



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**METODOLOGÍA Y ESTRATEGIA PARA LA EJECUCIÓN DE LOS
ESTUDIOS DE INGENIERÍA Y DISEÑOS DE PROYECTOS DE
CAMINOS Y CARRETERAS EN NICARAGUA.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Wilson Antonio Jarquín Espinoza

Br. Genaro Pérez Merlo

Br. Franklin Ismael Zamora Hernández

Tutor

Ing. Silvio José Gutiérrez Gutiérrez

Asesor

Ing. Dayana Haydee Pineda Haar

Managua, octubre 2019

Dedicatoria

A Jehová Dios por crearnos seres vivos racionales, ungidos con su espíritu santo, darnos la salud y la energía y conceder nuestros anhelos. Nuestra eterna gratitud por todo lo que somos, tenemos y podemos.

A nuestros padres, por ser nuestro apoyo incondicional y ejemplo de nuestra inspiración.

A la Universidad Nacional de Ingeniería y sus docentes que asumieron nuestra formación profesional como su principal responsabilidad y compromiso moral, ético y patriótico.

A todos los científicos de la historia de los forjadores de la ciencia, por su empeño en documentar y compartir sus dones de sabiduría dada por Dios.

**“Caminante, no hay camino,
se hace camino al andar.”**

Machado Ruiz, Antonio; Poeta Español, Caminante no hay caminos.

Agradecimiento

A nuestro Jehová Dios por crearnos y guiarnos con su espíritu, hacia la senda de la formación profesional para el servicio de nuestra patria.

A nuestros padres, por su amor incondicional y apoyo a los esfuerzos que hoy materializamos.

A la Universidad Nacional de Ingeniería y sus docentes, por darnos sin reserva lo que sabemos de ingeniería civil.

A nuestro tutor Ing. Silvio José Gutierrez Gutierrez y a nuestra asesor Ing. Dayana Haydee Pineda Haar, por su constancia y esfuerzo en ayudarnos hacer realidad la presente monografía.

A nuestros amigos y apoyo metodológico Ing. Aldo Zamora Lacayo e Ing. Claudia Reyes Romero, por su eficiente desempeño en todo el proceso de revisión y asesoría personalizada para elaborar la presente monografía.

De todo corazón, ¡Gracias!.

Wilson Antonio Jarquín Espinoza

Genaro Pérez Merlo

Franklin Ismael Zamora Hernández

Resumen ejecutivo

Los estudios de ingeniería y diseño para un proyecto de camino o carretera consisten en la realización y coordinación de todas las actividades en que se enmarcan las diferentes especialidades de la ingeniería de transporte, cuyo contenido sustenta técnicamente la inversión vial. En consecuencia, la presente monografía elabora propuesta de metodología y estrategia para la ejecución de los estudios de ingeniería y diseños de proyectos de caminos y carreteras en Nicaragua, cuyo contenido se expresa en la estructura siguiente:

Capítulo I. Pertinencia monográfica. En su introducción aborda una síntesis del tema; En los Antecedentes se describe la historia del proceso y su importancia; En la Justificación se plantea la relevancia y pertinencia de los estudios y diseños para los planes de inversión vial y el objetivo general y los objetivos específicos que precisan el fin del presente documento.

Capítulo II. Estudio topográfico. Contiene la información para el desarrollo metodológico de los estudios de la especialidad topográfica, la cual consiste en la configuración del terreno partiendo de levantamientos de la información en los puntos base georreferenciados, para determinar el sistema de coordenadas tridimensionales (E(x), N(y), Z(elev)) y la conformación de los planos topográficos, para materializar sus estudios, proyecciones y diseños del proyecto.

Capítulo III. Estudio de tráfico. Contiene la base teórica y metodológica para realizar las investigaciones y estudios de campo y gabinete, para determinar los volúmenes del movimiento del tránsito vehicular que se produce globalmente en todo el corredor del proyecto y en los diferentes puntos, para determinar como producto final el tráfico promedio diario anual (TPDA) en el tiempo actual y futuro, que permitirá a diferentes especialidades de estudio y diseño, establecer los elementos de la estructura de pavimento, la evaluación técnica-económica, las obras de movimiento de tierra, y otros productos de otras especialidades.

