^4}{21120R^4}\right)$$

$$m_t = \frac{L_t^2}{2} \left(1 - \frac{L_t^2}{120R^2} + \frac{L_t^4}{17280R^4}\right)$$

$$\text{Desarrollo} = Dc + LT \quad \text{Ec. (III.7.17)}$$

Donde:

Dc: Es el desarrollo de la curva circular simple

Lt: Es la longitud de la curva de transición

$$\text{Externa} = Dc + Lt \quad \text{Ec. (III.7.18)}$$

Donde:

Ec: Es la externa de la curva circular

$$r = p \times \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{Ec. (III.7.19)}$$

Replanteo de curvas horizontales

Al replantear una curva circular, la distancia a medir tiene que hacerse sobre la curva, técnicamente no es posible realizar la medición sobre ésta; es por ello que en vez de medir segmentos de arcos se miden segmentos de cuerdas. Al medir sobre la curva existe una diferencia de longitud entre el arco y la cuerda que la subtiende, lo que implica una diferencia entre la longitud calculada de la curva y la longitud del trazo de la curva, esta diferencia puede disminuirse, haciendo que la longitud de la cuerda sea sensiblemente igual a la longitud de arco, esto se logra ejecutando la operación corte de cadena.



Longitud de la cuerda para el replanteo

La longitud necesaria para replantear una curva horizontal esta en dependencia del radio y del grado de curvatura. Aunque ya hay valores establecidos para determinados grados de curvatura*, se utilizará la ecuación siguiente:

$$= 2R \operatorname{sen} \left(\frac{G}{2} \right) \quad \text{Ec. (III.7.20)}$$

Ángulos de deflexión: La localización de las curvas circulares en el terreno se hace generalmente por medio de ángulos de reflexión y cuerdas, dichos ángulos son los que forman con la tangente cada una de las cuerdas que salen del PC a los diversos puntos donde se van a colocar estacas, que son puntos de abscisas múltiplos de 20m. Tales ángulos se representan por el símbolo

$$= \frac{1.5 G_c \times l}{60} \quad \text{Ec. (III.7.21)}$$

Donde:

Es el ángulo de deflexión.

Gc: Grado de curvatura

L: Longitud de arco de la subcuerda

El valor de cada ángulo de deflexión es la mitad del ángulo central que intercepta el mismo arco, puesto que es un ángulo de los llamados semi-inscritos en geometría. El ángulo de deflexión total para la curva será:

$$= \frac{\Delta}{2} \quad \text{Ec. (III.7.22)}$$

Curvas Verticales

* Ver anexo 14, pág.296



Son las que se utilizan entre las rasantes de distintas pendientes, en los ferrocarriles, carreteras y otros caminos. Tiene como objetivo suavizar el cambio en el movimiento vertical, es decir, que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida. Casi siempre se usan arcos parabólicos, en vez de arcos circulares como en el de las curvas horizontales.

Cuando la diferencia algebraica entre las pendientes a unir sea menor de 0.5%, las curvas verticales no son necesarias, ya que el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción. Numéricamente se representa así: $||P_2 - P_1|| \leq 0.5\%$.

La longitud de una curva vertical es su proyección horizontal. Se caracterizan por proporcionar un camino seguro, confortable y por permitir el drenaje adecuado a la vía.

Longitud Crítica de una Tangente Vertical

Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

Alineamiento vertical: Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al trazado en perfil del eje de la subcorona se llama Línea subrasante. Los elementos que integran el alineamiento vertical son: las tangentes y las curvas.

Tangente Vertical: Se caracterizan por su longitud y sus pendientes. Se miden horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente vertical es la relación entre el desnivel o la distancia entre dos puntos de la misma.

Pendiente: La pendiente influye sobre el costo del transporte, por ejemplo en una curva vertical muy inclinada los usuarios tienen mayor dificultad en su recorrido y



además disminuye la capacidad en la vía y más aún cuando hay un alto porcentaje de camiones. Al disminuir las pendientes, aumentan los volúmenes de excavación y por ende también los costos de construcción.

Pendiente Máxima: Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y está en dependencia del volumen y la composición del tránsito, las características del terreno y la velocidad de diseño.

Tabla III.7.5- Relación entre pendiente máxima y velocidad de diseño

| Tipo de Terreno | Por ciento de pendiente máxima para distintas velocidades de diseño | | | | | | |
|-----------------|---|----|----|----|----|-----|-----|
| | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| Llano | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Ondulado | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| Montañoso | 9 | 8 | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 |

Pendiente Mínima: Es la menor pendiente que se permite en el proyecto, para que el agua pueda correr por las cunetas, la línea de fondo de éstas deberá tener como mínimo una pendiente de 0.5, la línea de fondo de la cuneta deberá tener la misma pendiente que la subrasante de la vía.

Pendiente gobernadora: Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características de tránsito y la configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar esos conceptos permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

Tipo de Curvas Verticales



Pueden ser cóncavas hacia abajo, las cuales se denomina curvas en columpio, o cóncavas hacia arriba, a las cuales se le llama curvas en cresta. Para determinar si una curva vertical está en columpio o en cresta se calcula la diferencia algebraica de las pendientes, este resultado se representa con la letra A. $A=P_d-P_i$.

Ec. (III.7.23)

Si $A < 0$ se trata de una curva en cresta.

Si $A > 0$ se trata de una curva en columpio

Desde otro punto de vista las curvas verticales pueden ser simétricas o asimétricas, las primeras son las que se proyectan simétricamente con respecto al punto de intersección de las pendientes, es decir, las proyecciones horizontales son iguales. Las curvas verticales asimétricas disponen de proyecciones horizontales distintas.

Longitud de Curvas Verticales

Al elegir la longitud de las curvas verticales, la diferencia algebraica entre sus pendientes interviene en los cálculos de diseño. En el diseño de carretera los criterios determinantes son la visibilidad* y el grado de cambio de pendiente (comodidad y aspecto). Una curva larga tiene mejor aspecto que una corta, es preferible una línea con pendiente suave en cambios graduales, a otra con numerosos cambios de pendiente y longitudes en rampas cortas. Aún con todo esto la longitud de la curva vertical está en dependencia íntima con la velocidad de diseño y el grado de inclinación de la misma, teniendo en cuenta la distancia de visibilidad de parada, la cual se mencionó anteriormente.

En base a los resultados de diversos estudios se ha determinado una fórmula que proporciona la distancia de parada que puede ser utilizada para el diseño de curvas verticales, esta ecuación es:

* Véase Pág. N°79 (Concepto de Visibilidad)



$$s = 0.278Vt + \frac{V^2}{254(f_1 - Pm)} \quad \text{Ec. (III.7.24)}$$

Donde:

- Dp: Distancia de Parada o frenada
- V: Velocidad de diseño
- t: Tiempo de reacción (2.5 seg)
- f₁: Coeficiente de fricción longitudinal
- Pm: Representa la pendiente de mayor inclinación en valor absoluto.

Aunque existen otros criterios para el cálculo de longitud de una curva vertical, aquí se utilizará solamente el *Criterio de Seguridad*, este criterio exige que la longitud de la curva deba ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. De modo que:

$$L = \frac{A \times D_p^2}{120 + 3.5D_p} \quad \text{Ec. (III.7.25)}$$

Donde:

- L: Longitud de la curva vertical
- A: Diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento
- Dp: Distancia de Parada

La AASHTO*, para satisfacer las necesidades mínimas de parada, comodidad y aspecto, recomienda un valor de L no menor de K*A, donde A es la diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento y los valores de K, para obtener L en metros, son los siguientes:

Tabla III.7.6- Valores de K para el cálculo de L

| Velocidad (KPH) | | 50 | 65 | 80 | 90 | 110 |
|------------------------|------------------|----|----|----|----|-----|
| Valor mínimo de K para | Curvas en cresta | 9 | 15 | 24 | 46 | 73 |

* American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO)



| | | | | | | |
|-------------------|--------------------|----|----|----|----|----|
| curvas verticales | Curvas en columpio | 11 | 15 | 21 | 43 | 30 |
|-------------------|--------------------|----|----|----|----|----|

Según lo anterior la longitud mínima de una curva vertical que cumpla con el criterio de seguridad está dada por $L=K \cdot A$.

Elementos de la Curva Vertical

- PCV: Punto de comienzo de la curva vertical.
- PTV: Punto de terminación de la curva vertical.
- PIV: Punto de intersección vertical de las tangentes.
- P_i, P_d : Pendientes de las tangentes de entrada y salida respectivamente.
- L_i, L_d : Longitud de la rama izquierda y derecha respectivamente.
- L: Longitud total de la curva vertical. ($L_i + L_d$)
- V: Ordenada a un punto P de la curva vertical.
- Y: Ordenada vertical desde la prolongación de la tangente a un punto P.
- e: Ordenada vertical desde el vértice de la curva.
- X: Distancia del PV a un punto P de la curva.

Ecuaciones

Cálculo de los elementos de la curva vertical.

Ordenada Vertical $= \frac{(P_d - P_i)}{2L} \times L_i L_d$ Ec. (III.7.26)

Rama Izquierda

Rama Derecha

Ordenadas

$$= \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_d}{L_i} \times X_i^2 \quad l = \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_i}{L_d} \times X_d^2 \quad \text{Ec. (III.7.27)}$$

Elevación sobre la tangente

$$/_t = EPCV + P_i X_i \quad /_t = EPTV + P_d X_d \quad \text{Ec. (III.7.28)}$$

Elevación sobre la curva



$$/c = E_{s/t} + V_i \qquad /c = E_{s/t} + V_d \qquad \text{Ec. (III.7.29)}$$

Ubicación del punto más alto

$$/Ai = \left\| \frac{P_i L_i^2}{2e} \right\| \qquad /Ai = \left\| \frac{P_i L_i^2}{2e} \right\| \qquad \text{Ec. (III.7.30)}$$

Si $X_{PAi} > L_i$ entonces el punto más alto está en L_d . Luego $X_{PA}=L-X_i$

Si $X_{PAi} < L_i$ entonces el punto más alto está en L_i . Luego $X_{PA}=L-X_d$

III.7.2- Diseño de Curvas Horizontales*

CURVA HORIZONTAL 1

Peralte máximo= 0.06%

Coefficiente de Fricción Lateral: 0.17

Velocidad de diseño: 30KPH

Curvatura considerada: 6°

Ángulo de deflexión: 31°

1- Cálculo del radio mínimo

$$R_{\min} = \frac{(30)^2}{127.14 (0.06 + 0.17)} = 30.78m$$

Rmín= 30.78m

2- Cálculo del Grado Máximo de Curvatura

$$G_{\max} = \frac{145692.26(0.06 + 0.17)}{(30)^2} = 37^{\circ}13'57''$$

Gmáx= 37°13'57"

* Véase ecuaciones Pág. 83



$$R_{\min} = 30.78m < R = 190.99m$$

Como se puede observar en el cálculo se cumple con la condición $R_{\min} \leq R$

3- Cálculo de la tangente

$$T = 190.99 \tan \frac{31^\circ}{2} = 52.97m$$

$$T = 52.97m$$

4- Cálculo del Grado de Curvatura

$$G = \frac{1145.92}{190.99} = 5^\circ 59' 60''$$

$$G = 5^\circ 59' 60''$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$G \leq G_{\max} \quad G = 5^\circ 59' 60'' < G_{\max} = 37^\circ 13' 57'' \quad \text{Cumple}$$

5- Cálculo de los elementos de la curva

Desarrollo de la curva:

$$D = \frac{\pi(190.99)(31^\circ)}{180^\circ} = 103.34m$$

$$D = 103.34m$$

Cuerda Máxima:

$$CM = 2(190.99) \operatorname{sen} \frac{31^\circ}{2} = 102.08m$$

$$CM = 102.08m$$

Mediana:

$$M = 190.99 \left(1 - \cos \frac{31^\circ}{2} \right) = 6.94m$$

$$M = 6.94m$$



Externa:

$$E = 190.99 \left[\sec\left(\frac{31^\circ}{2}\right) - 1 \right] = 7.21m$$

$$E = 7.21m$$

Para el diseño de la curva de transición se requiere de los siguientes datos:

Semiancho de la calzada: $a = 3m$

Distancia entre los ejes más distantes

del vehículo de diseño (C3): $Ld = 6.10m$

6- Cálculo del peralte

$$e = \frac{0.06}{(37^\circ 13' 57'')^2} (2(37^\circ 13' 57'') - 5^\circ 59' 60'')(5^\circ 59' 60'')$$

$$e = 0.017 = 1.7\%$$

7- Cálculo del sobre ancho

$$Sa = 2 \left(190.99 - \sqrt{(190.99)^2 - (6.10)^2} \right) + \frac{30}{10\sqrt{190.99}}$$

$$Sa = 0.412m$$

Dado que $Sa = 0.412m < 0.60m$, entonces el sobreancho no se considera.

8- Longitud mínima de la espiral.

$$m = 1.5625(30) + 75$$

$$m = 121.875$$

$$L_{tmin} = 121.875 \times 3 \times 0.017$$

$$L_{tmin} = 6.21m$$

Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20, es decir $L_t = 10m$.

9- Cálculo de la distancia N.

$$N = 3 \times 0.025 \times 121.875$$

$$N = 9.14m$$



10- Estacionamientos

$$\text{Est. PC} = \text{Est. PI} - T_c = (0+808.20) - 52.97 = 0+755.23$$

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + D_c = (0+755.23) + 103.34 = 0+858.57$$

$$\text{Est. N1} = \text{Est. PC} - (2/3L_t + N) = (0+755.23) - (2/3(10)+9.14) = 0+739.43$$

$$\text{Est. LCt} = \text{Est. PC} - 2/3L_t = (0+755.23) - 2/3(10) = 0+748.57$$

$$\text{Est. N2} = \text{Est. LCt} + N = (0+748.57) + 9.14 = 0+757.71$$

$$\text{Est. D} = \text{Est. PC} + 1/3L_t = (0+755.23) + 1/3(10) = 0+758.56$$

$$\text{Est. D'} = \text{Est. PT} - 1/3L_t = (0+858.57) - 1/3(10) = 0+855.24$$

Comprobación:

$$\text{Est. D'} - \text{Est. D} \geq 1/3 D_c$$

$$\text{Est. D'} - \text{Est. D} = (0+855.24) - (0+758.56) = 96.68$$

$$1/3D_c = 1/3(103.34) = 34.44 \qquad 96.68 \geq 34.44$$

$$\text{Est. N3} = \text{Est. PT} + (2/3L_t - N) = (0+858.57) + (2/3(10) - 9.14) = 0+856.09$$

$$\text{Est. TT} = \text{Est. N3} + N = (0+856.09) + 9.14 = 0+865.23$$

$$\text{Est. N4} = \text{Est. TT} + N = (0+865.23) + 9.14 = 0+874.37$$

11- Desarrollo del peralte y sobre ancho

PERALTE

Hombro derecho

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (0 + 748.57)) \quad \text{Para el tramo de N1 a D}$$

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (0 + 865.23)) \quad \text{Para el tramo de D' a N4}$$

Hombro izquierdo

$$e_x = \frac{0.025}{10} (\text{Est. } x - (0 + 748.57))$$



Los resultados obtenidos en la evaluación de las ecuaciones anteriores se muestra en la siguiente tabla (Tabla III.7.7).

Tabla III.7.7- Resultados del desarrollo del peralte y sobrecancho de la curva horizontal 1

| | Elementos de la curva | Estación | Peralte | | Distancia (m) | |
|----------------|-----------------------|----------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| | | | Hombro Izquierdo | Hombro Derecho | | |
| Espiral | N1 | 0+739.43 | -2.50 | -2.50 | 9.14 | Referidas a LCt |
| | LCt | 0+748.57 | 0.00 | -2.50 | 0 | |
| | | | | | | |
| | N2 | 0+757.71 | 1.55 | -1.77 | 9.14 | |
| Curva Circular | PC | 0+755.23 | 1.14 | -1.97 | 6.67 | |
| | | | | | | |
| | D | 0+758.56 | 1.70 | -1.70 | 10 | |
| | | | | | | |
| | D' | 0+855.24 | 1.70 | -1.70 | 10 | Referidas a TT |
| | | | | | | |
| | PT | 0+858.57 | 1.14 | -1.97 | 6.67 | |
| | | | | | | |
| Espiral | N3 | 0+856.09 | 1.55 | -1.77 | 9.14 | |
| | | | | | | |
| | TT | 0+865.23 | 0.00 | -2.50 | 0 | |
| | | | | | | |
| | N4 | 0+874.37 | -2.50 | -2.50 | 9.14 | |

CURVAS INVERSAS
CURVA HORIZONTAL 2



Peralte máximo: 0.06%

Longitud Tangente Considerada: 50m

Coefficiente de Fricción Lateral: 0.17

Velocidad de diseño: 30KPH

Curvatura considerada: 6°

Ángulo de deflexión: 97°

1- Cálculo del radio mínimo

$$R_{\text{mín}} = \frac{(30)^2}{127.14 (0.06 + 0.17)} = 30.78m$$

Rmín= 30.78m

2- Cálculo del Grado Máximo de Curvatura

$$G_{\text{máx}} = \frac{145692.26(0.06 + 0.17)}{(30)^2} = 37^{\circ}13'57''$$

Gmáx= 37°13'57''

Como se puede observar en el cálculo se cumple con la condición $R_{\text{mín}} \leq R$

3- Cálculo del Radio de la Curva

$$R = \frac{50}{\tan \frac{97^{\circ}}{2}} = 44.24m$$

R= 44.24m

4- Cálculo del Grado de Curvatura

$$G = \frac{1145.92}{44.24} = 25^{\circ}54'8''$$

G= 25°54'8''



El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$G \leq G_{\text{máx}} \quad G=25^{\circ}54'8'' < G_{\text{máx}}=37^{\circ}13'57'' \quad \text{Cumple}$$

5- Cálculo de los elementos de la curva

Desarrollo de la curva:

$$D = \frac{\pi(44.24)(97^{\circ})}{180^{\circ}} = 74.89m$$

$$D = 74.89m$$

Cuerda Máxima:

$$CM = 2(44.24)\text{sen} \frac{97^{\circ}}{2} = 66.27m$$

$$CM = 66.27m$$

Mediana:

$$M = 44.24 \left(1 - \cos \frac{97^{\circ}}{2} \right) = 14.93m$$

$$M = 14.93m$$

Externa:

$$E = 44.24 \left[\sec \left(\frac{97^{\circ}}{2} \right) - 1 \right] = 22.53m$$

$$E = 22.53m$$

6- Cálculo del peralte

$$e = \frac{0.06}{(37^{\circ}13'57'')^2} (2(37^{\circ}13'57'') - 25^{\circ}49'8'')(25^{\circ}49'8'')$$

$$e = 0.054 = 5.4\%$$

7- Cálculo del sobre ancho

$$Sa = 2 \left(44.24 - \sqrt{(44.24)^2 - (6.10)^2} \right) + \frac{30}{10\sqrt{44.24}}$$

$$Sa = 1.296m$$



Dado que $S_a = 1.296\text{m} > 0.60\text{m}$, entonces el sobreechanco debería ser diseñado.

8- Longitud mínima de la espiral.

$$m = 1.5625(30) + 75$$

$$m = 121.875$$

$$L_{tmin} = 121.875 \times 3 \times 0.054$$

$$L_{tmin} = 19.74\text{m}$$

Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20, es decir $L_t = 20\text{m}$.

9- Cálculo de la distancia N.

$$N = 3 \times 0.025 \times 121.875$$

$$N = 9.14\text{m}$$

10- Estacionamientos

$$\text{Est. PC} = \text{Est. PI} - T_c = (1+298.95) - 50 = 1+248.95$$

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + D_c = (1+248.95) + 74.89 = 1+323.84$$

$$\text{Est. N1} = \text{Est. PC} - (2/3L_t + N) = (1+248.95) - (2/3(20) + 9.14) = 1+226.48$$

$$\text{Est. LCt} = \text{Est. PC} - 2/3L_t = (1+248.95) - 2/3(20) = 1+235.62$$

$$\text{Est. N2} = \text{Est. LCt} + N = (1+235.62) + 9.14 = 1+244.76$$

$$\text{Est. D} = \text{Est. PC} + 1/3L_t = (1+248.95) + 1/3(20) = 1+255.62$$

$$\text{Est. D'} = \text{Est. PT} - 1/3L_t = (1+323.84) - 1/3(20) = 1+317.17$$

Comprobación:

$$\text{Est. D'} - \text{Est. D} \geq 1/3 D_c$$

$$\text{Est. D'} - \text{Est. D} = (1+317.17) - (1+255.62) = 61.55$$

$$1/3 D_c = 1/3(74.89) = 24.96$$

$$61.55 \geq 24.96$$

$$\text{Est. N3} = \text{Est. PT} + (2/3L_t - N) = (1+323.84) + (2/3(20) - 9.14) = 1+337.17$$

$$\text{Est. TT} = \text{Est. N3} + N = (1+337.17) + 9.14 = 1+346.31$$



$$\text{Est. N4} = \text{Est. TT} + N = (1+346.31) + 9.14 = 1+355.45$$

11- Desarrollo del peralte y sobre ancho

PERALTE

Hombro derecho

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (1 + 235.62)) \quad \text{Para el tramo de N1 a D}$$

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (1 + 346.31)) \quad \text{Para el tramo de D' a N4}$$

Hombro Izquierdo

$$e_x = \frac{0.025}{10} (\text{Est. } x - (1 + 235.62))$$

Los resultados obtenidos en la evaluación de las ecuaciones anteriores se muestra en la siguiente tabla (Tabla III.7.8).

Tabla III.7.8- Resultados del desarrollo del peralte y sobrecosto de la curva horizontal 2

| | Elementos de la curva | Estación | Peralte | | Sobrecosto (m) | Distancia (m) | |
|----------------|-----------------------|----------|------------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|
| | | | Hombro izquierdo | Sobrecosto (m) | | | |
| Espiral | N1 | 1+226.48 | -2.50 | -2.50 | 0.00 | 9.14 | Referidas a LCt |
| | LCt | 1+235.62 | 0.00 | -2.50 | 0.00 | 0 | |
| | N2 | 1+244.76 | 2.47 | -3.83 | 0.59 | 9.14 | |
| Curva Circular | PC | 1+248.95 | 3.60 | -4.43 | 0.86 | 13.33 | |
| | D | 1+255.62 | 5.4 | -5.4 | 1.296 | 20 | |
| | | | | | | | |



| | | | | | | | |
|---------|----|----------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| Espiral | D' | 0+855.24 | 5.4 | -5.4 | 1.296 | 20 | Referidas a TT |
| | | | | | | | |
| | PT | 1+323.84 | 3.60 | -4.83 | 0.86 | 13.33 | |
| | N3 | 1+337.17 | 2.47 | -3.83 | 0.59 | 9.14 | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | TT | 1+346.31 | 0.00 | -2.50 | 0.00 | 0 | |
| | | | | | | | |
| | N4 | 1+355.45 | -2.50 | -2.50 | 0.00 | 9.14 | |

CURVA HORIZONTAL 3

Peralte máximo= 0.06%

Coefficiente de Fricción Lateral: 0.17

Velocidad de diseño: 30KPH

Curvatura considerada: 6°

Ángulo de deflexión: 88°

1- Cálculo del radio mínimo

$$R_{\min} = \frac{(30)^2}{127.14 (0.06 + 0.17)} = 30.78m$$

R_{mín}= 30.78m

2- Cálculo del Grado Máximo de Curvatura

$$G_{\max} = \frac{145692.26(0.06 + 0.17)}{(30)^2} = 37^{\circ}13'57''$$

G_{máx}= 37°13'57"

Como se puede observar en el cálculo se cumple con la condición R_{mín} ≤ R

3- Cálculo del Radio de la Curva



$$R = \frac{22.53}{\sec \frac{88^\circ}{2} - 1} = 57.74m$$

$$R = 57.74m$$

4- Cálculo del Grado de Curvatura

$$G = \frac{1145.92}{57.74} = 19^\circ 50' 46''$$

$$G = 19^\circ 50' 46''$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$G \leq G_{\max} \quad G = 19^\circ 50' 46'' < G_{\max} = 37^\circ 13' 57'' \quad \text{Cumple}$$

5- Cálculo de los elementos de la curva

Desarrollo de la curva:

$$D = \frac{\pi(57.74)(88^\circ)}{180^\circ} = 88.68m$$

$$D = 88.68m$$

Tangente

$$T = 57.74 \left(\tan \frac{88^\circ}{2} \right) = 55.76m$$

$$T = 55.76m$$

Cuerda Máxima:

$$CM = 2(57.74) \sin \frac{88^\circ}{2} = 80.22m$$

$$CM = 80.22m$$

Mediana:

$$M = 57.74 \left(1 - \cos \frac{88^\circ}{2} \right) = 16.21m$$

$$M = 16.21m$$



Externa:

$$E = 57.74 \left[\sec\left(\frac{88^\circ}{2}\right) - 1 \right] = 22.53m$$

$$E = 22.53m$$

6- Cálculo del peralte

$$e = \frac{0.06}{(37^\circ 13' 57'')^2} (2(37^\circ 13' 57'') - 19^\circ 50' 46'')(19^\circ 50' 46'')$$

$$e = 0.047 = 4.7\%$$

7- Cálculo del sobre ancho

$$Sa = 2 \left(57.74 - \sqrt{(57.74)^2 - (6.10)^2} \right) + \frac{30}{10\sqrt{57.74}}$$

$$Sa = 1.04m$$

Dado que $Sa=1.04m > 0.60m$, entonces el sobree ancho debería ser diseñado.

8- Longitud mínima de la espiral.

$$m = 1.5625(30) + 75$$

$$m = 121.875$$

$$L_{tmin} = 121.875 \times 3 \times 0.047$$

$$L_{tmin} = 17.18m$$

Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20, es decir $L_t = 20m$.

9- Cálculo de la distancia N.

$$N = 3 \times 0.025 \times 121.875$$

$$N = 9.14m$$

10- Estacionamientos

$$\text{Est. PC} = \text{Est. PI} - T_c = (1+445.01) - 55.76 = 1+389.25$$

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + D_c = (1+389.25) + 88.68 = 1+477.93$$



$$\text{Est. N1} = \text{Est. PC} - (2/3L_t + N) = (1+389.25) - (2/3(20) + 9.14) = 1+366.78$$

$$\text{Est. LCt} = \text{Est. PC} - 2/3L_t = (1+389.25) - 2/3(20) = 1+375.92$$

$$\text{Est. N2} = \text{Est. LCt} + N = (1+375.92) + 9.14 = 1+385.06$$

$$\text{Est. D} = \text{Est. PC} + 1/3L_t = (1+389.25) + 1/3(20) = 1+395.92$$

$$\text{Est. D}' = \text{Est. PT} - 1/3L_t = (1+477.93) - 1/3(20) = 1+471.26$$

Comprobación:

$$\text{Est. D}' - \text{Est. D} \geq 1/3 D_c$$

$$\text{Est. D}' - \text{Est. D} = (1+471.26) - (1+395.92) = 75.34$$

$$1/3 D_c = 1/3(88.68) = 29.56 \qquad 75.34 \geq 29.56$$

$$\text{Est. N3} = \text{Est. PT} + (2/3L_t - N) = (1+477.93) + (2/3(20) - 9.14) = 1+482.12$$

$$\text{Est. TT} = \text{Est. N3} + N = (1+482.12) + 9.14 = 1+491.26$$

$$\text{Est. N4} = \text{Est. TT} + N = (1+491.26) + 9.14 = 1+500.40$$

11- Desarrollo del peralte y sobre ancho

PERALTE

Hombro derecho

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (1 + 375.92)) \quad \text{Para el tramo de N1 a D}$$

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (1 + 491.26)) \quad \text{Para el tramo de D' a N4}$$

Hombro izquierdo

$$e_x = \frac{0.025}{10} (\text{Est. } x - (1 + 375.92))$$

Los resultados obtenidos en la evaluación de las ecuaciones anteriores se muestra en la siguiente tabla (Tabla III.7.9).



Tabla III.7.9- Resultados del desarrollo del peralte y sobreebanco de la curva horizontal 3

| | Elementos de la curva | Estación | Peralte | | Sobreebanco (m) | Distancia (m) | |
|----------------|-----------------------|----------|------------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | | | Hombro Izquierdo | Hombro Derecho | | | |
| Espiral | N1 | 1+366.78 | -2.50 | -2.50 | 0.00 | 9.14 | Referidas a LCt |
| | LCt | 1+375.92 | -2.50 | 0.00 | 0.00 | 0 | |
| | N2 | 1+385.06 | -3.5 | 2.15 | 0.48 | 9.14 | |
| Curva Circular | PC | 1+389.25 | -3.97 | 3.13 | 0.69 | 13.33 | Referidas a TT |
| | D | 1+395.92 | -4.7 | 4.7 | 1.04 | 20 | |
| | D' | 1+471.26 | -4.7 | 4.7 | 1.04 | 20 | |
| | PT | 1+477.93 | -3.97 | 2.15 | 0.69 | 13.33 | Referidas a TT |
| | N3 | 1+482.12 | -3.50 | 3.13 | 0.48 | 9.14 | |
| | TT | 1+491.26 | -2.50 | 0.00 | 0.00 | 0 | |
| Espiral | N4 | 1+500.40 | -2.50 | -2.50 | 0.00 | 9.14 | |

CURVA HORIZONTAL 4

Peralte máximo= 0.06%

Coefficiente de Fricción Lateral: 0.17

Velocidad de diseño: 30KPH

Curvatura considerada: 6°

Longitud de tangente considerada: 60m



Ángulo de deflexión: 28°

1- Cálculo del radio mínimo

$$R_{\text{mín}} = \frac{(30)^2}{127.14 (0.06 + 0.17)} = 30.78m$$

$$R_{\text{mín}} = 30.78m$$

2- Cálculo del Grado Máximo de Curvatura

$$G_{\text{máx}} = \frac{145692.26(0.06 + 0.17)}{(30)^2} = 37^\circ 13' 57''$$

$$G_{\text{máx}} = 37^\circ 13' 57''$$

Como se puede observar en el cálculo se cumple con la condición $R_{\text{mín}} \leq R$

3- Cálculo del Radio de la Curva

$$R = \frac{60}{\tan \frac{28^\circ}{2}} = 240.65m$$

$$R = 240.65m$$

4- Cálculo del Grado de Curvatura

$$G = \frac{1145.92}{240.65} = 4^\circ 45' 42''$$

$$G = 4^\circ 45' 42''$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$G \leq G_{\text{máx}} \quad G = 4^\circ 45' 42'' < G_{\text{máx}} = 37^\circ 13' 57'' \quad \text{Cumple}$$

5- Cálculo de los elementos de la curva

Desarrollo de la curva:



$$D = \frac{\pi(240.65)(28^\circ)}{180^\circ} = 117.60m$$

$$D = 117.60m$$

Cuerda Máxima:

$$CM = 2(240.65)\text{sen} \frac{28^\circ}{2} = 116.44m$$

$$CM = 116.44m$$

Mediana:

$$M = 240.65 \left(1 - \cos \frac{28^\circ}{2}\right) = 7.15m$$

$$M = 7.15m$$

Externa:

$$E = 240.65 \left[\sec \left(\frac{28^\circ}{2} \right) - 1 \right] = 7.37m$$

$$E = 7.37m$$

6- Cálculo del peralte

$$e = \frac{0.06}{(37^\circ 13' 57'')^2} (2(37^\circ 13' 57'') - 4^\circ 45' 42'')(4^\circ 45' 42'')$$

$$e = 0.014 = 1.4\%$$

7- Cálculo del sobre ancho

$$Sa = 2 \left(240.65 - \sqrt{(240.65)^2 - (6.10)^2} \right) + \frac{30}{10\sqrt{240.65}}$$

$$Sa = 0.547m$$

Dado que $Sa = 0.547m < 0.60m$, entonces el sobree ancho no se considera.

8- Longitud mínima de la espiral.

$$m = 1.5625(30) + 75$$



$$m = 121.875$$

$$L_{tmin} = 121.875 \times 3 \times 0.014$$

$$L_{tmin} = 5.12m$$

Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20, es decir $L_t = 10m$.

9- Cálculo de la distancia N.

$$N = 3 \times 0.025 \times 121.875$$

$$N = 9.14m$$

10- Estacionamientos

$$\text{Est. PC} = \text{Est. PI} - T_c = (1+678.18) - 60 = 1+618.18$$

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + D_c = (1+618.18) + 117.60 = 1+735.78$$

$$\text{Est. N1} = \text{Est. PC} - (2/3L_t + N) = (1+618.18) - (2/3(10) + 9.14) = 1+602.37$$

$$\text{Est. LCt} = \text{Est. PC} - 2/3L_t = (1+618.18) - 2/3(10) = 1+611.51$$

$$\text{Est. N2} = \text{Est. LCt} + N = (1+611.51) + 9.14 = 1+620.65$$

$$\text{Est. D} = \text{Est. PC} + 1/3L_t = (1+618.18) + 1/3(10) = 1+621.51$$

$$\text{Est. D'} = \text{Est. PT} - 1/3L_t = (1+735.78) - 1/3(10) = 1+732.45$$

Comprobación:

$$\text{Est. D'} - \text{Est. D} \geq 1/3 D_c$$

$$\text{Est. D'} - \text{Est. D} = (1+732.45) - (1+621.51) = 110.94$$

$$1/3D_c = 1/3(117.60) = 39.20$$

$$110.94 \geq 39.20$$

$$\text{Est. N3} = \text{Est. PT} + (2/3L_t - N) = (1+735.78) + (2/3(10) - 9.14) = 1+733.31$$

$$\text{Est. TT} = \text{Est. N3} + N = (1+733.31) + 9.14 = 1+742.45$$

$$\text{Est. N4} = \text{Est. TT} + N = (1+742.45) + 9.14 = 1+751.59$$

11- Desarrollo del peralte y sobre ancho

PERALTE

Hombro derecho

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (1 + 611.51)) \quad \text{Para el tramo de N1 a D}$$



$$= \frac{0.017}{10} (Est.x - (1 + 742.45)) \quad \text{Para el tramo de D' a N4}$$

Hombro Izquierdo

$$e_x = \frac{0.025}{10} (Est.x - (1 + 611.51))$$

Los resultados obtenidos en la evaluación de las ecuaciones anteriores se muestran en la siguiente tabla (Tabla III.7.10).

Tabla III.7.10- Resultados del desarrollo del peralte y sobreechancho de la curva horizontal 4

| | Elementos de la curva | Estación | Peralte | | Distancia (m) | |
|----------------|-----------------------|----------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| | | | Hombro Izquierdo | Hombro Derecho | | |
| Espiral | N1 | 1+602.37 | -2.50 | -2.50 | 9.14 | Referidas a LCt |
| | LCt | 1+611.51 | 0.00 | -2.50 | 0 | |
| | | | | | | |
| | N2 | 1+385.06 | 1.28 | -1.49 | 9.14 | |
| Curva Circular | PC | 1+618.18 | 0.93 | -1.77 | 6.67 | |
| | | | | | | |
| | D | 1+621.51 | 1.40 | -1.40 | 10 | |
| | | | | | | |
| | D' | 1+732.45 | 1.40 | -1.40 | 10 | |
| Espiral | | | | | | Referidas a TT |
| | PT | 1+735.78 | 1.28 | -1.77 | 6.67 | |
| | N3 | 1+733.31 | 0.93 | -1.49 | 9.14 | |
| | TT | 1+742.45 | 0.00 | -2.50 | 0 | |



| | | | | | | |
|--|----|----------|-------|-------|------|--|
| | N4 | 1+751.59 | -2.50 | -2.50 | 9.14 | |
|--|----|----------|-------|-------|------|--|

CURVA HORIZONTAL 5

Peralte máximo= 0.06%

Coefficiente de Fricción Lateral: 0.17

Velocidad de diseño: 30KPH

Curvatura considerada: 6°

Longitud de tangente considerada: 25m

Ángulo de deflexión: 21°

1- Cálculo del radio mínimo

$$R_{\text{mín}} = \frac{(30)^2}{127.14 (0.06 + 0.17)} = 30.78m$$

Rmín= 30.78m

2- Cálculo del Grado Máximo de Curvatura

$$G_{\text{máx}} = \frac{145692.26(0.06 + 0.17)}{(30)^2} = 37^{\circ}13'57''$$

Gmáx= 37°13'57''

Como se puede observar en el cálculo se cumple con la condición $R_{\text{mín}} \leq R$

3- Cálculo del Radio de la Curva

$$R = \frac{25}{\tan \frac{21^{\circ}}{2}} = 134.89m$$

R= 134.89m

4- Cálculo del Grado de Curvatura



$$G = \frac{1145.92}{134.89} = 8^{\circ}29'43''$$

$$G = 8^{\circ}29'43''$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$G \leq G_{\text{máx}} \quad G = 8^{\circ}29'43'' < G_{\text{máx}} = 37^{\circ}13'57'' \quad \text{Cumple}$$

5- Cálculo de los elementos de la curva

Desarrollo de la curva:

$$D = \frac{\pi(134.89)(21^{\circ})}{180^{\circ}} = 49.44m$$

$$D = 49.44m$$

Cuerda Máxima:

$$CM = 2(134.89)\text{sen} \frac{21^{\circ}}{2} = 49.16m$$

$$CM = 49.16m$$

Mediana:

$$M = 134.89 \left(1 - \cos \frac{21^{\circ}}{2} \right) = 2.26m$$

$$M = 2.26m$$

Externa:

$$E = 134.89 \left[\sec \left(\frac{21^{\circ}}{2} \right) - 1 \right] = 2.29m$$

$$E = 2.29m$$

$$E = 22.45m$$

6- Cálculo del peralte



$$e = \frac{0.06}{(37^{\circ}13'57'')^2} (2(37^{\circ}13'57'') - 8^{\circ}29'43'')(8^{\circ}29'43'')$$

$$e = 0.024 = 2.4\%$$

7- Cálculo del sobre ancho

$$S_a = 2 \left(134.89 - \sqrt{(134.89)^2 - (6.10)^2} \right) + \frac{30}{10\sqrt{134.89}}$$

$$S_a = 0.534m$$

Dado que $S_a=0.534m < 0.60m$, entonces el sobree ancho no se considera.

8- Longitud mínima de la espiral.

$$m = 1.5625(30) + 75$$

$$m = 121.875$$

$$L_{tmin} = 121.875 \times 3 \times 0.024$$

$$L_{tmin} = 8.77m$$

Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20, es decir $L_t = 10m$.

9- Cálculo de la distancia N.

$$N = 3 \times 0.025 \times 121.875$$

$$N = 9.14m$$

10- Estacionamientos

$$\text{Est. PC} = \text{Est. PI} - T_c = (2+125.58) - 25 = 2+100.58$$

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + D_c = (2+100.58) + 49.44 = 2+150.02$$

$$\text{Est. N1} = \text{Est. PC} - (2/3L_t + N) = (2+100.58) - (2/3(10) + 9.14) = 2+084.77$$

$$\text{Est. LCt} = \text{Est. PC} - 2/3L_t = (2+100.58) - 2/3(10) = 2+093.91$$

$$\text{Est. N2} = \text{Est. LCt} + N = (2+093.91) + 9.14 = 2+103.05$$

$$\text{Est. D} = \text{Est. PC} + 1/3L_t = (2+100.58) + 1/3(10) = 2+103.91$$

$$\text{Est. D'} = \text{Est. PT} - 1/3L_t = (2+150.02) - 1/3(10) = 2+146.69$$



Comprobación:

$$\text{Est. } D' - \text{Est. } D \geq 1/3 D_c$$

$$\text{Est. } D' - \text{Est. } D = (2+146.69) - (2+103.91) = 42.78$$

$$1/3 D_c = 1/3(49.44) = 16.48 \qquad 42.78 \geq 16.48$$

$$\text{Est. } N_3 = \text{Est. } PT + (2/3 L_t - N) = (2+150.02) + (2/3(10) - 9.14) = 2+147.55$$

$$\text{Est. } TT = \text{Est. } N_3 + N = (2+147.55) + 9.14 = 2+156.69$$

$$\text{Est. } N_4 = \text{Est. } TT + N = (2+156.69) + 9.14 = 2+165.83$$

11- Desarrollo del peralte y sobre ancho

PERALTE

Hombro derecho

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (2 + 093.91)) \quad \text{Para el tramo de N1 a D}$$

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (2 + 156.69)) \quad \text{Para el tramo de D' a N4}$$

Hombro izquierdo

$$e_x = \frac{0.025}{10} (\text{Est. } x - (2 + 093.91))$$

Los resultados obtenidos en la evaluación de las ecuaciones anteriores se muestran en la siguiente tabla (Tabla III.7.11).