Capítulo IV. Estudio geotécnico. Determina la estratigrafía, características y capacidades físico-mecánicas del subsuelo sobre el cual descansará el terraplén o plataforma de la carretera a construirse, así como las capacidades físico-mecánicas de los materiales contenidos en las diferentes fuentes de materiales existentes que se utilizarán para la realización del diseño y construcción de dicho terraplén. En lo general también abordará las investigaciones geotécnicas mecanizadas en sitios de puente.

Capítulo V. Estudio y análisis de vulnerabilidad. Contiene los aspectos correspondientes a la vulnerabilidad de la vía y los elementos en su entorno, en el sentido de la determinación de la probabilidad de que una infraestructura, comunidad, y otras, durante el periodo de construcción y/o de operación del proyecto, estará expuesta a una amenaza natural, tecnológica o antrópica más generalmente, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político institucional entre otros).

Capítulo VI. Estudios hidrotécnicos. Contiene el marco teórico y metodológico para la determinación de las estructuras necesarias capaces de cumplir con el objetivo de drenar el caudal de diseño que será determinado, con la seguridad y confiabilidad requerida. Un importante aspecto a considerar es la posibilidad de utilización del sistema de drenaje que existe actualmente en el camino, con el propósito de reducir los costos de inversión del proyecto, esto siempre y cuando la sección hidráulica de la estructura existente, cuente con la capacidad suficiente para drenar el caudal de diseño determinado en dicho cruce.

Capítulo VII. Estudio de impacto ambiental y social. Aborda el proceso para la realización de los estudios de impacto ambiental, para obtener una vía de transporte terrestre con perspectivas futuras de convertirse en una carretera con un mayor nivel funcional, previendo las afectaciones al medio ambiente, tanto durante la fase de estudio y diseño, como durante el período de la construcción y

operación de la vía. La función principal del estudio ambiental será la identificación y determinación de dichas afectaciones al medio ambiente, considerado fundamental en las fases y en los procesos antes descritos.

Capítulo VIII. Diseño geométrico vial. Comprende el marco teórico y metodológico del diseño geométrico vial, cuya especialidad es el eje rotor sobre el cual giran las diferentes especialidades de estudios de ingeniería y diseño. Se enmarcan una serie de actividades orientadas a obtener la geometría planimétrica y altimétrica de lo que será el nuevo trazo de la vía. Además, contiene las actividades de coordinación con las diferentes especialidades participantes en la realización de los proyectos de caminos y carreteras.

Capítulo IX. Estudio y diseño de la estructura de pavimento. Contiene la información necesaria que define la estructura de pavimento constituida por los diferentes elementos o materiales ubicados entre el nivel de rodamiento y el nivel de terracería o nivel de subrasante dentro de la plataforma del camino, cuya función principal es: absorber, soportar y transmitir a la terracería de manera reducida, la carga de impacto producida por los vehículos que circulan por la vía, constituyéndose el producto final como parte de la sección transversal típica del camino.

Capítulo X. Diseño estructural y drenaje. Abordar la metodología del estudio y diseño de las estructuras de drenaje mayor del tipo estructuras de puentes, del tipo cajas de concreto reforzadas (CCR), del tipo arco abovedado de láminas de acero corrugado necesario el diseño de los muros de cimentación para soportes y del tipo vertical que así se requieran. El diseño estructural, parte de los estudios hidrológicos y diseño hidráulico en que se determinan los requerimientos hidráulicos; de información complementaria como los resultados de los estudios topográficos y de las investigaciones geotécnicas, niveles de rasante de la vía proyectada, características del medio ambiente y otros.

Capítulo XI. Costos y presupuestos. Comprende la estimación del costo total de la obra en la modalidad del requerimiento de la inversión para la ejecución del proyecto y para su explotación en el período de su vida útil. De igual forma se determinarán los costos de mantenimiento periódico y rutinario para ser aplicado en el mismo período, los cuales, de manera conjunta en su conjugación con los beneficios económicos, permitirán determinar la rentabilidad de los proyectos. Para la determinación del producto final requerirá de la materialización de los diferentes estudios y diseño que se realizarán a través de los planos y documentos técnicos que se prepararán en la realización del proyecto.