Tabla III.7.11- Resultados del desarrollo del peralte y sobree ancho de la curva horizontal 5



| | Elementos de la curva | Estación | Peralte | | Distancia (m) | |
|----------------|-----------------------|----------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| | | | Hombro Izquierdo | Hombro Derecho | | |
| Espiral | N1 | 2+078.11 | -2.50 | -2.50 | 9.14 | Referidas a LCt |
| | LCt | 2+087.25 | -2.50 | 0.00 | 0 | |
| | | | | | | |
| | N2 | 2+096.39 | -4.51 | 4.30 | 9.14 | |
| Curva Circular | PC | 2+100.58 | -3.97 | 3.13 | 6.67 | |
| | | | | | | |
| | D | 2+107.25 | -4.70 | 4.70 | 10 | |
| | | | | | | |
| | D' | 2+143.35 | -4.70 | 4.70 | 10 | Referidas a TT |
| | | | | | | |
| | PT | 2+150.02 | -3.97 | 3.13 | 6.67 | |
| | | | | | | |
| Espiral | N3 | 2+154.21 | -4.51 | 4.30 | 9.14 | |
| | | | | | | |
| | TT | 2+163.35 | -2.50 | 0.00 | 0 | |
| | | | | | | |
| | N4 | 2+172.49 | -2.50 | -2.50 | 9.14 | |

CURVA HORIZONTAL 6

Peralte máximo= 0.06%

Coefficiente de Fricción Lateral: 0.17

Velocidad de diseño: 30KPH

Curvatura considerada: 6°

Longitud de tangente considerada: 55.56m

Ángulo de deflexión: 88°

1- Cálculo del radio mínimo



$$R_{\min} = \frac{(30)^2}{127.14 (0.06 + 0.17)} = 30.78m$$

$$R_{\min} = 30.78m$$

2- Cálculo del Grado Máximo de Curvatura

$$G_{\max} = \frac{145692.26(0.06 + 0.17)}{(30)^2} = 37^{\circ}13'57''$$

$$G_{\max} = 37^{\circ}13'57''$$

Como se puede observar en el cálculo se cumple con la condición $R_{\min} \leq R$

3- Cálculo del Radio de la Curva

$$R = \frac{55.56}{\tan \frac{88^{\circ}}{2}} = 57.53m$$

$$R = 57.53m$$

4- Cálculo del Grado de Curvatura

$$G = \frac{1145.92}{57.53} = 19^{\circ}55'7''$$

$$G = 19^{\circ}55'7''$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$G \leq G_{\max} \quad G = 19^{\circ}55'7'' < G_{\max} = 37^{\circ}13'57'' \quad \text{Cumple}$$

5- Cálculo de los elementos de la curva

Desarrollo de la curva:

$$D = \frac{\pi(57.53)(88^{\circ})}{180^{\circ}} = 88.36m$$

$$D = 88.36m$$

Cuerda Máxima:

$$CM = 2(57.53) \operatorname{sen} \frac{88^{\circ}}{2} = 79.93m$$

$$CM = 79.93m$$



Mediana:

$$M = 57.53 \left(1 - \cos \frac{88^\circ}{2} \right) = 16.15m$$

$$M = 16.15m$$

Externa:

$$E = 57.53 \left[\sec \left(\frac{88^\circ}{2} \right) - 1 \right] = 22.45m$$

$$E = 22.45m$$

6- Cálculo del peralte

$$e = \frac{0.06}{(37^\circ 13' 57'')^2} (2(37^\circ 13' 57'') - 19^\circ 55' 7'')(19^\circ 55' 7'')$$

$$e = 0.047 = 4.7\%$$

7- Cálculo del sobre ancho

$$Sa = 2 \left(57.53 - \sqrt{(57.53)^2 - (6.10)^2} \right) + \frac{30}{10\sqrt{57.53}}$$

$$Sa = 1.44m$$

Dado que $Sa = 1.44m > 0.60m$, entonces el sobree ancho debería ser considerado

8- Longitud mínima de la espiral.

$$m = 1.5625(30) + 75$$

$$m = 121.875$$

$$L_{tmin} = 121.875 \times 3 \times 0.047$$

$$L_{tmin} = 17.18m$$

Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20, es decir $L_t = 20m$.

9- Cálculo de la distancia N.

$$N = 3 \times 0.025 \times 121.875$$

$$N = 9.14m$$

10- Estacionamientos



$$\text{Est. PC} = \text{Est. PI} - T_c = (4+681.72) - 55.56 = 4+626.16$$

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + D_c = (4+626.16) + 88.36 = 4+714.52$$

$$\text{Est. N1} = \text{Est. PC} - (2/3L_t + N) = (4+626.16) - (2/3(20) + 9.14) = 4+603.69$$

$$\text{Est. LCt} = \text{Est. PC} - 2/3L_t = (4+626.16) - 2/3(20) = 4+612.83$$

$$\text{Est. N2} = \text{Est. LCt} + N = (4+612.83) + 9.14 = 4 + 621.97$$

$$\text{Est. D} = \text{Est. PC} + 1/3L_t = (4+626.16) + 1/3(20) = 4+632.83$$

$$\text{Est. D}' = \text{Est. PT} - 1/3L_t = (4+714.52) - 1/3(20) = 4+707.85$$

Comprobación:

$$\text{Est. D}' - \text{Est. D} \geq 1/3 D_c$$

$$\text{Est. D}' - \text{Est. D} = (4+707.85) - (4+632.83) = 75.02$$

$$1/3D_c = 1/3(88.36) = 29.45$$

$$75.02 \geq 29.45$$

$$\text{Est. N3} = \text{Est. PT} + (2/3L_t - N) = (4+714.52) + (2/3(20) - 9.14) = 4+718.71$$

$$\text{Est. TT} = \text{Est. N3} + N = (4+718.71) + 9.14 = 4+709.57$$

$$\text{Est. N4} = \text{Est. TT} + N = (4+709.57) + 9.14 = 4+718.71$$

11- Desarrollo del peralte y sobre ancho

PERALTE

Hombro derecho

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (0 + 748.57)) \quad \text{Para el tramo de N1 a D}$$

$$= \frac{0.017}{10} (\text{Est. } x - (0 + 865.23)) \quad \text{Para el tramo de D' a N4}$$

Hombro izquierdo

$$e_x = \frac{0.025}{10} (\text{Est. } x - (0 + 748.57))$$

Los resultados obtenidos en la evaluación de las ecuaciones anteriores se muestran en la siguiente tabla (Tabla III.7.12).



Tabla III.7.12- Resultados del desarrollo del peralte y sobreelevación de la curva horizontal 6

| | Elementos de la curva | Estación | Peralte | | Sobreelevación (m) | Distancia (m) | |
|----------------|-----------------------|-----------|------------------|----------------|--------------------|---------------|-----------------|
| | | | Hombro Izquierdo | Hombro Derecho | | | |
| Espiral | N1 | 4+603.69 | -2.50 | -2.50 | 0.00 | 9.14 | Referidas a LCt |
| | LCt | 4+612.83 | -2.50 | 0.00 | 0.00 | 0 | |
| | N2 | 4+ 621.97 | -3.5 | 2.15 | 0.48 | 9.14 | |
| Curva Circular | PC | 4+626.16 | -3.97 | 3.13 | 0.69 | 13.33 | Referidas a TT |
| | D | 4+632.83 | -4.7 | 4.7 | 1.04 | 20 | |
| | D' | 4+707.85 | -4.7 | 4.7 | 1.04 | 20 | |
| | PT | 4+714.52 | -3.97 | 2.15 | 0.69 | 13.33 | |
| Espiral | N3 | 4+718.71 | -3.50 | 3.13 | 0.48 | 9.14 | Referidas a TT |
| | TT | 4+709.57 | -2.50 | 0.00 | 0.00 | 0 | |
| | N4 | 4+718.71 | -2.50 | -2.50 | 0.00 | 9.14 | |
| | | | | | | | |

III.8- SUELOS Y PAVIMENTO



SUELOS

Debido a que el proyecto es a nivel de prefactibilidad no se realizaron sondeos en el tramo de carretera por el costo de cada sondeo ya que no se conto con recursos económicos propios ni patrocinio alguno, sin embargo se investigaron datos en el Instituto Nicaragüense de Estudios territoriales (INETER) recopilando información acerca de las series de suelos de la zona en estudio, siendo estas las series más importantes.

SERIE NAHUALAPA (NA).

Suelos profundos algo excesivamente bien drenados, arenoso franco de áreas costeras, se han derivado de depósitos arenosos que han sido arrastrados de las playas cercanas, pendientes casi planas a ligeramente inclinadas a lo largo de la costa del lago de Nicaragua , a 5 km de la ciudad de Rivas.

Perfil representativo Nahualapa arenoso franco:

| | |
|-------------|--|
| a 49 cm | ardo grisáceo muy oscuro, arenoso franco muy friable, sin estructura, frecuentes raíces en los primeros 20 cm pero pocas a mayor profundidad, medianamente ácidos, límite abrupto y uniforme |
| 9 a 66 cm | ardo amarillento oscuro, franco arenoso, sin estructura, muy pocas raíces, neutro |
| 6 a 103 cm | ardo oscuro, franco arenoso friable, estructura de bloques subangulares finos y medios, pocas raíces finas, neutro, límite abrupto y uniforme. |
| 03 a 140 cm | ardo grisáceo muy oscuro, arena suelta, sin raíces. |

Permeabilidad moderada rápida, humedad disponible moderadamente baja, y una zona radicular profunda, materia orgánica es moderado, y están bien provisto de bases es alta, potasio asimilables es medio y el fósforo asimilable parece ser alto. Están en la zona de vida bosque tropical seco transición a húmedo y originalmente tuvieron una vegetación típica de playas arenosas.

*SERIE LA CONCHA (LC)*

La serie La Concha consiste de suelos profundos, bien drenados, pardo rojizo oscuro, de textura moderadamente gruesa. Son derivados de ceniza volcánica reciente. Los suelos se encuentran en las planicies cubiertas de ceniza en la vecindad del pueblo La Concepción y tienen pendientes de ligeramente inclinadas a escarpadas.

Perfil representativo de La Concha franco arenoso:

| | |
|------------|---|
| 0 a 6 | centímetros, pardo rojizo oscuro, franco arenoso friable; estructura granular y de bloques subangulares; frecuentes raíces finas; túneles de gusanos en la superficie. |
| 6 a 16 | centímetros, pardo rojizo oscuro, franco arenoso friable con algunas gravas finas de escoria; estructura de bloques subangulares, débiles; numerosos túneles de gusanos; frecuentes raíces finas; neutro. |
| 16 a 46 | centímetros, pardo rojizo oscuro, franco friable con algunas gravas finas de escoria; pocas raíces; neutro; límite abrupto y uniforme. |
| 46 a 64 | centímetros, pardo muy oscuro, franco friable con algunas gravas de escoria; estructura de bloques subangulares, débiles; pocas raíces; neutro. |
| 64 a 85 | centímetros, pardo grisáceo muy oscuro, franco friable con algunas gravas de escoria; pocas raíces; neutro; límite abrupto y uniforme. |
| 85 a 115 | centímetros, gris muy oscuro, arenoso franco muy friable; neutro; límite abrupto y uniforme. |
| 115 a 165+ | centímetros, pardo muy oscuro, arenoso franco muy friable; neutro. |

Los suelos La Concha tienen permeabilidad rápida, capacidad de humedad disponible moderada y una zona radicular profunda. Están bien provistos de bases intercambiables, son moderadamente altos en materia orgánica y altos en potasio y fósforo. Este es uno de los pocos suelos con alto contenido de fósforo en los primeros 64 centímetros y contenido moderado a mayores profundidades.



SERIE BUENOS AIRES (BA)

La serie Buenos Aires consiste de suelos profundos, bien drenados, derivados de ceniza volcánica reciente que descansa sobre sedimentos más viejos. Se encuentran en una faja ancha orientada de norte a sur, paralela a la costa del Lago de Nicaragua. La faja se extiende desde siete kilómetros al norte de la ciudad de Rivas, hasta tres kilómetros al sur de la misma ciudad.

Perfil Representativo de Buenos Aires franco:

- 0 a 15 Centímetros, pardo muy oscuro, franco friable; estructura granular fina; abundantes raíces muy finas; neutro.
- 15 a 27 Centímetros, igual que el anterior, pero con estructura de bloques subangulares finos y muy finos.
- 27 a 38 Centímetros, pardo grisáceo oscuro, franco muy friable; estructura de bloques subangulares finos y medios; abundantes raíces; neutro.
- 38 a 127 Centímetros, franco estratificado muy friable; estructura de bloques subangulares finos y medios; pocas raíces muy finas; neutro. Los colores de los estratos en secuencia son los siguientes: pardo grisáceo oscuro, pardo oscuro, pardo grisáceo muy oscuro y pardo rojizo oscuro.
- 127 a 162 Centímetros, pardo grisáceo muy oscuro, franco a franco arcilloso friable, cambiando a pardo amarillento oscuro después de los 150 centímetros; estructura de bloques subangulares finos y muy finos; muy pocas raíces; neutro.

Los suelos de Buenos Aires tienen permeabilidad moderada, capacidad de humedad disponible moderadamente alta y una zona radicular profunda. El contenido



de materia orgánica es moderado, siendo mayor en los 40 centímetros superiores. Los suelos están bien provistos de bases. La saturación de bases es generalmente más del 70 por ciento en el subsuelo. El contenido de potasio es de medio a alto. Son generalmente bajos en fósforo, excepto donde se ha aplicado fósforo al suelo superficial.

PAVIMENTO

Todo país entre los gastos más importantes que presenta, son las inversiones en vías de comunicación, es así que el diseño es la parte más crítica en un proyecto de pavimentos por su efecto en el costo inicial y en la vida útil. Un sistema de pavimentos incluye una gran extensión de vías y cualquiera que sea el tamaño de un proyecto, se deben realizar las siguientes actividades, con sus costos asociados: Planificación, Diseño, Construcción; y, Rehabilitación.

El manejo eficiente de los proyectos, requiere del enfoque global e integrado de estas actividades tantas por el aumento de los costos de construcción, cuantas por el mayor uso de las vías.

Se debe reconocer que el pavimento es el producto final de la red vial y afecta directamente la vida de los usuarios, por lo que el objetivo de su administración debe ser optimizar el producto con relación a los costos. El mantenimiento de una red vial es oneroso y la disponibilidad de fondos baja, esto hace aún más crítica la necesidad de un sistema eficiente de administración.

Conceptos de performance o comportamiento de pavimentos.

La performance o comportamiento de un pavimento puede definirse como la capacidad estructural medible a lo largo de su período de diseño.

La capacidad funcional comprende:

- Calidad aceptable de rodadura.
- Adecuada fricción superficial



- Geometría apropiada para seguridad
- Aspecto estético.

La Capacidad estructural del pavimento implica soportar las cargas impuestas por el tránsito y las condiciones ambientales.

La capacidad estructural y funcional están íntimamente relacionadas. En efecto, un deterioro estructural de un pavimento se manifiesta por una disminución de su capacidad funcional ya que hay un incremento en rugosidad, ruido, y un riesgo para los vehículos y ocupantes que lo transiten. No obstante hay otros tipos de fallas estructurales que pueden progresar sin que los usuarios lo noten hasta etapas muy avanzadas. También puede haber pérdida de capacidad funcional sin que esto implique pérdida de capacidad estructural.

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

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

Método de diseño.



El Método de Diseño adoptado es el desarrollado por la Asociación Americana de Administradores de Carreteras y Transporte (AASHTO por su acrónimo en inglés *), en su versión de 1993 para pavimentos flexibles, y se emplea la versión computarizada desarrollada por la American Concrete Pavement Association (APCA) en su programa Pavement Analysis Software, 1993.

Los procedimientos involucrados en el método de diseño, versión 1993, están basados en las ecuaciones originales de la AASHO que datan de 1961, producto de las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos. La versión de 1986 y la de 1993 se han modificado para incluir factores o parámetros de diseño que no habían sido considerados y que son producto de la experiencia adquirida por ese organismo entre el método original y su versión más moderna.

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80 kN o 18 kips, por lo que se les denominará “**Equivalent simple axial load**” de aquí en adelante denominado: **ESAL's** (ejes equivalentes de carga).

Para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos. Esta carga uniformizada según AASHO es de 80 kN o 18 Kips y la conversión se hace a través de los Factores Equivalentes de Carga **LEF (Load Equivalent Factor)**.

El Factor Equivalente de Carga (**LEF**), es el valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 kN y la producida por un eje estándar en el mismo eje.

* American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO)



No. de ESAL's de 80 kN que producen una pérdida de serviciabilidad

LEF = -----

No. De ejes de 80 kN que producen la misma pérdida de serviciabilidad

Ecuación de diseño.

La Ecuación de Diseño de la AASHTO-93, para pavimentos flexibles toma la configuración siguiente:

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Ec. (III.8.1)

En donde:

Variables independientes:

W_{t18} - Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el periodo de diseño (**n**).

Z_R - Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

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

ΔPSI - Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la "planitud" (*calidad de acabado*) del pavimento al



concluirse su construcción (Serviceabilidad Inicial (p_o) y su planitud al final del periodo de diseño (Servicapacidad Final (p_t)).

MR - Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub-bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

Variable dependiente:

SN - Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (*variables independientes*) de diseño.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “**número estructural SN**” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general y la gráfica de la **Figura III.8.1**, que involucra los siguientes parámetros:

El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño seleccionado, “W18”.

- El parámetro de confiabilidad, “R”.
- La desviación estándar global, “So”.
- El módulo de resiliencia efectivo, “Mr” del material usado para la subrasante.
- La pérdida o diferencia entre los índices de servicios inicial y final deseados, “.PSI”.

TRÁNSITO



Cuantificación de los Ejes Equivalentes

La cuantificación de los Ejes Equivalentes, parte de la metodología de la AASHTO para el diseño de los Pavimentos, de forma que éstos resistan indeterminado número de cargas durante su vida útil. Como el tráfico está compuesto por vehículos de diferentes pesos y números de ejes y que para efecto de cálculo se les transforman en un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 Kips, lo que se conoce como ESAL's.

Para determinar los efectos de las cargas que actúan sobre el pavimento, el método AASHTO transforma las cargas de 80kN o 18 Kips mediante los factores equivalentes (LEF). Para el cálculo del LEF se utilizará la ecuación siguiente:

$$LEF = N^{\circ} \text{ ESAL's de } 80kN / N^{\circ} \text{ Ejes de } X \text{ kN} \quad \text{Ec. (III.8.2)}$$

Para el cálculo de del Factor de Camión el LEF tiene la siguiente ecuación:

$$TF = \text{ESAL's} / N^{\circ} \text{ Camiones} \quad \text{Ec. (III.8.3)}$$

Para el cálculo de los ESAL's del Proyecto en el año horizonte se utilizará el Método Simplificado, el cual sirve para hacer un cálculo con el camión promedio, y será proporcionado para realizar el primer cálculo del espesor de pavimento y su ecuación es la siguiente:

$$\text{ESAL} = \text{TPDA} \times \% \text{ camiones Pesados} \times \text{Factor de Crecimiento} \times \text{TF} \times 365 \quad \text{Ec. (III.8.4)}$$

$$\text{GF} = ((1 + g_{tv}) \times (1 + g_{tr})) \quad \text{Ec. (III.8.5)}$$

Donde:

g_{tv} : Crecimiento del Volumen de Tráfico



g_{ff} : Crecimiento del F

La ecuación siguiente puede ser usada para calcular el parámetro del tránsito W_{18} en el carril de diseño.

$$W_{18} = D_d * D_l * W_{18} \quad \text{Ec. (III.8.6)}$$

W_{18} = Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

D_d = Factor de distribución direccional; se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

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

D_l = Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido. Se recomiendan los siguientes valores:

Tabla III.8.1- Factor de distribución por carril.

| Nº de carriles en cada sentido | Porcentaje de W_{18} en el carril de diseño. |
|--------------------------------|--|
| 1 | 100 |
| 2 | 80-100 |
| 3 | 60-80 |
| 4 ó más | 50-75 |

Una vez calculados los ejes equivalentes acumulados en el primer año, el diseñador deberá estimar con base en la tasa de crecimiento anual y el período de diseño en años, el total de ejes equivalentes acumulados y así contar con un parámetro de entrada para la ecuación general o para el nomograma de la **Figura III.8.1**.

$$= \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] T_1 \quad \text{Ec. (III.8.7)}$$



- T1** = volumen de tránsito durante el primer año
r = Tasa de aumento expresada como fracción
n = Período de diseño (años)

Tabla III.8.2- Períodos de diseño en función del tipo de carretera

| Tipo de Carretera | Periodo de diseño |
|---|--------------------------|
| Urbana con altos volúmenes de tránsito | 30-50 Años |
| Interurbana con altos volúmenes de tránsito | 20-50 Años |
| Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito | 15-25 Años |
| Revestidas con bajos volúmenes de tránsito | 10-20 Años |

Confiabilidad “R”.

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

Tabla III.8.3- Valores de “r” de confiabilidad

| Niveles de confiabilidad | |
|---|---|
| Clasificación funcional | Nivel recomendado por AASHTO para carreteras |
| Carretera Interestatal o Autopista | 80-99.9 |
| Red Principal o Federal | 75-95 |
| Red secundaria o Estatal | 75-95 |
| Red Rural o Local | 50-80 |



Donde R:

$$R = Z_R * S_O$$

Ec. (III.8.8)

Donde:

Z_R = Representa a la desviación estándar de la función que representa a la población transformada a una variedad ponderada con el objeto de disminuir su sesgo y acercarse a una distribución normal o de Gauss.

S_O = Desviación estándar de la población de valores obtenidos por AASHTO que involucra la variabilidad inherente a los materiales y a su proceso constructivo.

Tabla III.8.4- Relación entre el nivel de confianza y la desviación normal estándar Z_R

| Nivel de confianza | Z_R | Nivel de confianza | Z_R |
|--------------------|--------|--------------------|--------|
| 50 | 0.000 | 93 | -1.476 |
| 60 | -0.253 | 94 | -1.555 |
| 70 | -0.524 | 95 | -1.645 |
| 75 | -0.674 | 96 | -1.751 |
| 80 | -0.841 | 97 | -1.881 |
| 85 | -1.037 | 98 | -2.054 |
| 90 | -1.282 | 99 | -2.327 |
| 91 | -1.340 | 99.90 | -3.090 |
| 92 | -1.405 | 99.99 | -3.750 |

Desviación estándar global “So”

Este parámetro está ligado directamente con la Confiabilidad (R), descrita anteriormente; habiéndolo determinado, en este paso deberá seleccionarse un valor S_O “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

0.40 - 0.45 En Pavimentos Flexibles



Características de Subrasante.

La subrasante es el suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural. En la década del 50 se puso más énfasis en las propiedades fundamentales de la Subrasante y se idearon ensayos para caracterizar mejor a estos suelos. Ensayos usando cargas estáticas o de baja velocidad de deformaciones tales como el CBR, compresión simple son reemplazados por ensayos dinámicos y de repetición de cargas tales como el ensayo del módulo resiliente, que representan mucho mejor lo que sucede bajo un pavimento en lo concerniente a tensiones y deformaciones.

Las propiedades de los suelos pueden dividirse en dos categorías.

- a) Propiedades físicas: son usadas para selección de materiales, especificaciones constructivas y control de calidad.
- b) Propiedades ingenieriles: dan una estimación de la calidad de los materiales para caminos. La calidad de los suelos para subrasante se puede relacionar con el módulo resiliente, el módulo de Poisson, el valor soporte del suelo y el módulo de reacción de la subrasante.

En el método actual de la AASHTO, la parte fundamental para caracterizar debidamente a los materiales, consiste en la obtención del **Módulo de Resiliencia**, con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la capa subrasante (Método AASHTO T-274), con muestras representativas (esfuerzo y humedad) que simulen las estaciones del año respectivas.

El **módulo de resiliencia “estacional”** será obtenido alternadamente por correlaciones con propiedades del suelo, tales como el contenido de arcilla, humedad, índice plástico, etc. Finalmente, deberá obtenerse un “**módulo de resiliencia efectivo**”, que es equivalente al efecto combinado de todos los valores de módulos estacionales.



Se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$f = 1.18 \times 10^8 \times M_R^{-2.32} \quad \text{Ec. (III.8.9)}$$

Donde:

Uf = Daño relativo en cada estación (por mes o quincenal).

MR = Módulo de Resiliencia de la capa subrasante, obtenido en laboratorio o con deflexiones cada quincena o mes.

Y por último:

$$= \text{promedio de daño relativo} = \frac{\sum Uf}{n} \quad \text{Ec. (III.8.10)}$$

Por lo que el MR efectivo, será el que corresponda al Uf promedio.

Una característica reconocida internacionalmente, como dato para la evaluación y diseño de pavimento.

Se emplea una técnica de pruebas no destructiva que permite estimar el Mr de varios materiales directamente en el lugar. Se han establecido correlaciones razonables con el CBR, dada por la expresión:

$$\mathbf{MR \text{ (psi)} = 1,500 \times CBR} \quad \text{Ec. (III.8.11)}$$

Mr = 1500xCBR para CBR < 10% sugerida por AASHTO

Mr = 3000xCBR^{0.65} para CBR de 7.2% a 20% esta ecuación fue desarrollada en Sudáfrica.

Mr = 4326xlnCBR + 241 utilizada para suelos granulares por la propia guía AASHTO.

Pérdida o diferencia entre índices de servicio inicial y terminal.

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



PSI = Índice de Servicio Presente

$$PSI = p_o - p_t \quad \text{Ec. (III.8.12)}$$

Donde:

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal deseado.

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

P_t = Índice de servicio terminal, para el cual AASHTO maneja en su versión 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0 recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

Determinación de espesores por capas.

Una vez que el diseñador ha obtenido el Número Estructural SN para la sección estructural del pavimento, utilizando el gráfico o la ecuación general básica de diseño, (Figura III.8.1)* donde se involucraron los parámetros anteriormente descritos (tránsito, R, S_o , M_R , $.PSI$), se requiere ahora determinar una sección multicapa que en conjunto provea de suficiente capacidad de soporte equivalente al número estructural de diseño original. La siguiente ecuación puede utilizarse para obtener los espesores de cada capa, para la superficie de rodamiento o carpeta, base y subbase, haciéndose notar que el método de AASHTO, versión 1993, ya involucra coeficientes de drenaje particulares para la base y subbase.

$$V = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad \text{Ec. (III.8.13)}$$

Donde:

a1 a2 y a3 = Coeficientes de capa representativos de carpeta, base y subbase respectivamente.

* Véase Anexo 8 Pág. 269



D1 D2 D3 = Espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente.

m2 y m3 = Coeficientes de drenaje para base y subbase respectivamente.

Tabla III.8.5- Coeficientes “a1” para carpeta de rodamiento

| Carpeta | Coeficiente |
|--|--------------------|
| Mezcla de agregados asfálticos(baja estabilidad) | 0.20 |
| Mezclado en planta (Alta estabilidad) | 0.44 |
| Arena asfalto | 0.40 |

Para la obtención de los coeficientes de capa **a₂** y **a₃** deberán utilizarse las Figuras III.8.2* a III.8.3† respectivamente, en donde se representan valores de correlaciones hasta de cinco diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Elástico, Texas Triaxial, R - valor, VRS y Estabilidad Marshall.

Para bases granulares (a2) Fig. III.8.3‡

Para subbases granulares (a3) Fig. III.8.2

Para la obtención de los coeficientes de drenaje, **m₂** y **m₃**, correspondientes a las capas de base y subbase respectivamente, el método actual de AASHTO se basa en la capacidad del drenaje para remover la humedad interna del pavimento, definiendo lo siguiente:

Tabla III.8.6- Capacidad del drenaje para remover la humedad

| Calidad del drenaje | Agua removida en: |
|----------------------------|--------------------------|
| Excelente | 2 horas |

* Véase Anexo 8 Pág. 269

† Véase Anexo 8 Pág. 269

‡ Véase Anexo 8 Pág. 269



| | |
|---------|---------------|
| Bueno | 1 día |
| Regular | 1 semana |
| Pobre | 1 mes |
| Malo | Agua no drena |

En la Tabla III.8.7 se presentan los valores recomendados para m_2 y m_3 (bases y subbases granulares sin estabilizar) en función de la calidad del drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento pueda estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación de la superficie de rodamiento elaborada con concreto asfáltico, el método no considera un posible efecto por el drenaje, por lo que en la ecuación de diseño sólo intervienen valores de m_2 y m_3 y no se asigna valor para m_1 correspondiente a la carpeta.

Tabla III.8.7- Valores recomendados para modificar los coeficientes estructurales de capa de bases

| Porcentaje del tiempo al cual está expuesta la estructura del pavimento a niveles de humedad próxima a la saturación. | | | | |
|--|--------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| Calidad del drenaje | Menor de 1% | De 1 a 5 % | De 5 a 25 % | Mayor del 25% |
| Excelente | 1.40-1.35 | 1.35-1.30 | 1.30-1.20 | 1.20 |
| Bueno | 1.35-1.25 | 1.25-1.15 | 1.15-1.00 | 1.00 |
| Regular | 1.25-1.15 | 1.15-1.05 | 1.00-0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1.15-1.05 | 1.05-0.80 | 0.80-0.60 | 0.60 |
| Muy pobre | 1.05-0.95 | 0.95-0.75 | 0.75-0.40 | 0.40 |

Para el cálculo de los espesores D_1 , D_2 y D_3 (en pulgadas), el método sugiere respetar los siguientes valores mínimos, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados:

Tabla III.8.8- Factor de distribución por carril

| | | |
|---|---------------------------------------|----------------------|
| Tránsito (ESAL's) En Ejes Equivalentes | Carpetas de concreto asfáltico | Base Granular |
|---|---------------------------------------|----------------------|



| | | |
|---------------------|-----------|-----|
| Menor de 50,000 | 1.0 ó T.S | 4.0 |
| 50,001-150,000 | 2.0 | 4.0 |
| 150,001-500,000 | 2.5 | 4.0 |
| 500,001-2,000,000 | 3.0 | 6.0 |
| 2,000,001-7,000,000 | 3.5 | 6.0 |
| Mayor de 7,000,000 | 4.0 | 6.0 |

T.S: Tratamiento Superficial con sellos.

Análisis del diseño final con sistema multicapa.

Deberá reconocerse que para pavimentos flexibles, la estructura es un sistema de varias capas y por ello deberá diseñarse de acuerdo a ello. Como ya se describió al principio del método, el “**Número estructural SN**” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén es lo primero a calcularse. De la misma manera deberá obtenerse el número estructural requerido sobre las capas de la subbase y base, utilizando los valores de resistencia aplicables para cada uno.

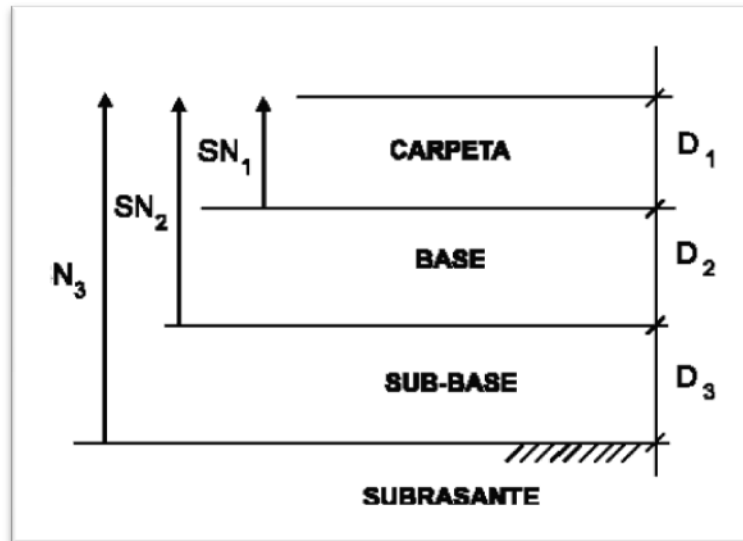
Trabajando con las diferencias entre los números estructurales que se requieren sobre cada capa, el espesor máximo permitido de cualquier capa puede ser calculado. Por ejemplo, el número estructural máximo permitido para material de la capa de subbase, debe ser igual al número estructural requerido sobre la subbase restado del SN requerido sobre la subrasante.

El Método AASHTO recomienda el empleo de las siguientes figuras y ecuaciones:

Figura III.8.4 Recomendaciones de AASHTO.



Fórmulas.



Para evitar las deformaciones excesivas, los materiales son seleccionados para cada capa así: Superficie de rodadura, base granular y subbase con buen CBR, límites, etc. Para cada uno de los materiales se deben conocer los módulos de resiliencia.

Utilizando el ábaco de la figura III.8.1, se pueden encontrar los números estructurales requeridos para proteger cada capa no tratada, reemplazando el módulo de resiliencia de la capa superior por el módulo de resiliencia de la capa que está inmediatamente abajo; así, para determinar el espesor D_1 de la capa asfáltica se supone un M_r igual al de la base y así se obtiene el SN_1 , que debe ser absorbido por dicha capa. El espesor de D_1 debe ser:

$$D_1 > SN_1 / a_1 \text{ (valor mínimo requerido para la capa asfáltica)}$$

$$D_1^* \geq SN_1 / a_1 \text{ (valor real que debe ser usado)}$$

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^* \geq SN_1$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$



a, D, m, y SN están definidos en el texto y son los valores mínimos requeridos.

El asterisco (*) en **D** ó **SN** indica y representa el valor actualmente usado, que debe ser igual ó mayor al valor requerido.

Se adopta un espesor D_1^* ligeramente mayor y el número estructural absorbido por esta capa es:

$$\mathbf{SN_1^* = a_1 \times D_1^*} \qquad \text{Ec. (III.8.14)}$$

Para determinar el espesor mínimo de la base, se entra al nomograma con el **Mr** de la subbase y entonces se obtiene el **SN₂**, a ser absorbido por el concreto asfáltico y la base. Así:

$$\mathbf{D_2^* \geq SN_2 - SN_1^* / a_2 \times m_2} \qquad \text{Ec. (III.8.15)}$$

Se adopta un espesor ligeramente mayor, D_2^* , y el número estructural absorbido será:

$$\mathbf{SN_2^* = a_2 \times m_2 \times D_2^*} \qquad \text{Ec. (III.8.16)}$$

Por último para la subbase, se entra con el **Mr** correspondiente a la subrasante y se obtiene **SN₃ = SN** para todo el paquete estructural calculado o sea la capa asfáltica, base y subbase. En este caso el espesor es:

$$\mathbf{D_3^* \geq SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*) / (a_3 \times m_3)} \qquad \text{Ec. (III.8.16)}$$

Se adopta un espesor ligeramente mayor D_3^* y se obtiene el número estructural absorbido por la subbase.

$$\mathbf{SN_3^* = a_3 \times m_3 \times D_3^*} \qquad \text{Ec. (III.8.17)}$$

Como verificación tenemos:

$$\mathbf{SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN} \qquad \text{Ec. (III.8.18)}$$



NOTAS:

- 1) a, D, m y SN; corresponden a valores mínimos requeridos.
- 2) D* y SN*; representan los valores finales de diseño.

Estimación de las cargas de diseño (Wt_{18})

Las cargas de diseño han sido determinadas en función de los resultados del “Estudio de Tráfico” realizado como parte de la información requerida para el Proyecto de esta carretera, esto es:

- Cuantificación de los términos de la “variable tráfico”

TPDA y % Vp.

El número de vehículos por tipo, por día y por año han sido obtenidos del “Estudio de Tráfico, Tabla III.6.7”.

Factor Camión y ejes equivalentes de diseño

Determinación y cálculo de ejes equivalentes de diseño.

Para la determinación y cálculo de los ejes equivalentes se requiere el uso de **factores de camión** para cada clase particular de vehículo, principalmente para camiones pesados. Esto debe hacerse usando los pesos límites de cada vehículo conforme se establece en la tabla 3-19. Del Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carreteras, SIECA, 2000. Resolución 02-01 COMITRAN XXIII.

Los vehículos de carga, por otra parte sin incluir las motocicletas, y de acuerdo al “Estudio de Tráfico”, circularán bajo tres condiciones posibles: (a) con carga máxima legal permisible, (b) con carga parcial, y (c) en condición de vacíos, el análisis de estas

* Véase Pág. 58



tres condiciones nos permite calcular los **factores de equivalencia y el factor camión por tipo de vehículo.**

Seguidamente en la tabla 3-20(Del Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carreteras, SIECA, 2000. Resolución 02-01 COMITRAN XXIII), se tiene el porcentaje de la tasa anual de crecimiento vehicular, que se usará y el período de diseño de la estructura de pavimento, lo que nos da el factor de crecimiento de tránsito. Hay que tener presente que el porcentaje de la tasa anual de crecimiento de vehículos, se puede cambiar utilizando diferentes porcentajes, dependiendo del tipo de vehículo que se considere que va a aumentar o disminuir más que los otros.

Las tablas para encontrar el factor camión por tipo de vehículo están presentes en anexo 10 pág. 313

El número total de ESAL's (Ejes Equivalentes) para el diseño del pavimento considerado y el debe afectarse por el factor de distribución por dirección y el factor de distribución por carril.

Factor de distribución por dirección

Es el factor del total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección. Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsito efectuado. El factor de distribución por dirección para este caso es obtenido por la tabla 3-21 de la *Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1,993* y este es: **0.45**

Factor de distribución por carril

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para caminos de



varios carriles, el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril. El factor de distribución por carril para este caso es obtenido por la tabla 3-22 de la *Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1,993* y este es: **0.99**

Ejes equivalentes acumulados en el periodo de diseño (W_{t18})

La Tabla III.8.9 presenta, en conclusión, las cargas equivalentes acumuladas para el periodo de diseño de 20 años, y las cuales resultan en un valor de **2,335,355** ejes totales de 8.2 ton.

Tabla III.8.9- Factores Camión por tipo de vehículo

| Tipo de vehículos | Total | % | Ejes equivalentes por camión | | | 100% cargados | 50% cargados | % de vacíos | Total | Factor camión ponderado |
|----------------------|-------|------|------------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-------|-------------------------|
| | | | 100% Cargados | 50% cargados | % de vacíos | | | | | |
| M Buses | 46 | 8% | 0.700 | 0.178 | 0.050 | 61% | 27% | 12% | 100% | 0.4811 |
| Buses | 94 | 17% | 1.674 | 0.426 | 0.050 | 36% | 43% | 21% | 100% | 0.7963 |
| C2 Pesado | 145 | 26% | 1.674 | 0.426 | 0.050 | 21% | 55% | 24% | 100% | 0.5975 |
| C2 Liviano | 148 | 27% | 0.169 | 0.038 | 0.004 | 21% | 55% | 24% | 100% | 0.0572 |
| C3 | 18 | 3% | 1.469 | 0.652 | 0.228 | 80% | 10% | 10% | 100% | 1.2633 |
| C2R2 | 2 | 0.5% | 2.556 | 1,374 | 0.477 | 100% | 0% | 0% | 100% | 2.5561 |
| T3S2 | 97 | 17% | 2.780 | 0.731 | 0.104 | 67% | 33% | 0% | 100% | 2.1035 |
| T3S3 | 3 | 0.6% | 2.185 | 0.558 | 0.060 | 67% | 33% | 0% | 100% | 1.6478 |
| T2S2 | 4 | 0.9% | 3.037 | 0.786 | 0.156 | 50% | 50% | 0% | 100% | 0.002 |
| Veh. Liv. | 1059 | | | | | | | | | 0.0003 |
| Total Pesados | 557 | 100 | | | | | | | | |
| Total TPDA | 1617 | | | | | | | | | |

Tabla III.8.10- Ejes acumulados totales en el periodo de diseño

| | | | | |
|--|------------------|----------------|-----------|-------------------------|
| | Veh. Liv. | Pesados | de | Pesados de carga |
|--|------------------|----------------|-----------|-------------------------|



| | | pasajeros | | | | | | | | |
|------------------|------------------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|--------|-----------|--------|--------|
| | | M Buses | Bus | C2 Liv. | C2 | C3 | C2R2 | T3S2 | T3S3 | Otros |
| Totales | 10,620,332 | 303,538 | 727,518 | 1,296,772 | 1,173,548 | 114,318 | 24,528 | 1,585,122 | 18,396 | 79,132 |
| FE | 0.0003 | 0.4811 | 0.7963 | 0.0572 | 0.5975 | 1.2633 | 2.5561 | 2.1035 | 1.6478 | 2.1035 |
| Fdd* | 0.45 | | | | | | | | | |
| Fdc† | 0.99 | | | | | | | | | |
| A | 1.0 | 1.0 | | | | | | | | |
| REE | 1,420 | 65,058 | 258,088 | 33,045 | 312,382 | 64,338 | 27,931 | 1,485,433 | 13,504 | 74,156 |
| REE Total | 2,335,355 | | | | | | | | | |

Confiabilidad en el diseño (R)

El efecto combinado de los términos Z_r y s_o , resulta en la realidad, en la aplicación de un “factor de seguridad” en el diseño de pavimentos. Para un valor de S_o de 0.45, estos factores de seguridad serían:

Tabla III.8.11- Valores de Confiabilidad y Factores de Seguridad

| Valor de la Confiabilidad | Z_r | S_o | Factor de seguridad |
|---------------------------|----------------|-------|---------------------|
| 50 | 0.000 | 0.45 | 1.00 |
| 60 | - 0.253 | | 1.30 |
| 70 | - 0.524 | | 1.72 |
| 75 | - 0.674 | | 2.01 |
| 85 | - 1.037 | | 2.93 |
| 95 | - 1.645 | | 5.50 |

Es nuestro criterio que adoptar un valor de 60% de Confiabilidad arroja un “factor de seguridad (FS)” bajo (1.30), mientras que valores de R iguales o mayores a 75%, por el contrario, resultan en magnitudes de FS bastante significativos, que impactan de una

** Factor de distribución por dirección.

† Factor de distribución por carril.



manera importante sobre los resultados de los espesores de diseño, por lo cual, en este proyecto se ha seleccionado un valor de **R** igual a **70%**, lo que significa un FS de 1.72, cifra que nos parece razonablemente segura.

Variación permisible en la servicapacidad (DPSI)

Los valores normalmente recomendados para esta variable, tanto por el Manual SIECA como por la AASHTO-93, como consecuencia de la Servicapacidad inicial (p_o) de 4.2 y de la final (p_f) de 2.7, es igual a **1.50**.

Caracterización del material de la sub-rasante y definición de las Unidades de Diseño

Para fines de diseño y ya que no contamos con un estudio de suelos, por lo consiguiente no se poseen datos de laboratorio de valores de CBR, se realizó una relación de las series de suelos de este proyecto y otro realizado en el departamento de Rivas “La virgen- San Juan del Sur”, realizado por el MTI resultando una aceptable similitud en los suelos de estos sitios procediendo a usar datos de CBR de este proyecto y así poder estimar espesores de pavimento para el proyecto en cuestión. Presentando estos datos en la tabla III.8.12 a continuación.

Tabla III.8.12- Unidades de Diseño y caracterización del material de la sub-rasante para un 90% de la DMS

| Unidades de diseño | | | | |
|---------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| Unidad | Estación | Longitud (km) | CBRpromedio (%) | MRpromedio (psi) |
| U1 | 0+000 a 6+900 | 6.9 | 8.4 | 8,333 |
| U2 | 6+900 a 9+600 | 2.7 | 15.4 | 12,617 |
| U3 | 9+600 a 12+200 | 2.6 | 9.0 | 8,735 |
| U4 | 12+200 a 19+300 | 7.1 | 14.4 | 12,050 |
| Total longitud | | 19.30 | | |

Como el primer tramo en estudio es de 9.22Km y asumiendo CBR bajos para este tramo, elegimos los dos CBR más bajos del Proyecto de La Virgen San Juan de el



Sur, teniendo estos la misma distancia a la del primer tramo antes mencionado; siendo estos:

Tabla III.8.13- CBR utilizados para el proyecto San Jorge El Menco.

| Unidad | Longitud (Km). | CBR Promedio % | MR promedio (psi) |
|--------|----------------|----------------|-------------------|
| U1 | 2.6 | 8.4 | 8,333 |
| U2 | 6.62 | 9.0 | 8,735 |

Determinación del Número Estructural (SN) en cada Unidad de Diseño

La solución de la Ecuación de Diseño AASHTO-93, sustituyendo cada una de las diferentes variables independientes, permite definir los valores de SN sobre la sub-rasante, tal como se indica a continuación:

Tabla III.8.14- Valores requeridos de Número Estructural (SN) sobre la sub-rasante por Unidad de Diseño

| Unidad de Diseño | Cargas acumuladas | Zr*so (FS) | Dpsi | MR | SN/sr |
|------------------|-------------------|-------------------|------|-------|-------|
| U1 | 2,335,355 | - 0.236 (1.72) | 1.50 | 8,333 | 3.5 |
| U2 | | | | 8,735 | 3.4 |

Materiales y mezclas para las capas de la estructura del pavimento

Los materiales y/o mezclas seleccionados, en función de práctica constructiva que se ha empleado, con buenos resultados, en numerosas obras en Nicaragua, permite recomendar los siguientes materiales:



(a) **Material de sub-base:**

La existencia de una capa de mezcla asfáltica con espesores variables entre 2 y 6 cm, sobre una base y/o sub-base granular con espesores variables entre 20 y 48 cm, cuyas características los permiten clasificar como materiales de buena calidad, Tipos TRB A-1 o A-2-4. En función de los espesores y tipo de materiales se considera que son aptos para ser reciclados y estabilizados con cemento, en tenores no mayores al 4% en peso, para obtener un material reciclado con resistencia a la compresión simple (UCS) no menor a los 25 kg/cm².

La Guía de Diseño AASHTO-93 asigna a estas mezclas un coeficiente estructural **(a₃) de 0.16** y un coeficiente de drenaje **(m₃) de 1.0**.

(b) **Material de base granular**

Como material de base granular se recomienda una mezcla de materiales granulares, debidamente triturados y gradados, que resulten con un CBR mínimo de 85%. La correlación PAS para este tipo de material arroja un **MR** (Momento resistente) de **40,622 psi**.

La Guía de Diseño AASHTO-93 asigna a estas mezclas un coeficiente estructural **(a₂) de 0.14** y un coeficiente de drenaje **(m₂) de 0.90**.

El criterio de “protección de capas”, recomendado como parte del procedimiento de diseño AASHTO-93 de estructura multicapa (Parte II, Capítulo III, Aparte 3.1.5, página II-35), obliga a determinar, en consecuencia, al “Número Estructural sobre la capa base (SN/Bg), la cual resulta en los valores siguientes:

Tabla III.8.15- Valores de SN sobre la capa de base granular, por Unidad de Diseño

| Unidad de | Cargas | Zr*s _o | Dpsi | MR | Base | SN/sr |
|-----------|--------|-------------------|------|----|------|-------|
|-----------|--------|-------------------|------|----|------|-------|



| | | | | | |
|--------|------------|---------|------|----------------|-----|
| Diseño | acumuladas | (FS) | | granular (psi) | |
| U1 | 2,335,355 | - 0.236 | 1.70 | 40,622 | 1.9 |
| U2 | | (1.72) | | | 1.9 |

Tabla III.8.16- Valores de SN sobre la capa de sub-base granular, por Unidad de Diseño

| Unidad de Diseño | Cargas acumuladas | Zr*s _o (FS) | Dpsi | MR Base granular (psi) | SN/sr |
|------------------|-------------------|------------------------|------|------------------------|-------|
| U1 | 2,335,355 | - 0.236 | 1.50 | 14,000 | 2.70 |
| U2 | | (1.72) | | | 2.70 |

Mezclas asfálticas en caliente

Para las capas asfálticas deben emplearse mezclas de concreto asfáltico densamente gradadas, mezcladas en planta en caliente, de las siguientes características, determinadas de acuerdo al Ensayo Marshall (AASHTO T-245)

Tabla III.8.17- Requisitos de calidad de las mezclas asfálticas

| Capa | Granulometría Tipo | Estabilida d (lbs) | Flujo (0.01 pulg) | Vacíos totales (%) | VAM (%) | Vacíos llenados (VFA), (%) |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------|----------------------------|
| Rodamiento | TNM 12 | > 1.800 | 8 – 14 | 3 – 5 | > 13 | 65 – 75 |
| Distinta a rodamiento (intermedia) | TNM 19 | | | | > 12 | |

TNM = tamaño nominal máximo (mm)

La Guía de Diseño AASHTO-93 asigna a estas mezclas un coeficiente estructural (a₁) de 0.44 para la mezcla de rodamiento y de **0.40** para la mezcla distinta a rodamiento. Para ambas mezclas el coeficiente de drenaje **(cm₁) es de 1.0.**



Tabla III.8.18- Espesores de capas de la estructura del pavimento

| Datos | | Sub-Base | Base | Carpeta |
|-------------------------------------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| ESAL's | W_{18} | 2,335,355 | 2,335,355 | 2,335,355 |
| Confiabilidad | R | 70% | 70% | 70% |
| Desviación estándar | S_o | 0.45 | 0.45 | 0.45 |
| Modulo de resiliencia | M_R | 14,000 | 40,622 | 400,000 |
| PSI Residual | ΔPSI | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| Desviación normal | Z_R | -0.525 | -0.525 | -0.525 |
| Espesor de la sub-base | | | U1 | 15 cm. |
| | | | U2 | 15 cm |
| Espesor de la base | | | U1 | 36 .cm |
| | | | U2 | 36 cm. |
| Espesor de la carpeta de rodamiento | | | U1 | 5 cm. |
| | | | U2 | 5 cm. |
| Total | | 56 cm. | | |

Los resultados de los espesores fueron obtenidos Mediante el nomograma de la figura III.8.1 y aplicando las formulas antes descritas*.

III.9- PUENTE

Se sabe que los caminos, carreteras y por ende los puentes son las arterias de la economía, en la antigüedad de las aldeas y en la actualidad de las naciones, ya que a través de ellos se mueve el comercio, turismo, producción, etc. Con el fin de desarrollar una serie de proyecto de estructuras seguras y económicas que tratan de responder a la creciente demanda de vías de acceso y circulación, que soportan el tráfico de vehículos, personas, animales de tiro entre otros, originadas principalmente por el relieve accidentado de Nicaragua, el puente constituye una óptima solución en la rama

* La hoja de cálculo de los espesores de pavimentos se encuentra en el Anexo 7 Pág. 266



de la construcción principalmente en obras horizontales y éste debe diseñarse estéticamente de modo que armonice y enriquezca la belleza de sus alrededores.

El puente conlleva un estudio detallado de las fuerzas actuantes en sus elementos estructurales y de las propiedades mecánicas de los materiales a usar, las cuales dependen del obstáculo a salvar, el que puede ser variado y presentar condiciones que obligan a usar diferentes tipos de estructuras para cada caso.

El más fuerte obstáculo lo constituyen las corrientes de agua que atraviesan el trazado de una vía y para salvarlo se necesita una estructura tal, que la abertura sea suficiente para permitir el cruce del agua en una crecida, sin que afecte a la propia estructura ni sobrepase la altura de la rasante obstruyendo la circulación por la vía.

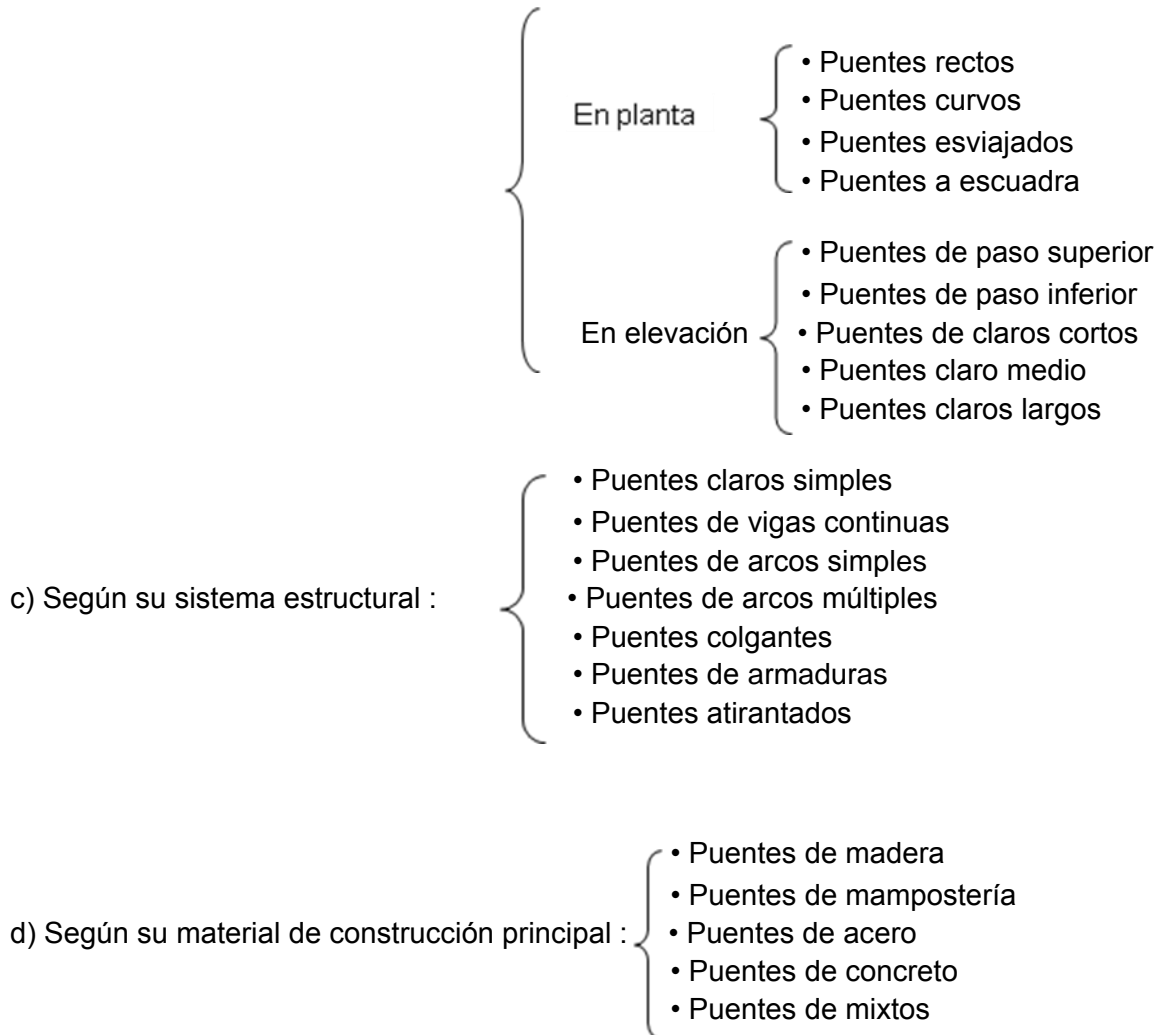
En Nicaragua el sistema más utilizado en la construcción de puentes es el sistema estructural mixto de vigas metálicas con losa de concreto reforzado, como se muestra en este trabajo.

III.9.1- Generalidades

Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales como ríos, valles, lagos o brazos de mar y obstáculos artificiales como vías férreas, desniveles, carreteras. Estos deben satisfacer las necesidades de funcionamiento de las instalaciones soportadas y los requisitos geométricos e hidráulicos.

Los puentes son de dos tipos generales: puentes fijos y puentes móviles (giratorios, basculantes y levadizos) también se pueden agrupar de acuerdo con las siguientes características:

- a) Según su uso estos pueden ser :
- Carreteros
 - Ferrocarrileros
 - Para canales
 - Para peatones
 - Para tuberías



Concreto: El concreto es un material heterogéneo compuesto de agregados (partículas sueltas de tamaño graduado) aglutinadas en una pasta, por lo general los agregados son arena, grava natural o piedras trituradas y la pasta cemento Portland hidratado. Esta mezcla produce un concreto que pesa aproximadamente entre 157 y 180 kg/m³ con resistencias que varían de 140 a 281 kg/cm² dependiendo de las características que se requieran, en este caso se solicita un concreto de 210 kg/cm², y cuando es cuidadosamente producido, colocado y curado puede alcanzar resistencias hasta de 570 kg/cm² en 28 días.

Está demostrado que el concreto es un material que se desempeña eficientemente en compresión, pero su resistencia a la tensión es muy baja por lo que



se colocan varillas de hierro o acero en éste para mejorarle su capacidad a la tensión, a lo que se le conoce como concreto reforzado o concreto armado.

Acero: El acero es hierro combinado con carbono, de gran elasticidad y dureza, es un material estructural versátil muy usado en la construcción por su alta resistencia, uniformidad, elasticidad, durabilidad y ductilidad.

Superestructura: La súper-estructura es el conjunto de elementos que forman la parte superior de un puente y generalmente está compuesta por:

Baranda: Son elementos formados por postes y pasamanos instalados a ambos lados de la estructura del puente para garantizar la seguridad de los peatones que transitan por las aceras y a la vez sirven para evitar en accidentes la caída de vehículos al vacío por lo que estas deben poseer los pasamanos de cara lisa y continúa sobre el lado del tráfico y los postes colocados detrás de los pasamanos, la baranda debe ser capaz de resistir la carga que se aplica en todos los sitios, generalmente se construyen de acero o concreto, o la combinación de ambos.

Acera: Parte lateral de una calle o un puente que sirve para el tráfico de peatones y bicicletas con un ancho mínimo de 60 cm. En caso de no construir aceras deberán construirse cunetas a ambos lados del puente como medio de seguridad para peatones y vehículos.

Guarnición: Conjunto de elementos que brindan seguridad a los peatones y vehículos estos elementos son losa de acera, cuneta, baranda y barrera de tráfico.

Ménsula: Son elementos que están en los extremos longitudinales del puente que normalmente son diseñados en voladizos. Estos reciben cualquier tipo de carga que actúe en los extremos del puente (losas, aceras, barandas) para luego transmitir las al elemento principal, estos elementos pueden ser de acero o concreto según convenga.



Superficie de rodamiento: Suele ser de concreto reforzado (losa) de alta resistencia y en pocas ocasiones de elementos prefabricados, también pueden ser metálicas como en el caso de puentes de cubiertas ortotrópica.

Superficie bituminosa: Es una capa asfáltica que sirve como recubrimiento protector a la superficie de rodamiento.

Cara de la guarnición: Se define como paramento interior, vertical o inclinado de la propia guarnición, la dimensiones horizontales del ancho de la calzada y la guarnición se toman desde la base del paño inferior si se trata de guarniciones escalonadas. Cara expuesta de la cuneta al tráfico, también llamada borde inferiores de bordillos o guardarruedas.

Calzada: Es el ancho medido transversalmente al eje longitudinal del puente, ésta medida se toma desde las partes inferiores de la cara de la guarnición, en caso que no exista, la medida se tomará desde la parte inferior de las caras interiores de las barandas.

Diafragmas: Son elementos que sirven de arriostre lateral a la estructura, capaces de transmitir fuerzas sísmicas y de viento a la súper-estructura.

Aparatos de apoyos: Son ensambles estructurales instalados para garantizar la segura transferencia de todas las reacciones de la súper-estructura a la sub-estructura y absorber los movimientos de la súper-estructura debido a las fuerzas longitudinales, colocados entre las vigas principales y la superficie de la viga de asiento, estos pueden ser elastómeros (neopreno) o reforzados (placas metálicas combinadas con neopreno) y deben cumplir con dos requisitos:

- Distribuir las reacciones sobre las áreas adecuadas sobre la sub-estructura.
- Deben ser capaces de adaptarse a las deformaciones elásticas, térmicas y otras de la súper-estructura sin generar fuerzas restrictivas perjudiciales.



Los apoyos para puentes pueden clasificarse como apoyos fijos, articulados, deslizantes o de expansión y juntas articuladas, eslabonadas y con rodillos articulados.

Sub Estructura

La sub-estructura es la parte que conecta a la súper-estructura con el terreno y está constituida generalmente por estribos, pilas y pilotes.

Estribos: Los estribos son apoyos extremos del puente, que además de soportar las cargas de la súper-estructura, sirven de contención de las tierras, de los terraplenes de acceso y por consiguiente están sometidos al empuje del terreno. Los materiales más usados en la construcción de estribos son el concreto y la mampostería.

Las dimensiones de los estribos dependen de las cargas que se tendrán que considerar para su estabilidad, estas son : cargas de la súper-estructura incluyendo cargas muertas, móviles y empuje activo de las tierras considerando la sobre carga existente.

En puentes construidos para salvar corrientes (nuestro caso) es recomendable hacer los aletones (parte del estribo) con un ángulo respecto a la normal del eje del camión de 30° a 40°, con objeto de evitar que el terraplén caiga y obstruya en parte el paso de la corriente, con lo que también se restringe un poco la acción de la socavación del agua alrededor del soporte principal y provee mejores condiciones hidráulicas.

III.9.2- Datos del proyecto

Nombre del Proyecto.....Vía costanera entre San Jorge y el Menco

Ubicación.....San Jorge, Buenos Aires (Rivas)



| | |
|--|------------------------|
| Normas de diseño..... | AASHTO – Edición 1996 |
| Carga Móvil de diseño..... | HS20 – 44 |
| Incremento de la carga móvil (Por el MTI)..... | 25% |
| Bombeo..... | 2% |
| Ancho de la calzada..... | 6.00 metros |
| Longitud del claro..... | 15 m. y 30 m. |
| Baranda..... | Acero Estructural |
| Losa de rodamiento..... | Concreto Reforzado |
| Losa de acera..... | Concreto Reforzado |
| Vigas Longitudinales..... | Acero Estructural |
| Vigas Transversales (Diafragmas)..... | Acero Estructural |
| Vigas de Asiento..... | Concreto Reforzado |
| Estribo..... | Mampostería |
| Altura del Estribo..... | 6.8 m y 10m. |
| Longitud del estribo..... | 10 m y 15m. |
| Longitud de viga de asiento..... | 8 m. |
| Peso específico de la mampostería..... | 2200Kg/m ³ |
| Peso Especifico del Suelo..... | 1600Kg/m ³ |
| Combinación de carga (Estribo Solo)..... | Grupo I y VII |
| Combinación de carga (Estribo Cargado)..... | Grupo I, II, III y VII |
| Esfuerzo compresible a la compresión de la mampostería.. | 15 Kg/m ² |
| Esfuerzo compresible a la tensión de la mampostería..... | 4.2 Kg/m ² |
| Esfuerzo compresible al corte de la mampostería..... | 1.8 Kg/m ² |



Concreto reforzado

Para el diseño se usarán los siguientes materiales con sus respectivas resistencias.

Acero de Refuerzo

- Esfuerzo de Fluencia (Grado - 40)

$$f_y = 40,000\text{psi} \quad \equiv \quad 28,00\text{kg/cm}^2$$

- Peso Especifico

$$\gamma_A = 7,850\text{kg/m}^3 \quad \equiv \quad 0.0079\text{kg/cm}^3$$

Concreto

- Esfuerzo a la compresión a los 28 días de edad:

$$f'_c = 3,000\text{psi} \quad \equiv \quad 210\text{kg/cm}^2$$

- Peso Especifico:

$$\gamma_c = 2,400\text{kg/m}^3 \quad \equiv \quad 0.0024\text{kg/cm}^3$$

- Modulo de elasticidad del concreto:

$$E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Acero Estructural.

Para el diseño se usarán los siguientes materiales con sus respectivas resistencias

- Esfuerzo de Fluencia (Grado - 36)

$$f_y = 36,000\text{psi}$$

- Peso Especifico

$$\gamma_A = 7850\text{kg/m}^3 \quad \equiv \quad 0.0079\text{kg/cm}^3$$

Las soldaduras se harán usando electrodo E-60xx (60,000psi)



Se construirán dos puentes, uno localizado en Tolesmaida y el otro en El Riego, ambos en el municipio de Buenos Aires para la ejecución de la primera etapa.

Puente el Riego (Claro=30m).

El puente constará de estribos de mampostería de 3000 psi, Vigas metálicas longitudinales (WF 33x110) de 84 cm. de peralte, Vigas diafragmas (W18x30) de 46 cm y losa de concreto reforzado de 5000 psi, los alerones de los estribos se encuentran a 45° (aguas arriba y abajo). La losa de calzada tendrá un ancho de 6.4 m. con un espesor de losa de 19 cm acero de refuerzo de 5/8" @ 12cm, dicha losa descansará en una viga de asiento en L de 30 x 1.5. Con pendiente transversal de 3.3%, esta pendiente será dada en los estribos y no en la losa para evitar sobredimensionamientos. A la entrada y salida del puente se construirá una losa de acceso de concreto reforzado de 15 cm. de espesor.

Constará con barandas a ambos lados con una altura de baranda de 42" (Recomendado por la AASHTO), Con un pasamano Superior de 2" de diámetro y pasamanos inferiores de cajas de 3"x3"x1/4", los postes serán a base de placas de 42"x8"x1/2"y las placas base serán de 12"x 10"x1/2". En las uniones se usara una longitud de soldadura de 1½ " y pernos de 5/8" con separación entre pernos de 6".

Puente Tolesmaida (Claro=15m).

El puente constará de estribos de mampostería de 3000 psi, Vigas metálicas longitudinales (WF 33x110) de 66 cm. de peralte, Vigas diafragmas (W18x30) de 30 cm y losa de concreto reforzado de 5000 psi, los alerones de los estribos se encuentran a 45° (aguas arriba y abajo). La losa de calzada tendrá un ancho de 6.4 m. con un espesor de losa de 19 cm acero de refuerzo de 5/8" @ 12cm, dicha losa descansará en una viga de asiento en L de 30 x 1.5. Con pendiente transversal de 3.3%, esta pendiente será dada en los estribos y no en la losa para evitar



sobredimensionamientos. A la entrada y salida del puente se construirá una losa de acceso de concreto reforzado de 15 cm. de espesor.

Constará con barandas a ambos lados con una altura de baranda de 42" (Recomendado por la AASHTO), Con un pasamano Superior de 2" de diámetro y pasamanos inferiores de cajas de 3"x3"x1/4", los postes serán a base de placas de 42"x8"x1/2"y las placas base serán de 12"x 10"x1/2". En las uniones se usara una longitud de soldadura de 1½ " y pernos de 5/8" con separación entre pernos de 6".

III.10- ALCANTARILLAS

Consideraciones Prácticas que gobiernan el tamaño de las Alcantarillas.

Cuando se tienen cuencas grandes, el área de las alcantarillas se proporciona como se ha visto por el escurrimiento, sin embargo, para pequeñas áreas, el tamaño se determina por la facilidad de limpieza mas que por la capacidad. Cuando se tiene una pendiente suficiente para que la alcantarilla se limpie por si sola, un tubo de 12" es adecuado en terraplenes de poca altura; pero si la corriente es mayor, solo un tubo de 16" o 18" podrá servir satisfactoriamente. Las alcantarillas de gran longitud bajo terraplenes muy altos nunca serán de un diámetro menor de 90 cm para permitir su limpieza a mano cuando ello es necesario.

A continuación se consigna una clasificación de las alcantarillas de acuerdo con su forma y material:

- a) Alcantarilla de tubo: 1) de concreto reforzado. 2) de lámina metálica corrugada. 3) de barro vitrificado y 4) de hierro fundido.
- b) Alcantarillas de cajón de concreto reforzado: 1) sencillas. 2) múltiples.
- c) Alcantarillas de bóveda de concreto simple o de mampostería: 1) sencillas. 2) múltiples.
- d) Otros tipos.



La elección del tipo de alcantarilla depende: a) del suelo de cimentación; b) de las dimensiones y requisitos de la topografía; c) de la economía relativa de los diferentes tipos posibles de estructura adecuado para el lugar, etc. Sobre el suelo de cimentación se puede decir que cuando es seco y firme cualquiera de los tipos mencionados con anterioridad es satisfactorio; sin embargo en suelos húmedos el tipo de cajón de concreto es el más adecuado porque las cargas se transmiten verticalmente en direcciones bien definidas.

En arena movediza y en suelos arcillosos el tipo más conveniente y que más se presta es el de tubo de lámina acanalada. Para pequeñas áreas de drenajes ordinariamente se usa algún tipo de tubo.

Para claros de 0.60m y 1.50m el tipo de cajón de concreto es el más usado. Para claros de 1.5m a 6m se usan losas de concreto reforzado sobre estribos de concreto simple o mampostería. Si el terraplén es muy alto conviene más la bóveda de mampostería o de concreto, y sobre todo las bóvedas múltiples.

En el proyecto de la carretera en estudio, se requiere el diseño de una alcantarilla, la cual será ubicada en la zona Buenos Aires, a 100m de la Entrada a la Finca Nahualapa. De acuerdo a criterios de diseño se seleccionó una alcantarilla con un diámetro de 18", ya que el área donde será colocada es pequeña, además posee una pendiente suficiente para que la alcantarilla se limpie por sí sola. Como el tipo de suelo característico de la zona de Buenos Aires es suelo arcilloso se seleccionó un tubo de lámina acanalada.

III.11- OTRAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Bahías de Buses.



Es muy sabido que donde quiera que exista demanda de vía para el servicio de tráfico de automóviles hay igualmente una demanda para el transporte público.

Los requerimientos para el tránsito público deben ser considerados previamente en el desarrollo de los programas de mejoras de las vías.

La recolección de información durante el proceso de planeamiento de las rutas de vehículos de tránsito y el volumen de buses deben ser considerados en la etapa de diseño de la vía. Los aspectos de diseño y operación de la vía que serán afectados por la información posterior incluyen:

1. Localización de paradas de buses.
2. Diseño de paradas de buses.
3. Reservación de los carriles de buses.

Para el Primer tramo de carretera se ubicaron 7 bahías de buses en lugares estratégicos donde existe mucha demanda de peatones.

Distancia de visibilidad.

Las tres consideraciones más importantes en la distancia de visibilidad para el diseño de vía son:

- La requerida para parada.
- Pase de vehículo.
- Para visibilidad en las intersecciones

La distancia de visibilidad de parada, debe ser provista continuamente en toda la vía. La distancia de visibilidad de pase es aplicable a las arterias urbanas de 2 carriles donde los elementos de diseño son similares a las carreteras rurales. La distancia de visibilidad en las intersecciones tiene igual aplicación tanto en las condiciones rurales como urbanas.



Retornos

Existen tres tipos de retornos, los cuales son:

- Circular
- Punta de bala
- Parabólico

El retorno se aplica en el extremo de la mediana en el área de intersección, con la finalidad de facilitar el giro de los vehículos provenientes de las calles de intersección.

Para el proyecto en cuestión se consideró fijar retornos a cada 800 m. de tipo circular para ambos sentidos de la vía.

Mantenimiento Vial

Una vez puesto en servicio un tramo de carretera, nuevo o reparado, va poco a poco perdiendo sus características iniciales de funcionalidad y resistencia. Diversos factores inciden y determinan este proceso de deterioro. Por una parte están los factores relacionados con el mismo pavimento: espesores, materiales y construcción, que podríamos considerar como los factores pasivos del proceso, y por otra parte los factores activos, verdaderos causantes de este deterioro, que son el tráfico y los factores ambientales.

En términos generales, una buena base da una satisfactoria serviciabilidad a los usuarios, no requiere de gran mantenimiento, es estructuralmente adecuado para las cargas de tránsito, tiene suficiente resistencia al deslizamiento para evitar accidentes y consta de características geotécnicas que permiten soportar la estructura en forma adecuada, con una correcta estabilidad de cortes y terraplén. Sin embargo hay que enfatizar que el cumplimiento de esta afirmación está relacionada directamente con la calidad de la construcción efectuada, así como el estricto cumplimiento de las



especificaciones técnicas, por lo que se hace necesario evaluar todos los tipos de datos antes mencionados, para lograr determinar, principalmente, la condición funcional y estructural de pavimento. El tránsito de los usuarios, son las variables que determinaran el comportamiento real del pavimento.

Categorías de Mantenimiento:

Para el presente trabajo las labores de conservación vial se agrupan en dos categorías generales: a) mantenimiento rutinario y b) mantenimiento periódico, a continuación se da una breve descripción de cada categoría:

- a) **El mantenimiento rutinario:** comprende todas aquellas actividades requeridas para conservar una vía de regular a buen estado, las cuales se repiten una o más veces al año. También, incluye aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar elementos menores dañados, deteriorados o destruidos, tal como los barandales de puentes, obras de drenaje menores, señalización vertical y horizontal, muros de retención y actividades afines.
- b) **El mantenimiento periódico:** abarca las obras de conservación vial que se repiten en períodos de más de un año para elevar la vía a un nivel de servicio de regular a buen estado.

Está considerada la colocación de sobrecapas sobre pavimento deteriorado y existente.

Estado de la Carretera: La condición en que se encuentra la carretera. La terminología recomendada consiste de:

Estado Muy bueno: Una condición equivalente a la que es atribuible a una carretera inmediatamente después de su construcción original.

Estado Bueno: Una condición que corresponde a una carretera recién abierta al tránsito con poco desgaste que requerirá mantenimiento rutinario en el futuro próximo.



Estado Regular: Una condición equivalente a la que es atribuible a una carretera con poca deterioración pero que requiere mantenimiento rutinario y/o periódico en forma inmediata.

Estado Malo: Una condición deteriorada que requiere obras de rehabilitación para restaurar la carretera a una condición de muy buena.

Estado Muy Malo: Una condición pésima que requiere la reconstrucción integral de la carretera para restaurarla a una condición de muy buena.

Actividades y frecuencia del mantenimiento.

Esto se detalla para los dos tipos de mantenimiento definidos, esto es:

Mantenimiento Rutinario

Las principales actividades que conforman el mantenimiento rutinario o preventivo son las siguientes:

- i) Bacheo y sello: consiste en restituir y sellar las grietas que se forman a todo lo largo de la vía, se recomienda efectuar esta actividad dos veces por año.
- ii) Limpieza del Derecho de Vía: consistente en la eliminación de la maleza en la zona paralela a la carretera, incluyendo taludes y canales longitudinales, se recomienda efectuar esta actividad dos veces por año.
- iii) Limpieza de Alcantarillas: consiste en limpiar la entrada, salida y la tubería eliminando toda maleza y los materiales que se encuentren sedimentados, se recomienda dos veces por año.
- iv) Limpieza de Cajas: consiste en limpiar la entrada, salida y la caja eliminando todos los materiales que se encuentren sedimentados, se recomienda dos veces por año.



- v) Limpieza de Cunetas: consiste en eliminar y limpiar de las cunetas revestidas, todos los materiales que se encuentren sedimentados, se recomienda dos veces por año.
- vi) Postes Guías: el cual consiste en la reposición de los postes guías deteriorados, se estima un poste por cada 5 kilómetros por año.
- vii) Señales Verticales: el cual consiste en la reposición de las señales verticales deterioradas, se estima una señal por cada 5 kilómetros por año.
- viii) Remoción de Derrumbes Menores: consiste en la eliminación del material originando por pequeños derrumbes en la ruta, se estima dos veces por año.

Mantenimiento Periódico

Las actividades principales que conforman el mantenimiento periódico son las siguientes:

- i) Renovación de la carpeta: Es la restauración de las condiciones operativas de las calzadas a sus condiciones originales, se estima efectuar esta actividad cada 4 años.

COMENTARIOS

La estrategia explicada y aplicada para la estimación de la inversión en el mantenimiento del camino si es realizado, fue ampliamente abordada en los acápite anteriores, pero debemos recordar que el mantenimiento rutinario se realizará cada año, iniciando con el primer año de operación, a su vez el mantenimiento periódico se efectuará cada cuatro años en un total de cinco veces en toda la vida útil de la carretera, las actividades consideradas para cada tipo de mantenimiento se ajusta razonablemente a condiciones normales de operación de la vía, esto se traduce en que no se estima condiciones de mantenimiento de emergencias por eventos de la naturaleza de carácter de fuerzas mayores.

**III.12- ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL PROYECTO**

Se construirán 7.65 km. de carretera que están diseñadas con pavimento flexible, tomando el dato de una carretera rehabilitada por el MTI desde el Barrio La virgen hasta San Juan del Sur con un costo por kilometro de carretera de U\$300,513.76 y un dato proporcionado por el MTI de un costo de carretera nueva de U\$ 1,000,000 aproximadamente.

Tabla III.12.1- Costo del Proyecto

| Concepto de Obra | Unidad de Medida | Cantidad | Costo Directo | | Costo de Venta | | Costo de Venta en U\$ | |
|---|------------------|----------|-----------------|-----------|----------------|-----------|-----------------------|--------------|
| | | | Costo Unit. C\$ | Total C\$ | Unit. C\$ | Total C\$ | Unit U\$ | Total U\$ |
| Trabajos Administrativos | Glb | 1 | | | | | | 53,880.58 |
| | | | | | | | % del Total | 1.34% |
| Movimiento de Tierra | Glb | 1 | | | | | | 236,029.10 |
| | | | | | | | % del Total | 5.87% |
| Estructura de Pavimento | Glb | 1 | | | | | | 2,114,209.52 |
| | | | | | | | % del Total | 52.58% |
| Estructura de drenaje menor transversal | Glb | 1 | | | | | | 290,713.86 |
| | | | | | | | % del Total | 7.23% |
| Puentes y Caja | Glb | 2 | | | | | | 825,000 |
| | | | | | | | % del Total | 20.52% |



| | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|---|----------------------------|--|--|--|--------------|--------------|
| | | | | | | | tal | |
| Señalización | Glb | 1 | | | | | | 97,306.71 |
| | | | | | | | % del To tal | 2.42% |
| Miscelánea | Glb | 1 | | | | | | 221,553.72 |
| | | | | | | | % del To tal | 5.51% |
| Medidas Ambientales | Glb | 1 | | | | | | 182,148.52 |
| | | | | | | | % del To tal | 4.53% |
| | Total de Directos | | | | | | | 4,020,842.01 |
| | Total Indirectos | | 7.47% | | | | | 300,356.90 |
| | | | Sub Total | | | | | 4,321,198.91 |
| | Administración | | 10.0% | | | | | 402,084.20 |
| | Utilidad | | 6.0% | | | | | 241,250.52 |
| | Imprevistos | | 1.0% | | | | | 40,208.42 |
| | | | Sub Total | | | | | 5,004,742.05 |
| | | | | | | | | |
| | Montos Fijos | | Imprevistos | | | | | 26,357.41 |
| | | | Tpo. Ocioso | | | | | 26,357.41 |
| | | | T. x admon | | | | | 26,357.41 |
| | | | | | | | | |
| | | | Total sin escalamiento | | | | | 5,083,814.27 |
| | | | Escalamiento de precios 9% | | | | | 457,543.28 |
| | | | Total con escalamiento | | | | | 5,541,357.55 |
| | | | | | | | | |
| | | | Impuesto municipal 1% | | | | | 50,838.14 |
| | | | IVA 15 % | | | | | 770,197.86 |
| | | | Costo Total | | | | | 6,362,393.56 |

III.13- CONCLUSIONES

El diseño de la sección típica de la **Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco en el departamento de Rivas**, dio como resultado los siguientes



dimensionamientos: el primer tramo (Desde la Iglesia Parroquial de San Jorge hasta 479m) con un ancho de carril de 3m, anden 1.4m, cuneta 0.6m quedando con un derecho de vía de 10m; el segundo tramo (terminación parte asfáltica hasta el balneario El Riego) con un vía de un carril por sentido de 3m cada uno, anden de 1.4m, cuneta de 0.6m y área verde de 1m, quedando con un derecho de vía de 12m; el tercer tramo (balneario El Riego hasta el dragado Los Hollman) es una vía de dos carriles por sentido, cada carril es de 3m, anden 1.4m, mediana 4m, cuneta 0.6m, con un derecho de vía 26m.

En el anteproyecto Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco se analizó y determinó la localización apropiada obteniendo como resultado que la zona donde se construirá la vía es apropiada para fomentar el desarrollo turístico, ya que en esta zona el turismo no ha sido explotado en su totalidad.

Se determinaron las obras civiles necesarias para el anteproyecto, las cuales son: 2 puentes (El Riego y Tolesmaida, con un claro de 30m y 15m respectivamente), andenes, cunetas, medianas, alcantarilla.

La estimación del costo de realización del anteproyecto **Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco**, dio como resultado un costo total de U\$6,362,393.56

El diseño de espesor determinado para la vía ubicada entre los balnearios San Jorge y El Menco mediante el método de la AASHTO (Ed. 1993) es: el espesor de la subbase es igual a 15 cm. El espesor de la base es igual a 36 cm. El espesor de la carpeta de rodamiento es igual a 5cm.



Capítulo IV: Análisis y Evaluación Económica



IV.1- INTRODUCCIÓN

La evaluación económica del proyecto parte de la identificación del costo de inversión del proyecto, en el cual se estimaron tanto precios de construcción como costos de mantenimiento y de reforestación. Así mismo se realizó la estimación de los costos de impuestos (I.V.A y municipal), gastos administrativos.

Se utilizaron precios económicos tanto para la construcción, como para los costos de operación vehicular y costos de mantenimiento y de reforestación.

El enfoque metodológico desarrollado en el análisis de costos es el utilizado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en sus distintos proyectos de preinversión para carretera.

En un estudio de prefactibilidad el estudio económico es el último paso. Todos los resultados anteriores se recopilan para determinar los resultados económicos que puedan esperarse de una inversión. La parte socioeconómica de un estudio de prefactibilidad es la más importante para la realización de un proyecto.

IV.2- OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar la viabilidad del proyecto mediante el funcionamiento de la primera etapa del anteproyecto Vía turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco en el departamento de Rivas, durante los veinte años de vida útil del proyecto.



Objetivos Específicos

- Determinar los costos de inversión de la primera etapa del proyecto Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y el Menco.
- Identificar los flujos de fondos financieros de la primera etapa del proyecto durante su vida útil.
- Determinar mediante los flujos de fondos los parámetros de rentabilidad para la primera etapa del proyecto Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco.

IV.3- GENERALIDADES

En economía, el concepto de **rentabilidad** se refiere a obtener más ganancias que pérdidas en un campo determinado. Puede hacer referencia a:

- ⊕ **Rentabilidad económica** (relacionada con el afán de lucro de toda empresa privada; uso más común).