Capítulo XII. Estudio de evaluación económica. Abordará todo el desarrollo y ejecución de las actividades del aspecto económico, con lo cual se pretende determinar y establecer una evaluación técnica-económica del camino, a partir de lo cual se conocerá la rentabilidad del proyecto a través de la conjugación de los beneficios económicos-sociales que generará la ejecución de las obras en la modalidad constructiva durante el período de operación o vida útil de la vía, y el costo de inversión que se requiere para la realización de dicho proyecto.

Conclusiones. Sintetiza los objetivos de la presente y los resultados esperados.

Recomendaciones. Desde la óptica y experiencia del equipo de trabajo, expresa las recomendaciones para aplicar y actualizar la metodología y estrategia para la ejecución de los estudios de ingeniería y diseños de proyectos de caminos y carreteras en Nicaragua.

Bibliografía. Contiene listado de todas las fuentes consultadas para el presente trabajo.

Índice

Capítulo I. Pertinencia monográfica.....	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
Capítulo II. Estudio topográfico.	5
2.1. Marco teórico conceptual.	5
2.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	5
Capítulo III. Estudio de tráfico.	16
3.1. Marco teórico conceptual.	16
3.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	16
Capítulo IV. Estudio geotécnico.....	25
4.1. Marco teórico conceptual.....	25
4.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	25
Capítulo V. Estudio y análisis de vulnerabilidad.....	33
5.1. Marco teórico conceptual.....	33
5.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	33
Capítulo VI. Estudios hidrotécnicos.....	46
6.1. Marco teórico conceptual.....	46
6.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	46
Capítulo VII. Estudio de impacto ambiental y social.....	59
7.1. Marco teórico conceptual.....	59
7.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	59
Capítulo VIII. Diseño geométrico vial.....	70
8.1. Marco teórico conceptual.....	70
8.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	70
Capítulo IX. Estudio y diseño de la estructura de pavimento.....	85
9.1. Marco teórico conceptual.....	86

9.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	86
Capítulo X. Diseño estructural.....	100
10.1. Marco teórico conceptual.....	100
10.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	100
Capítulo XI. Costos y presupuestos.....	111
11.1. Marco teórico conceptual.....	111
11.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	111
Capítulo XII. Estudio de evaluación económica.....	119
12.1. Marco teórico conceptual.....	120
12.2. Metodología y estrategia de ejecución.....	120
Conclusiones.....	131
Recomendaciones.....	132
Bibliografía.....	133
Anexos.	

Capítulo I.

Pertinencia monográfica



Capítulo I. Pertinencia monográfica.

1.1. Introducción.

La planificación de la economía para el desarrollo de una determinada zona o región, es incidida por las vías de transporte, principalmente los caminos y carreteras, comprobado por los resultados de los estudios de factibilidad técnica, económica y ambiental. Dichos estudios se realizan mediante un proceso que comprende las diferentes etapas de planificación y ejecución, determinado principalmente por las condiciones financieras.

La mayoría de las carreteras y calles del mundo están trazadas siguiendo las rutas de las diligencias y es común observar que las velocidades de proyecto son superadas por las de los vehículos que actualmente las transitan. Sus características de curvatura, pendiente, sección transversal y capacidad de carga, corresponden, más bien, a un tráfico de vehículos lentos, pequeños y ligeros, como lo eran los vehículos tirados por animales y los primeros automóviles.

La capacidad y categorización de una vía de comunicación se determina y establece a partir de estudios técnicos de las especialidades de vías de transporte, actualmente disponibles en diversos manuales, normas y otros documentos, cuya diversidad y variedad ofrecen una herramienta de planificación que requiere sistemáticamente de: revisión, control, evaluación y actualización para óptima utilización.

En correspondencia a la necesidad abordada anteriormente, el presente documento aborda el tema: **“Metodología y estrategia para la ejecución de los estudios de ingeniería y diseño de proyectos de caminos y carreteras en Nicaragua”**, que contiene básicamente la agrupación de los principales elementos metodológicos y estratégicos de los estudios de: Topografía, Geotecnia, Análisis de Vulnerabilidad, Hidrotecnia, Impacto Ambiental, Diseño Geométrico Vial, Diseño Estructural y Costos y Presupuestos.

1.2. Antecedentes.

En Nicaragua se diseñan proyectos de caminos y carreteras de todo tipo, en su mayoría con reducidos niveles de servicios y clasificaciones funcionales, con metodología implementada por los precursores técnicos de la época del siglo pasado; ingenieros USA; los que al concluir su misión en el país transfirieron la documentación y técnica de trabajo, a los ingenieros nacionales que funcionaban como contraparte de los extranjeros en la realización de los estudios y diseños de las primeras vías de comunicación terrestre (carreteras) en Nicaragua.