Rentabilidad económica hace referencia a que el proyecto de inversión de una empresa pueda generar suficientes beneficios para recuperar lo invertido y la tasa deseada por el inversionista.

- ⊕ **Rentabilidad social** (objetivo de las empresas públicas, aunque también perseguida por empresas privadas)

El concepto de rentabilidad social como contrapartida de rentabilidad económica hace referencia a proveer a la sociedad más beneficios que pérdidas. Toda empresa pública tiene como uno de sus fines principales este tipo de rentabilidad, puesto que su



objetivo más importante no es generar ganancias sino dar a la sociedad un servicio que le sea útil y le evite problemas. Las empresas privadas pueden también perseguir la rentabilidad social, aunque sea por cumplir con la legislación.

Proyecto, es un conjunto de actividades interdependientes que se orientan a una meta específica y que tienen duraciones y costos predeterminados. Normalmente los proyectos presentan características de ser complejos, tener incertidumbre y recursos limitados. Sin embargo deben tener objetivos precisos, alcanzables y medibles.

Un proyecto, no es un instrumento o fenómeno aislado, su realización tanto a nivel público como privado tiene repercusiones en un universo mayor, sea éste un país, entidad o corporación. El impacto de los proyectos públicos o privados que se realizan en un país es directo en el desarrollo económico, medido éste en términos de crecimiento del ingreso nacional e ingreso per-cápita.

Tanto el sector público como el privado constantemente seleccionan de entre múltiples posibilidades de inversión a aquellos proyectos que más se apegan a los objetivos establecidos.

El sector público basa sus criterios de selección, en el nivel más amplio, en los siguientes factores:

- ⊕ El crecimiento del producto interno bruto per-cápita.
- ⊕ La creación de empleos.
- ⊕ La promoción de un desarrollo social y regional equilibrado.
- ⊕ La diversificación de la actividad económica del país.

El sector privado enfatiza en los siguientes factores:

- ⊕ Una tasa elevada de rentabilidad.
- ⊕ La recuperación rápida y asegurada del capital invertido.



Por lo general, existen varias posibilidades de inversión, sin embargo, un número reducido de estos proyectos, promete incrementos reales en los factores señalados y solo unos cuantos pueden superar un análisis profundo y crítico.

Es conveniente reducir el número de alternativas a aquellos proyectos que más proponen el logro de los objetivos preestablecidos.

Proyecto de inversión

Es una propuesta de acción técnico económica para resolver una necesidad utilizando un conjunto de recursos disponibles, los cuales pueden ser, recursos humanos, materiales y tecnológicos entre otros. Es un documento por escrito formado por una serie de estudios que permiten al emprendedor que tiene la idea y a las instituciones que lo apoyan saber si la idea es viable, se puede realizar y dará ganancias.

Un proyecto de inversión tiene como objetivos aprovechar los recursos para mejorar las condiciones de vida de una comunidad, pudiendo ser a corto, mediano o a largo plazo. Comprende desde la intención o pensamiento de ejecutar algo hasta el término o puesta en operación normal. Responde a una decisión sobre uso de recursos con algún o algunos de los objetivos, de incrementar, mantener o mejorar la producción de bienes o la prestación de servicios.

Tipos de proyecto.

Proyecto de inversión privado. Es realizado por un empresario particular para satisfacer sus objetivos. Los beneficios que la espera del proyecto, son los resultados del valor de la venta de los productos (bienes o servicios), que generara el proyecto.

Proyecto de inversión pública o social. Busca cumplir con objetivos sociales a través de metas gubernamentales o alternativas, empleadas por programas de apoyo.



Los terminas evolutivos estarán referidos al termino de las metas bajo criterios de tiempo o alcances poblacionales.

Anualidades

Las anualidades son de frecuente utilización en las diversas transacciones, ya sea, comerciales o financieras, tanto en el sector público (gastos del gobierno) como del sector privado, esto se da en función de: depositar, retirar, amortizar o abonar igual cantidad de dinero, pagar primas de seguros de vida, recibir o pagar salarios nominales fijos, pagos de renta de la vivienda, amortizaciones a préstamos personales e internacionales, etc.

Las anualidades son una serie de flujos de dinero de igual cantidad los cuales se efectúan en iguales períodos de tiempo, y que pueden darse en forma anual, semestral, trimestral o mensualmente. El hecho de que se hable de anualidades, no significa que realizarán flujos anuales. Lo fundamental es la uniformidad en el tiempo e igualdad de los valores contenidos en los flujos de dinero.

Las anualidades pueden clasificarse según:

- ⊕ Su tiempo o plazo definido:
 - Anualidades simples
 - Anualidades ciertas
 - Anualidades contingentes
 - Anualidades perpetuas
- ⊕ La forma en que deben realizarse los flujos de dinero.
 - Anualidades ordinarias
 - Anualidades anticipadas
 - Anualidades diferidas
 - Anualidades perpetuas
 - Anualidades caso general



⊕ La forma de calcular sus valores

En el presente anteproyecto “Vía turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco” se presenta el caso de **Anualidad Ordinaria**, en la cual los flujos de dinero se presentan al final de cada período de capitalización, terminando dichos flujos al momento del último período de capitalización.

Una anualidad ordinaria es el tipo común de anualidad. Es usual en nuestro país al abonar mensualmente en cualquier banco, recibir salario nominal, o bien pagar las primas de pólizas de seguro, etc. Se hace generalmente a fines de mes. La ecuación utilizada para calcular una anualidad en base al valor presente* es:

$$= P \left[\frac{i}{1-(1+i)^{-n}} \right] \quad \text{Ec. (IV.1)}$$

Donde:

- P: valor presente de la anualidad
- A: valor del flujo de dinero, cuota o pago
- i: tasa de interés por período de capitalización
- n: número de flujos de dinero, cuotas o pagos

Amortización de préstamos

En el ámbito financiero la expresión “Amortización” se utiliza para denominar el proceso financiero mediante el cual se extingue gradualmente una deuda por medio de cuotas, pagos o abonos periódicos que pueden ser iguales o diferentes en intervalo de tiempos iguales (estas cuotas están formados por una parte que corresponde al principal y otra parte a los intereses). Estos pagos son hechos para liquidar tanto el capital o principal, así como los intereses que genera determinada deuda.

* Es la suma de los valores presentes de cada uno de los flujos a interés compuesto



La parte de una deuda no cubierta por la amortización en una fecha dada se conoce como saldo insoluto o principal insoluto en la fecha. El principal insoluto al inicio del plazo es la deuda original. El principal que resultará al final del plazo es cero (en teoría), sin embargo, debido a la práctica del uso de los decimales y redondeo, el resultado final puede variar mínimamente.

La amortización es un elemento vital dentro del financiamiento ya sea interno o externo, para cualquier inversión; ya que el inversionista necesita conocer el proceso de cálculo que es necesario seguir para estimar el monto del servicio de la deuda, así como también el período de reembolso y el factor de recuperación de capital.

En la realización del fondo de amortización se utilizaron las siguientes ecuaciones para una amortización de cuota vencida:

$$C = P \left[\frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right] \quad \text{Ec. (IV.2)}$$

Donde:

- Ck: Cuota
- P: valor presente de la anualidad
- i: tasa de interés por período de capitalización
- n: número de flujos de dinero, cuotas o pagos

$$= P * i * n \quad \text{Ec. (IV.3)}$$

Donde:

- Ik: Interés
- P: valor presente de la anualidad
- i: tasa de interés por período de capitalización
- n: número de flujos de dinero, cuotas o pagos



$$= Ck - Ik$$

Ec. (IV.4)

Donde:

- Ik: Interés
- Ck: cuota
- Ak: anualidad

Evaluación de proyectos

La evaluación de proyectos se realiza con el fin de poder decidir si es conveniente o no realizar un proyecto de inversión. Para este efecto, debemos no solamente identificar, cuantificar y valorar sus costos y beneficios, sino tener elementos de juicio para poder comparar varios proyectos coherentemente.

Los proyectos que realizan los gobiernos o las municipalidades tienen objetivos diferentes a los realizados por la iniciativa privada. Normalmente los proyectos públicos no se hacen buscando una alta rentabilidad, sino tratando de solucionar problemas del país, de las ciudades o de sus habitantes. Por otra parte por su magnitud y duración son mayores a los que ejecutan los particulares. Los proyectos públicos representan inversiones elevadas con vidas útiles frecuentemente mayores a los 20 años.

Costos y Gastos

Son todos los desembolsos y deducciones necesarios para producir y vender los productos o mercancías de una empresa o para prestar sus servicios.

Una estimación de costos es una herramienta invaluable para estimar los costos presentes a partir de datos históricos, éstos son más valiosos cuando se combinan con otras técnicas.



Flujo de Fondos

Un flujo de fondos es la herramienta base para un análisis financiero, en éste se estiman los costos de inversión y desembolsos de acuerdo al avance del proyecto, así como sus ingresos y egresos naturales del proceso de explotación. Para el caso específico de este proyecto el flujo se proyectó por un período de 20 años (vida útil del proyecto).

Una evaluación de Proyectos se hace en base a los siguientes criterios:

Relación Beneficio-Costo

La forma más frecuente de evaluar un proyecto público es por medio de la relación beneficio costo que se basa en la cuantificación de los beneficios que deben incurrirse en su realización y conservación.

La ecuación utilizada para determinar la relación beneficio-costo es:

$$I/C = \frac{\text{Beneficios proporcionados}}{\text{Costos ocasionados}} \quad \text{Ec. (IV.5)}$$

Como se trata de coeficiente el criterio de decisión es en torno a uno.

| RESULTADO | DECISION |
|-----------------|-------------|
| Mayor (B/C > 1) | Se acepta |
| Igual (B/C = 1) | Indiferente |
| Menor (B/C < 1) | Se rechaza |



Valor Actual Neto*

Una inversión es rentable solo si el valor actual del flujo de beneficios es mayor que el flujo actualizado de los costos, cuando ambos son actualizados usando una tasa de descuento pertinente.

Los beneficios económicos, tal como se ha señalado anteriormente, incluyen los beneficios directos, los indirectos, las externalidades positivas; en el mismo sentido, los costos incluyen los directos, los indirectos, las externalidades negativas.

El VAN se define como el valor actualizado de los beneficios menos el valor actualizado de los costos, descontados a la tasa de descuento convenida. Para obtener el valor actual neto se utiliza la siguiente fórmula:

$$AN = -I_0 + \sum \frac{FFE}{(1+i)^n} \quad \text{Ec. (IV.6)}$$

Criterios de Decisión en base al VAN

Que el flujo descontado de los beneficios supere el flujo descontado de los costos. Como el centro de atención es el resultado de beneficios menos costos, el análisis se efectúa en torno a cero.

| Resultado | Decisión |
|--------------------|-------------|
| Positivo (VAN > 0) | Se acepta |
| Nulo (VAN = 0) | Indiferente |
| Negativo (VAN < 0) | Se rechaza |

Tasa Interna de Retorno

* Cuando se habla de neto, se asume que los flujos en cada período pueden ser positivos o negativos. El neto se refiere a la diferencia entre los beneficios y los costos. Es decir se suman los beneficios atribuibles al proyecto y se le restan los costos. El VAN incorpora automáticamente el valor del dinero en el tiempo.



Con frecuencia para juzgar la rentabilidad de un negocio o la conveniencia de realizar una inversión, se utiliza la tasa interna de retorno, conocida por sus siglas TIR o por la denominación especial de la tasa de interés como i .

La TIR se define como aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, es decir, los beneficios actualizados iguales a los costos actualizados. La TIR mide la rentabilidad social del proyecto. Como criterio general, debe compararse la TIR del proyecto con la tasa de descuento económica.

La TIR se define por la ecuación:

$$R = i_2 - VAN_2 \left[\frac{i_2 - i_1}{VAN_2 - VAN_1} \right] \quad \text{Ec. (IV.6)}$$

Análisis de sensibilidad y riesgo

Es un estudio para ver en qué manera se alterará la decisión económica, si varían ciertos factores.

Costos de Inversión de un proyecto

Costos Directos

Los costos directos están divididos en:

- Equipo y Maquinaria
- Materiales de Construcción
- Mano de Obra
 - Obreros calificados
 - Obreros no calificados



En la categoría de obreros calificados se incluyen los albañiles, carpinteros, armadores y todo aquel personal que ejerce una actividad especializada en la industria de la construcción. Este tipo de obreros pueden contratarse por obra o por día, según sea la actividad de la que se trate.

En la categoría de obreros no calificados se encuentran los ayudantes.

Para el anteproyecto en estudio se presenta en la Tabla V.1 el personal básico requerido para un proyecto de carretera.

Tabla IV.1- Personal para mano de obra y administración

| Personal Requerido para Mano de Obra y Administración | |
|--|---|
| 01.-Gerente de Proyecto | 1 |
| 02.-Ingeniero Residente | 1 |
| 03.-Administrador de Proyecto | 1 |
| 04.-Ingeniero Asistente de producción | 2 |
| 05.-Maestro de Obras "A" | 2 |
| 06.-Maestro de Obras "B" | 2 |
| 07.-Operador de computadora | 1 |
| 08.-Fiscal de Equipos | 2 |
| 09.-Jefe de Bodega | 1 |
| 10.-Asist. De Bodega | 2 |
| 11.-Fiscal de Seguridad | 1 |
| 12.-Secretarias | 1 |
| 13.-Contador | 1 |
| 14.-Jefe de Compras | 1 |
| 15.-Mecanico | 2 |
| 16.-Soldador | 2 |
| 17.-Electricista | 1 |
| 18.-Llantero | 1 |
| 19.-Aydte. de Mecánica | 2 |
| 20.-Aydte.de Soldador | 2 |
| 21.-Aydte.de Electricista | 2 |
| 22.-Chofer Eq. Liviano | 2 |



| | |
|-------------------------------------|----|
| 23.-Chofer Mantenimiento | 2 |
| 24.-Dibujante Calculista | 1 |
| 25.-Topografo | 2 |
| 26.-Cuadrilla de Topografia | 8 |
| 27.-Celadores | 4 |
| 28.-Aydte. patio/bodega/comidero | 2 |
| | 52 |

Gerente de proyecto: Un gerente de proyecto (también llamado director de proyecto o encargado de proyecto) es la persona que tiene la responsabilidad total del planeamiento y la ejecución acertados de cualquier proyecto. Este título se utiliza en la industria de la construcción, la arquitectura, el desarrollo de software y diversas ocupaciones que se basan en la generación o manutención de un producto.

Ingeniero residente: EL ingeniero está obligado a actuar como representante técnico de la empresa en relación a la obra objeto de este contrato, siendo su finalidad primordial que la misma sea ejecutada apegada a los planos, especificaciones, Normativa aplicable y demás documentos del proyecto, los cuales deberán serle entregados por la empresa.

Administrador de proyectos: Es la persona encargada de la planeación, organización, dirección y control de los recursos para lograr un objetivo a corto plazo.

Ingeniero asistente de producción: Es la persona encargada de dirigir y observar el tiempo de trabajo de los obreros calificados y no calificados.

Maestro de Obra: el maestro de obras es quien consigue, recluta, instruye, supervisa y paga a los albañiles y demás personas que laboran en una construcción. un maestro de obras debe ser capaz de comprender las instrucciones de ingenieros y arquitectos, y a la vez saber leer los planos estructurales y de instalaciones eléctricas e hidráulicas.



Operador de computadora: Los operadores de computadoras preparan y limpian todo el equipo que se utiliza en el proceso de datos, mantienen y vigilan las bitácoras e informes de la computadora, montan y desmontan discos y cintas durante los procesos y colocan las formas continuas para la impresión. También documentan las actividades diarias, los suministros empleados y cualquier condición anormal que se presente. El papel de los operadores es muy importante debido a la gran responsabilidad de operar la unidad central de proceso y el equipo periférico asociado en el centro de cómputo. Un operador de computadoras requiere de conocimientos técnicos para los que existen programas de dos años de capacitación teórica, pero la práctica y la experiencia es generalmente lo que necesita para ocupar el puesto.

Fiscal de equipo: es la persona encargada del manejo y cuidado de los equipos usados en una obra de construcción.

Jefe de bodega: responsable por la administración de la Bodega de insumos. Coordina el movimiento de materiales e insumos desde bodega hacia las distintas áreas donde está la obra en construcción.

Asistente de bodega: es la mano derecha del jefe de bodega.

Fiscal de seguridad: es la persona encargada de resguardar los equipos y materiales que se encuentran en bodega.

Secretaria: tiene como principal objetivo asesorar y apoyar técnicamente a los diferentes servicios administrativos en todo lo relacionado con la mejora y coordinación de los servicios que ofrece una empresa, impulsando su evaluación y la implantación de nuevos y más eficaces procedimientos de gestión, realizando estudios y análisis necesarios para la toma de decisiones organizativas.

Contador: Sus principales funciones son: controlar la contabilidad de la empresa e intervenir todos los documentos de cobro y pago correspondientes, formular con el



Tesorero el presupuesto y la cuenta general de gastos e ingresos de cada año, sometiéndolos a la aprobación de la Junta Directiva, para que ésta los presente, con su dictamen, a la Junta General, rendir a la Junta Directiva las cuentas trimestrales de gastos e ingresos.

Jefe de compras: es la persona encargada de recepcionar la solicitud de materiales del ingeniero, hacer cotizaciones y abastecer de materiales o equipos la obra.

Mecánico: su función principal es el mantenimiento y reparación de la maquinaria.

Soldador: es el especialista encargado de realizar los trabajos metalúrgicos.

Electricista: es el encargado de ejecutar las instalaciones eléctricas.

Chofer: es el operador del equipo pesado.

Dibujante calculista: es el encargado de realizar los distintos diseños del proyecto y presupuesto.

Topógrafo: es la persona encargada de la planificación, organización y coordinación de los trabajos de topografía, realizar los replanteos de la obra, etc.

IV.4- COSTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO

El costo total de la primera etapa del proyecto (que equivale a 9.22km) calculado sin incluir impuestos ni escalamiento de precios para el Proyecto es de **US\$5,083,814.27** utilizando una tasa cambiaria del **18.97 Córdobas por cada dólar americano** correspondiente a la fecha del 19 de Noviembre del 2007, quedando un monto por Km. **US\$ 551,389.83**, este análisis de costos contiene todas las cantidades



de obras necesarias, tanto en la estructura de pavimento como para el resto de componentes del proyecto, para un vida útil de la carretera de 20 años e incluye la rehabilitación del drenaje mayor y menor.

Para determinar los costos indirectos, se tomó en cuenta la localización geográfica y condiciones propias del proyecto, así como ciertos aspectos organizativos y de logística, obteniéndose el valor total de **U\$ 300,356.90**, monto que representa el **7.47 %** de los costos directos, que dada la magnitud financiera de este proyecto consideramos que dicho porcentaje tiene parámetros de costos indirectos acertados en cuanto a su ejecución.

Es importante destacar que dentro de los costos Indirectos ha sido incluida la previsión de los siguientes costos: Personal, Instalaciones, Vehículos, Servicios, Administración Central, movilización del equipo, traslado del personal y costos financieros.

El cálculo de los costos indirectos y la fijación de los anteriores factores, produjo un factor de sobre costo de **1.24472** sobre el costo directo, para obtener el costo de venta antes de los impuestos, el sobre costos se desglosa de la siguiente manera:

| | |
|---------------------|---------|
| 1-. Costo Indirecto | 7.47% |
| 2-. Administración | 10.00 % |
| 3-. Utilidad | 6.00 % |
| 4-. Imprevistos | 1.00 % |

IV.5- INGRESOS DIRECTOS

Partiendo del estudio de mercado realizado en este proyecto, en el cual se proyectaron por un período de 20 años los datos históricos obtenidos de los visitantes a los balnearios de los Municipios de San Jorge y Buenos Aires durante todo el año, se determinaron los ingresos que se obtendrían durante la primera etapa del proyecto Vía



Turística entre los balnearios de San Jorge y Buenos Aires. Los ingresos directos fueron obtenidos partiendo de los cobros que se realizarían por ingreso a los balnearios (peaje) de los visitantes, los cuales se presentan en la tabla IV.2

Tabla IV.2- Costo de peaje*

| Tipo de vehículo | Costo de ingreso (peaje) Verano en C\$ | Costo de ingreso (peaje) Invierno en C\$ |
|-------------------------|---|---|
| Buses | 200 | 100 |
| Camión grande | 200 | 100 |
| Buseta | 50 | 25 |
| Vehículos | 20 | 10 |
| Camionetas | 20 | 10 |

En el cálculo de los ingresos anuales los costos del peaje se mantuvieron en el mismo precio durante los 20 años de vida útil del proyecto.

Los ingresos obtenidos anualmente durante 20 años para la primera etapa del Proyecto se presentan en la tabla IV.3

Tabla IV.3- Ingresos anuales

| Años | Suma anual de Ingresos en Córdoba | Suma anual de Ingresos en Dólares |
|-------------|--|--|
| 2008 | 1810619 | 95446.42 |
| 2009 | 1954721 | 103042.73 |
| 2010 | 2098823 | 110639.04 |
| 2011 | 2242925 | 118235.35 |
| 2012 | 2387027 | 125831.66 |
| 2013 | 2531063 | 133424.50 |
| 2014 | 2675165 | 141020.81 |
| 2015 | 2819267 | 148617.12 |
| 2016 | 2963369 | 156213.43 |
| 2017 | 3107471 | 163809.74 |
| 2018 | 3251507 | 171402.58 |
| 2019 | 3395609 | 178998.89 |

* Fuente: Costos de peaje en el balneario San Jorge, ubicado en el departamento de Rivas



| | | |
|------|---------|-----------|
| 2020 | 3539711 | 186595.20 |
| 2021 | 3683813 | 194191.51 |
| 2022 | 3827915 | 201787.82 |
| 2023 | 3971951 | 209380.66 |
| 2024 | 4116053 | 216976.97 |
| 2025 | 4260155 | 224573.28 |
| 2026 | 4404257 | 232169.59 |
| 2027 | 4548359 | 239765.90 |

La cantidad de ingresos anuales durante las temporadas de invierno y verano por 20 años son especificados en los Anexos*.

IV.6- FLUJO DE FONDOS

Para la realización de este flujo se realizó el análisis de la amortización de préstamos, haciendo uso de la tasa utilizada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) que es de 13% Anual.

Para la obtención del fondo de amortización se hizo uso de las ecuaciones IV.2, IV.3 y IV.4[†], las cuales fueron utilizadas para el cálculo de la cuota anual y los intereses. Esto se realizó partiendo del costo total del proyecto estimado en el Capítulo III[‡]. El fondo de amortización es presentado en la tabla IV.4

* Anexo 5. Pág. 258

† Véase Pág. 179

‡ Véase Pág. 168

**Tabla IV.4- Fondo de Amortización**

| N° cuotas | Ak | Ik | Ck | Saldo |
|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 0 | | | | 6362393.56 |
| 1 | 78599.67 | 827111.16 | 905710.83 | 6283793.89 |
| 2 | 88817.62 | 816893.21 | 905710.83 | 6194976.27 |
| 3 | 100363.92 | 805346.91 | 905710.83 | 6094612.35 |
| 4 | 113411.22 | 792299.61 | 905710.83 | 5981201.13 |
| 5 | 128154.68 | 777556.15 | 905710.83 | 5853046.45 |
| 6 | 144814.79 | 760896.04 | 905710.83 | 5708231.65 |
| 7 | 163640.71 | 742070.12 | 905710.83 | 5544590.94 |
| 8 | 184914.01 | 720796.82 | 905710.83 | 5359676.93 |
| 9 | 208952.83 | 696758.00 | 905710.83 | 5150724.10 |
| 10 | 236116.70 | 669594.13 | 905710.83 | 4914607.41 |
| 11 | 266811.87 | 638898.96 | 905710.83 | 4647795.54 |
| 12 | 301497.41 | 604213.42 | 905710.83 | 4346298.13 |
| 13 | 340692.07 | 565018.76 | 905710.83 | 4005606.06 |
| 14 | 384982.04 | 520728.79 | 905710.83 | 3620624.01 |
| 15 | 435029.71 | 470681.12 | 905710.83 | 3185594.31 |
| 16 | 491583.57 | 414127.26 | 905710.83 | 2694010.74 |
| 17 | 555489.43 | 350221.40 | 905710.83 | 2138521.30 |
| 18 | 627703.06 | 278007.77 | 905710.83 | 1510818.24 |
| 19 | 709304.46 | 196406.37 | 905710.83 | 801513.78 |
| 20 | 801514.04 | 104196.79 | 905710.83 | -0.26 |

El flujo de fondos realizado para este proyecto se presenta en la tabla IV.5, en el cual se determinaron los ingresos que se obtendrían durante los 20 años de vida útil del proyecto.



Tabla IV.5- Flujo de Fondos

| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Ingreso de Operación (+) | 0 | 119924.2 | 128765.01 | 137605.82 | 146446.63 | 155283.41 |
| Gastos Operacionales (-) | 0 | | | | | |
| Costos de Operación (-) | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 |
| Intereses sobre préstamos (-) | 0.00 | 827111.16 | 816893.21 | 805346.91 | 792299.61 | 777556.15 |
| Depreciación y amortización intangibles (-) | 254,495.74 | 254,495.74 | 254,495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 |
| Ganancias Gravables (=) | -445,367.55 | -152,554.51 | -133,495.75 | -1113,108.64 | -091,220.53 | -067,640.29 |
| Impuestos sobre ganancias (-) | | | | | | |
| Valores salvamentos gravables (+) | | | | | | |
| Impuestos ventas de activos (-) | | | | | | |
| Ingresos no gravables (+) | | | | | | |
| Costos de Operación no deducibles (-) | | | | | | |
| Valor libres activos vendidos (+) | | | | | | |
| Ganancias netas (=) | -445,367.55 | -152,554.51 | -133,495.75 | -1113,108.64 | -1091,220.53 | -1067,640.29 |
| Depreciación y amortización intangibles (+) | | | | | | |
| Valor salvamento activos no vendidos (+) | | | | | | |
| Costos de inversión (-) | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Inversiones financieras (-) | | | | | | |
| Ingresos por emisiones de bonos (+) | | | | | | |
| Dividendo pagados (-) | | | | | | |
| Préstamos recibidos(+) | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Amortización de préstamos (-) | 0 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 |
| Flujo de Fondos netos (=) | -445,367.55 | -889,231.85 | -870,173.09 | -1849,785.98 | -1827,897.87 | -1804,317.63 |



| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Ingreso de Operación (+) | 164124.22 | 172965.03 | 181805.85 | 190646.66 | 199483.43 | 208324.24 |
| Gastos Operacionales (-) | | | | | | |
| Costos de Operación (-) | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 |
| Intereses sobre préstamos (-) | 760896.04 | 742070.12 | 720996.82 | 696758 | 669594.13 | 638898.96 |
| Depreciación y amortización intangibles (-) | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 |
| Ganancias Gravables (=) | -1,042,139.37 | -1,014,472.64 | -984,558.52 | -951,478.89 | -915,478.25 | -875,942.27 |
| Impuestos sobre ganancias (-) | | | | | | |
| Valores salvamentos gravables (+) | | | | | | |
| Impuestos ventas de activos (-) | | | | | | |
| Ingresos no gravables (+) | | | | | | |
| Costos de Operación no deducibles (-) | | | | | | |
| Valor libres activos vendidos (+) | | | | | | |
| Ganancias netas (=) | -1,042,139.37 | -1,014,472.64 | -984,558.52 | -951,478.89 | -915,478.25 | -875,942.27 |
| Depreciación y amortización intangibles (+) | | | | | | |
| Valor salvamento activos no vendidos (+) | | | | | | |
| Costos de inversión (-) | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Inversiones financieras (-) | | | | | | |
| Ingresos por emisiones de bonos (+) | | | | | | |
| Dividendo pagados (-) | | | | | | |
| Préstamos recibidos (+) | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Amortización de préstamos (-) | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 |
| Flujo de Fondos netos (=) | -1,778,816.71 | -1,751,149.98 | -1721,235.86 | -1688,156.23 | -1652,155.59 | -1612,619.61 |



| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Ingreso de Operación (+) | 217165.06 | 226005.87 | 234846.68 | 243683.45 | 252524.27 | 261365.08 |
| Gastos Operacionales (-) | | | | | | |
| Costos de Operación (-) | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 |
| Intereses sobre préstamos (-) | 604213.42 | 565018.76 | 520718.79 | 470681.12 | 414127.26 | 350221.4 |
| Depreciación y amortización intangibles (-) | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 |
| Ganancias Gravables (=) | -832,415.91 | -784,380.44 | -731,239.66 | -672,365.22 | -606,970.54 | -534,223.87 |
| Impuestos sobre ganancias (-) | | | | | | |
| Valores salvamentos gravables (+) | | | | | | |
| Impuestos ventas de activos (-) | | | | | | |
| Ingresos no gravables (+) | | | | | | |
| Costos de Operación no deducibles (-) | | | | | | |
| Valor libres activos vendidos (+) | | | | | | |
| Ganancias netas (=) | -832,415.91 | -784,380.44 | -731,239.66 | -672,365.22 | -606,970.54 | -534,223.87 |
| Depreciación y amortización intangibles (+) | | | | | | |
| Valor salvamento activos no vendidos (+) | | | | | | |
| Costos de inversión (-) | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Inversiones financieras (-) | | | | | | |
| Ingresos por emisiones de bonos (+) | | | | | | |
| Dividendo pagados (-) | | | | | | |
| Préstamos recibidos (+) | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Amortización de préstamos (-) | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 |
| Flujo de Fondos netos (=) | -1569,093.25 | -1521,057.78 | -1467,917.00 | -1409,042.56 | -1343,647.88 | -1270,901.21 |



| | 2026 | 2027 | 2028 |
|--|---------------|--------------|-------------|
| Ingreso de Operación (+) | 270205.89 | 279046.7 | 287883.48 |
| Gastos Operacionales (-) | | | |
| Costos de Operación (-) | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 |
| Intereses sobre préstamos (-) | 278007.77 | 196406.37 | 104196.79 |
| Depreciación y amortización intangibles (-) | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 |
| Ganancias Gravables (=) | -453,169.43 | -362,727.22 | -261,680.86 |
| Impuestos sobre ganancias (-) | | | |
| Valores salvamentos gravables (+) | | | |
| Impuestos ventas de activos (-) | | | |
| Ingresos no gravables (+) | | | |
| Costos de Operación no deducibles (-) | | | |
| Valor libres activos vendidos (+) | | | |
| Ganancias netas (=) | -453,169.43 | -362,727.22 | -261,680.86 |
| Depreciación y amortización intangibles (+) | | | |
| Valor salvamento activos no vendidos (+) | | | |
| Costos de inversión (-) | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Inversiones financieras (-) | | | |
| Ingresos por emisiones de bonos (+) | | | |
| Dividendo pagados (-) | | | |
| Préstamos recibidos (+) | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Amortización de préstamos (-) | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 |
| Flujo de Fondos netos (=) | -1189,846.770 | -1099,404.56 | -998,358.20 |



IV.7- CRITERIOS DE ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

Parámetros de Rentabilidad

Los Parámetros de evaluación económica utilizados son: Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación Beneficio-Costo, cada una de ellos tienen sus ventajas y conveniencias y los tres se complementan, para dar una indicación clara de la solvencia y rentabilidad de la inversión.

Valor Presente Neto (VAN)

Aplicándose la Ec. IV.6, el valor actualizado de los ingresos netos económicos fue de -16,137,911.63

Tasa Interna de Retorno

El rendimiento implícito en flujo de ingresos netos económicos no existe, pues al realizar el cálculo de la VAN, ésta resultó negativa.

Relación Beneficio-Costo

La relación beneficio-costo es definida como un cociente de la actualización de los beneficios netos económicos sobre los costos actualizados. En este parámetro se define que el costo de la inversión para la primera etapa del proyecto es alto respecto a los ingresos que se obtendrían de la vía, es decir que durante su vida útil la inversión inicial no se recuperaría. Por tanto este proyecto no es autosostenible sino social, pues se destinarían los ingresos no para recuperar la inversión, sino para mejorar la calidad de vida de los municipios de Buenos Aires y San Jorge.

El dinero recuperado de la inversión equivale al 7% de la misma, el cual se utilizaría por las alcaldías de los municipios involucrados para dar un mejor



mantenimiento a las distintas vías de los municipios, así como mejoras en sus distintas infraestructuras, induciendo de esta manera a nuevos tipos de viajes por parte de turistas (extranjeros y nacionales), es decir se incrementaría el turismo, considerado uno de los factores de importancia en el producto interno bruto de la nación.

IV.8- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad tiene como objeto evaluar los cambios que presentan los parámetros de evaluación (VAN, TIR, y B/C) cuando se introducen modificaciones en los componentes de los costos y/o beneficios.

Se trata de explicar el grado de sensibilidad de determinadas variables, de tal manera que se cuente con un amplio abanico de situaciones que señale la rentabilidad de la inversión recomendada.

Los elementos que varían y la magnitud de variación que se usará en el presente análisis de sensibilidad son los siguientes:

- Variación en los costos estimados de peaje*: Los costos de peaje aumentaron en un 25%, tanto el costo de invierno como de verano.

La variación en un 25% de los costos de peaje produjo un aumento en los ingresos de aproximadamente un 39.15%. Sin embargo mediante este aumento tampoco se recupera la inversión inicial del proyecto.

Tabla IV.6- Resultados del Análisis de Sensibilidad

| Componente | Cambio en % | VAN |
|----------------|-------------|----------------|
| Total Proyecto | | -16,137,911.63 |
| Costo de Peaje | +25% | -15,787,301.14 |

* Véase resultados en Anexo 6. Pág. 250



IV.9- CONCLUSIONES

Se determino la viabilidad del proyecto mediante el funcionamiento del proyecto Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco, obteniendo como resultado que el proyecto no produciría suficientes ingresos económicos para recuperar la inversión inicial, por tanto el proyecto es completamente social, pues los ingresos que generaría la vía se destinarían exclusivamente a las alcaldías de San Jorge y Buenos Aires para el desarrollo económico de dichos municipios.

Los costos de inversión de la primera etapa del proyecto son **US\$5,083,814.27** utilizando una tasa cambiaria del **18.97 Córdobas por cada dólar americano** correspondiente a la fecha del 19 de Noviembre del 2007, quedando un monto por Km. de **US\$ 551,389.83**

Se identificó el flujo de fondos del proyecto, los que fueron una herramienta base para el análisis financiero. Los flujos resultantes fueron:

| | | | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| Flujo de Fondos netos | -445,367.55 | -889,231.85 | -870,173.09 | | |
| | 2008 | 2009 | 2010 | | |
| | -1,849,785.98 | -1,827,897.87 | -1,804,317.63 | -1,778,816.71 | -1,751,149.98 |
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| | -1,688,156.23 | -1,652,155.59 | -1,612,619.61 | -1,569,093.25 | -1,521,057.78 |
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| | -1,409,042.56 | -1,343,647.88 | -1,270,901.21 | -1,189,846.770 | -1,099,404.56 |
| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
| | | | | | -998,358.20 |
| | | | | | 2028 |

Mediante los flujos de fondos, se determinaron los parámetros de rentabilidad, habiendo obtenido un Valor Presente Neto de -16,137,911.63 dólares, la Tasa Interna



de Retorno es producto de la VAN, por tanto estos parámetros al igual que la Relación beneficio-costos demuestran que mediante los ingresos esperados durante la vida útil del proyecto no se recupera la inversión inicial.



Capítulo V: Análisis Social



V.1- INTRODUCCIÓN

Todo proyecto se concibe en un contexto económico e histórico social por el cual al realizar la evaluación económica que conlleva analizar los resultados del estudio de mercado, teórico y financiero también deberá estar presente el análisis social y en qué medida influirá el proyecto y sus resultados en el ámbito en que el proyecto ha sido concebido.

En este capítulo se presenta una descripción socioeconómica de los municipios involucrados en el proyecto (San Jorge y Buenos Aires), definiendo la situación actual económica y turística de los municipios y su número de habitantes.

V.2- OBJETIVOS

Objetivo General

- Identificar los beneficios sociales del proyecto en los municipios de San Jorge y Buenos Aires.

Objetivos Específicos

- Identificar la necesidad de inversión en el proyecto ***Vía Turística entre los Balnearios de San Jorge y el Menco.***
- Determinar el aporte social que brindaría el proyecto desde el punto de vista de generación de plazas de trabajo.



V.3- DESCRIPCIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA ZONA

V.3.1- MUNICIPIO DE SAN JORGE

El municipio de San Jorge está organizado en dos sectores Urbano y Rural, el primero con 14 barrios urbanos y semiurbanos y el segundo con tres comarcas rurales.

Tabla V.1- División Política y Administrativa del Municipio de San Jorge*

| N° | Barrios Urbanos y Semiurbanos | Comarcas |
|-----------|--------------------------------------|-----------------|
| 1 | Cruz de España | Obrajuelo |
| 2 | Nicaraocalli | Cangrejal |
| 3 | El Lago | Apataco |
| 4 | Santa Carlota | |
| 5 | El Progreso | |
| 6 | Calle Mercedes | |
| 7 | Ramón López | |
| 8 | Arlen Siu | |
| 9 | Julio Buitrago | |
| 10 | 19 de Julio | |
| 11 | Roberto Alvarado | |
| 12 | San Antonio | |
| 13 | Cuatro esquinas | |
| 14 | Jorge Camargo | |

* Fuente: Alcaldía del municipio de San Jorge, Departamento de Rivas.



Según las cifras oficiales del INEC en el CENSO VIII Censo de Población y Vivienda 2005, la población de San Jorge es de 8,024 habitantes, de ellos 3,889 son mujeres y 4,135 hombres. Por el número de habitantes le corresponde el Octavo lugar entre los demás municipios del departamento de Rivas.

De acuerdo a las publicaciones del INEC, no se registran datos específicos censales de cada municipio por barrios o comarcas.

Sin embargo de acuerdo a datos oficiales que maneja la municipalidad, proporcionados por el Centro de Salud de San Jorge, (aunque no se señala fecha del censo) la población total del municipio es de 9,964 habitantes.

En relación a estos datos, a nivel municipal el 51.4% de la población son mujeres correspondientes a 5,116 habitantes y el 48.6% restante hombres con 4,838 habitantes.*

La tabla V.2 muestra la distribución poblacional del municipio en los 14 barrios y 3 comarcas.

Tabla V.2- Población por Barrios y Comarcas[†]

| Población por barrios y comarcas | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|------------|-------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|-------------|-----------|
| Nº | Barrio o Comarca | Habitantes | De 0-4 años | De 5-9 años | De 10-14 años | De 15-49 años | De 49- más años | Nº de vivie | Hab/vivie |
| 1 | Cruz de España | 779 | 91 | 76 | 94 | 208 | 310 | 120 | 6 |
| 2 | Nicaraocalli | 716 | 80 | 60 | 85 | 197 | 294 | 109 | 6 |
| 3 | El Lago | 1048 | 116 | 76 | 124 | 279 | 453 | 162 | 6 |
| 4 | Santa Carlota | 628 | 71 | 76 | 78 | 168 | 235 | 97 | 6 |
| 5 | Progreso | 854 | 94 | 76 | 97 | 218 | 369 | 140 | 6 |

*Fuente: Alcaldía de San Jorge

[†] Fuente: MINSA, San Jorge. *Comunidades rurales del municipio



| | | | | | | | | | |
|----|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 6 | Calle Mercedes | 925 | 107 | 78 | 110 | 246 | 384 | 149 | 6 |
| 7 | Ramón López | 579 | 66 | 75 | 70 | 154 | 214 | 90 | 6 |
| 8 | Arlen Siú | 827 | 96 | 79 | 99 | 220 | 333 | 139 | 6 |
| 9 | Julio Buitrago | 971 | 108 | 76 | 116 | 259 | 412 | 51 | 19 |
| 10 | 19 de julio | 696 | 77 | 74 | 82 | 185 | 278 | 107 | 6 |
| 11 | Roberto Alvarado | 250 | 26 | 74 | 19 | 66 | 65 | 38 | 7 |
| 12 | San Antonio | 232 | 26 | 74 | 27 | 62 | 43 | 38 | 6 |
| 13 | Jorge Camargo | 244 | 31 | 74 | 33 | 73 | 33 | 40 | 6 |
| 14 | Cuatro Esquinas | 120 | 16 | 16 | 16 | 24 | 48 | 20 | 6 |
| | Subtotal | 8,869 | | | | | | | |
| 1* | Obrajuelo* | 261 | 25 | 74 | 29 | 67 | 66 | 55 | 5 |
| 2* | Cangrejal* | 229 | 24 | 74 | 26 | 61 | 44 | 45 | 5 |
| 3* | Apataco* | 605 | 68 | 74 | 70 | 158 | 225 | 102 | 6 |
| | Total | 9,964 | 1,122 | 1,206 | 1,175 | 2,645 | 3,806 | 1,502 | 7 |

Clima y Relieve

San Jorge está ubicado en la zona climática Zona Seca Tropical, que se caracteriza por una marcada estación seca de seis meses, comprendida entre los meses de Noviembre y Abril, temporada ideal para la práctica de diferentes tipos de turismo, entre ellos: turismo Histórico-cultural, agroturismo, turismo rural comunitario y tradicional de sol y playa.

El clima se caracteriza por ser semi-húmedo (tropical de sabana). De acuerdo con la condición de lluvia y la temperatura.

- ⇒ La temperatura media anual del municipio oscila entre los 26° y 27°
- ⇒ La precipitación pluvial varía entre los 1,200 y 1,800mm anual.



El municipio de San Jorge se caracteriza por poseer un relieve plano con pendientes inferiores al 15%, en él no se encuentran montañas. La altitud sobre el nivel del mar de 50 msnm.

Hidrología

El municipio posee cuatro corrientes de aguas superficiales, Río Oro, Río Orajuelo, Río de En medio y Río Las Lajas. Las aguas de estos ríos sirven a la población para riego y pesca.

El lago Cocibolca es un valioso e importante recurso natural que es utilizado como medio de transporte hacia la isla de Ometepe, para actividades de pesca artesanal, para abastecimiento de agua potable, lavado de ropa y para riego. Su espejo de agua tiene una extensión de 8.077km².

Situación Actual del Turismo en el municipio

El sector turismo en San Jorge es considerado aunque sin ser categoría acertada, un turismo de paso o de puente como regularmente lo nombran los pobladores, lo que se atribuye al uso y flujo de turistas como vía de acceso hacia la isla de Ometepe.

Según la alcaldía la Infraestructura de apoyo al turismo, está en malas condiciones físicas, no se cuenta con los suficientes hoteles y restaurantes, para responder a las necesidades de un turismo o visitantes masivos, muestra de ello es la temporada de semana santa.

La actividad turística que promueve la municipalidad, se ha visto reducida a un turismo tradicional de sol y playa, concentrado en la playa de San Jorge, ya que para que la actividad turística se desarrolle en un determinado destino turístico es necesario



que éste preste las condiciones adecuadas tales como vía de acceso, red de comunicación, salud entre otros.

Información descriptiva de la estructura turística

La estructura turística es el conjunto de bienes y servicios con que cuenta un sitio determinado, éstos a su vez facilitan la consumación de las necesidades o deseos de los turistas, a través de su uso, consumo o manipulación.

El casco urbano del municipio de San Jorge tiene en su estructura turística diferentes tipos de establecimientos, se han encontrado hoteles, hospedajes, hostal, bares, restaurantes, y panaderías.

1- Alojamiento:

Hotel Hamacas

Hotel California

Hotel Nicarao

Hotel Río Lago

2- Hostal:

Hostal Azteca

3- Hospedaje:

Hospedaje El Encuentro

4- Alimentación:

Bar y restaurante Ivania

Bar y restaurante El Gran Diamante

Bar y restaurante Los Ranchitos

Bar y restaurante Bahía Tropical

Bar y restaurante Sol y Arena



Bar y restaurante El Cariñito
Bar y restaurante El Navegante
Casa Vieja Galería y Bar
Restaurante El Ancla
Rosticería San Jorge
Sorbetería

5- Otros servicios

Tour Operador
Variedades Xochilt
Variedades Divino Niño

Instalaciones Turísticas

1. Genéricas

A. Instalaciones deportivas:
Campo deportivo de Beisbol San Martin.
Estadio Municipal Adolfo Flores.

B. Instalaciones recreativas:

San Jorge cuenta con un centro recreativo y tres parques.

- ⊕ Centro Recreativo San Jorge.
- ⊕ Parque Central de San Jorge.
- ⊕ Parque de la Y griega.
- ⊕ Parque Juan José Morales conocido como el de las cuatro esquinas.

2. Otros.

Gallera El Wascaro.
Billares El Blanco.



Transporte

Uno de los elementos esenciales de la actividad turística es el desplazamiento, debido a que el turista para poder disfrutar de un atractivo necesita de un medio de transporte ya que estos generalmente se encuentran distantes con relación a su lugar de residencia.

En base a lo antes mencionado se justifica la importancia de los medios de transporte para el desarrollo del turismo.

Actividades Socio-Económicas

✦ Servicios de envío de dinero

- **Money Gram**

Es una empresa de remesas de envío de dinero a nivel internacional, brinda este servicio a todo San Jorge y a sus municipios vecinos. Una buena opción para personas que necesitan un medio de transferencia de dinero, que viven en el municipio o que están de visita.

✦ Comercio

En el municipio de San Jorge no existe un mercado local. En Rivas se concentra la actividad comercial, bancos, hospital, clínicas, farmacias, industrias, centros de educación superior, etc. y la población recurre a este municipio para abastecerse o satisfacer sus necesidades.

Existen en el municipio una serie de pulperías, concentradas en la calle El Lago, proveedoras a la población de productos de consumo básico. Existen vendedores ambulantes que forman parte del comercio (sector informal) que genera empleos temporales, especialmente en épocas de verano.



Red de carreteras

⇒ Casco Urbano

La carretera principal de San Jorge y única vía de acceso, está conectada con el municipio de Rivas a 4km. de distancia, esta es asfaltada y se encuentra en buen estado, es transitada a diario por los jorginos para realizar sus diligencias personales, así como por turistas y comercio hacia la isla de Ometepe.

Las calles que están conectadas con el parque central y que van hacia el lago están asfaltadas, una de las calles del costado noroeste de la iglesia católica se adoquinó recientemente.

En la calle que va hacia el lago se encuentra aproximadamente el 60% de las pulperías donde ofrecen una variedad de productos para el consumo de la población.

El resto de las calles como La Mercedes, La Carrilera, Nicaraocalli, San Antonio no están adoquinadas, deteriorándose en tiempos de lluvia.

⇒ Sector Rural

En el municipio de San Jorge existe una red de 55.97km caminos rurales, los que, en buena parte, se encuentran en mal estado y que requieren de la ejecución permanente de un plan de mantenimiento, que garantice el acceso a las zonas productivas o de atractivo turístico ya que todas las vías de acceso de este municipio conducen al lago Cocibolca.

Servicios para vehículos

a- Gasolineras



En el municipio de San Jorge no hay gasolineras, los jorginos se abastecen de la gasolinera de Rivas. La más próxima es la estación ESSO, ésta se encuentra en la entrada principal de San Jorge frente a la rotonda.

La estación ESSO dispone de un amplio estacionamiento para los clientes, el cual es utilizado como parqueo por los taxistas de diferentes municipios en espera de usuario.

Entre los servicios que ofrecen están:

- ⊕ Comida rápida
- ⊕ Lavado de vehículos
- ⊕ Engrasado
- ⊕ Cambio de aceite
- ⊕ Horario de atención las 24 horas

b- Talleres de reparación automotriz

El municipio de San Jorge cuenta con dos talleres de reparación. Esta información es importante para turistas y/o visitantes que viajan en su propio vehículo, estos talleres son:

- ⊕ Taller eléctrico la curva
- ⊕ Taller Baldizón

c- Vulcanizadoras

San Jorge cuenta con una vulcanizadora y un auto lavado

Agricultura

La agricultura se da en todo el municipio, el rubro principal son las plantaciones de musáceas, las áreas plataneras son diversificadas con otros cultivos frutales, cítricos y hortalizas.



Este sector genera el 32% de los empleos totales del municipio ocupando el segundo lugar en orden jerárquico con respecto a los otros.

Destacan en la zona rural fincas y haciendas plataneras tradicionales como: Finca El Conde, Las Conchitas, Finca Palermo y otras como California, El Vargel y La Galpa, La Coyota.

Ganadería

La ganadería es de doble propósito para la producción de leche y carne. Se desarrolla esencialmente en el sur del municipio: Orajuelo, Campamento y parte de Nahualapita.

Energía y Agua

⇒ Energía Eléctrica

El servicio de energía es brindado por la Empresa de Electricidad UNION FENOSA, DISSUR. Actualmente el 75.4% de las viviendas del municipio cuentan con este servicio.

⇒ Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

El abastecimiento de agua potable del casco urbano de San Jorge es atendido por la Empresa Nicaragüense de acueductos y Alcantarillados (ENACAL), a través de un pozo con capacidad de bombear de 200 galones/minuto y reforzado por el sistema Buenos Aires (3 pozos). Además que un gran número de las viviendas, no cuantificadas, cuentan con pozos artesanales en los patios de las casas y/o tanques para recoger agua cuando esta llega.



Actualmente San Jorge cuenta con 976 conexiones domiciliarias y 10 comiciales. La cobertura física del servicio es de La Cruz de España hasta la Costa. El indicador de cobertura revela que se puede abastecer al 65% de las viviendas urbanas del municipio.

Por otra parte, en el municipio no existe sistema de alcantarillado sanitario. Proyecto en etapa inicial de estudio con el levantamiento topográfico.

Algunas viviendas tienen sumideros y tanques sépticos. El déficit de letrinas es del 66%. En las comunidades rurales los dueños de las han construido su propia letrina.

V.3.2- MUNICIPIO DE BUENOS AIRES

El municipio de Buenos Aires cuenta con una población de 4,933 habitantes con una densidad de 77 habitantes/km². La población del municipio de Buenos Aires se distribuye en 11 localidades principales: una urbana, dos suburbanas y ocho rurales menores a los mil habitantes, las cuales, exceptuando Sucuya se encuentran ubicadas paralelas a todo lo largo de la costa, reuniendo una población global de 1,448 habitantes representando el 29% de la población municipal y una densidad de 97 habitantes/km².

Tabla V.3- Estructura Poblacional del Municipio de Buenos Aires*

| Área | Localidad | Hombres | | Mujeres | | Total | |
|-----------|--------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | | Cantidad | % | Cantidad | % | Cantidad | % |
| Urbana | Buenos Aires | 1,127 | 22.57 | 1,273 | 25.49 | 2,400 | 48.07 |
| Suburbana | Cocal | 206 | 4.12 | 225 | 4.50 | 431 | 8.62 |

* Fuente: Plan Indicativo de Desarrollo Municipal. Municipio de Buenos Aires



| | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Limonal | 241 | 4.84 | 270 | 5.40 | 511 | 10.24 |
| Subtotal Área Suburbana | | 447 | 8.96 | 495 | 9.90 | 942 | 18.86 |
| Rural | Bocana | 45 | 0.91 | 48 | 0.96 | 93 | 1.87 |
| | Las Piedras | 196 | 3.90 | 219 | 4.38 | 15 | 8.31 |
| | Santa Bárbara | 64 | 1.29 | 69 | 1.39 | 133 | 2.66 |
| | El Cerrito | 49 | 0.99 | 53 | 1.06 | 102 | 2.04 |
| Subtotal Comarca El Menco | | 354 | 7.09 | 389 | 7.79 | 743 | 14.88 |
| Rural | El Manzano | 179 | 3.57 | 204 | 4.08 | 383 | 7.66 |
| | El Helequeme | 108 | 2.17 | 105 | 2.11 | 213 | 4.27 |
| | La Cruz Verde | 58 | 1.16 | 51 | 1.02 | 109 | 2.18 |
| | Sucuya | 109 | 2.18 | 94 | 1.88 | 203 | 4.06 |
| Subtotal Comarca Tolesmáida | | 454 | 9.08 | 454 | 9.09 | 908 | 18.17 |
| Subtotal rural | | 808 | 16.17 | 843 | 16.88 | 1,651 | 31.88 |
| Total Municipal | | 2,362 | 47.7 | 2,611 | 52.27 | | 100 |

Agua y Suelos

Los suelos son relativamente planos con pocas elevaciones, propensos a inundarse. Posee varios ríos cortos: Ochomogo, Las Lajas, Gil González y las Lagunas Ñocarime, que comparte con el municipio de Potosí.

Base económica

La economía del municipio se fundamenta en la producción agropecuaria, la cual se concentra principalmente en la Zona Sur del municipio con aproximadamente un



70% tanto del área sembrada como del hato ganadero. El área agrícola es de aproximadamente 4,000 manzanas de las cuales 2,500 manzanas son destinadas al cultivo de caña y 1,500 manzanas al cultivo de musáceas. El hato ganadero es de aproximadamente 2,500 cabezas destinadas a la producción de leche y carne, con un rendimiento estimado de 3 litros/cabeza.

Clima

De acuerdo con la condición de lluvia y la temperatura, Buenos Aires está en la zona climática “Zona Seca tropical”, que se caracteriza por una marcada estación seca de seis meses. La temperatura anual oscila entre 25° y 32° C. La precipitación pluvial varía entre 1,000-1,300mm. Anuales.

Suelo

En su mayoría los suelos del municipio son agrícolas de orígenes volcánicos y sedimentarios profundos, ricos en arcilla y humus y de muy buena calidad. Se diferencian dos tipos de suelos presentes en el terreno.

En el sur del municipio, en el caso urbano y la comarca Tolesmáida hasta el río Pansaco, los suelos tienen una profundidad efectiva mayor de 100cm, con terreno superficial franco arenoso, franco arcilloso y arcilloso, el drenaje interno es bueno al igual que su grado de estructuración y su fertilidad es alta. Solamente en la cercanía de la costa, los suelos tienen un drenaje interno excesivo, el grado de estructuración débil y una fertilidad aparente, así mismo existen lugares con drenaje interno imperfecto.

Potencial Turístico

Turísticamente el potencial más importante del municipio lo constituye la belleza escénica de 25 km de costa que posee en el lago de Nicaragua, donde destacan las playas de las comarcas el Menco y Tolesmáida, las cuales pudieran formar parte de la



oferta nacional para el turismo internacional, si contaran con la infraestructura adecuada. Actualmente son visitadas por miles de turistas, principalmente nacionales durante la época de semana santa no obstante la falta de infraestructura.

Potenciales y Restricciones

- a. **Potencial Productivo:** Buenos Aires cuenta con excelentes recursos que se le permitirían incrementar sus índices productivos o desarrollar otras actividades de producción.

Por la característica de poseer duelos de alta calidad, sumado a un clima con precipitación pluvial que se distribuye uniformemente en época de invierno y con la presencia de potenciales para riego, existen las condiciones para que la agricultura sea un rubro, donde los índices productivos se incrementen. Es necesario establecer mejores sistemas de manejo del cultivo orientados a evitar pérdidas de cosecha por la incidencia de viento en las áreas de cultivos, implementando sistemas agroforestales y silvopastoriles que protejan los cultivos y además conserven los suelos.

El recurso del lago Cocibolca, de los ríos, la bahía del Menco y de la Laguna Ñocarime con su gran variedad de especies de peces aporta al municipio potenciales para el desarrollo de la pesca artesanal.

- b. **Potencial de flora y fauna,** los cuales exigen la declaración de áreas protegidas que permitan el desarrollo de hábitat para especies en peligro y la protección de la naturaleza.

Vías y Transporte

El municipio cuenta con 26.9km. de caminos rurales que están en regular y mal estado, cabe señalar que aproximadamente el 81% de las vías rurales se localizan al sur de su territorio en el área más urbanizada.



La comunicación entre Las Piedras en El Menco y la zona de Tolesmáida y Buenos Aires se realiza por la costa del lago. También hay una carretera corta asfaltada entre Popoyoapa y Buenos Aires de aproximadamente 1.6km.

A nivel urbano el 60% de sus calles están adoquinadas. El servicio de Taxis es brindado por cooperativas de la ciudad de Rivas.

Agua Potable y Sistema Sanitario

El 58% de las viviendas del área urbana y suburbana están servidos (308 usuarios*). Las localidades de Tolesmáida y El Menco toman el vital líquido de pozos, los cuales la mayoría tienen contaminación.

No existe sistema sanitario. En la mayoría de casas urbanas, suburbanas y rurales hay letrinas.

Salud

El sistema de salud de Buenos Aires cuenta con tres unidades de servicio: un centro de salud de cobertura municipal, ubicado en el área urbana y dos puestos de cobertura rural, ubicado en las comarcas del Menco y Tolesmáida respectivamente. Además cuenta con el apoyo de 18 casas base de salud de las cuales 12 corresponden al área urbana, 3 al Menco y 3 a Tolesmáida.

Parque

El municipio de Buenos Aires cuenta con un parque ubicado en el área urbana, frente a la iglesia, cuenta con algunos juegos infantiles, áreas verdes, andenes y kiosco

* Plan Indicativo de Desarrollo Municipal. Alcaldía de Buenos Aires



en estado de abandono. Existe iluminación pública, agua potable y su estado físico es bueno, sin embargo, amerita darle una mejor imagen.

Centros recreativos y campos deportivos

Existe un centro recreativo, el cual está en muy buenas condiciones. En la actualidad la alcaldía lo alquila para fiestas juveniles de la comunidad.

- ✦ Campo deportivo: La municipalidad cuenta con un campo deportivo ubicado en el Cocal, tiene un área de 1 manzana y es accesible a todos los pobladores que practican deportes, su infraestructura presenta buenas condiciones.

Basura

Es un problema ambiental que afecta principalmente el área peri-urbana de Buenos Aires, donde existen dos basureros ilegales.

La Alcaldía no brinda el servicio de recolección de basura ni existe basurero municipal, lo que incide en que la población mantenga como costumbre o hábito el entierro y quema de basura en los patios de las casas, labor que es realizada por mujeres y niños/niñas sin efectuar separación de desechos plásticos.

En la costa, la basura que es tirada por turistas es enterrada en la arena por acción del viento, lo que resulta en un problema ambiental que no es percibido como tal por la población local. En el resto de áreas rurales la basura es quemada.



V.4- CONCLUSIONES

Los beneficios sociales del proyecto se identificaron en los municipios de San Jorge y Buenos Aires, entre los cuales están la obtención de ingresos económicos en las alcaldías para utilizarlos en el desarrollo de los municipios, es decir en el mantenimiento de las distintas vías de los municipios, así como en sus distintas infraestructuras. Así mismo mediante la ejecución del proyecto inversionistas extranjeros incursionarían en la zona con la construcción de hoteles, restaurantes, los cuales crearían más ingresos económicos para que sean usados por las alcaldías.

La inversión de este proyecto es muy importante para desarrollar el gran potencial turístico que presentan los municipios de San Jorge y El Menco, ya que estos no cuentan con las condiciones adecuadas tales como vía de acceso, red de comunicación, entre otros. Estos municipios presentan una gran belleza escénica de costa en el lago de Nicaragua, las cuales pudieran formar parte de la gran oferta nacional para el turismo internacional, si contaran con la infraestructura adecuada.

Mediante la construcción de la carretera se brindarían opciones de trabajo para muchos pobladores de la zona durante los 4 meses que duraría dicha construcción, es decir resultaría beneficiosa para el 61% de la población rural los cuales no poseen empleo.





Capítulo V: Análisis Ambiental



VI.1- GENERALIDADES

Se define como impacto ambiental cualquier alteración positiva o negativa de uno o más de los componentes provocada por acción humana y/o acontecimientos de la naturaleza en un área de influencia definida.

La alteración del ambiente es un concepto relativo, ya que puede ser positivo y negativo, grande o pequeña, por tanto se consideran los análisis de las dos áreas que componen el medio, el ambiente natural, con todos los componentes ecológicos orientados a la identificación del impacto físico y biológico y el ambiente social, con los aspectos humanos en donde se contemplan todos los fenómenos sociales, políticos, económicos y culturales. Ambos plantean los posibles efectos a mediano y largo plazo sobre los ecosistemas naturales, como parte integral de la biósfera y de la existencia del hombre.

Todo proyecto de infraestructura involucra un cambio en el ambiente, normalmente positivo desde el punto de vista financiero y/o económico pero no siempre así desde el punto de vista de otros factores ambientales. El estudio de impacto ambiental es un instrumento de apoyo en la evaluación de la factibilidad de proyectos porque permite tomar decisiones mejor sustentadas y amplias.

En Nicaragua la responsabilidad del manejo y valoración ambiental en el sector construcción y transporte recae principalmente sobre el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) de acuerdo con el reglamento de permisos y evaluación de impacto ambiental, decreto presidencial N° 45-95, la rehabilitación o cambios mayores a los proyectos de caminos identificados en el artículo 5, punto g, requieren de estudio de impacto ambiental.



VI.2- OBJETIVOS.

Objetivo General

- Identificar los principales impactos ambientales y sociales, directos e indirectos, positivos y negativos, que causará el mejoramiento y rehabilitación de la carretera.

Objetivos Específicos

- Establecer las principales medidas mitigadoras y compensatorias necesarias para la minimización de estos impactos.
- Elaborar un Plan de Gestión ambiental para el proyecto.

VI.3- DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto “Vía Turística entre los Balnearios de San Jorge y El Menco”, ubicado en el Departamento de Rivas es de mucha utilidad para el crecimiento turístico y, por lo tanto, económico de los municipios que abarcará el proyecto (San Jorge y Buenos Aires). Las costas de este sector son el sitio ideal para un desarrollo turístico, ecológico e histórico-cultural por la pureza de las aguas del Gran Lago de Nicaragua, muy distantes de la zona lacustre turística de la terminal portuaria de San Jorge altamente contaminada. Estas costas son una zona ideal para el turismo contemplativo frente a la majestuosidad de los colores de la Isla de Ometepe.

Se debe tener claro que las construcciones horizontales (Caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, oleoductos etc.) en mayor o menor grado, afectan negativamente el medio ambiente al extenderse sobre terrenos de variadas características, alterando ecosistemas y recursos naturales. Estos efectos se producen de varias maneras, entre ellas:



- Alteración de los patrones de drenaje de la zona de emplazamiento.
- Concentración de escorrentía, erosión de suelos y sedimentación.
- Perturbación del hábitat de la flora y la fauna.
- Reubicación de asentamientos humanos y/o irrupción en las vidas de las comunidades aledañas.
- Contaminación del aire, el suelo, el agua.

Para contrarrestar los efectos negativos de la construcción de la vía sobre su entorno natural es requerido por la ley: *Decreto presidencial N° 45-95, la rehabilitación o cambios mayores a los proyectos de caminos identificados en el artículo 5, punto g*, Dice que estos proyectos requieren Estudio de impacto ambiental.

De este último resultan obligaciones para el empleador de la obra a fin de evitar daños mayores en el entorno del proyecto y obras de mitigación de los impactos negativos inevitables. El empleador de proyecto pasa estas obligaciones al ejecutor de obras, contratista, quien recibe compensaciones por realizar las obras viales y las obras de protección provisional y permanente para mitigar los daños.

VI.4- DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INFLUENCIAS

El área de influencia es el espacio y la superficie en los cuales inciden los impactos provocados por las acciones de una actividad y que afectan directa o indirectamente los factores ambientales. El área de influencia está asociada a los factores que influyen en las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la obra.

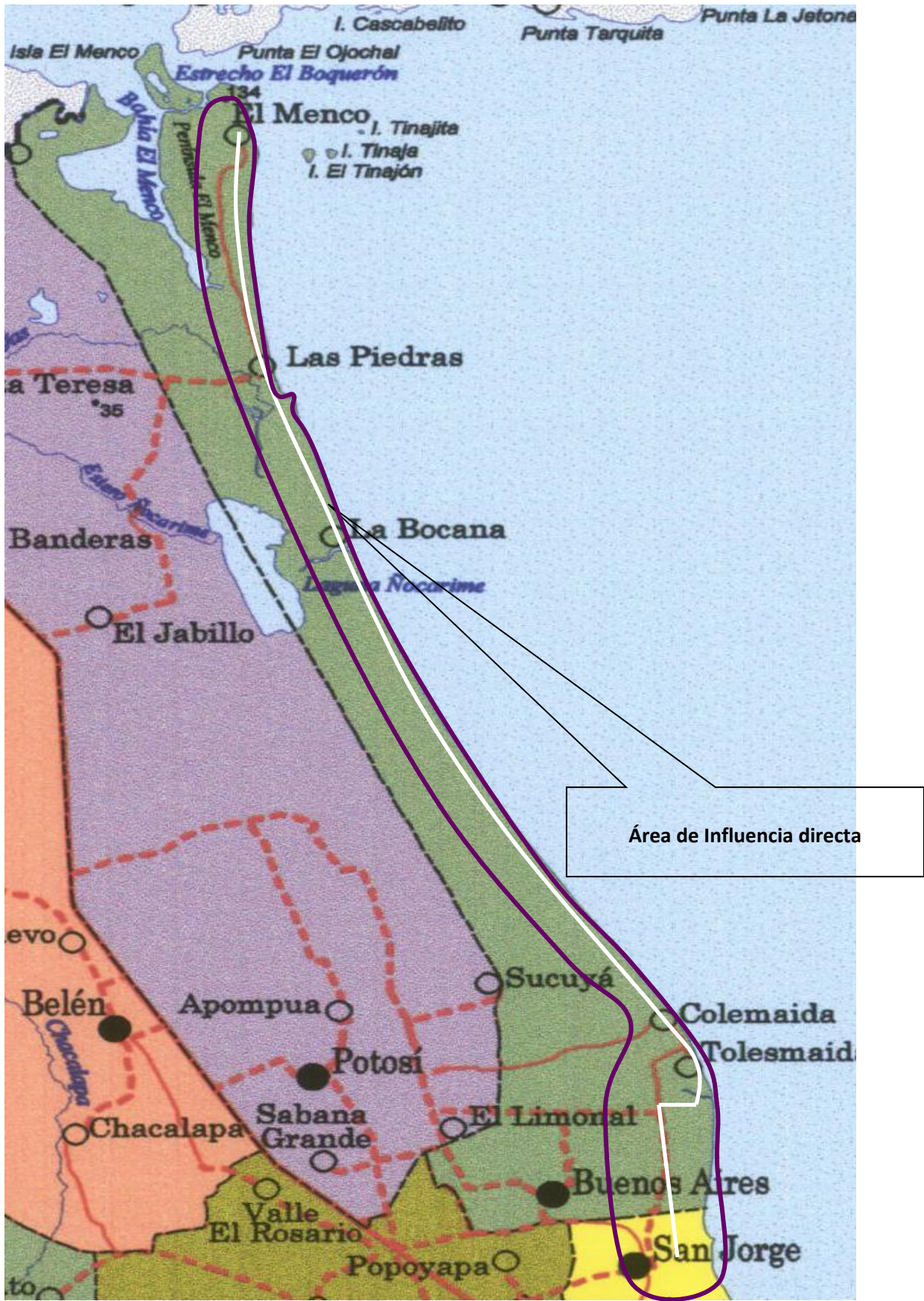
En consecuencia, el área de influencia directa corresponde a las posibles zonas de préstamo, zonas de maniobras de maquinarias y equipos, derecho de vía y áreas adyacentes al camino en que se realice actividades con el proyecto. Los límites están



definidos en los términos de referencia proporcionados por el MTI, y se estima el área en 9.68 Km².

El área de influencia indirecta está asociada a las cuencas hidrográficas de los ríos que cruzan el camino, áreas adyacentes al camino y a las posibles incidencias socioeconómicas en el ámbito municipal y departamental que se den con la operación del proyecto. Está definido como el área sujeta a los impactos indirectos del proyecto, y abarca una región geográfica más extensa cuyas poblaciones, actividades económicas y servicios sociales y de infraestructura serán impactados por el proyecto.

Dentro del Área de Influencia Indirecta se consideran todos aquellos asentamientos que están conectados directamente al corredor y que sean generadores y/o receptores de tráfico a lo largo del corredor y que sean generadores y/o receptores de tráfico a lo largo del corredor. Para ello se ha definido como área de influencia indirecta los territorios municipales de San Jorge, Buenos Aires y Potosí. Los límites de las áreas de influencia indirecta fueron determinadas por las siguientes condiciones: geomorfología, hidrología, ruidos, calidad del aire, fauna, social y económico. Todo ello corresponde a los Municipios de San Jorge (con un área de 22 Km²), Buenos Aires (con 75.22 Km²) y Potosí (con un área de 146 km²), para un total de 243.22 Km². En las siguientes figuras se muestran las áreas de influencias directa e indirecta.





VI.5- IDENTIFICACIÓN, EVALUACION Y ANALISIS DE IMPACTOS POTENCIALES

Identificación de Impactos

Los efectos causados por el proyecto sobre el medio ambiente son:

- Limpieza: Esta actividad genera ruido, polvo y gases, y produce desechos de los que hay que disponer de manera adecuada. En los casos de los cambios de línea, la limpieza del derecho de vía conlleva además deforestación y afectaciones a los dueños de los terrenos
- Movimiento de Tierra: El movimiento de tierra provoca modificaciones al paisaje natural, cambios en la dirección de las escorrentías superficiales, generación de



ruidos, gases y polvo y en ciertos casos conlleva un riesgo de accidente a los trabajadores.

- Explotación de Bancos de Materiales: La extracción de material implica un alto peligro de erosión causando la destrucción del suelo y generación de sedimentos que afectan las corrientes de aguas superficiales circundantes. Además produce afectaciones por ruido, polvo y gases en un radio variable dependiendo de la topografía y el patrón del viento.
- Obras de Drenaje Mayor y Menor: Esta actividad implica un alto riesgo de contaminación de la corriente de agua por hidrocarburos, cemento y otras sustancias durante las obras de construcción. Esto a su vez, incide negativamente en los ecosistemas acuáticos. La demolición de las estructuras existentes, especialmente los puentes, conllevan un riesgo de accidentes para los trabajadores, generando ruido, polvo y gases, y producen desechos de construcción de los que se debe disponer adecuadamente. Por otro lado, las obras en los lechos de los ríos pueden causar un cambio en el comportamiento hidráulico de los causes, aumentando la velocidad del flujo, causando erosión del lecho, sedimentación y en algunos casos inundaciones.
- Uso de maquinarias pesadas: El empleo de maquinaria en las obras de construcción generan contaminación sónica lo que ocasiona la perturbación de la tranquilidad de la fauna local, de la misma manera esta actividad requiere la manipulación de combustibles, aceites, lubricantes y productos bituminosos. Estas sustancias constituyen agentes contaminantes de los suelos y las aguas superficiales y subterráneas. Además constituyen sustancias riesgosas por su inflamabilidad. Durante la operación de las maquinarias se produce una contaminación de aire debido a la emisión de gases provenientes del escape de las máquinas.



- Instalaciones de planteles y campamentos: La instalación de planteles y campamentos implica el abra y destronque de los terrenos y dependiendo de la extensión del campamento y de la topografía, un cierto movimiento de tierra. De la misma manera son puntos críticos en el manejo de hidrocarburos puesto que incluyen talleres de mantenimiento de equipo y bodegas de almacenamiento. Además los planteles y campamentos son focos de generación de basura.
- Trabajos en la superficie de rodamiento: Estas obras generan ruido, polvo, gases y vibraciones que pueden afectar la salud y comodidad de los vecinos de la carretera y trabajadores de la obra. El uso de maquinaria y productos bituminosos conlleva un riesgo de contaminación de los suelos y cursos de aguas aledaños a las obras. Además, se afectará la circulación vehicular, ocasionando riesgo de accidentes, molestias, retrasos y tensionamientos a los usuarios de la carretera.

El siguiente recuadro corresponde a una lista de chequeo de las acciones y los factores del proyecto que afectan el entorno natural en mayor o menor grado en las fases de construcción y operación.

Tabla VI.1- Lista de chequeo de los principales factores ambientales impactados y acciones impactantes

| Lista de chequeo de los principales factores ambientales impactados y acciones impactantes | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------|--------|---|
| Factor ambiental impactado | | Etapas del proyecto | | Acciones impactantes |
| | | Const | Opera. | |
| 1-Aire | Contaminación de ruidos | -- | - | Maquinaria pesada y vehículos en circulación |
| | Contaminación por partículas de polvo | -- | - | Movimiento, traslado y acopio de materiales. Tráfico vehicular |
| 2-Suelo | Pérdida de | - | | Debido a la construcción |



| | | | | | |
|-------------------------|-------------------|---------------------------------|---|----|--|
| | | fertilidad | | | de carpeta asfáltica y otras construcciones |
| | | Disminución de drenaje | - | | Por compactación del suelo |
| | 3-Agua | Calidad de agua superficial | - | | Por recepción de partículas provenientes de las actividades constructivas a los cuerpos de agua. |
| 4-Biota | Flora | Pérdida de la escasa vegetación | - | | Impermeabilización del suelo |
| | | Diversidad | - | + | Introducción de especies ornamentales, árboles frutales. |
| | | Especies nativas | - | + | Áreas verdes reforestadas con especies nativas |
| | Fauna | Migración de especies | - | - | Creación de áreas verdes |
| | | Cambio de hábitat | - | - | Transformación del uso del ecosistema |
| 5-Medio Ambiente | | Aspectos paisajísticos | - | + | Cambio en el panorama paisajístico |
| | | Integridad de diseño | - | ++ | Infraestructura moderna con áreas verdes |
| | | Vista panorámica | - | + | Instalación de una infraestructura permanente |
| 6-Medio Socio Económico | Uso del suelo | Vías de acceso | - | ++ | Se mejorará el camino de acceso |
| | Cultural | Calidad de vida | + | + | Mejoramiento en el medio de transporte, aumento en actividades turísticas. |
| | | Servicios a la comunidad | + | + | Crecimiento urbano |
| | Aspectos sociales | Aumento de tráfico | - | -- | Congestionamiento, aumento en la red vial, emisiones de contaminantes a la atmósfera |
| | | Ruidos | - | - | Uso de maquinaria en mal |



| | | | | | estado |
|---------------------|-----------------------|----|----|--|--|
| Aspectos económicos | Densidad poblacional | - | - | | Aumento en la densidad |
| | Plusvalía de tierra | + | + | | Aumento del valor de tierra |
| | Rentabilidad | + | + | | Compra y venta de terrenos |
| | Generación de empleos | ++ | | | Empleos temporales y permanentes, aumento en el comercio |
| | Desarrollo económico | + | ++ | | Mejora de infraestructuras y de los servicios básicos |

Simbología:

-- Impacto muy negativo

- Impactado negativo

0 Inocuo (no produce impacto)

+ Impacto positivo

++Impacto muy positivo

Evaluación de los impactos

Para la evaluación de los impactos se realiza el diseño de la matriz **Leopold*** del tipo causa–efecto que consiste en una lista horizontal de actividades de un proyecto contra una lista de factores ambientales (en la vertical). Es, pues, una matriz de interacción.

La matriz sirve solo para identificar impactos y su origen, sin proporcionar un valor cuantitativo de ese impacto. Permite, sin embargo, estimar importancia y magnitud de ese impacto con la ayuda de un grupo de expertos implicados en el proyecto. Esta matriz fue desarrollada para ser aplicada en proyectos de construcción, y es especialmente útil, por enfoque y contenido, para la evaluación preliminar de aquellos proyectos de los que se prevén grandes impactos ambientales.

* Véase Matriz de Leopold. Anexo 16. Pág. 305



La manera como opera la matriz de Leopold es la siguiente:

- Identificación de todas las acciones que forman parte del proyecto en estudio.
- Para cada acción del proyecto previamente identificada, se coloca una línea diagonal en el casillero de intersección con cada característica ambiental, donde es posible un impacto. Esta división del casillero en dos áreas tiene por objeto separar la evaluación de la magnitud y de la importancia del impacto. Los casilleros que permanecen vacíos revelan que no hay impacto.
- Habiéndose completado la matriz, en el extremo superior izquierdo de cada casillero con diagonal, se estima la magnitud del impacto con una nota de 1 a 10. 10 representa el mayor impacto y 1 el menor.
- En el extremo inferior derecho de cada casillero con diagonal, se coloca una nota de 1 a 10 para calificar la importancia del posible impacto, con 10 como valor mayor y 1 como menor.

El informe de la matriz debe ser una discusión acerca del significado de estos impactos, señalando los casilleros con valores mayores, así como las columnas y filas con mayor número de impactos identificados.

Los inconvenientes de la matriz de Leopold son (Cabeza, 1987; MOPU, 1989):

- Su intención generalista no considera con suficiente exactitud la problemática de la actividad que interesa en un determinado ambiente, por decir los proyectos de riego. Este carácter “no selectivo”, dificulta la atención del evaluador en los puntos de interés más sobresalientes.
- No refleja la secuencia temporal de impactos, pero es posible construir una serie de matrices ordenadas en el tiempo.



- Carecen de capacidad para considerar la dinámica interna de los sistemas ambientales. No obstante, esta carencia puede enmendarse si la matriz utilizada se acompaña de una “matriz de iteraciones”.

Matriz de Leopold para clasificación de impactos y medidas correctoras

Calificación de los Impactos: Se deben distinguir, como mínimo y para proyectos sin complicaciones evidentes, los efectos positivos de los negativos; los temporales de los permanentes; los directos de los indirectos; los manejables de los no manejables.

Positivos son los que mejoran el medio ambiente y negativos los que lo descomponen.

Temporales son los que duran un período concreto de tiempo, generalmente el plazo de construcción de la obra, mientras que permanentes son aquellos propios de las etapas de funcionamiento en los que el impacto cesa si desaparece el emprendimiento.

Directo es el impacto que se causa de manera evidente al ambiente circundante, mientras que el indirecto es el que se suma a otras causas para generar algún daño.

Por último los **manejables** son aquellos en los que podemos decidir el cuándo y el cómo de la generación del impacto, mientras que los **no manejables** son inherentes al proceso y no permiten nuestra interacción.

Análisis de los impactos ambientales



El entorno natural será afectado por las acciones del proyecto en mayor o menor grado. Mediante del método Lista de Chequeo de identificaron las principales acciones y los factores afectados en las fases de construcción y operación.

Para contrarrestar los efectos negativos de la construcción de la vía sobre su entorno natural es requerido por la ley: *Decreto presidencial N° 45-95, la rehabilitación o cambios mayores a los proyectos de caminos identificados en el artículo 5, punto g*, Dice que estos proyectos requieren Estudio de impacto ambiental.

De este último resultan obligaciones para el empleador de la obra a fin de evitar daños mayores en el entorno del proyecto y obras de mitigación de los impactos negativos inevitables. El empleador de proyecto pasa estas obligaciones al ejecutor de obras, contratista, quien recibe compensaciones por realizar las obras viales y las obras de protección provisional y permanente para mitigar los daños.

La mitigación de los impactos negativos inevitables se hace de tres maneras:

1. Ejecutar las obras viales atendiendo las normas a seguir en las operaciones constructivas.
2. Construcción de obras de protección previstas en los planos.
3. Construcción de obras provisionales y toma de medidas eventuales que permitan una ejecución de las obras viales evitando que fenómenos naturales como la lluvia, el viento, el fuego, afecten el medio ambiente y los recursos naturales.

Las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-200), detallan la manera de construcción de las obras viales para la mitigación de impactos negativos, a continuación se especifican los impactos negativos que se pueden generar mediante la construcción del proyecto.



A continuación se realiza un análisis para plantear una solución a los impactos negativos de mayor relevancia y la elaboración de un programa de gestión ambiental.

Tabla VI.2- Impactos provocados por el proyecto

| Impacto o acciones del proyecto | Factor del medio afectado | Efecto directo |
|--|----------------------------------|--|
| Limpieza | Clima | Reduce la cubierta vegetal |
| | Calidad del aire | Perdida de la humedad relativa por la disminución de la vegetación |
| | Geología y geomorfología | Altera la topografía de la tierra |
| | Suelo | Mayor erosión por la pérdida de la cubierta vegetal |
| | Vegetación | Se reduce la vegetación por la obra y destronque |
| | Fauna | Se reduce el hábitat de las especies |
| | Paisaje | Se pierde vegetación que caracteriza la zona |
| Movimiento de tierra | Calidad del aire | Origina polvo en suspensión |
| | Ruidos | Ruido ocasionado por la maquinaria |
| | Geología y geomorfología | Altera la topografía de la tierra |
| | Suelo | Desconsolida el estado natural del suelo |
| | Vegetación | Se pierde el área de vegetación en el área de movimiento de tierra |
| | Fauna | Se reduce el hábitat de la fauna |
| | Paisaje | Cambia el medio físico |
| | Transporte | Se afecta por excavaciones que afectan el camino |



| | | |
|-------------------------|--------------------------|---|
| Deforestación | Ruidos | Ruido ocasionado por la maquinaria de deforestación |
| | Geología y geomorfología | Altera la topografía del terreno |
| | Suelo | Erosión y sedimentación de los suelos |
| | Vegetación | Pérdida parcial de la flora |
| | Fauna | Desalojo de la fauna existente |
| | Paisaje | Se pierde la flora que caracteriza la zona |
| Estructura de pavimento | Ruidos | Ruido ocasionado por la maquinaria de pavimentación |
| | Calidad del aire | Se contamina el oxígeno por los elementos químicos |
| | Transporte | Emisión de gases por las maquinarias |

Caracterización de las medidas de mitigación propuestas

Las medidas de control de emisiones, ruido y polvo se orientan, como su nombre lo indica a controlar la contaminación del aire, originadas por las obras de construcción, especialmente por la operación de maquinarias y equipos. Las medidas de protección del suelo, del agua y de la flora y fauna son medidas que se orientan a prevenir la ocurrencia de efectos indeseables sobre estos factores ambientales producto de las acciones del proyecto.