Desde esos primeros tiempos, los estudios y diseños de caminos y carreteras se continuaron realizando por los ingenieros nicaragüenses, trabajando como funcionarios públicos para la institución encargada de esa tarea, que en ese entonces se conocía con los diferentes nombres; Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Departamento de Carreteras, Dirección General de Caminos, Ministerio de Construcción y Transporte (MICONS), y muchos más, que a la fecha se conoce como Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

En términos generales, la problemática fundamental en el contexto del tema que se está proponiendo, se reduce a que en Nicaragua, al igual que en algunos países centroamericanos, no se cuenta con una metodología y estrategia para la realización de **estudios y diseños de ingeniería** de obras viales, y de manera específica en caminos y carreteras que se pueda implementar de manera oficial para tal efecto, tanto por la parte de la instancia rectora de la red vial del país, como es el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), al igual que por la parte de las universidades.

1.3. Justificación.

Durante la época en que se construyeron las primeras carreteras en Nicaragua por la institución que en ese momento se conoció como Departamento de Carreteras, hoy Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI); bajo la dirección de personal extranjero, principalmente de origen norteamericano; los diseños que se utilizaron para la construcción de dichas carreteras, fueron elaborados utilizando normas de diseño provenientes de los Estados Unidos, que para esa época existía como instancia rectora, la Asociación Americana Estatal Oficial de Carreteras, conocida con las siglas AASHTO, y que hoy en día se conoce como la AASHTO; dichas normas se utilizaban paralelamente como metodología y estrategia para la realización de los estudios de ingeniería y diseño de la vía.

La carencia de un documento con las características de metodología y estrategia para la realización de los estudios y diseño, al igual que un documento de normas de diseño geométrico, aquí en nuestro país, ha conllevado a que la realización de los estudios y diseños de los caminos y carreteras, por parte de las diferentes firmas consultoras que los ejecutan, difieren de manera considerable en contenido, calidad y cantidad de información requerida.

El contenido de este documento, producto del trabajo y esfuerzo realizado a través de estudios, investigaciones y análisis, representa una opción acertada para la instancia rectora, en este caso el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), para iniciar el proceso de preparación y elaboración de la metodología y estrategia para la realización de los estudios de ingeniería y diseño de proyectos de caminos y carreteras de Nicaragua.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Elaborar propuesta de metodología y estrategia para la ejecución de los estudios de ingeniería y diseños de proyectos de caminos y carreteras en Nicaragua.

1.4.2. Objetivos específicos.

- 1.4.2.1. Elaborar un documento de referencia para los estudiantes, docentes y profesionales interesados en el campo de la ingeniería vial.
- 1.4.2.2. Presentar la metodología y estrategia para realizar los estudios de ingeniería y diseños de proyectos viales en las especialidades de: topografía, tráfico, geotecnia, análisis de vulnerabilidad, hidrotecnia, impacto ambiental, diseño geométrico vial, diseño estructural, costo y presupuesto, prefactibilidad y factibilidad.
- 1.4.2.3. Mostrar los flujogramas de las diferentes especialidades, definiendo sus respectivas fases con sus actividades correspondientes, con la finalidad de organizar los estudios que se ejecutarán.
- 1.4.2.4. Explicar la importancia de la aplicación de la metodología y estrategia para el fortalecimiento de la gestión de proyectos.

Capítulo II.

Estudio topográfico



Capítulo II. Estudio topográfico.

2.1. Marco teórico conceptual. La **topografía** es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales;(véase planimetría y altimetría). Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de «geodesia» para áreas mayores. De manera muy simple, puede decirse que para un topógrafo la tierra es plana (geoméricamente), mientras que para la geodesia no lo es.

Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensional, siendo la “x” y la “y” competencia de la planimetría, y la “z” de la altimetría.

Los mapas topográficos utilizan el sistema de representación de planos acotados, mostrando la elevación del terreno utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota respecto de un plano de referencia, denominadas curvas de nivel, en cuyo caso se dice que el mapa es *hipsográfico*. Dicho plano de referencia puede ser el nivel del mar, y en caso de serlo se hablará de altitudes en lugar de cotas.

2.2. Metodología y estrategia de ejecución.

a) Monumentación de la línea base.

Consiste en la instalación de puntos de control base (puntos principales de la línea base) denominados tradicionalmente como puntos GPS, a los cuales se les transfiere coordenadas desde las **estaciones de la red geodésica nacional** haciendo uso de equipo GPS estacionarios. De acuerdo a la categoría o clasificación funcional de la vía, se establecerán diferentes tipos de monumentos para el proceso de georreferenciación. El proceso de instalación de campo de estos puntos consiste en lo siguiente:

La instalación de monumentos o mojones deberá cumplir con los términos de referencia del proyecto, en el dimensionamiento, marca, existencia de disco metálico en la parte superior y su rotulación, distancia de ubicación promedio de 250 m de uno respecto al otro, amplitud en la intervisibilidad existente entre uno y otro, amplitud en la formación del cono vertical con formación de un ángulo mínimo de 30° con el horizonte para evitar interferencia en la captación de señales satelitales, ubicación estratégica, etc. La ubicación debe evitar que sean dañados de manera accidental o involuntaria, ya que posteriormente servirán para la fase de replanteo para la construcción.

La instalación de los pares de monumentos o puntos intermedios en la trayectoria del camino, se deberá ubicar a una distancia de 5 km promedio uno de otro conforme los alcances que se establece en los términos de referencia. Esta recomendación se basa en el principio de reducir el error lineal en una menor longitud de medición; para una precisión de 1/5,000; en 5 Km (5,000 m) se permite un error lineal de 1 m.

El proceso de georreferenciación en campo comprenderá la medición o toma de datos correspondientes al traslado de coordenadas de las **estaciones de la red geodésica nacional** hacia todos y cada uno de los puntos GPS que se deberán establecer a lo largo de todo el trayecto del camino. Se deberá aplicar los procedimientos, aspectos y elementos técnicos siguientes:

Utilización del equipo de georreferenciación de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia y normativa correspondiente.

Utilización de las estaciones geodésicas en número conforme se establece en los términos de referencia y normativa correspondiente.

Período de tiempo de observación en la toma de datos para cada punto GPS a establecer, el cual deberá corresponder al tiempo mínimo requerido conforme se establece en normativa correspondiente.

Verificación de los valores aproximados de las coordenadas de los puntos GPS o puntos de control base, a través de la toma de datos sobre cada uno de los puntos GPS haciendo uso de equipos GPS del tipo portátiles

denominados de igual forma como navegadores, para posteriormente contrastar estas observaciones tomadas con los resultados que se obtengan del proceso de georreferenciación que se realizará con equipos estacionarios; en la comparación realizada, los resultados de valores deberán corresponder a diferencias mínimas.

La existencia de referencias a por lo menos, a tres (3) objetos fijos, así como las marcas visibles con pintura de aceite en sitios que se observen estables en que se evite su deterioro o borrado.

Establecimiento de puntos de la línea base. Comprenderá la verificación del establecimiento o instalación de los puntos de la línea base (PLB), que en su conjunto constituirán lo que se denomina como la poligonal de línea base (PLB); que, corresponderán a los mojones o monumentos, que deben cumplir lo siguiente:

Ubicación respecto a la franja del área del derecho de vía y el área de rodamiento:

- Que no esté ubicado en sitios en que no presten seguridad para su resguardo, tales como a la orilla del rodamiento, en sitios en que circulan vehículos, carretas, peatones, en terrenos propiedad privada, etc.
- Que la ubicación del punto corresponda a un área en que permita la plantada del trípode y aparato para la toma de datos correspondiente a la poligonal.
- Que la distancia entre uno y otro punto (PLB), no sea mayor de 350 m; para el caso de la distancia mínima estará definida en función de las características y a configuración topográfica del terreno.
- Que exista intervisibilidad con el punto adelante y con el de atrás; no se permitirá la existencia de puntos auxiliares en la medición de la poligonal de la línea base.

Material, forma y dimensiones de los puntos de línea base:

- Que las dimensiones, forma y composición de los puntos o monumentos correspondan a lo establecido en los términos de referencia y normativa correspondiente.
- Que la marca de punto corresponda a los términos de referencia y normativa correspondiente.
- Que la instalación del punto en cuestión corresponda a los términos de referencia y normativa correspondiente.

b) Nivelación de puntos de la línea base.