Tabla VI.3- Medidas de mitigación

| Factor del medio | Impacto | Medida de mitigación |
|------------------|--|--|
| Transporte | Causa atrasos en incomodidad al transporte a causa de los trabajos propios de la construcción. | Exigir al contratista el desvío necesario para no interrumpir el tráfico durante la ejecución del proyecto |



| | | |
|-------------------------------|--|--|
| Hidrología superficial | Aumento del caudal natural del agua de lluvia y aguas servidas que circulan debido al incremento del coeficiente de escorrentía superficial. | Aplicación de la reglamentación de la disposición final de aguas servidas a las calles, educación pública |
| Suelo | Erosión e infertilidad del suelo en la zona aledaña al boulevard. | Reforestar con especies gramíneas en la zona de la mediana del boulevard |
| Vegetación | Perdida de la cubierta vegetal | Reforestar y proteger la zona de mayor deterioro de la cubierta vegetal |
| Bosques | Perdida de los árboles existentes por donde pasará la vía. | Fuertes medidas de arborización en la mediana, a demás de un plan de arborización de la parte izquierda de la vía. |
| Habitantes | Destrucción parcial de las propiedades contiguas a la vía en la ejecución de la misma. | Indemnización a los dueños de estas propiedades, además de limpieza total de escombros. |
| Basura | Acumulación de gran cantidad de basura debido al movimiento de tierra y demás actividades. | Plan de recolección de escombros para prevenir accidentes y enfermedades. |

Programa de gestión ambiental

Principales medidas ambientales

- Contratación de un Especialista Ambiental que supervisará y monitoreará la ejecución de las medidas ambientales.
- Educación vial y Ambiental.
- Diseño y ejecución de obras civiles de control y protección para minimizar los impactos, garantizando la disminución de riesgos. Estabilización de taludes;



reducción y control de la erosión, andenes peatonales, alcantarillas, cunetas, contra cunetas, bajantes, engramado, gaviones, ciclovía, casetas para los usuarios del transporte colectivo, señalización que indique la presencia de fauna protegida.

- Planes de arborización con 10,000 plantas y 2,000 de cercas vivas.
- Señalización vial en áreas urbanas
- Restauración de Bancos de Materiales y Conformación de áreas de desechos
- Ejecución de un Plan de Gestión Social para liberar el derecho de vía si el caso lo amerita.
- Garantizará la seguridad e higiene ocupacional de los trabajadores
- Control ambiental en la planta asfáltica, trituradora, campamentos, talleres, oficinas, entre otros.

VI.6- CONCLUSIONES

Los impactos principales ambientales y sociales, directos e indirectos, positivos y negativos identificados como los que serán provocados por el proyecto son:

Entre los impactos negativos; destrucción y/o pérdida directa del suelo, emisiones tóxicas (móviles y fijas), Ahuyentamiento de fauna protegida, eliminación de cobertura vegetal. Entre los impactos positivos; Impulso al desarrollo turístico y económico de la región, generación de fuentes de empleo, reducción costos de operación vehicular, acceso a mejores bienes y servicios.

De acuerdo a un análisis realizado a los impactos que provocaría el proyecto se planteó una solución para los impactos negativos. Entre las principales medidas de mitigación están: fuertes medidas de arborización en la mediana, además de un plan de arborización de la parte izquierda y derecha de la vía; plan de recolección de escombros para prevenir accidentes y enfermedades; reforestar y proteger la zona de mayor deterioro de la cubierta vegetal y exigir al contratista el desvío necesario para no interrumpir el tráfico durante la ejecución del proyecto.



Se elaboró un Plan de Gestión ambiental para el proyecto con el fin de mitigar a mayor escala el impacto ambiental que producirá el proyecto. Entre las principales medidas ambientales establecidas en el plan están: educación vial y ambiental; diseño y ejecución de obras civiles y protección para minimizar los impactos, garantizando la disminución de riesgos; señalización vial en áreas urbanas.



CONCLUSIONES

Se realizó un estudio de prefactibilidad técnico-económico-ambiental de los primeros 9.22km del anteproyecto Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco, mediante el cual se determinó el diseño de una sección típica de la vía, el análisis de factibilidad económica que tendría el proyecto y el impacto ambiental que éste traería a la zona.

En el anteproyecto se detectó y midió la necesidad turística actual y futura de vehículos que harán uso de la vía en donde se determinó la cantidad demandada de vehículos que harán uso de la vía turística durante los próximos 20 años (vida útil del proyecto), mediante datos históricos de visitantes a la zona de los municipios de San Jorge y Buenos Aires, obteniendo la siguiente afluencia de vehículos por la vía: Mediante el método de regresión lineal y realizando un resumen de las cantidades de vehículos cada 5 años, en el año 2008 se determinó una cantidad vehicular de 27, 523, en el año 2013 la cantidad será de 38, 472, en el año 2018 será de 49, 421, en el año 2023 la cantidad de vehículos será de 60,370, en el año 2028 será de 71, 320.

El diseño de la sección típica de la **Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco en el departamento de Rivas**, dio como resultado los siguientes dimensionamientos: el primer tramo (Desde la Iglesia Parroquial de San Jorge hasta 479m) con un ancho de carril de 3m, andén 1.4m, cuneta 0.6m quedando con un derecho de vía de 10m; el segundo tramo (terminación parte asfáltica hasta el balneario El Riego) con un vía de un carril por sentido de 3m cada uno, andén de 1.4m, cuneta de 0.6m y área verde de 1m, quedando con un derecho de vía de 12m; el tercer tramo (balneario El Riego hasta el dragado Los Hollman) es una vía de dos carriles por sentido, cada carril es de 3m, andén 1.4m, mediana 4m, cuneta 0.6m, con un derecho de vía 26m.

Se determinó la viabilidad del proyecto mediante el funcionamiento del proyecto Vía Turística entre los balnearios de San Jorge y El Menco, obteniendo como resultado



que el proyecto no produciría suficientes ingresos económicos para recuperar la inversión inicial, por tanto el proyecto es completamente social, pues los ingresos que generaría la vía se destinarían exclusivamente a las alcaldías de San Jorge y Buenos Aires para el desarrollo económico de dichos municipios.

Los beneficios sociales del proyecto se identificaron en los municipios de San Jorge y Buenos Aires, entre los cuales están la obtención de ingresos económicos en las alcaldías para utilizarlos en el desarrollo de los municipios, es decir en el mantenimiento de las distintas vías de los municipios, así como en sus distintas infraestructuras. Así mismo mediante la ejecución del proyecto inversionistas extranjeros incursionarían en la zona con la construcción de hoteles, restaurantes, los cuales crearían más ingresos económicos para que sean usados por las alcaldías.

Los impactos principales ambientales y sociales, directos e indirectos, positivos y negativos identificados como los que serán provocados por el proyecto son:

Entre los impactos negativos; destrucción y/o pérdida directa del suelo, emisiones tóxicas (móviles y fijas), Ahuyentamiento de fauna protegida, eliminación de cobertura vegetal. Entre los impactos positivos; Impulso al desarrollo turístico y económico de la región, generación de fuentes de empleo, reducción costos de operación vehicular, acceso a mejores bienes y servicios.



RECOMENDACIONES

- ▶ Cuando el levantamiento topográfico de las diferentes partes del proyecto, es llevada a cabo por diferentes compañías subcontratistas, se les debe establecer una metodología de trabajo uniforme para obtener levantamientos de igual exactitud. Lográndose así, notables precisiones y evitándose las grandes discrepancias en los valores de coordenadas en los puntos comunes de los diferentes tramos. Obteniéndose así uniformidad en la presentación de datos, que facilita el proceso de cálculo.

- ▶ El dibujo del Plano Geométrico debe ser lo más exacto y preciso posible. Debe estar bajo la responsabilidad directa de un dibujante capacitado y supervisado por el Ingeniero Diseñador.

- ▶ Se debe tener especial cuidado en la selección de los subcontratistas que deben reunir condiciones de capacidad y responsabilidad en el trabajo.





GLOSARIO

Alineamiento: Eje trazado de una vía.

Ángulo de Intersección: El formato por los ejes de dos calzadas que se cortan. Ángulo de Cruce (Nicaragua)

Área de estacionamiento: Lugar destinado al estacionamiento de vehículos.

Área de Intersección: Área común a dos o más carreteras que se atraviesan o se unen.

Bombeo: Pendiente transversal de la superficie de rodamiento en las tangentes de una obra vial, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua.

Calzada: Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos.

Capacidad de Tránsito: Número máximo de vehículos que razonablemente se espera pasen por una sección dada de una canal o de una calzada en carretera de sentido único; o en ambas direcciones para carreteras de doble sentido, de dos o tres canales, durante un lapso determinado, usualmente una hora, en las condiciones normales de calzada y tránsito.

Canal de Tránsito: Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos. Carril de Tránsito (Nicaragua)

Canal Auxiliar: Ensanche de la plataforma del camino adyacente a la calzada, que se usa para estacionamiento, cambio de velocidad o para otros fines suplementarios que conduzcan a un tránsito sin interrupción. Carril Auxiliar (Nicaragua)



Canal de Aceleración: El auxiliar, con zonas de empalme de suficiente longitud, para que los vehículos ajusten su velocidad, con miras al ingreso a la vía principal. Carril de aceleración (Nicaragua).

Canal de Cambio de Velocidad: El auxiliar, con zonas de empalme, destinado principalmente a la aceleración o desaceleración de los vehículos que desean integrarse al tránsito directo o abandonarlo.

Canal de Retardación: El auxiliar destinado a la retardación de los vehículos que desean abandonar el tránsito directo. Carril de Desaceleración (Nicaragua).

Canal de Estacionamiento: El auxiliar usado principalmente para el estacionamiento de vehículos. Carril de Parqueo (Nicaragua).

Canal de Giro a la Izquierda: El de cambio de velocidad, incluido dentro de la isla, que permite a los vehículos la maniobra de girar a la izquierda. Carril de Giro a la Izquierda (Nicaragua).

Circuito Turístico: Recorrido por varios sitios de interés turístico, partiendo y finalizando en el mismo punto de partida.

Circulación Giratoria: La que sigue el tránsito en una rotonda o glorieta.

Congestión de Tránsito: Entorpecimiento del tránsito en una vía por exceso de vehículos o por obstrucción.

Curva de Transición: Curva horizontal de una calzada, cuyo radio variable permite desarrollar gradualmente la fuerza centrífuga que actúa sobre los vehículos.



Derecho de Vía: Faja de terreno afectada, destinada al mantenimiento, seguridad, servicios auxiliares y ensanches de una vía. Facultad legal del Estado de reservar espacios para construir una vía.

Dispositivos de Control de Tránsito: Señales oficiales para controlar el tránsito.

Distancia de Detención del Vehículo: La recorrida entre el punto en que el conductor toca por primera vez el mecanismo de freno y el punto en que el vehículo se detiene. Distancia total de Parada (Nicaragua).

Distancia de visibilidad: Longitud de una carretera visible a un conductor, bajo condiciones expresas,

Distancia de visibilidad de Adelanto: Es la mínima distancia de visibilidad, en carreteras de dos o tres carriles y tránsito en dos sentidos, que debe estar disponible para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro segura y confortablemente, sin interferir con un tercer vehículo que viene en sentido contrario, a la velocidad de proyecto, para el caso en que éste se haga visible después de haberse iniciado la maniobra de adelantamiento. Distancia de Visibilidad de Pasada o Rebase (Nicaragua).

Embotellamiento: Congestión de tránsito cuya magnitud produce paralización total o casi total de la circulación en un sector de la vía.

Faja Divisoria Central: Zona central de una carretera provista de fajas de rodadura separadas que sirven para independizarlas. Mediana (Nicaragua)

Intersección: Caso en que dos más ejes de vías se cortan.

Isleta de Tránsito: Áreas restringidas, ubicada entre canales de tránsito, destinados a encauzar el movimiento de vehículos como refugio de peatones. Isla (Nicaragua)



Longitud de Transición: Longitud del tramo de curva, comprendido entre el final de una alineación recta y el comienzo de la curva circular. Transición (Nicaragua).

Nivelación: Emparejamiento de una superficie respecto a la horizontal.

Pendiente longitudinal: Inclinação del terreno o del pavimento en dirección perpendicular al eje de la carretera.

Peralte: Inclinação dada el perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento.

Perfil del Suelo: Sección vertical del subsuelo hasta la profundidad requerida, que sirve para el diseño de pavimento o de estructuras.

Perfil Longitudinal: Representación a escala, sobre un plano vertical, del eje longitudinal y de los demás elementos constituyentes de una carretera. Perfil Alineamiento Vertical (Nicaragua).

Trazado: Proyección horizontal de las alineaciones rectas y curvas, que constituyen el eje longitudinal de la carretera, con referencia a puntos fijos del terreno.

Turismo: Movimiento migratorio temporal, por tierra, mar o aire, que desplaza a los turistas de un punto geográfico a otro. La corriente turística puede desarrollarse dentro o fuera de un mismo país, generando el concepto de turismo interior, turismo rural y turismo receptivo.

Turismo Cultural: El concepto de Turismo Cultural ha evolucionado considerablemente en los últimos años, originalmente se consideraba como recorridos o visitas por sitio históricos, con lo cual se acercaba más a la antropología, o bien, visitas a museos, asistencia a espectáculos de alto nivel como opera, ballet y demás. Ahora se puede



decir que el turismo cultural tiene una connotación mucho más amplia, ya que prácticamente todo destino turístico tiene, en mayor o menor medida una cultura particular que puede motivar, también en mayor o menor medida, el desplazamiento de personas.



BIBLIOGRAFÍA

- INOCSA Ingeniería S.L, Informe Final para el “Estudio de Ingeniería, Ambiental y Diseño Final Para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera La Virgen-San Juan del Sur”
- INIFOM, GTZ, MARENA, Plan Indicativo de Desarrollo Municipal, Municipio de Buenos Aires, Departamento de Rivas, Tomo I, Managua, Nicaragua, 1999
- Caracterización del Municipio de San Jorge, Rivas, 2004.
- J. R. HUERTAS CONSULTORES, Estudio de Factibilidad Técnico-Económico, Estudio de Impacto Ambiental y Diseño Final para la Carretera Sébaco-Matagalpa, Managua, Nicaragua, 1999.
- Inventario de Requerimientos, Atractivos y Circuito Turístico del Municipio de San Jorge, Departamento de Rivas, Managua, Nicaragua, 2006.
- Cesar Fletes Valle, Marcos A. Delgadillo Téllez, Procedimientos de Diseño y Cálculos para Vías Urbanas en la Ciudad de Managua.

Web grafía

- www.ineter.gob.ni
- www.mti.gob.ni
- www.intur.gob.ni

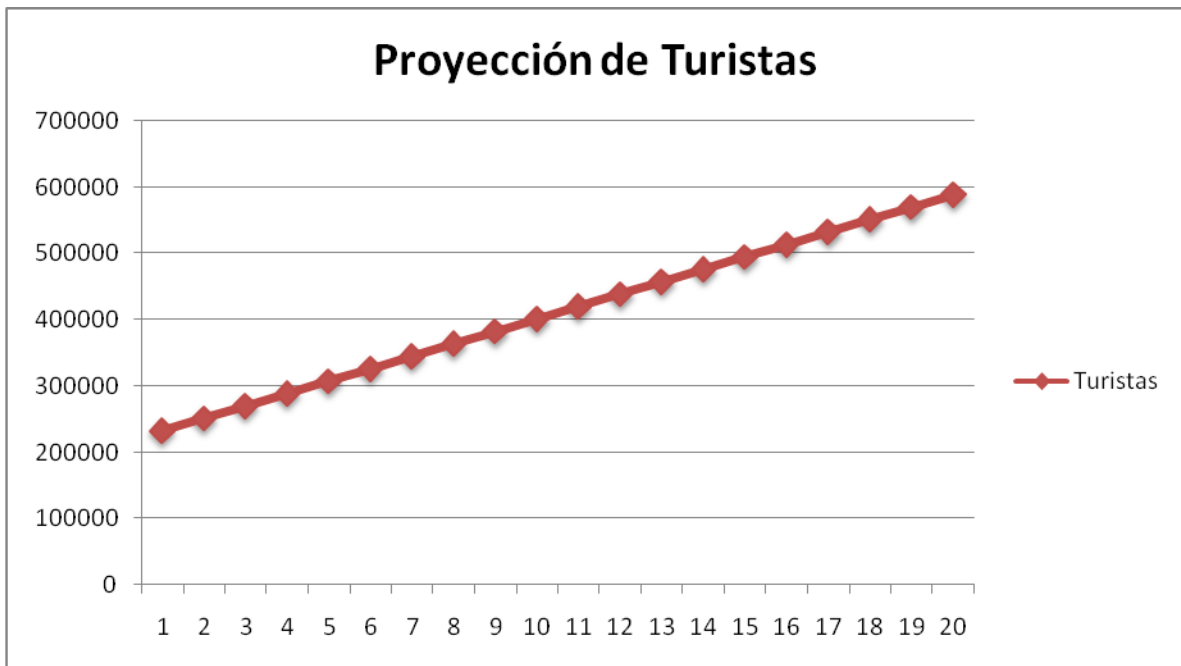
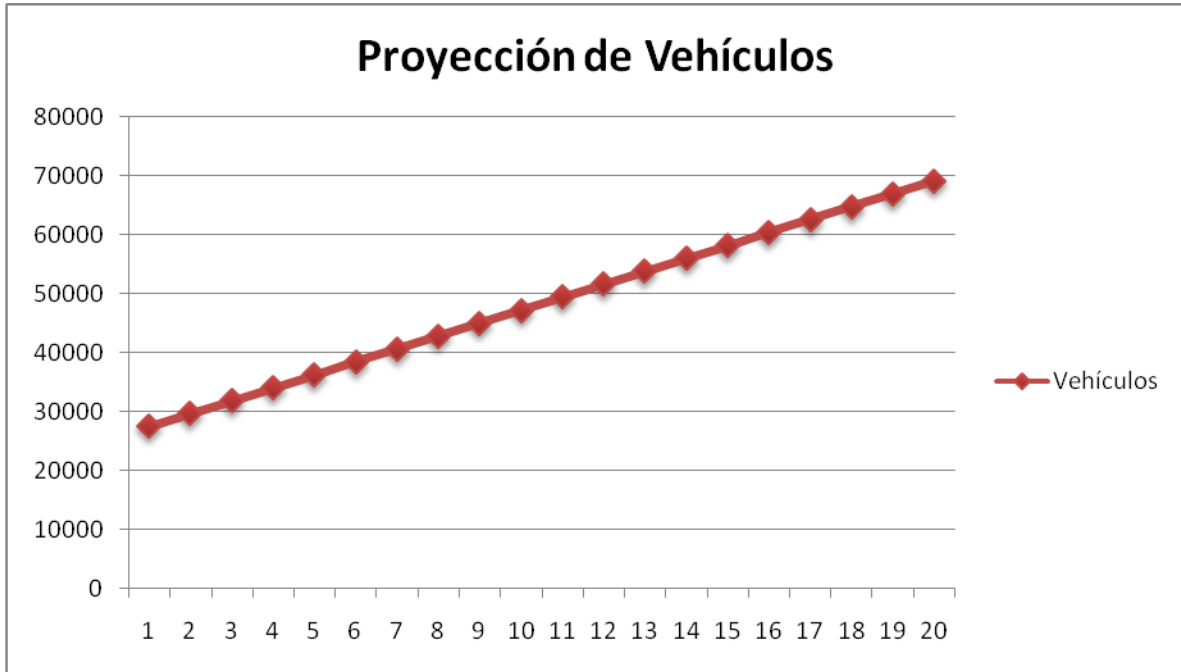




Anexos



Anexo1. Gráficas de Proyección de demanda de vehículos y turistas





Anexo 2. Memoria de cálculos de proyección de afluencia de turistas y vehículos

- Aplicando el método de Regresión Lineal a la afluencia de turistas en los municipios de San Jorge y Buenos Aires.

Aplicación del Método de Regresión Lineal a afluencia de turistas

| Años (x) | Visitantes(y) | Xcodificado | Xy | X ² |
|----------|---------------|-------------|----------|----------------|
| 2003 | 140,000 | -2 | -280,000 | 4 |
| 2004 | 155,000 | 1 | -155,000 | 1 |
| 2005 | 175,000 | 0 | 0 | - |
| 2006 | 197,500 | 1 | 197,500 | 1 |
| 2007 | 212,500 | 2 | 425,000 | 4 |
| Σ | 880,000 | | 187,500 | |

$$a = \frac{\sum y}{n}$$

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

$$a = \frac{880,000}{5} = 176,000$$

$$b = \frac{187,500}{10} = 18,750$$

$$y = a + bx$$

$$Y_{2008} = 176000 + (18750 \times 3) = 232,250$$

$$Y_{2009} = 176000 + (18750 \times 4) = 251,000$$

$$Y_{2010} = 176000 + (18750 \times 5) = 269,750$$



$$\begin{aligned} Y_{2011} &= 176000 + (18750 \times 6) = 288,000 \\ Y_{2012} &= 176000 + (18750 \times 7) = 307,250 \\ Y_{2013} &= 176000 + (18750 \times 8) = 326,000 \\ Y_{2014} &= 176000 + (18750 \times 9) = 344,750 \\ Y_{2015} &= 176000 + (18750 \times 10) = 363,500 \\ Y_{2016} &= 176000 + (18750 \times 11) = 382,250 \\ Y_{2017} &= 176000 + (18750 \times 12) = 401,000 \\ Y_{2018} &= 176000 + (18750 \times 13) = 419,750 \\ Y_{2019} &= 176000 + (18750 \times 14) = 438,500 \\ Y_{2020} &= 176000 + (18750 \times 15) = 457,250 \\ Y_{2021} &= 176000 + (18750 \times 16) = 476,000 \\ Y_{2022} &= 176000 + (18750 \times 17) = 494,750 \\ Y_{2023} &= 176000 + (18750 \times 18) = 513,500 \\ Y_{2024} &= 176000 + (18750 \times 19) = 532,250 \\ Y_{2025} &= 176000 + (18750 \times 20) = 551,000 \\ Y_{2026} &= 176000 + (18750 \times 21) = 569,750 \\ Y_{2027} &= 176000 + (18750 \times 22) = 588,500 \\ Y_{2028} &= 176000 + (18750 \times 23) = 607,250 \end{aligned}$$

- Aplicando el método de Regresión Lineal a la afluencia de vehículos en los municipios de San Jorge y Buenos Aires.

Aplicación del Método de Regresión Lineal a afluencia de vehículos

| Años (x) | Visitantes(y) | Xcodificado | Xy | X ² |
|----------|---------------|-------------|---------|----------------|
| 2003 | 17,734 | -2 | -35,468 | 4 |
| 2004 | 17,568 | 1 | -17,568 | 1 |
| 2005 | 19,751 | 0 | 0 | - |
| 2006 | 24,500 | 1 | 24,500 | 1 |
| 2007 | 25,217 | 2 | 50,434 | 4 |
| Σ | 104,770 | | 21,898 | |

$$a = \frac{\sum y}{n}$$

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$



$$a = \frac{104,740}{5} = 20,954$$

$$b = \frac{21,898}{10} = 2,189.8$$

$$y = a + bx$$

$$Y_{2008} = 20,954 + (2,189.8 \times 3) = 27,523$$

$$Y_{2009} = 20,954 + (2,189.8 \times 4) = 29,713$$

$$Y_{2010} = 20,954 + (2,189.8 \times 5) = 31,903$$

$$Y_{2011} = 20,954 + (2,189.8 \times 6) = 34,093$$

$$Y_{2012} = 20,954 + (2,189.8 \times 7) = 36,283$$

$$Y_{2013} = 20,954 + (2,189.8 \times 8) = 38,472$$

$$Y_{2014} = 20,954 + (2,189.8 \times 9) = 40,662$$

$$Y_{2015} = 20,954 + (2,189.8 \times 10) = 42,852$$

$$Y_{2016} = 20,954 + (2,189.8 \times 11) = 45,042$$

$$Y_{2017} = 20,954 + (2,189.8 \times 12) = 47,232$$

$$Y_{2018} = 20,954 + (2,189.8 \times 13) = 49,421$$

$$Y_{2019} = 20,954 + (2,189.8 \times 14) = 51,611$$

$$Y_{2020} = 20,954 + (2,189.8 \times 15) = 53,801$$

$$Y_{2021} = 20,954 + (2,189.8 \times 16) = 55,991$$

$$Y_{2022} = 20,954 + (2,189.8 \times 17) = 58,181$$

$$Y_{2023} = 20,954 + (2,189.8 \times 18) = 60,370$$

$$Y_{2024} = 20,954 + (2,189.8 \times 19) = 62,560$$

$$Y_{2025} = 20,954 + (2,189.8 \times 20) = 64,750$$

$$Y_{2026} = 20,954 + (2,189.8 \times 21) = 66,940$$

$$Y_{2027} = 20,954 + (2,189.8 \times 22) = 69,130$$

$$Y_{2028} = 20,954 + (2,189.8 \times 23) = 71,320$$



Anexo 3. Capacidad y niveles de servicio en circulación continua (Carreteras Convencionales).

Calculo del porcentaje de tiempo siguiendo a otro vehículo:

Corrección de la intensidad de tráfico

Tabla N° 1 Corrección por efecto de trazado

| Intensidad horaria (V/h) | Terreno | |
|--------------------------|---------|----------|
| | Llano | Ondulado |
| 0-600 | 1.00 | 0.77 |
| 600-1200 | 1.00 | 0.94 |
| >1200 | 1.00 | 1.00 |

Tabla N°2 Equivalencia de vehículos pesados

| Intensidad horaria (V/h) | Tipo de vehiculo | Terreno | |
|--------------------------|---------------------|---------|----------|
| | | Llano | Ondulado |
| 0-600 | Pesados | 1.1 | 1.8 |
| 600-1200 | Pesados | 1.1 | 1.5 |
| >1200 | Pesados | 1.00 | 1.0 |
| 0-600 | Vehículos de recreo | 1.00 | 1.0 |
| 600-1200 | Vehículos de recreo | 1.00 | 1.0 |
| >1200 | Vehículos de recreo | 1.00 | 1.0 |

Tabla N°3 Corrección por prohibición de adelantamiento

| Intensidad V/h | Reparto Por sentido (%) | % con prohibición de adelantar | | | | | |
|----------------|-------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| ≤ 200 | 50-50 | 0.0 | 10.1 | 17.2 | 20.2 | 21.0 | 21.8 |
| 400 | 50-50 | 0.0 | 12.4 | 19.0 | 22.7 | 23.8 | 24.8 |
| 600 | 50-50 | 0.0 | 11.2 | 16.0 | 18.7 | 19.7 | 20.5 |
| 800 | 50-50 | 0.0 | 9.0 | 12.3 | 14.1 | 14.5 | 15.4 |
| 1400 | 50-50 | 0.0 | 3.6 | 5.5 | 6.7 | 7.3 | 7.9 |
| 2000 | 50-50 | 0.0 | 1.8 | 2.9 | 3.7 | 4.1 | 4.4 |
| 2600 | 50-50 | 0.0 | 1.1 | 1.6 | 2.0 | 2.3 | 2.4 |
| ≥3200 | 50-50 | 0.0 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| ≤ 200 | 60-40 | 1.6 | 11.8 | 17.2 | 22.5 | 23.1 | 23.7 |



| | | | | | | | |
|-------|-------|-----|------|------|------|------|------|
| 400 | 60-40 | 0.5 | 11.7 | 16.2 | 20.7 | 21.5 | 22.2 |
| 600 | 60-40 | 0.0 | 11.5 | 15.2 | 18.9 | 19.8 | 20.7 |
| 800 | 60-40 | 0.0 | 7.6 | 10.3 | 13.0 | 13.7 | 14.4 |
| 1400 | 60-40 | 0.0 | 3.7 | 5.4 | 7.1 | 7.6 | 8.1 |
| 2000 | 60-40 | 0.0 | 2.3 | 3.4 | 3.6 | 4.0 | 4.3 |
| ≥2600 | 60-40 | 0.0 | 0.9 | 1.4 | 1.9 | 2.1 | 2.2 |
| ≤ 200 | 70-30 | 2.8 | 13.4 | 19.1 | 24.8 | 25.2 | 25.5 |
| 400 | 70-30 | 1.1 | 12.5 | 17.3 | 22.0 | 22.6 | 23.2 |
| 600 | 70-30 | 0.0 | 11.6 | 15.4 | 19.1 | 20.0 | 20.9 |
| 800 | 70-30 | 0.0 | 7.7 | 10.5 | 13.3 | 14.0 | 14.6 |
| 1400 | 70-30 | 0.0 | 3.8 | 5.6 | 7.4 | 7.9 | 8.3 |
| ≥2000 | 70-30 | 0.0 | 1.4 | 4.9 | 3.5 | 3.9 | 4.2 |
| ≤ 200 | 80-20 | 5.1 | 17.5 | 24.3 | 31.0 | 31.3 | 31.6 |
| 400 | 80-20 | 2.5 | 15.8 | 21.5 | 27.1 | 27.6 | 28 |
| 600 | 80-20 | 0.0 | 14.0 | 18.6 | 23.2 | 23.9 | 24.5 |
| 800 | 80-20 | 0.0 | 9.3 | 12.7 | 16.0 | 16.5 | 17.0 |
| 1400 | 80-20 | 0.0 | 4.6 | 6.7 | 8.7 | 9.1 | 9.5 |
| ≥2000 | 80-20 | 0.0 | 2.4 | 3.4 | 4.5 | 4.7 | 4.9 |
| ≤ 200 | 90-10 | 5.6 | 21.6 | 29.4 | 37.2 | 37.4 | 37.6 |
| 400 | 90-10 | 2.4 | 19.0 | 25.6 | 32.2 | 32.5 | 32.8 |
| 600 | 90-10 | 0.0 | 16.3 | 21.8 | 27.2 | 27.6 | 28.8 |
| 800 | 90-10 | 0.0 | 10.9 | 14.8 | 18.6 | 19.0 | 19.4 |
| ≥1400 | 90-10 | 0.0 | 5.5 | 7.8 | 10.0 | 10.4 | 10.7 |

Calculo de la Velocidad Media: Corrección de la velocidad libre

Tabla N°4 Corrección por anchura de carril

| Anchura (m) | F _a (km/h) |
|-------------|-----------------------|
| ≥2.7<3.0 | 3.5 |
| ≥3.0<3.3 | 1.7 |
| ≥3.3<3.6 | 0.7 |
| ≥3.6 | 0.0 |

Tabla N°5 Corrección por anchura de Arcén

| Anchura (m) | F _a (km/h) |
|-------------|-----------------------|
| ≥0.0<0.6 | 6.8 |
| ≥0.6<1.2 | 4.2 |
| ≥1.2<1.8 | 2.1 |
| ≥1.8 | 0.0 |

**Tabla N°6 Corrección por accesos**

| Accesos por Km | F _a (km/h) |
|----------------|-----------------------|
| 0 | 0.0 |
| 6 | 4.0 |
| 12 | 8.0 |
| 18 | 12.0 |
| ≥24 | 16.0 |

Corrección de la intensidad de tráfico**Tabla N°7 Corrección por efecto de trazado**

| Anchura (m) | Terreno | |
|-------------|---------|----------|
| | Llano | Ondulado |
| 0-600 | 1.00 | 0.71 |
| 600-1200 | 1.00 | 0.93 |
| >1200 | 1.00 | 0.99 |

Tabla N°8 Equivalencia de vehículos pesados

| Intensidad horaria (V/h) | Tipo de vehículo | Terreno | |
|--------------------------|---------------------|---------|----------|
| | | Llano | Ondulado |
| 0-600 | Pesados | 1.7 | 2.5 |
| 600-1200 | Pesados | 1.2 | 1.9 |
| >1200 | Pesados | 1.1 | 1.5 |
| 0-600 | Vehículos de recreo | 1.0 | 1.1 |
| 600-1200 | Vehículos de recreo | 1.0 | 1.1 |
| >1200 | Vehículos de recreo | 1.0 | 1.1 |

Calculo de la velocidad Media de los coches**Tabla N°9 Corrección por prohibición de adelantamiento**

| Intensidad V/h | % con prohibición de adelantar | | | | | |
|----------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 |
| 200 | 0.0 | 1.0 | 2.3 | 3.8 | 4.2 | 5.6 |
| 400 | 0.0 | 2.7 | 4.3 | 5.7 | 6.3 | 7.3 |
| 600 | 0.0 | 2.5 | 3.8 | 4.9 | 5.5 | 6.2 |
| 800 | 0.0 | 2.2 | 3.1 | 3.9 | 4.3 | 4.9 |



| | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1000 | 0.0 | 1.8 | 2.5 | 3.2 | 3.6 | 4.2 |
| 1200 | 0.0 | 1.3 | 2.0 | 2.6 | 3.0 | 3.4 |
| 1400 | 0.0 | 0.9 | 1.4 | 1.9 | 2.3 | 2.7 |
| 1600 | 0.0 | 0.9 | 1.1 | 1.7 | 2.1 | 2.4 |
| 1800 | 0.0 | 0.8 | 1.0 | 1.6 | 1.8 | 2.1 |
| 2000 | 0.0 | 0.8 | 1.0 | 1.4 | 1.6 | 1.8 |
| 2200 | 0.0 | 0.8 | 1.0 | 1.4 | 1.5 | 1.7 |
| 2400 | 0.0 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.7 |
| 2600 | 0.0 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.4 | 1.6 |
| 2800 | 0.0 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| 3000 | 0.0 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | 1.3 |
| 3200 | 0.0 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 |

Tabla N°10 Niveles de servicio en carreteras convencionales de calzada única con 2 carriles de clase 1

| Nivel de servicio | % de tiempo siguiendo | Velocidad media |
|-------------------|-----------------------|-----------------|
| A | ≤ 35 | > 90 |
| B | $> 35 \leq 50$ | $> 80 \leq 90$ |
| C | $> 50 \leq 65$ | $> 70 \leq 80$ |
| D | $> 65 \leq 80$ | $< 60 \leq 70$ |
| E | > 80 | ≤ 60 |

Tabla N°11 Niveles de servicio en carreteras convencionales de calzada única con 2 carriles de clase II

| Nivel de servicio | % de tiempo siguiendo |
|-------------------|-----------------------|
| A | ≤ 40 |
| B | $> 40 \leq 55$ |
| C | $> 55 \leq 70$ |
| D | $> 70 \leq 85$ |
| E | > 85 |

**Anexo 4. Capacidad y niveles de servicio en circulación ininterrumpida****Tabla 1. Definición de niveles de servicio Vías con calzadas separadas**

| Nivel de Servicio | Densidad Máxima | |
|-------------------|-----------------|------------|
| | Vía Primaria | Otras vías |
| A | 7 | 7 |
| B | 11 | 11 |
| C | 16 | 16 |
| D | 22 | 22 |
| E | 28 | 25-28 |

Tabla 2. Factor de corrección por anchura de carril

| Ancho de Carril(m) | Fa (Km/h) |
|--------------------|-----------|
| 3.6 | 0 |
| 3.5 | 1 |
| 3.4 | 2.1 |
| 3.3 | 3.1 |
| 3.2 | 5.6 |
| 3.2 | 8.1 |
| 3 | 10.6 |

Tabla 3. Factor por obstáculos laterales (km/h)

| Obstáculo derecha | a | la | Carriles por calzada | | | |
|----------------------|---|----|----------------------|-----|-----|-----|
| | | | 2 | 3 | 4 | 25 |
| 1.8 | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.5 | | | 1 | 0.7 | 0.3 | 0.2 |
| 1.2 | | | 1.9 | 1.3 | 0.7 | 0.4 |
| 0.9 | | | 2.9 | 1.9 | 1 | 0.6 |
| 0.6 | | | 3.9 | 2.6 | 1.3 | 0.8 |
| 0.3 | | | 4.8 | 3.2 | 1.6 | 1.1 |
| 0 | | | 5.8 | 3.9 | 1.9 | 1.3 |



Otras Vías

| Suma de Obstáculos en ambos lados | Carriles por calzada | |
|-----------------------------------|----------------------|-----|
| | 2 | 3 |
| 3.6 | 0 | 0 |
| 3 | 0.6 | 0.6 |
| 2.4 | 1.5 | 1.5 |
| 1.8 | 2.1 | 2.1 |
| 1.2 | 3 | 2.7 |
| 0.6 | 5.8 | 4.5 |
| 0 | 8.7 | 6.3 |

Tabla 4. Factor de corrección por enlaces

| Enlaces por km | Fc (km/h) |
|----------------|-----------|
| ≤0.3 | 0 |
| 0.4 | 1.1 |
| 0.5 | 2.1 |
| 0.6 | 3.9 |
| 0.7 | 5 |
| 0.8 | 6 |
| 0.9 | 8.1 |
| 1 | 9.2 |
| 1.1 | 10.2 |
| 1.2 | 12.1 |

Tabla 5. Factor de corrección por mediana

| Mediana | Fm (km/h) |
|-------------|-----------|
| Sin mediana | 2.6 |
| Con mediana | 0 |



Tabla 6. Factor de corrección por accesos (km/h)

| Accesos por km | Fc (km/h) |
|----------------|-----------|
| 0 | 0 |
| 6 | 4 |
| 12 | 8 |
| 18 | 12 |
| 24 o más | 16 |

Tabla 7. Factor por número de carriles

| Carriles calzada | por | Corrección (km/h) |
|------------------|-----|-------------------|
| 5 o más | | 0 |
| 4 | | 2.4 |
| 3 | | 4.8 |
| 2 | | 7.3 |

Tabla 8. factor de equivalencia de vehículos pesados

| Tipo de vehículo | Tipo de Terreno | | |
|----------------------|-----------------|----------|-------------|
| | Llano | Ondulado | Accidentado |
| Camiones y autobuses | 1.5 | 2.5 | 4.5 |
| Vehículos de recreo | 1.2 | 2 | 4 |

**Anexo 5. Ingresos en córdobas durante las temporadas de invierno y verano**

| Ingresos en verano | | | Años |
|--------------------|---------|-----------|------|
| Buses | Busetas | Vehículos | |
| 1386857 | 57786 | 69343 | 2008 |
| 1497233 | 62385 | 74862 | 2009 |
| 1607609 | 66984 | 80380 | 2010 |
| 1717985 | 71583 | 85899 | 2011 |
| 1828361 | 76182 | 91418 | 2012 |
| 1938686 | 80779 | 96934 | 2013 |
| 2049062 | 85378 | 102453 | 2014 |
| 2159438 | 89977 | 107972 | 2015 |
| 2269814 | 94576 | 113491 | 2016 |
| 2380190 | 99175 | 119010 | 2017 |
| 2490516 | 103772 | 124526 | 2018 |
| 2600892 | 108371 | 130045 | 2019 |
| 2711268 | 112970 | 135563 | 2020 |
| 2821644 | 117569 | 141082 | 2021 |
| 2932020 | 122168 | 146601 | 2022 |
| 3042346 | 126764 | 152117 | 2023 |
| 3152722 | 131363 | 157636 | 2024 |
| 3263098 | 135962 | 163155 | 2025 |
| 3373474 | 140561 | 168674 | 2026 |
| 3483850 | 145160 | 174192 | 2027 |
| 3594175 | 149757 | 179709 | 2028 |



| Ingresos en Invierno | | | Años |
|-----------------------------|----------------|------------------|-------------|
| Buses | Busetas | Vehículos | |
| 231143 | 19262 | 46229 | 2008 |
| 249539 | 20795 | 49908 | 2009 |
| 267935 | 22328 | 53587 | 2010 |
| 286331 | 23861 | 57266 | 2011 |
| 304727 | 25394 | 60945 | 2012 |
| 323114 | 26926 | 64623 | 2013 |
| 341510 | 28459 | 68302 | 2014 |
| 359906 | 29992 | 71981 | 2015 |
| 378302 | 31525 | 75660 | 2016 |
| 396698 | 33058 | 79340 | 2017 |
| 415086 | 34591 | 83017 | 2018 |
| 433482 | 36124 | 86696 | 2019 |
| 451878 | 37657 | 90376 | 2020 |
| 470274 | 39190 | 94055 | 2021 |
| 488670 | 40723 | 97734 | 2022 |
| 507058 | 42255 | 101412 | 2023 |
| 525454 | 43788 | 105091 | 2024 |
| 543850 | 45321 | 108770 | 2025 |
| 562246 | 46854 | 112449 | 2026 |
| 580642 | 48387 | 116128 | 2027 |
| 599029 | 49919 | 119806 | 2028 |