Proceso de medición altimétrica de poligonal base. Se refiere principalmente a lo que en topografía se denomina como nivelación de BMs; en este caso los BMs corresponden a los puntos de la poligonal base (PLB), a los cuales se les transferirá coordenadas geodésicas a partir de los puntos de control base (PCB) que de igual forma se denominan como puntos GPS. Para efectos de verificación de la nivelación de los puntos de la línea base, se deberá tener en cuenta los aspectos técnicos siguientes:

El proceso de nivelación de los puntos de la línea base deberá ejecutarse haciendo uso de nivel de precisión y estadia.

La metodología a aplicar para estos levantamientos deberá corresponder a una nivelación diferencial de circuitos cerrados de ida y regreso utilizando el equipo anteriormente descrito con un error máximo permisible de 2.0 mm por cambio de punto o TP; en la ida y regreso; esto corresponde a un margen de error en la apreciación en la lectura de estadia en que se considera un (1) mm de error en la ida y uno (1) para el regreso de cada lectura.

En el caso en que, a lo largo de la trayectoria del proyecto se cuente con la existencia de BMs pertenecientes a la red geodésica nacional,

localizados en buenas condiciones, se aplicará el método correspondiente a la “**nivelación geodésica de tercer orden**”, que se basa en la expresión matemática que a continuación se detalla, para efecto del control del levantamiento altimétrico. $EA_{PERMISIBLE} = 12 \sqrt{\dots}$

Este segundo método alternativo podría ser la utilización de la Metodología correspondiente a la “**nivelación geodésica de tercer orden**”, que se establece para su utilización en los términos de referencia del proyecto, consistente en la aplicación de la fórmula descrita anteriormente; En qué;

EA: Error Altimétrico.

K: valor expresado en Kilómetros o fracción, correspondiente a la distancia aproximada entre los Bancos de Nivel, en los cuales se realizará la nivelación diferencial.

Este método del tipo geodésico, de manera general es recomendable aplicarlo en zonas altamente planas en que es posible establecer distancias adecuadas para las lecturas de apreciación durante el proceso de nivelación diferencial. Para este proyecto en estudio se presenta cierto inconveniente con algunos sectores de camino que conforman el proyecto por las características topográficas existentes en que se enmarcan dichos sectores, siendo estos del tipo lomerío con bastantes ondulaciones; lo anterior se expone en base a la definición de lo que corresponde la Nivelación de 3° Orden, que de manera textual expresa lo siguiente; “-Nivelación de tercer orden: puede utilizarse subdividiendo en circuitos la nivelación de 1° y 2° orden las líneas de tercer orden no deben extenderse más allá de 5 km a partir de las líneas de 1° y 2° orden y pueden ser líneas simples recorridas en un solo sentido pero siempre han de ser circuitos cerrados sobre líneas de orden igual o superior. Los cierres de comprobación en el caso de nivelación de 3° orden son de 12mm raíz de k; 0.012 raíz de k.”

Las elevaciones que se utilizarán corresponderán a las Elevaciones Ortogonales resultantes del proceso de georreferenciación en el par de puntos iniciales que fueron georreferenciados previamente al inicio de actividades de campo.

En el caso en que en el entorno al sitio de Proyecto en un radio de acción de 1.0 Km se localice la existencia de BMs; del tipo Geodésicos pertenecientes a la Red Nacional de BMs; se deberá utilizar esta elevación a partir de la realización de un traslado de elevaciones a manera de nivelación diferencial de circuitos cerrados

de ida y regreso utilizando el equipo anteriormente descrito con un error máximo permisible de 2.0 mm por cambio de punto o TP; en la ida y regreso.

En la situación en que no se cuente con BMs pertenecientes a la Red Geodésica Nacional en un radio de acción a lo antes descrito, se recomienda utilizar la Elevación GPS de uno de los punto del primer par de puntos georreferenciados para el Proyecto en su inicio, la cual será trasladada a través de la nivelación diferencial a todos y cada uno de los puntos que constituyen la línea base denominados como puntos de línea base (PLB), realizando los correspondientes controles en los pares de puntos GPS previamente establecidos de acuerdo al proceso de georreferenciación.