**Anexo 6. Análisis de Sensibilidad (Segunda Opción)****Tabla 1- Ingresos Anuales**

| Vehículos durante el año | Verano | Invierno | Verano | | | Ingresos en verano | | |
|--------------------------|--------|----------|--------|---------|-----------|--------------------|---------|-----------|
| | | | Buses | Busetas | Vehículos | Buses | Busetas | vehículos |
| 24765 | 14859 | 9906 | 8916 | 1486 | 4458 | 2228877 | 96585 | 111444 |
| 26736 | 16042 | 10695 | 9625 | 1604 | 4813 | 2406267 | 104272 | 120313 |
| 28707 | 17224 | 11483 | 10335 | 1722 | 5167 | 2583657 | 111958 | 129183 |
| 30678 | 18407 | 12271 | 11044 | 1841 | 5522 | 2761047 | 119645 | 138052 |
| 32649 | 19590 | 13060 | 11754 | 1959 | 5877 | 2938437 | 127332 | 146922 |
| 34619 | 20772 | 13848 | 12463 | 2077 | 6231 | 3115746 | 135016 | 155787 |
| 36590 | 21954 | 14636 | 13173 | 2195 | 6586 | 3293136 | 142703 | 164657 |
| 38561 | 23137 | 15425 | 13882 | 2314 | 6941 | 3470526 | 150389 | 173526 |
| 40532 | 24319 | 16213 | 14592 | 2432 | 7296 | 3647916 | 158076 | 182396 |
| 42503 | 25502 | 17001 | 15301 | 2550 | 7651 | 3825306 | 165763 | 191265 |
| 44474 | 26684 | 17789 | 16010 | 2668 | 8005 | 4002615 | 173447 | 200131 |
| 46445 | 27867 | 18578 | 16720 | 2787 | 8360 | 4180005 | 181134 | 209000 |
| 48416 | 29049 | 19366 | 17430 | 2905 | 8715 | 4357395 | 188820 | 217870 |
| 50387 | 30232 | 20155 | 18139 | 3023 | 9070 | 4534785 | 196507 | 226739 |
| 52358 | 31415 | 20943 | 18849 | 3141 | 9424 | 4712175 | 204194 | 235609 |
| 54328 | 32597 | 21731 | 19558 | 3260 | 9779 | 4889484 | 211878 | 244474 |
| 56299 | 33779 | 22519 | 20267 | 3378 | 10134 | 5066874 | 219565 | 253344 |
| 58270 | 34962 | 23308 | 20977 | 3496 | 10489 | 5244264 | 227251 | 262213 |
| 60241 | 36144 | 24096 | 21687 | 3614 | 10843 | 5421654 | 234938 | 271083 |
| 62212 | 37327 | 24885 | 22396 | 3733 | 11198 | 5599044 | 242625 | 279952 |
| 64182 | 38509 | 25673 | 23105 | 3851 | 11553 | 5776353 | 250309 | 288818 |



| Invierno | | | Ingresos en Invierno | | | Suma anual de Ingresos |
|----------|---------|-----------|----------------------|---------|-----------|------------------------|
| Buses | Busetas | Vehículos | Buses | Busetas | Vehículos | |
| 2972 | 991 | 5944 | 371480 | 34671 | 89155 | 2932212 |
| 3208 | 1069 | 6417 | 401045 | 37431 | 96251 | 3165578 |
| 3445 | 1148 | 6890 | 430610 | 40190 | 103346 | 3398944 |
| 3681 | 1227 | 7363 | 460175 | 42950 | 110442 | 3632311 |
| 3918 | 1306 | 7836 | 489740 | 45709 | 117537 | 3865677 |
| 4154 | 1385 | 8309 | 519291 | 48467 | 124630 | 4098937 |
| 4391 | 1464 | 8782 | 548856 | 51227 | 131725 | 4332303 |
| 4627 | 1542 | 9255 | 578421 | 53986 | 138821 | 4565670 |
| 4864 | 1621 | 9728 | 607986 | 56745 | 145917 | 4799036 |
| 5100 | 1700 | 10201 | 637551 | 59505 | 153012 | 5032403 |
| 5337 | 1779 | 10674 | 667103 | 62263 | 160105 | 5265662 |
| 5573 | 1858 | 11147 | 696668 | 65022 | 167200 | 5499029 |
| 5810 | 1937 | 11620 | 726233 | 67782 | 174296 | 5732395 |
| 6046 | 2015 | 12093 | 755798 | 70541 | 181391 | 5965762 |
| 6283 | 2094 | 12566 | 785363 | 73301 | 188487 | 6199128 |
| 6519 | 2173 | 13039 | 814914 | 76059 | 195579 | 6432388 |
| 6756 | 2252 | 13512 | 844479 | 78818 | 202675 | 6665754 |
| 6992 | 2331 | 13985 | 874044 | 81577 | 209771 | 6899121 |
| 7229 | 2410 | 14458 | 903609 | 84337 | 216866 | 7132487 |
| 7465 | 2488 | 14931 | 933174 | 87096 | 223962 | 7365853 |
| 7702 | 2567 | 15404 | 962726 | 89854 | 231054 | 7599113 |

**Tabla 2. Flujo de Fondos**

| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|---|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Ingreso de Operación | 0 | 166872.85 | 179174.71 | 191476.58 | 203778.45 | 216074.69 |
| Gastos Operacionales | 0 | | | | | |
| Costos de Operación | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 | 190,871.81 |
| Intereses sobre préstamos | 0.00 | 827111.16 | 816893.21 | 805346.91 | 792299.61 | 777556.15 |
| Depreciación y amortización intangibles | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 | 254495.74 |
| Ganancias Gravables | -445,367.55 | - | - | - | - | - |
| Impuestos sobre ganancias | | 1105,605.86 | 1083,086.05 | -1059,237.88 | 1033,888.71 | 1006,849.01 |
| Valores salvamentos gravables | | | | | | |
| Impuestos ventas de activos | | | | | | |
| Ingresos no gravables | | | | | | |
| Costos de Operación no deducibles | | | | | | |
| Valor libres activos vendidos | | | | | | |
| Ganancias netas | -445,367.55 | - | - | - | - | - |
| Depreciación y amortización intangibles | | 1105,605.86 | 1083,086.05 | -1059,237.88 | 1033,888.71 | 1006,849.01 |
| Valor salvamento activos no vendidos | | | | | | |
| Costos de inversión | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Inversiones financieras | | | | | | |
| Ingresos por emisiones de bonos | | | | | | |
| Dividendo pagados | | | | | | |
| Préstamos recibidos | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 | 6362393.56 |
| Amortización de préstamos | 0 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 | 736677.34 |
| Flujo de Fondos netos | -445,367.55 | - | - | - | - | - |
| | | 1842,283.20 | 1819,763.39 | -1795,915.22 | 1770,566.05 | 1743,526.35 |



Anexo 7. Hoja de cálculos de espesores de pavimentos.

De acuerdo a los Módulos de Resiliencia (M_r) se obtienen los números estructurales de diseño (SN), utilizando el nomograma de la figura III.8.1, de la siguiente forma:

- 1) Comenzando en el lado izquierdo del ábaco, en donde dice Confiabilidad R (%), se sale con valor de **$R = 0.70$**
- 2) En la siguiente línea inclinada que dice .Desviación Standard S_o . se pone el valor de **$S_o = 0.45$** y uniendo este punto con el de **$R = 0.70$** del punto anterior, se traza una línea que intercepte la siguiente línea TL en un punto que va a servir de pivote.
- 3) En la siguiente línea vertical dice: No. Total de ESAL's aplicados W18 (millones), en esta encontramos el valor de **$2,335,355 \text{ ESAL's} = 2.3$** en el ábaco; entonces uniendo el punto de pivote de la línea anterior con este nuevo punto, se encuentra otro punto pivote en la siguiente línea vertical TL.
- 4) En la siguiente línea vertical que dice .Módulo Resiliente efectivo de la subrasante (ksi)., se encuentra el valor de M_r (Mpa-psi) = 8,333 (para la unidad 1) 8,735 (para la unidad 2) para la subrasante, se une el último punto pivote encontrado anteriormente y el valor de 8.3 y 8.7 (para cada unidad) en esta línea hasta encontrar la primera línea vertical izquierda del cuadro situado a la extrema derecha.
- 5) De este punto de intersección, se continúa horizontalmente hasta encontrar la línea inclinada que corresponde a un valor de **$\Delta \text{PSI} = 1.5$** que es .Pérdida de serviciabilidad de diseño ó ΔPSI ., de este punto se baja a la línea inferior del cuadro en donde se encuentra el .Número estructural de diseño SN., que para el caso es **3.5** (para proteger la subrasante de la U1) y 3.4 (para proteger la subrasante de la U2) que es el Número Estructural **requerido** para proteger toda la estructura del pavimento.
- 6) Para los siguientes valores de $M_r = 14,000 = 14$ el valor de SN2 es 2.70 (para proteger la subbase granular) y para $M_r = 40,000 = 40$ el valor de SN1 es de 1.9 (para proteger la base triturada).



7) Seguidamente para encontrar los valores de los coeficientes estructurales de capa (a_x), se hace uso de las figuras antes mencionadas donde se hace uso del módulo elástico del concreto asfáltico y los módulos de resiliencia de la base y la subbase.

7.1) Con el valor del módulo elástico del concreto asfáltico ($Mpa = 400,000$) de la Tabla III.8.5, se encuentra el coeficiente estructural de capa a_1 es igual 0.44.

8) Se calcula el espesor de capa asfáltica, suponiendo un M_r igual al de la base; así se calcula el SN_1 que debe ser absorbido por el concreto asfáltico conforme la fórmula 7-2 en función de:

$$D_1 \geq SN_1 / a_1 = 1.9 / 0.44 = 4.3'', \text{ adoptar } 4''$$

Entonces el SN_1^* absorbido por el Concreto Asfáltico conforme la fórmula 7-6 es:

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^* = 0.44 \times 4 = 1.76$$

Después se calcula el espesor mínimo de la capa de base, conforme la fórmula

$$D_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / a_2 m_2$$

$$D_2^* \geq 2.70 - 1.76 / 0.14 \times 0.90 = 7.46'' \text{ adoptar } 7.5''$$

Entonces el SN_2^* absorbido por la base conforme la fórmula anterior es:

$$SN_2^* = a_2 m_2 D_2^*$$

$$SN_2^* = 0.14 \times 0.90 \times 7.5 = 0.945$$

Después se calcula el espesor de la subbase, conforme la fórmula:

$$D_3^* \geq (SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)) / a_3 m_3$$

$$D_3^* \geq (3.5 - (2.94 + 0.672)) / 0.10 \times 0.90 = 4.97'' \text{ adoptar } 5''.$$

Siendo el SN_3^* absorbido por la subbase, conforme la fórmula



$$SN_3^* = a \cdot 3 \cdot m \cdot 3 \cdot D_3^*$$

$$SN_3^* = 0.16 \times 1 \times 5 = 1.47 \cdot 0.8$$

Para verificación tenemos la fórmula 5-8, que es la suma de los valores de las fórmulas 7-9, 7-10 y 7-11.

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* = 1.76 + 0.945 + 0.8 = 3.505 \geq 5.0$$

Si el resultado de la suma de los números estructurales es menor al número estructural requerido, es necesario revisar los espesores asumidos en el inicio, incrementándolos para obtener un número estructural mayor. Se deben considerar otros factores que pueden modificarse para obtener el número estructural requerido (materiales, drenajes, períodos de diseño, etc).

Por lo tanto, los espesores de diseño que cumplan con las especificaciones de los materiales son:

Capa asfáltica: 4" (10 centímetros)

Base: 7.5" (19 centímetros)

Subbase: 5" (13 centímetros)

Debido a que el espesor de capa asfáltica es muy ancho, por lo que produce un alto costo para satisfacer el número estructural de 3.5 para la primera unidad estructural, se decidió reducir el espesor de la capa asfáltica y aumentar los de la base y subbase pero siempre con la finalidad de obtener un número estructural mayor al requerido (3.5), esto con el fin de reducir costos.

Al efectuar los cálculos se obtuvieron los siguientes valores:

Carpeta: 2" (5 cm)

Base: 14" (36 cm)

Subbase 16" (156 cm)



Anexo 8. Figuras utilizadas en el cálculo de espesores de pavimento

Figura III.8.1 Determinación del Número Estructural SN

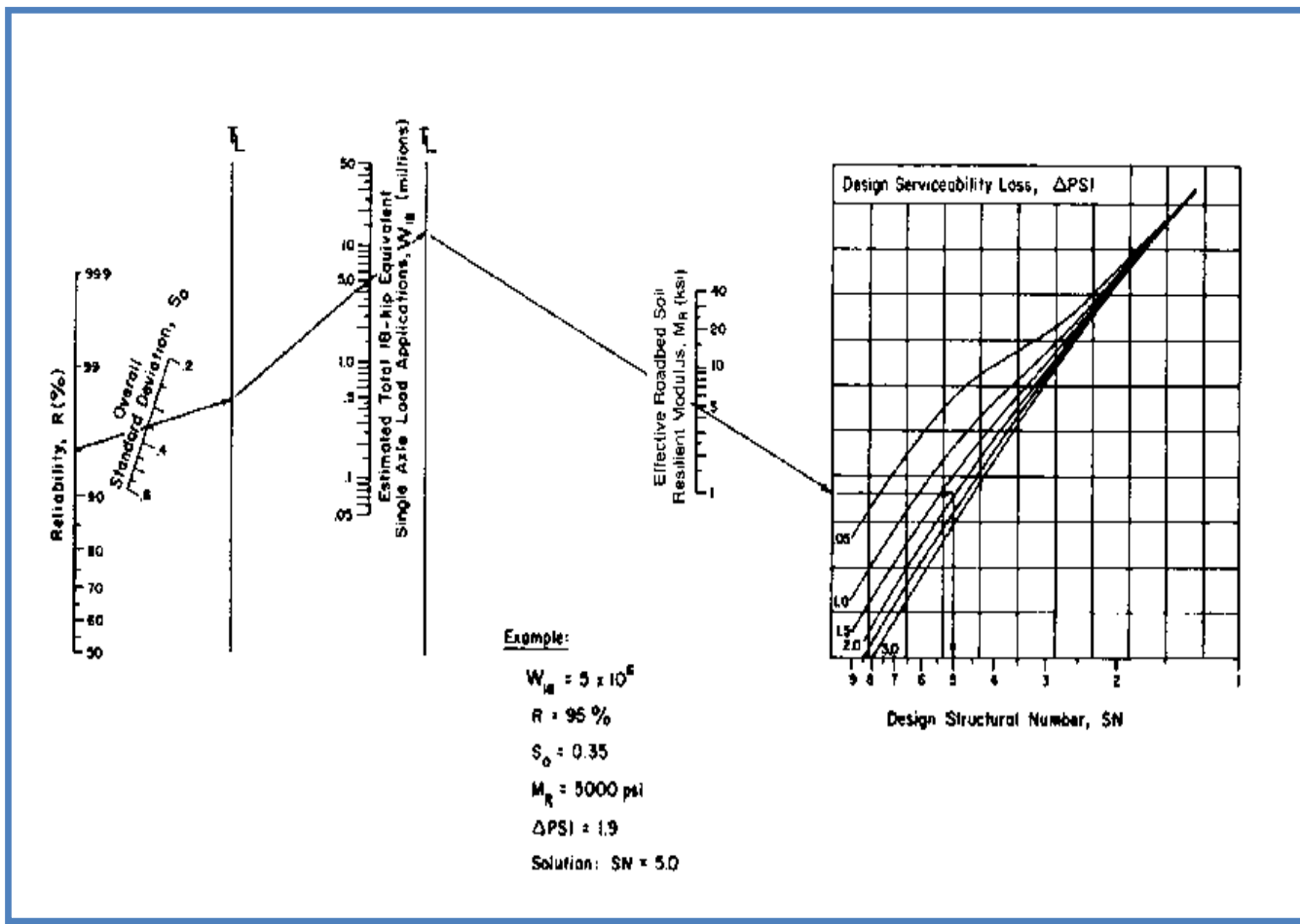




Figura III.8.2- VARIACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CAPA "a3", EN SUBBASES GRANULARES.

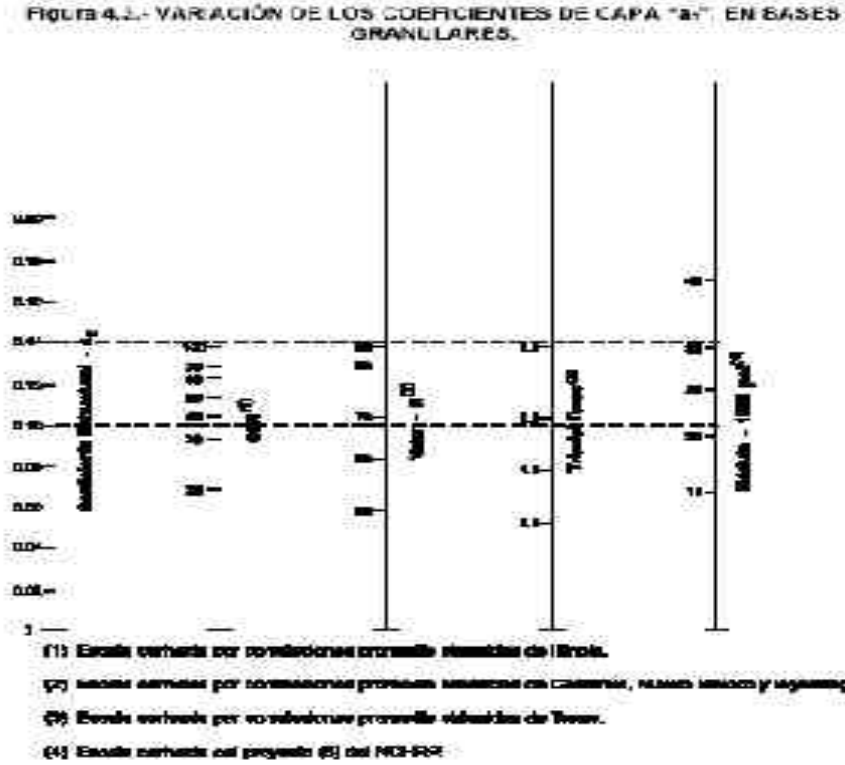
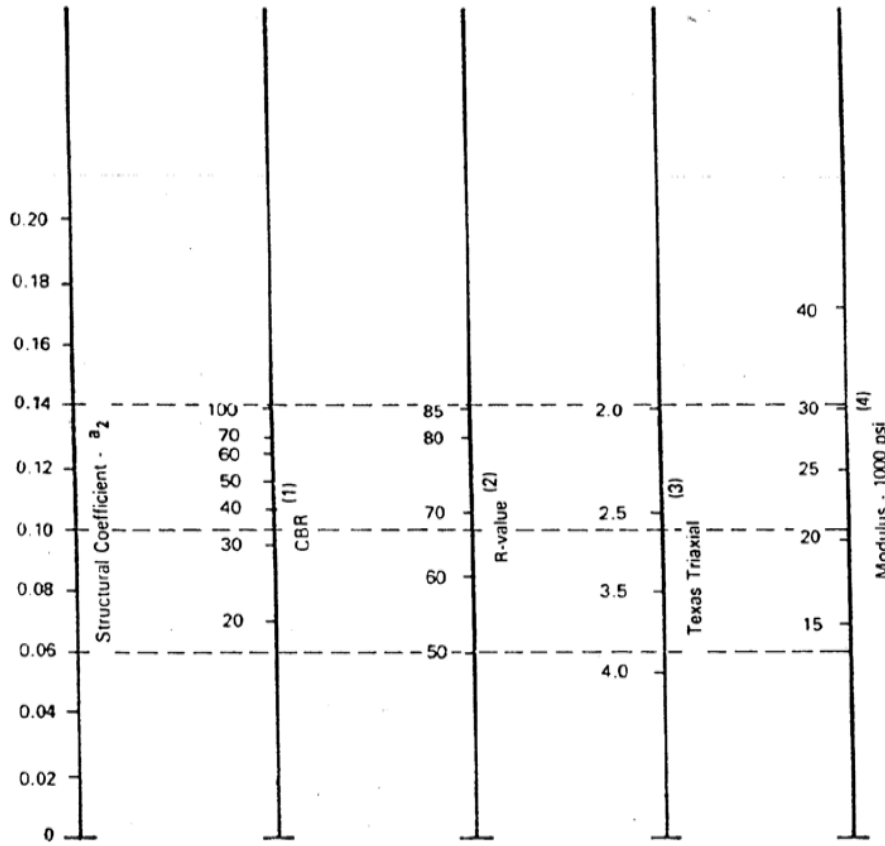




Figura III.8.3- VARIACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CAPA "a2", EN BASES GRANULARES



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

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



Anexo 9. Álbum de Fotos



Foto 1- Iglesia Católica del Municipio de San Jorge



Foto 2- Situación Actual de la Carretera asfáltica que parte de la Iglesia de San Jorge



Foto 3- Situación Actual del camino de San Jorge al balneario El Riego



Foto 4- Situación Actual del lugar donde se construiría la carretera costanera



Foto 5- Dragado de los Hollman, lugar donde termina la primera parte del Proyecto Vía Turística entre los balneario de San Jorge y El Menco



Foto 6- Vista desde el balneario El Riego al Lago de Nicaragua

**Anexo 10. Factores de ejes equivalentes de carga según el tipo de vehículos**

| Ejes simples , Pt=2.5 | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Carga p/eje (kips) | Numero estructural SN | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 |
| 4 | 0.003 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.002 |
| 6 | 0.011 | 0.017 | 0.017 | 0.013 | 0.01 | 0.009 |
| 8 | 0.032 | 0.047 | 0.051 | 0.041 | 0.034 | 0.031 |
| 10 | 0.078 | 0.102 | 0.118 | 0.102 | 0.088 | 0.08 |
| 12 | 0.168 | 0.198 | 0.229 | 0.213 | 0.189 | 0.176 |
| 14 | 0.328 | 0.358 | 0.399 | 0.388 | 0.36 | 0.342 |
| 16 | 0.591 | 0.613 | 0.646 | 0.645 | 0.623 | 0.606 |
| 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 | 1.61 | 1.57 | 1.49 | 1.47 | 1.51 | 1.55 |
| 22 | 2.48 | 2.38 | 2.17 | 2.09 | 2.18 | 2.3 |
| 24 | 3.69 | 3.49 | 3.09 | 2.89 | 3.03 | 3.27 |
| 26 | 5.33 | 4.99 | 4.31 | 3.91 | 4.09 | 4.48 |
| 28 | 7.49 | 6.98 | 5.9 | 5.21 | 5.39 | 5.98 |
| 30 | 10.3 | 9.5 | 7.9 | 6.8 | 7 | 7.8 |
| 32 | 13.9 | 12.8 | 10.5 | 8.8 | 8.9 | 10 |
| 34 | 18.4 | 16.9 | 13.7 | 11.3 | 11.2 | 12.5 |
| 36 | 24 | 22 | 17.7 | 14.4 | 13.9 | 15.5 |
| 38 | 30.9 | 28.3 | 22.6 | 18.1 | 17.2 | 19 |
| 40 | 39.3 | 35.9 | 28.5 | 22.5 | 21.1 | 23 |
| 42 | 49.3 | 45 | 35.6 | 27.8 | 25.6 | 27.7 |
| 44 | 61.3 | 55.9 | 44 | 34 | 31 | 33.1 |
| 46 | 75.5 | 68.8 | 54 | 41.4 | 37.2 | 39.3 |
| 48 | 92.2 | 83.9 | 65.7 | 50.1 | 44.5 | 46.5 |
| 50 | 112 | 102 | 79 | 60 | 53 | 55 |

| Ejes Tandem Pt= 2.5 | |
|-----------------------|-----------------------|
| Carga p/Eje (kips) | Numero Estructural SN |



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0002 |
| 6 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 8 | 0.004 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| 10 | 0.008 | 0.013 | 0.011 | 0.009 | 0.007 | 0.006 |
| 12 | 0.015 | 0.024 | 0.023 | 0.018 | 0.014 | 0.013 |
| 14 | 0.026 | 0.041 | 0.042 | 0.033 | 0.027 | 0.024 |
| 16 | 0.044 | 0.065 | 0.07 | 0.057 | 0.047 | 0.043 |
| 18 | 0.07 | 0.097 | 0.109 | 0.092 | 0.077 | 0.07 |
| 20 | 0.107 | 0.141 | 0.162 | 0.141 | 0.121 | 0.11 |
| 22 | 0.16 | 0.198 | 0.229 | 0.207 | 0.18 | 0.166 |
| 24 | 0.231 | 0.273 | 0.315 | 0.292 | 0.26 | 0.242 |
| 26 | 0.327 | 0.37 | 0.42 | 0.401 | 0.364 | 0.342 |
| 28 | 0.451 | 0.493 | 0.548 | 0.534 | 0.495 | 0.47 |
| 30 | 0.611 | 0.648 | 0.703 | 0.695 | 0.658 | 0.633 |
| 32 | 0.813 | 0.843 | 0.889 | 0.887 | 0.857 | 0.834 |
| 34 | 1.06 | 1.08 | 1.11 | 1.11 | 1.09 | 1.08 |
| 36 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 |
| 38 | 1.75 | 1.73 | 1.69 | 1.68 | 1.7 | 1.73 |
| 40 | 2.21 | 2.16 | 2.06 | 2.03 | 2.08 | 2.14 |
| 42 | 2.76 | 2.67 | 2.49 | 2.43 | 2.51 | 2.61 |
| 44 | 3.41 | 3.27 | 2.99 | 2.88 | 3 | 3.16 |
| 46 | 4.18 | 3.98 | 3.58 | 3.4 | 3.55 | 3.79 |
| 48 | 5.08 | 4.8 | 4.25 | 3.98 | 4.17 | 4.49 |
| 50 | 6.12 | 5.76 | 5.03 | 4.64 | 4.86 | 5.28 |
| 52 | 7.33 | 6.87 | 5.93 | 5.38 | 5.63 | 6.17 |
| 54 | 8.72 | 8.14 | 6.95 | 6.22 | 6.47 | 7.15 |
| 56 | 10.3 | 9.6 | 8.1 | 7.2 | 7.4 | 8.2 |
| 58 | 12.1 | 11.3 | 9.4 | 8.2 | 8.4 | 9.4 |
| 60 | 14.2 | 13.1 | 10.9 | 9.4 | 9.6 | 10.7 |
| 62 | 16.5 | 15.3 | 12.6 | 10.7 | 10.8 | 12.1 |
| 64 | 19.1 | 17.6 | 14.5 | 12.2 | 12.2 | 13.7 |
| 66 | 22.1 | 20.3 | 16.6 | 13.8 | 13.7 | 15.4 |
| 68 | 26.3 | 23.3 | 18.9 | 15.6 | 15.4 | 17.2 |
| 70 | 29 | 26.6 | 21.5 | 17.6 | 17.2 | 19.2 |
| 72 | 33 | 30.3 | 24.4 | 19.8 | 19.2 | 21.3 |
| 74 | 37.5 | 34.4 | 27.6 | 22.2 | 21.3 | 23.6 |
| 76 | 42.5 | 38.9 | 31.1 | 24.8 | 23.7 | 26.1 |



| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 78 | 48 | 43.9 | 35 | 27.8 | 26.2 | 28.8 |
| 80 | 54 | 49.4 | 39.2 | 30.9 | 29 | 31.7 |
| 82 | 60.6 | 55.4 | 43.9 | 34.4 | 32 | 34.8 |
| 84 | 67.8 | 61.9 | 49 | 38.2 | 35.3 | 38.1 |
| 86 | 75.7 | 69.1 | 54.5 | 42.3 | 38.8 | 41.7 |
| 88 | 84.3 | 76.9 | 60.6 | 46.8 | 42.6 | 45.6 |
| 90 | 93.7 | 85.4 | 67.1 | 51.7 | 46.8 | 49.7 |

| Ejes Tridem Pt= 2.5 | | | | | | |
|---------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Carga p/eje (kips) | Eje estructural SN | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| 6 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0003 |
| 8 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 10 | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| 12 | 0.005 | 0.007 | 0.006 | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| 14 | 0.008 | 0.012 | 0.01 | 0.008 | 0.006 | 0.006 |
| 16 | 0.012 | 0.019 | 0.018 | 0.013 | 0.011 | 0.01 |
| 18 | 0.018 | 0.029 | 0.028 | 0.021 | 0.017 | 0.016 |
| 20 | 0.027 | 0.042 | 0.042 | 0.032 | 0.027 | 0.024 |
| 22 | 0.038 | 0.058 | 0.06 | 0.048 | 0.04 | 0.036 |
| 24 | 0.053 | 0.078 | 0.084 | 0.068 | 0.057 | 0.051 |
| 26 | 0.072 | 0.103 | 0.114 | 0.095 | 0.08 | 0.072 |
| 28 | 0.098 | 0.133 | 0.151 | 0.128 | 0.109 | 0.099 |
| 30 | 0.129 | 0.169 | 0.195 | 0.17 | 0.145 | 0.133 |
| 32 | 0.169 | 0.213 | 0.247 | 0.22 | 0.191 | 0.175 |
| 34 | 0.219 | 0.266 | 0.308 | 0.281 | 0.246 | 0.228 |
| 36 | 0.279 | 0.329 | 0.379 | 0.352 | 0.313 | 0.292 |
| 38 | 0.352 | 0.403 | 0.461 | 0.436 | 0.393 | 0.368 |
| 40 | 0.439 | 0.491 | 0.554 | 0.533 | 0.487 | 0.459 |
| 42 | 0.543 | 0.594 | 0.661 | 0.644 | 0.597 | 0.567 |
| 44 | 0.666 | 0.714 | 0.781 | 0.769 | 0.723 | 0.692 |
| 46 | 0.811 | 0.854 | 0.918 | 0.911 | 0.868 | 0.838 |
| 48 | 0.979 | 1.015 | 1.072 | 1.069 | 1.033 | 1.005 |
| 50 | 1.17 | 1.2 | 1.24 | 1.25 | 1.22 | 1.2 |



| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 52 | 1.4 | 1.41 | 1.44 | 1.44 | 1.43 | 1.41 |
| 54 | 1.66 | 1.66 | 1.66 | 1.66 | 1.66 | 1.66 |
| 56 | 1.95 | 1.93 | 1.9 | 1.9 | 1.91 | 1.93 |
| 58 | 2.29 | 2.25 | 2.17 | 2.16 | 2.2 | 2.24 |
| 60 | 2.67 | 2.6 | 2.48 | 2.44 | 2.51 | 2.58 |
| 62 | 3.09 | 3 | 2.82 | 2.76 | 2.85 | 2.95 |
| 64 | 3.57 | 3.44 | 3.19 | 3.1 | 3.22 | 3.36 |
| 66 | 4.11 | 3.94 | 3.61 | 3.47 | 3.62 | 3.81 |
| 68 | 4.71 | 4.49 | 4.06 | 3.88 | 4.05 | 4.3 |
| 70 | 5.38 | 5.11 | 4.57 | 4.32 | 4.52 | 4.84 |
| 72 | 6.12 | 5.79 | 5.13 | 4.8 | 5.03 | 5.41 |
| 74 | 6.93 | 6.54 | 5.74 | 5.32 | 5.57 | 6.04 |
| 76 | 7.84 | 7.37 | 6.41 | 5.88 | 6.15 | 6.71 |
| 78 | 8.83 | 8.28 | 7.14 | 6.49 | 6.78 | 7.43 |
| 80 | 9.92 | 9.28 | 7.95 | 7.15 | 7.45 | 8.21 |
| 82 | 11.1 | 10.4 | 8.8 | 7.9 | 8.2 | 9 |
| 84 | 12.4 | 11.6 | 9.8 | 8.6 | 8.9 | 9.9 |
| 86 | 13.8 | 12.9 | 10.8 | 9.5 | 9.8 | 10.9 |
| 88 | 15.4 | 14.3 | 11.9 | 10.4 | 10.6 | 11.9 |
| 90 | 17.1 | 15.8 | 13.2 | 11.3 | 11.6 | 12.9 |



Anexo 11. Formulario de Solicitud de Permiso Ambiental del MARENA

**MINISTERIO DEL AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
DIRECCIÓN GENERAL DE REGULACIÓN AMBIENTAL
CENTRO DE ATENCIÓN AL PÚBLICO**

INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DEL FORMULARIO DE SOLICITUD DE PERMISO AMBIENTAL

I. Datos generales

1. Nombre completo y siglas (si ese fuera el caso) como será conocido el proyecto
2. Anotar el nombre de la persona natural o jurídica que propone el proyecto
3. Dirección exacta de la oficina central de la empresa, sociedad o persona natural etc. indicando el departamento, municipio o comarca.
4. Indicar el (los) número (s) de teléfono, fax y correo electrónico donde pueda ser contactado el proponente o solicitante.
5. Nombre de la persona que representa legalmente al proyecto o empresa ante las autoridades pertinentes (adjuntar documento legal).
6. Dirección exacta de la oficina o domicilio. indicando el departamento, municipio o comarca donde pueda ser contactado.
7. Indicar el (los) número (s) de teléfono, fax y correo electrónico donde pueda ser contactado el representante legal.

II. Ubicación del proyecto

8. Escribir la ubicación exacta del proyecto, indicando el departamento, municipio o comarca
9. Marcar con una x la zona donde se ubica el proyecto
10. Indicar la dirección exacta del mismo
11. Indicar el área total del proyecto y el área específica de las instalaciones que abarcará (anexar mapa a escala 1:50,000 para ubicar el área)

III. Descripción del proyecto

12. Marcar con una x la casilla corespondiente donde se clasifica el proyecto o actividad
13. Marcar con una x la casilla donde se ubica la fase en que se encuentra el proyecto al momento de hacer la solicitud.
14. Debe describir de manera detallada en que consiste el proyecto, definiendo las etapas de ejecución e identificando acciones y/o procesos principales. Así mismo, debe definir la inversión total



del proyecto, el área que abarca y cualquier otro dato que considere relevante para aportar una adecuada idea del proyecto (anexar gráficos, tablas, esquemas que ilustre su proyecto)

15. Marcar si existen las áreas estructuras descritas en el formulario en un perímetro de 1,000 mts. Especifique el nombre de aquellas áreas que han sido marcadas.

16. Escribir los nombres y las distancias de asentamientos humanos, centros culturales, turísticos, asistenciales, educacionales o religiosos y otros ubicados en un radio menor o igual a 1,000 mts.

17. Indique si el desarrollo del proyecto afecta el aprovechamiento de otros recursos por parte de la población local. Explique en que consiste la restricción.

18. Debe indicar si el proyecto requiere la construcción de caminos de acceso. Así como, debe definir si estos caminos serán de uso temporal o permanente. La ubicación de estos caminos deben ser presentados sobre el mapa o ubicación del proyecto.

19. Indique si la construcción del proyecto demandará la explotación de bancos de préstamo.

20. En caso afirmativo para la respuesta 8, indique si estos bancos de préstamo cuentan con su permiso o están en trámite.

21. Indique si en la fase de construcción del proyecto, se afectarán áreas con cubierta vegetal. Si la respuesta es positiva, indique el área y el tipo de vegetación a ser afectada, entiendase por:

Matorral : Comunidad mixta de herbáceas, arbustos, bejucos y especies invasoras en general

Bosque Ralo : Área con poca vegetación arborea y dispersa.

Bosque Denso: Área con vegetación arborea abundante.

22. Indicar si el proyecto provocará desplazamientos de población reubicada en otro sector.

23. Escribir en la casilla correspondiente la fuente de abastecimiento de agua, el volumen de agua promedio que se consumirá a lo largo del proyecto (incluyendo etapa de construcción y operación), expresado en metros cúbicos por día ($m^3/día$). Si existieren otras fuentes de suministro, éstas deben ser indicadas. Además, se deberá indicar el nivel freático a que se encuentra el área donde se instalará el proyecto.

24. Especificar la cantidad de energía a utilizar en unidades (Kw/hora). Si la fuente de abastecimiento de energía es distinta a la red existente, indicar el tipo de combustible utilizado, la cantidad (expresada en galones por día), el lugar y la forma de almacenamiento.

25. Anotar la cantidad estimada por día de las descargas de aguas residuales, expresada en metros cúbicos por día.

26. Marcar el (los) punto (s) de descarga final para el efluente de las aguas residuales. En la línea especifique se debe escribir el (los) nombre (s) del (los) cuerpo (s) receptor (es).

27. Explique de manera resumida el tipo de desechos sólidos generados por el proyecto al desarrollar. Así mismo indique el volumen a producir, la disposición prevista para estos desechos o métodos de tratamientos incluidos en el proyecto, incluyendo el sistema de transporte del proyecto al sitio de disposición final.



28. Identifique las emisiones que el proyecto generará hacia la atmosfera. Explique de manera resumida los métodos preventivos incorporados en el proyecto.
29. Explicar de manera resumida si el proyecto tiene repercusiones sobre la comunidad. Para ello utilice aquellas opiniones que sobre el proyecto se haya formado la sociedad civil o entes gubernamentales involucrando directamente en la zona de desarrollo del proyecto.
30. Indicar el nombre de el proponente o representante legal quien responde ante la autoridad ambiental por la información suministrada.
31. Anotar la fecha en que se está solicitando el Permiso Ambiental.
32. Aquí debe firmar el presidente o el representante legal del proyecto o actividad.
33. La Oficina de Evaluación de Impacto Ambiental anota la fecha en que se recibe el formulario con toda la información completa, así como los anexos. El encargado firma y sella la copia que se entrega al proponente.

Nota: En caso de ser necesario utilizar hojas adicionales, estas deberán ser indicadas como anexos. Debe ser presentado en original y 3 copias de: el formulario , perfil del proyecto y plano de ubicación del proyecto, recibo de caja oficial del MARENA y poder notariado que acredite al representante del proyecto ante MARENA.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARENA)
DIRECCIÓN GENERAL DE REGULACIÓN AMBIENTAL (DGRA)
DIRECCION DE ATENCION AL PUBLICO**

FORMULARIO DE SOLICITUD DE PERMISO AMBIENTAL

No. Expediente _____

I. DATOS GENERALES

1. Nombre _____ del _____ proyecto:
2. Nombre _____ del _____ solicitante:
3. Dirección _____ del _____ solicitante:
4. Teléfono: _____ Fax: _____ E-mail: _____
5. Nombre _____ del _____ Representante Legal: _____
6. Dirección _____ del _____ Representante Legal: _____



7. Teléfono: _____ Fax: _____ E-mail: _____

II. UBICACIÓN DEL PROYECTO

1. Departamento o Región: _____ Municipio: _____ Comarca: _____

2. Zona Urbana: _____ Zona Rural: _____

3. Dirección exacta del proyecto: _____

4. Área del proyecto: _____ m²

Se deberá anexar plano de la localización y mapa a escala 1:50,000 de la ubicación del proyecto.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1. Nuevo: _____ Rehabilitación: _____ Ampliación: _____ Reconversión: _____

2. Etapa del proyecto

Perfil: _____ Prefactibilidad: _____ Ampliación: _____

Reconversión: _____ Rehabilitación: _____

3. Descripción detallada del proyecto (definir etapas, identificar acciones y/o procesos principales, costos, área total que abarca el proyecto, área de las instalaciones, etc.). Utilice hojas adicionales (si es necesario).

4. Indicar la existencia en el terreno donde se ubicará el proyecto en un perímetro de 1,000 mts. de las siguientes áreas y estructuras:

Áreas protegidas: _____ Ríos, Manantiales: _____ Esteros: _____ Arrecifes de coral: _____

Bienes paleontológicos: _____ Bienes arqueológicos: _____

Bienes históricos y artísticos: _____

Especifique _____ cual _____ (es):



5. Que tipo de actividades se realizan en predios colindantes con el área donde estará ubicado el proyecto (asentamientos humanos, centros culturales, turísticos, asistenciales, educacionales o religiosos u otros) que se encuentra comprendido en un radio menor o igual a 1,000 mts.

6. El proyecto restringe el aprovechamiento o uso de otros recursos naturales por parte de la población local.

Si: _____ No: _____

Explique:

7. Se construirán caminos de acceso al sitio del proyecto:

Si: _____ No: _____

¿Se trata de caminos temporales o de uso permanente? Ubíquelos en el mapa y describa

8. ¿Se prevee la explotación de bancos de préstamo durante la fase de construcción?

Si: _____ No: _____ Ubique en el mapa y describa: _____

9. ¿Se ha obtenido anteriormente o se encuentra en trámite el Permiso Especial para la explotación de estos bancos? Si: _____ No: _____ Explique

10. En la fase de construcción del proyecto se afectan áreas con cubierta vegetal

Si: _____ No: _____

11. Indicar si habrá desplazamiento de la población: Si: _____ No: _____

12. SERVICIOS QUE DEMANDA EL PROYECTO

Recurso de agua en las fases de construcción y funcionamiento

| Fuente de abastecimiento | Consumo (m ³ /día) | |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| | Construcción | Funcionamiento |
| Conectado a la red | | |
| Pozo | | |
| Otro suministro (especificar) | | |



Profundidad de la tabla de agua: _____

13. DEMANDA DE ENERGÍA

Fuente de abastecimiento: _____ Cantidad (Kw/h): _____

| | |
|---|--|
| Si posee otras fuentes de abastecimiento indicar: | |
| Tipo de combustible utilizado | |
| Cantidad utilizada para generar fluido eléctrico (por unidad de tiempo) | |
| Forma de almacenamiento del combustible | |

14. Estimación del volumen de aguas residuales descargadas _____ m³/día

15. Punto de descarga final para el efluente de las aguas residuales, domésticas e industriales (marque con una X).

| | | | |
|---------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| Río | <input type="checkbox"/> | Mar abierto | <input type="checkbox"/> |
| Lago o Laguna | <input type="checkbox"/> | Quebrada/arroyo | <input type="checkbox"/> |
| Cauce | <input type="checkbox"/> | Alcantarillado | <input type="checkbox"/> |
| Embalse | <input type="checkbox"/> | Otro | <input type="checkbox"/> |

Especifique:

16. Describa el tipo de desechos sólidos generados y disposición prevista, incluyendo el método de transporte al sitio de disposición final.

17. Describa el tipo de emisiones a la atmosfera que se generarán y métodos preventivos.

18. Indique la repercusión del proyecto en la comunidad, anotando cualquier opinión que se haya formado sobre el proyecto por la alcaldía, las asociaciones, la comunidad y el gobierno regional.



Yo, _____ confirmo que toda la información suministrada, en este instrumento y los anexos que la acompañan, es verdadera y correcta y someto por este medio la Solicitud de Permiso Ambiental para el proyecto/actividad arriba descrito.

Fecha de solicitud: _____

Firma del Representante Legal: _____

Fecha de recibido en la Oficina de E.I.A. _____

Firma y sello del Administrador de la Oficina de E.I.A. _____

Nota: presentar original y 3 copias de: Formulario de Solicitud, Poder Notariado que acredite al Representante Legal, Perfil del Proyecto, Plano de Ubicación o Mapa a escala 1:50,000 de la Localización del Proyecto y Recibo original de caja oficial del pago de los trámites del permiso ambiental. Este pago se efectuará una vez que la Dirección General de Calidad Ambiental (DGCA), le notifique oficialmente.

Proyectos ubicados en Managua: 250 dólares
Proyectos ubicados en pacífico central: 400 dólares
Proyectos ubicados en la RAAN y RAAS: 600 dólares

**Anexo 12. Coordenadas tomadas sobre la vía mediante un GPS**

| Puntos Tomados | ESTACIONAMIENTO | ELEVACION | Coordenada en x | Coordenada en Y |
|--|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Iglesia San Jorge | 0 | 60 | 630863 | 1266318 |
| | 50 | 59.84 | | |
| | 100 | 59.69 | | |
| | 150 | 59.53 | | |
| | 200 | 59.37 | | |
| | 250 | 59.22 | | |
| | 300 | 59.06 | | |
| | 350 | 58.90 | | |
| | 400 | 58.75 | | |
| | 450 | 58.59 | | |
| Terminación carretera asfáltica | 478.92 | 58.5 | 630771 | 1266788 |
| | 528.92 | 58.28 | | |
| | 578.92 | 58.07 | | |
| | 628.92 | 57.85 | | |
| | 678.92 | 57.64 | | |
| | 728.92 | 57.42 | | |
| | 778.92 | 57.21 | | |
| | 828.92 | 56.99 | | |
| | 878.92 | 56.78 | | |
| | 928.92 | 56.56 | | |
| | 978.92 | 56.35 | | |
| | 1028.92 | 56.13 | | |
| | 1078.92 | 55.92 | | |
| | 1128.92 | 55.70 | | |
| | 1178.92 | 55.49 | | |
| | 1228.92 | 55.27 | | |
| | 1278.92 | 55.06 | | |



| | | | | |
|---------------------------------------|---------|-------|--------|---------|
| | 1328.92 | 54.84 | | |
| | 1378.92 | 54.63 | | |
| | 1428.92 | 54.41 | | |
| | 1478.92 | 54.20 | | |
| | 1528.92 | 53.98 | | |
| | 1578.92 | 53.77 | | |
| | 1628.92 | 53.55 | | |
| | 1678.92 | 53.34 | | |
| Nahualapa (Finca) | 1687.6 | 53.30 | 631014 | 1267972 |
| | 1737.6 | 53.12 | | |
| | 1787.6 | 52.94 | | |
| | 1837.6 | 52.75 | | |
| | 1887.6 | 52.57 | | |
| | 1937.6 | 52.39 | | |
| | 1987.6 | 52.21 | | |
| | 2037.6 | 52.02 | | |
| | 2087.6 | 51.84 | | |
| | 2137.6 | 51.66 | | |
| | 2187.6 | 51.48 | | |
| | 2237.6 | 51.29 | | |
| | 2287.6 | 51.11 | | |
| | 2337.6 | 50.93 | | |
| | 2387.6 | 50.75 | | |
| | 2437.6 | 50.56 | | |
| | 2487.6 | 50.38 | | |
| | 2537.6 | 50.20 | | |
| Nahualapa (Entrada a la Playa) | 2592.04 | 50.00 | 631065 | 1268875 |
| | 2642.04 | 49.63 | | |
| | 2692.04 | 49.25 | | |
| | 2742.04 | 48.88 | | |



| | | | | |
|------------------------------------|---------|-------|--------|----------|
| | 2792.04 | 48.51 | | |
| | 2842.04 | 48.14 | | |
| | 2892.04 | 47.76 | | |
| | 2942.04 | 47.39 | | |
| | 2992.04 | 47.02 | | |
| | 3042.04 | 46.65 | | |
| | 3092.04 | 46.27 | | |
| | 3142.04 | 45.90 | | |
| | 3192.04 | 45.53 | | |
| | 3242.04 | 45.15 | | |
| | 3292.04 | 44.78 | | |
| | 3342.04 | 44.41 | | |
| | 3392.04 | 44.04 | | |
| | 3442.04 | 43.66 | | |
| | 3492.04 | 43.29 | | |
| Entrada al Riego (La Noria) | 3531.08 | 43.00 | 630978 | 12698875 |
| | 3581.08 | 42.82 | | |
| | 3631.08 | 42.65 | | |
| | 3681.08 | 42.47 | | |
| | 3731.08 | 42.29 | | |
| | 3781.08 | 42.11 | | |
| | 3831.08 | 41.94 | | |
| | 3881.08 | 41.76 | | |
| | 3931.08 | 41.58 | | |
| | 3981.08 | 41.40 | | |
| | 4031.08 | 41.23 | | |
| | 4081.08 | 41.05 | | |
| | 4131.08 | 40.87 | | |
| | 4181.08 | 40.70 | | |
| | 4231.08 | 40.52 | | |



| | | | | |
|-----------------------------|---------|-------|--------|---------|
| | 4281.08 | 40.34 | | |
| | 4331.08 | 40.16 | | |
| | 4381.08 | 39.99 | | |
| | 4431.08 | 39.81 | | |
| En la costa El Riego | 4490.11 | 39.60 | 631937 | 1269803 |
| | 4540.11 | 39.60 | | |
| | 4590.11 | 39.60 | | |
| | 4640.11 | 39.59 | | |
| | 4690.11 | 39.59 | | |
| | 4740.11 | 39.59 | | |
| | 4790.11 | 39.59 | | |
| | 4840.11 | 39.59 | | |
| | 4890.11 | 39.58 | | |
| | 4940.11 | 39.58 | | |
| | 4990.11 | 39.58 | | |
| | 5040.11 | 39.58 | | |
| | 5090.11 | 39.58 | | |
| | 5140.11 | 39.57 | | |
| | 5190.11 | 39.57 | | |
| | 5240.11 | 39.57 | | |
| | 5290.11 | 39.57 | | |
| | 5340.11 | 39.57 | | |
| | 5390.11 | 39.56 | | |
| | 5440.11 | 39.56 | | |
| | 5490.11 | 39.56 | | |
| | 5540.11 | 39.56 | | |
| | 5590.11 | 39.56 | | |
| | 5640.11 | 39.55 | | |
| | 5690.11 | 39.55 | | |
| | 5740.11 | 39.55 | | |



| | | | | |
|-------------------------|---------|-------|--------|---------|
| | 5790.11 | 39.55 | | |
| | 5840.11 | 39.55 | | |
| | 5890.11 | 39.54 | | |
| | 5940.11 | 39.54 | | |
| | 5990.11 | 39.54 | | |
| | 6040.11 | 39.54 | | |
| | 6090.11 | 39.53 | | |
| | 6140.11 | 39.53 | | |
| | 6190.11 | 39.53 | | |
| | 6240.11 | 39.53 | | |
| | 6290.11 | 39.53 | | |
| | 6340.11 | 39.52 | | |
| | 6390.11 | 39.52 | | |
| | 6440.11 | 39.52 | | |
| | 6490.11 | 39.52 | | |
| | 6540.11 | 39.52 | | |
| | 6590.11 | 39.51 | | |
| | 6640.11 | 39.51 | | |
| | 6690.11 | 39.51 | | |
| | 6740.11 | 39.51 | | |
| | 6790.11 | 39.51 | | |
| | 6840.11 | 39.50 | | |
| | 6890.11 | 39.50 | | |
| Costa Tolesmaida | 6945.57 | 39.50 | 631110 | 1272115 |
| | 6995.57 | 39.52 | | |
| | 7045.57 | 39.53 | | |
| | 7095.57 | 39.55 | | |
| | 7145.57 | 39.56 | | |
| | 7195.57 | 39.58 | | |
| | 7245.57 | 39.60 | | |



| | | | | |
|-----------------|---------|-------|--------|---------|
| | 7295.57 | 39.61 | | |
| | 7345.57 | 39.63 | | |
| | 7395.57 | 39.65 | | |
| | 7445.57 | 39.66 | | |
| | 7495.57 | 39.68 | | |
| | 7545.57 | 39.69 | | |
| | 7595.57 | 39.71 | | |
| | 7645.57 | 39.73 | | |
| | 7695.57 | 39.74 | | |
| | 7745.57 | 39.76 | | |
| | 7795.57 | 39.78 | | |
| | 7845.57 | 39.79 | | |
| | 7895.57 | 39.81 | | |
| | 7945.57 | 39.82 | | |
| | 7995.57 | 39.84 | | |
| | 8045.57 | 39.86 | | |
| | 8095.57 | 39.87 | | |
| | 8145.57 | 39.89 | | |
| | 8195.57 | 39.90 | | |
| | 8245.57 | 39.92 | | |
| | 8295.57 | 39.94 | | |
| | 8345.57 | 39.95 | | |
| | 8395.57 | 39.97 | | |
| | 8445.57 | 39.99 | | |
| Elequeme | 8488.85 | 40.00 | 630269 | 1273409 |
| | 8538.85 | 40.28 | | |
| | 8588.85 | 40.55 | | |
| | 8638.85 | 40.83 | | |
| | 8688.85 | 41.11 | | |
| | 8738.85 | 41.38 | | |

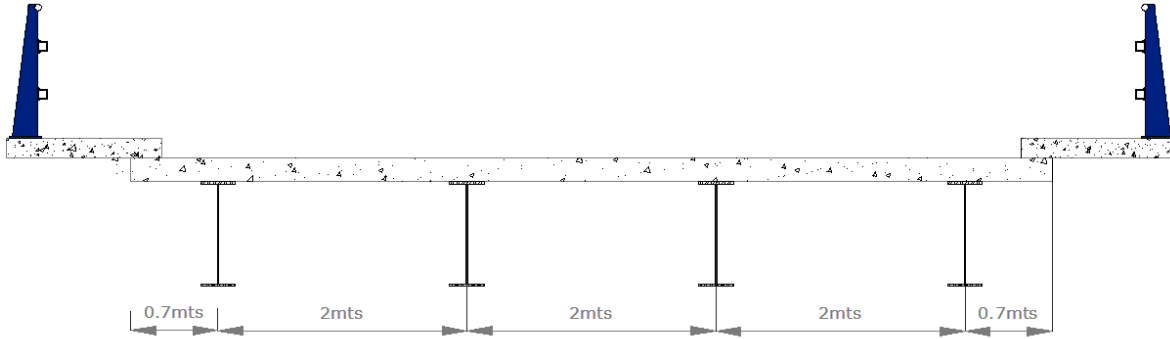


| | | | | |
|------------------------------|---------|-------|--------|---------|
| | 8788.85 | 41.66 | | |
| | 8838.85 | 41.93 | | |
| | 8888.85 | 42.21 | | |
| | 8938.85 | 42.49 | | |
| | 8988.85 | 42.76 | | |
| Zanjon de los Hollman | 9031.61 | 43.00 | 629954 | 1273851 |

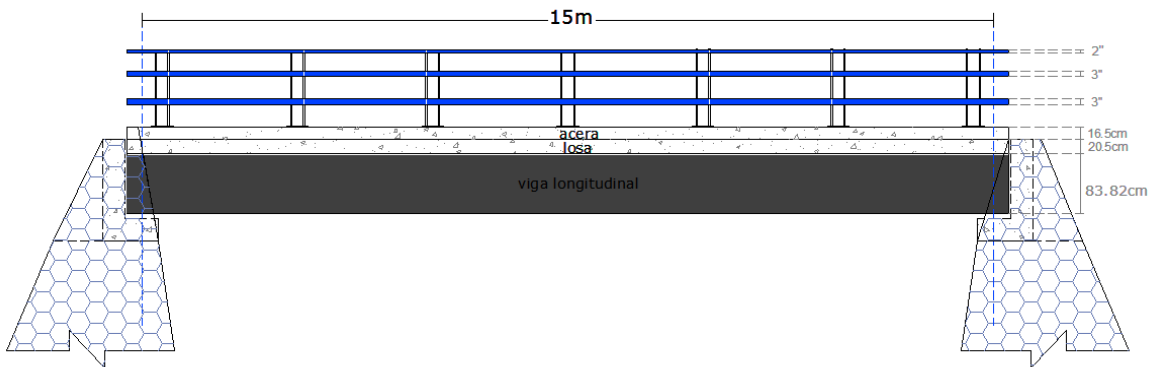


Anexo 13. Dibujo de puentes

Sección Típica de los puentes Tolesmaide y El Riego

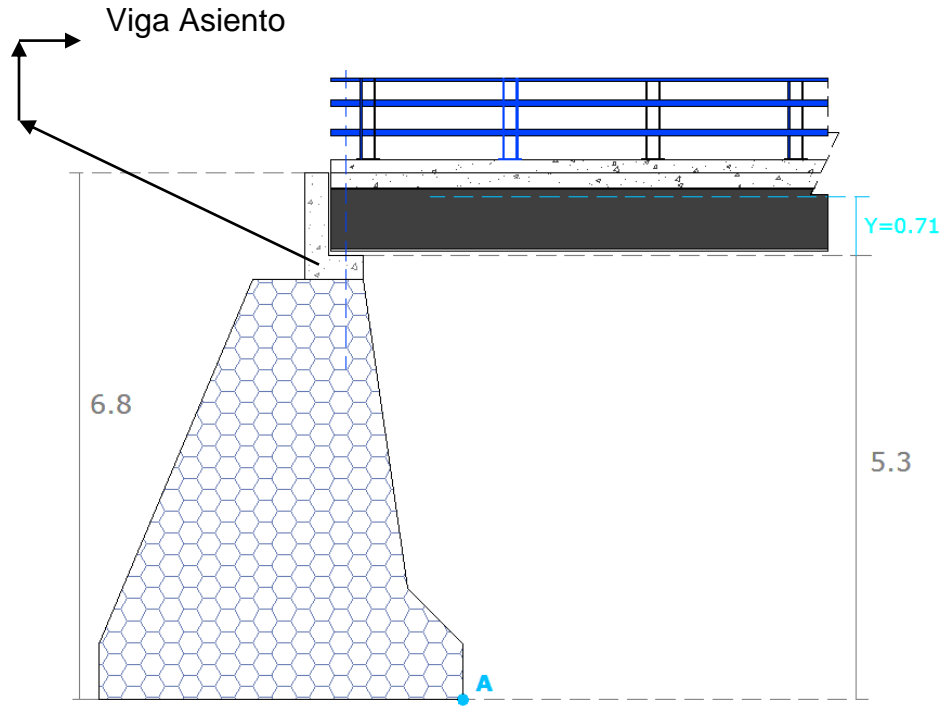


Puente Tolesmaide Claro 15m

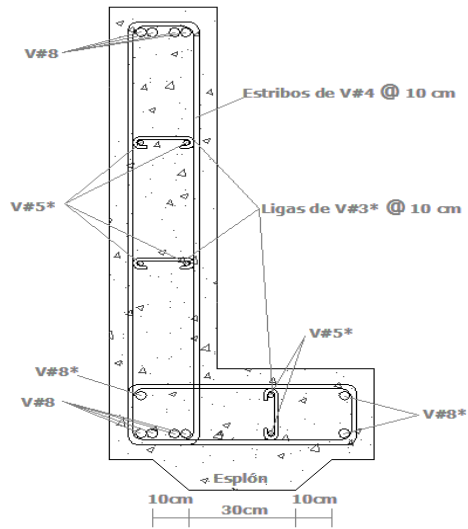




Detalle de altura de los estribos y de la viga de asiento

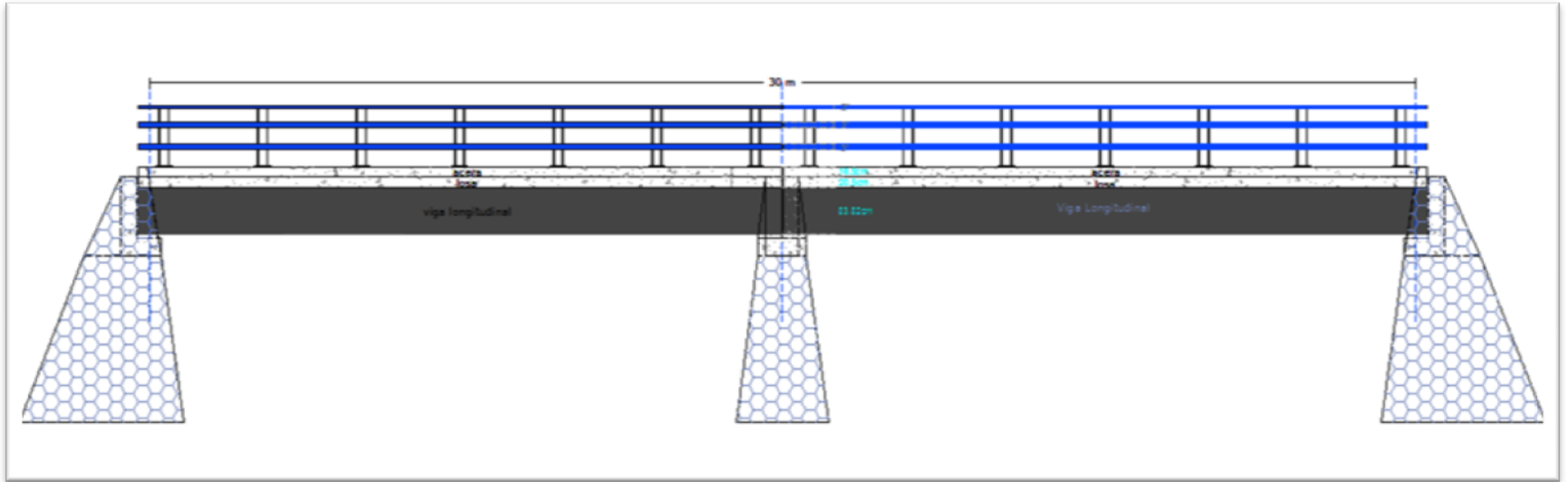


Detalle de viga Asiento





Puente El Riego Claro 30 m.





Anexo 14. Valores de LT, P, SA y N para Velocidades de 80 a 30 k/h y Diferentes Gc

| | | Nacionales 2° Clase | | | | | | | | | | | | Departamentales 1° Clase | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|---------------------|-----|----|-------|-------|-----|----|-------|-------|-----|----|-------|--------------------------|-----|----|-------|-------|-----|----|-------|-------|-----|----|-------|----|-----|----|---|
| V k/h | | 80 | | | | 60 | | | | 40 | | | | 60 | | | | 45 | | | | 30 | | | | | | | |
| Corona | | 8.5 m | | | | 8.5 m | | | | 8.5 m | | | | 6.0 m | | | | 6.0 m | | | | 6.0 m | | | | | | | |
| Carpeta | | 6.0 m | | | | 6.0 m | | | | 6.0 m | | | | 6.0 m | | | | 6.0 m | | | | 6.0 m | | | | | | | |
| Radio(m) | Gc | LT | P | SA | N | LT | P | SA | N | LT | P | SA | N | LT | P | SA | N | LT | P | SA | N | LT | P | SA | N | LT | P | SA | N |
| | | m | % | cm | M | m | % | cm | M | m | % | cm | m | m | % | cm | m | m | % | cm | m | m | % | cm | m | m | % | cm | m |
| 2,291.84 | 0°30' | 50 | 3 | | 50 | | C.N | | | | C.N | | | | C.N | | | | C.N | | | | C.N | | | | C.N | | |
| 1,145.92 | 1°0' | 50 | 3 | | 50 | 25 | 3 | | 25 | 20 | 3 | | 20 | 20 | 3 | | 20 | 15 | 3 | | 15 | 12 | 3 | | 12 | | | | |
| 763.94 | 1°30' | 50 | 3 | 35 | 50 | 25 | 3 | | 25 | 20 | 3 | | 20 | 20 | 3 | | 20 | 15 | 3 | | 15 | 12 | 3 | | 12 | | | | |
| 572.96 | 2°00' | 50 | 3.6 | 40 | 41.67 | 25 | 3 | 30 | 25 | 20 | 3 | | 20 | 20 | 3 | 30 | 20 | 15 | 3 | | 15 | 12 | 3 | | 12 | | | | |
| 458.37 | 2°30' | 50 | 4.5 | 45 | 33.33 | 25 | 3 | 35 | 25 | 20 | 3 | | 20 | 20 | 3 | 35 | 20 | 15 | 3 | 30 | 15 | 12 | 3 | | 12 | | | | |
| 381.97 | 3°00' | 51 | 5.5 | 50 | 27.82 | 25 | 3 | 40 | 25 | 20 | 3 | 30 | 20 | 20 | 3 | 40 | 20 | 15 | 3 | 35 | 15 | 12 | 3 | | 12 | | | | |
| 327.4 | 3°30' | 51 | 6.4 | 55 | 23.91 | 25 | 3.5 | 45 | 21.43 | 20 | 3 | 35 | 20 | 20 | 3.5 | 45 | 17.14 | 15 | 3 | 35 | 15 | 12 | 3 | | 12 | | | | |
| 286.48 | 4°00' | 60 | 7.3 | 60 | 24.66 | 25 | 4 | 45 | 18.75 | 20 | 3 | 35 | 20 | 20 | 4 | 45 | 15 | 15 | 3 | 40 | 15 | 12 | 3 | 30 | 12 | | | | |
| 254.65 | 4°30' | 68 | 8.2 | 65 | 24.88 | 25 | 4.5 | 50 | 16.67 | 20 | 3 | 40 | 20 | 20 | 4.5 | 50 | 13.33 | 15 | 3 | 40 | 15 | 12 | 3 | 35 | 12 | | | | |
| 229.18 | 5°00' | 77 | 9.1 | 70 | 25.38 | 25 | 5 | 55 | 15 | 20 | 3 | 40 | 20 | 20 | 5 | 55 | 12 | 15 | 3 | 45 | 15 | 12 | 3 | 35 | 12 | | | | |
| 208.35 | 5°30' | 85 | 10 | 75 | 25.5 | 28 | 5.5 | 60 | 15.27 | 20 | 3 | 45 | 20 | 20 | 5.5 | 60 | 10.91 | 15 | 3 | 50 | 15 | 12 | 3 | 40 | 12 | | | | |
| 190.99 | 6°00' | | | | | 28 | 6 | 65 | 14 | 20 | 3 | 50 | 20 | 20 | 6 | 65 | 10 | 15 | 3.2 | 55 | 14.06 | 12 | 3 | 40 | 12 | | | | |
| 163.7 | 7°00' | | | | | 33 | 7 | 70 | 14.14 | 20 | 3 | 55 | 20 | 23 | 7 | 70 | 9.86 | 15 | 3.8 | 55 | 11.84 | 12 | 3 | 45 | 12 | | | | |
| 143.24 | 8°00' | | | | | 38 | 8 | 75 | 14.25 | 20 | 3.3 | 60 | 18 | 27 | 8 | 75 | 10.13 | 15 | 4.3 | 65 | 10.47 | 12 | 3 | 50 | 12 | | | | |
| 127.32 | 9°00' | | | | | 43 | 9 | 85 | 14.33 | 20 | 3.7 | 65 | 16.22 | 30 | 9 | 85 | 10 | 15 | 4.9 | 70 | 9.18 | 12 | 3 | 55 | 12 | | | | |
| 114.59 | 10°0' | | | | | 47 | 10 | 90 | 14.1 | 20 | 4.1 | 70 | 14.63 | 33 | 10 | 90 | 9.9 | 15 | 5.4 | 75 | 8.33 | 12 | 3 | 60 | 12 | | | | |
| 104.19 | 11°0' | | | | | | | | | 20 | 4.5 | 75 | 13.33 | | | | | 15 | 5.9 | 80 | 7.63 | 12 | 3 | 65 | 12 | | | | |
| 95.49 | 12°0' | | | | | | | | | 20 | 4.9 | 80 | 12.24 | | | | | 18 | 6.5 | 85 | 8.31 | 12 | 3 | 70 | 12 | | | | |
| 88.15 | 13°0' | | | | | | | | | 20 | 5.3 | 85 | 11.32 | | | | | 18 | 7 | 90 | 7.71 | 12 | 3 | 75 | 12 | | | | |
| 81.85 | 14°0' | | | | | | | | | 20 | 5.7 | 90 | 10.55 | | | | | 20 | 7.6 | 95 | 7.89 | 12 | 3.2 | 80 | 11.25 | | | | |



| | |
|-------|--------|
| 76.39 | 15°0' |
| 71.62 | 16°0' |
| 67.41 | 17°0' |
| 63.66 | 18°0' |
| 61.94 | 18°30' |
| 60.31 | 19°0' |
| 57.3 | 20°0' |
| 54.57 | 21°0' |
| 52.09 | 22°0' |
| 49.82 | 23°0' |
| 47.75 | 24°0' |
| 46.77 | 24°30' |
| 45.84 | 25°0' |
| 44.07 | 26°0' |
| 42.44 | 27°0' |
| 40.93 | 28°0' |
| 39.51 | 29°0' |
| 38.2 | 30°0' |
| 36.97 | 31°0' |
| 35.81 | 32°0' |
| 34.72 | 33°0' |
| 33.7 | 34°0' |
| 32.74 | 35°0' |
| 31.83 | 36°0' |
| 30.97 | 37°0' |
| 30.16 | 38°0' |
| 29.38 | 39°0' |
| 28.65 | 40°0' |

| | | | |
|----|-----|-----|-------|
| 20 | 6.1 | 95 | 9.84 |
| 23 | 6.5 | 100 | 10.62 |
| 23 | 6.9 | 105 | 10 |
| 23 | 7.3 | 110 | 9.45 |
| 26 | 7.6 | 110 | 10.26 |
| 26 | 7.8 | 115 | 10 |
| 26 | 8.2 | 120 | 9.51 |
| 29 | 8.6 | 120 | 10.12 |
| 29 | 9 | 125 | 9.67 |
| 29 | 9.4 | 130 | 9.26 |
| 33 | 9.8 | 135 | 10.1 |
| 33 | 10 | 140 | 9.9 |

| | | | | | | | |
|----|-----|-----|------|----|-----|-----|-------|
| 20 | 8.1 | 100 | 7.41 | 12 | 3.4 | 80 | 10.59 |
| 23 | 8.6 | 105 | 8.02 | 12 | 3.7 | 85 | 9.73 |
| 23 | 9.2 | 110 | 7.5 | 12 | 3.9 | 95 | 9.23 |
| 25 | 9.7 | 115 | 7.73 | 12 | 4.1 | 95 | 8.78 |
| 25 | 10 | 120 | 7.5 | 12 | 4.3 | 100 | 8.37 |
| | | | | 12 | 4.4 | 101 | 8.18 |
| | | | | 12 | 4.6 | 105 | 7.83 |
| | | | | 12 | 4.8 | 110 | 7.5 |
| | | | | 12 | 5.1 | 115 | 7.06 |
| | | | | 12 | 5.3 | 115 | 6.79 |
| | | | | 12 | 5.5 | 120 | 6.55 |
| | | | | 12 | 5.6 | 125 | 6.43 |
| | | | | 12 | 5.7 | 125 | 6.32 |
| | | | | 12 | 6 | 130 | 6 |
| | | | | 12 | 6.2 | 135 | 5.81 |
| | | | | 12 | 6.4 | 140 | 5.63 |
| | | | | 14 | 6.7 | 140 | 6.27 |
| | | | | 14 | 6.9 | 145 | 6.09 |
| | | | | 14 | 7.1 | 150 | 5.92 |
| | | | | 14 | 7.4 | 155 | 5.68 |
| | | | | 16 | 7.6 | 160 | 6.32 |
| | | | | 16 | 7.8 | 165 | 6.15 |
| | | | | 16 | 8 | 165 | 6 |
| | | | | 16 | 8.3 | 170 | 5.78 |
| | | | | 18 | 8.5 | 175 | 6.35 |
| | | | | 18 | 8.7 | 180 | 6.21 |
| | | | | 18 | 9 | 185 | 6 |
| | | | | 18 | 9.2 | 190 | 5.87 |

V= Velocidad en Km/h

R= Radio de la curva (en m)

Gc= Grado de la curva

LT= Longitud de Transición

SA= Sobre Ancho

N= Distancia desde el punto donde termina la Long.
De Transición al punto donde el Peralte es ± 3.0%

C.N= Corona Normal



| | |
|-------|--------|
| 27.95 | 41°0' |
| 27.28 | 42°0' |
| 26.65 | 43°0' |
| 25.34 | 43°30' |

| | | | |
|----|-----|-----|------|
| 18 | 0.4 | 190 | 5.74 |
| 20 | 9.7 | 195 | 6.19 |
| 20 | 9.9 | 200 | 6.06 |
| 20 | 10 | 200 | 6 |

| Departamentales 2° Clase | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|----|-------|-------|-----|----|-------|-------|-----|----|----|
| 50 | | | | 40 | | | | 30 | | | |
| 5.0 m | | | | 5.0 m | | | | 5.0 m | | | |
| 5.0 m | | | | 5.0 m | | | | 5.0 m | | | |
| LT | P | SA | N | LT | P | SA | N | LT | P | SA | N |
| m | % | cm | m | m | % | Cm | m | m | % | Cm | M |
| | C.N | | | | C.N | | | | C.N | | |
| 14 | 3 | | 14 | 12 | 3 | | 12 | 10 | 3 | | 10 |
| 14 | 3 | | 14 | 12 | 3 | | 12 | 10 | 3 | | 10 |
| 14 | 3 | | 14 | 12 | 3 | | 12 | 10 | 3 | | 10 |
| 14 | 3 | 30 | 14 | 12 | 3 | | 12 | 10 | 3 | | 10 |
| 14 | 3 | 35 | 14 | 12 | 3 | 30 | 12 | 10 | 3 | | 10 |
| 14 | 3 | 40 | 14 | 12 | 3 | 35 | 12 | 10 | 3 | | 10 |
| 14 | 3 | 40 | 14 | 12 | 3 | 35 | 12 | 10 | 3 | 30 | 10 |
| 14 | 3 | 45 | 14 | 12 | 3 | 40 | 12 | 10 | 3 | 35 | 10 |
| 14 | 3.3 | 50 | 12.73 | 12 | 3 | 40 | 12 | 10 | 3 | 35 | 10 |
| 14 | 3.7 | 55 | 11.35 | 12 | 3 | 45 | 12 | 10 | 3 | 40 | 10 |
| 14 | 4 | 55 | 10.5 | 12 | 3 | 50 | 12 | 10 | 3 | 40 | 10 |
| 14 | 4.7 | 60 | 8.94 | 12 | 3 | 55 | 12 | 10 | 3 | 45 | 10 |
| 14 | 5.3 | 70 | 7.92 | 12 | 3.3 | 60 | 10.91 | 10 | 3 | 50 | 10 |
| 14 | 6 | 75 | 7 | 4.1 | 3.7 | 65 | 9.73 | 10 | 3 | 55 | 10 |
| 16 | 6.7 | 80 | 7.16 | 4.5 | 4.1 | 70 | 8.78 | 10 | 3 | 60 | 10 |
| 16 | 7.3 | 85 | 6.58 | 4.9 | 4.5 | 75 | 8 | 10 | 3 | 65 | 10 |



| | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|----|-----|-----|------|
| 18 | 8 | 90 | 6.75 | 5.3 | 4.9 | 80 | 7.35 | 10 | 3 | 70 | 10 |
| 20 | 8.7 | 95 | 6.9 | 5.7 | 5.3 | 85 | 6.79 | 10 | 3 | 75 | 10 |
| 20 | 9.3 | 100 | 6.45 | 6.1 | 5.7 | 90 | 6.32 | 10 | 3.2 | 80 | 9.38 |
| 23 | 10 | 105 | 6.9 | 6.5 | 6.1 | 95 | 5.9 | 10 | 3.4 | 80 | 8.82 |
| | | | 6.9 | 6.5 | 100 | 6 | | 10 | 3.7 | 85 | 8.11 |
| | | | 7.3 | 6.9 | 105 | 5.65 | | 10 | 3.9 | 95 | 7.69 |
| | | | 7.6 | 7.3 | 110 | 5.34 | | 10 | 4.1 | 95 | 7.32 |
| | | | 7.8 | 7.6 | 110 | 5.92 | | 10 | 4.3 | 100 | 6.98 |
| | | | 15 | 7.8 | 115 | 5.77 | | 10 | 4.3 | 100 | 6.82 |
| | | | 15 | 8.2 | 120 | 5.49 | | 10 | 4.6 | 105 | 6.52 |
| | | | 17 | 8.6 | 120 | 5.93 | | 10 | 4.8 | 110 | 6.25 |
| | | | 17 | 9 | 125 | 5.67 | | 10 | 5.1 | 115 | 5.88 |
| | | | 17 | 9.4 | 130 | 5.43 | | 10 | 5.3 | 115 | 5.66 |
| | | | 19 | 9.8 | 135 | 5.82 | | 10 | 5.5 | 120 | 5.45 |
| | | | 19 | 10 | 140 | 5.7 | | 10 | 5.6 | 125 | 5.36 |
| | | | | | | | | 10 | 5.7 | 125 | 5.26 |
| | | | | | | | | 10 | 6 | 130 | 5 |
| | | | | | | | | 10 | 6.2 | 135 | 4.84 |
| | | | | | | | | 10 | 6.4 | 140 | 4.69 |
| | | | | | | | | 12 | 6.7 | 140 | 5.37 |
| | | | | | | | | 12 | 6.9 | 145 | 5.22 |
| | | | | | | | | 12 | 7.1 | 150 | 5.07 |
| | | | | | | | | 12 | 7.4 | 155 | 4.86 |
| | | | | | | | | 13 | 7.6 | 160 | 5.13 |
| | | | | | | | | 13 | 7.8 | 165 | 5 |
| | | | | | | | | 13 | 8 | 165 | 4.88 |
| | | | | | | | | 13 | 8.3 | 170 | 4.7 |
| | | | | | | | | 15 | 8.5 | 175 | 5.29 |

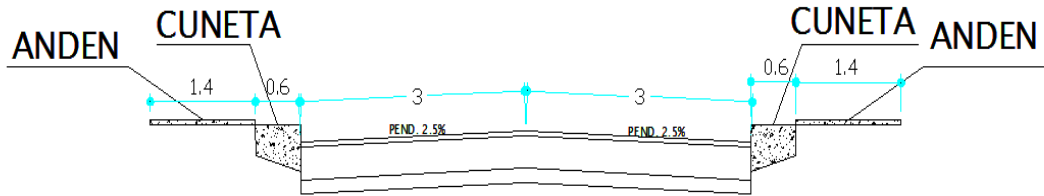


| | | | |
|----|-----|-----|------|
| 15 | 8.7 | 180 | 5.17 |
| 15 | 9 | 185 | 5 |
| 15 | 9.2 | 190 | 4.89 |
| 15 | 9.4 | 190 | 4.79 |
| 17 | 9.7 | 195 | 5.26 |
| 17 | 9.9 | 200 | 5.15 |
| 17 | 10 | 200 | 5.1 |

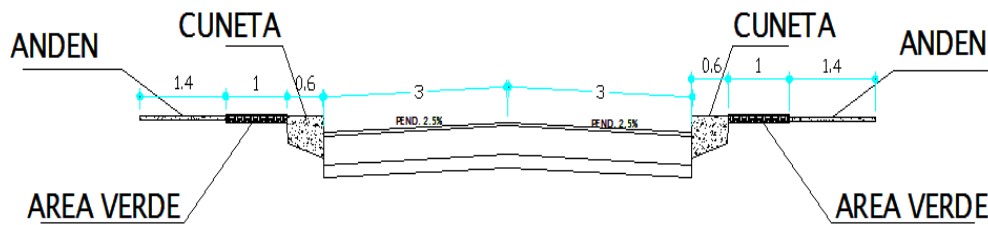


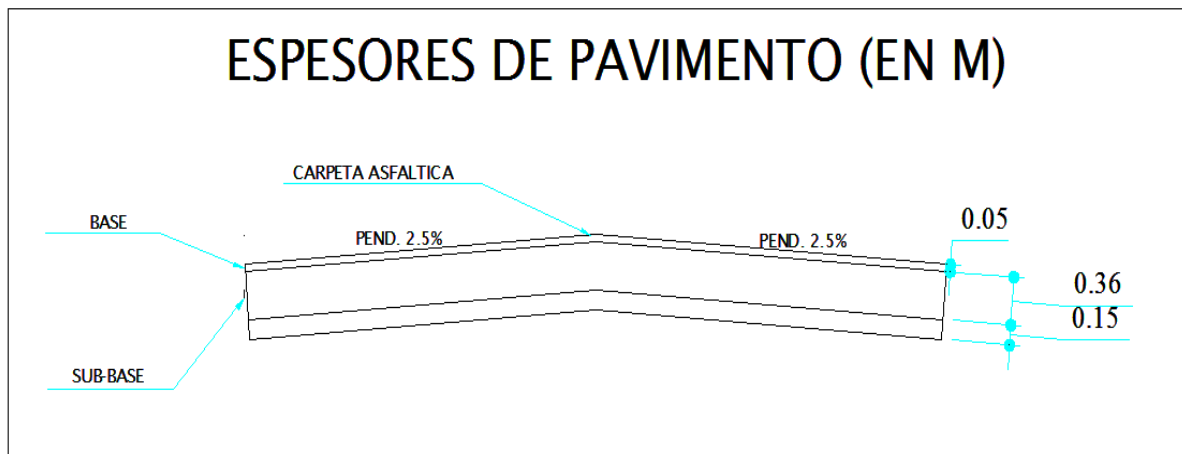
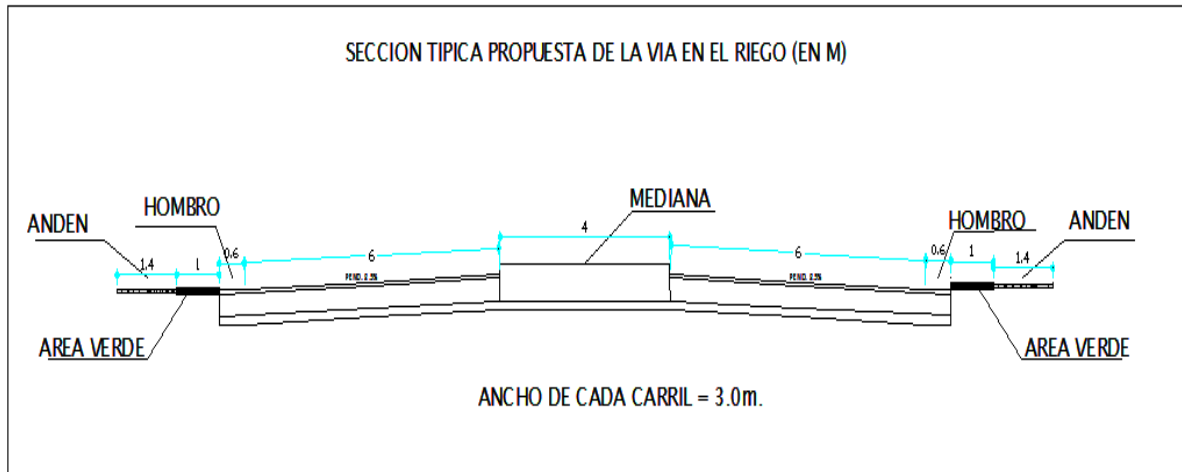
Anexo 15. Secciones Típicas y Vista en Planta de Carretera

SECCION TRANSVERSAL DEL INICIO DEL PROYECTO (EN M)



SECCION TIPICA PROPUESTA DE LA VIA EN SAN JORGE (EN M)







Vista en planta de la carretera, ubicada desde el Balneario el Riego hasta el balneario el Menco