Los resultados de la nivelación diferencial entre puntos de línea base, deberá constituir conjuntamente con las coordenadas planas (X,Y) establecidas conforme a lo expuesto en el punto IV.5; la tercera coordenada (Z) con lo cual dichos valores se convierten en coordenadas tridimensionales.

El montaje de la información de la nivelación diferencial, deberá ser presentada y corresponder a la información original utilizada en campo y durante la nivelación; no se aceptará libretas de nivelación montadas en gabinete

c) Medición de la poligonal de la línea base.

El proceso de medición de poligonal base en campo comprende la toma o levantamiento de datos correspondientes a los segmentos que constituyen la **línea base**, lo cual requiere los equipos siguientes:

Equipo de medición, el cual deberá alcanzar los niveles de precisiones establecidos en los términos de referencia y corresponder a equipo topográfico del tipo estación total.

Equipo de poligonación, en el cual se establecen principalmente el uso de tres (3) trípodes, bases nivelantes para cada trípode, miretes en igual cantidad, prisma y porta prisma, etc.

El procedimiento de medición, deberá comprender principalmente, la toma de datos entre punto y punto. En el caso de los equipos electrónicos de topografía, los datos que se obtienen en este tipo de medición corresponden a distancias y acimut entre puntos y de acuerdo a lo que se establece en los términos de referencia del proyecto, se realizarán las cantidades de mediciones (número).

El procedimiento de montaje de datos de poligonal en libretas de campo; teniendo en cuenta que el equipo electrónico es un elemento preciso en sus mediciones y datos, pero hace falta la visión de esos levantamientos y mediciones, que permita conocer la forma en que estos fueron realizados, y determinar a qué punto levantado corresponde. Para esto se hace necesario el montaje de detalles de cada situación de la vía, conforme se haya levantado la información topográfica.

d) Levantamiento planialtimétrico en las obras de drenaje.

Está referido al levantamiento topográfico de las obras de drenaje en general, tanto mayor como menor, cuya diferencia se registrará por la magnitud del levantamiento según el tipo de obra de drenaje y los términos de referencia.

En el caso de no existir estructura de drenaje alguna, se detallará a través de radiaciones. Se levantará topográficamente cada uno de los puntos de la estructura; aletones, dentellones, ubicación de tubería, invert de entrada y salida del agua, muro cabezal, cortina y demás obras complementarias existentes, tales como bajantes, disipadores de energía, muros encauzadores, etc.

Dentro del seccionamiento se levantará topográficamente los puntos que indican las crecidas de aguas máximas (NAME) que se han producido, definidos por la basura y ramas secas retenida en raíces, troncos y ramas de árboles.

Los levantamientos se ejecutarán a partir de los puntos de línea base; en las situaciones en que sea necesario la implementación de puntos auxiliares, el consultor deberá efectuar los respectivos controles de llegada rigurosos al siguiente punto de línea base (PLB).

El seccionamiento o levantamiento de secciones transversales, haciendo uso de equipo electrónico deberá realizarse como máximo 20 m entre una y otra sección levantada, a excepción en el caso en que los términos de referencia establezcan u otro valor.

Las dimensiones de las secciones transversales abarcarán todo el ancho del cauce y un mínimo de 5 m más allá del borde para drenaje menor y un mínimo de 10 m más allá de del borde para el drenaje mayor.

El levantamiento detallado de las características del cauce y el terraplén; orilla o borde de cauce, pie, fondos, etc.

Montaje de la información levantada en campo, en libretas de seccionamiento y detalles correctamente detallada con su codificación, esquemas del levantamiento y rotulación.

El drenaje menor puede ser alcantarilla existente o alcantarillas nuevas que corresponden a cursos de aguas menores que atraviesan la carretera. Se realizará un levantamiento topográfico a todo lo largo y ancho del cauce y al centro de este, hasta una longitud de 60 m aguas arriba y 60 m aguas abajo, referidos al centro del camino.

El drenaje mayor pueden ser puentes o cajas de drenajes existentes o nuevas que corresponden a cursos de aguas mayores que atraviesan la carretera. Por lo general este tipo de levantamiento se realiza en magnitudes de 300 m aguas arriba y 200 m aguas abajo. En función de la magnitud del cauce o río (abertura), estas magnitudes se deberán ampliar de acuerdo a lo que solicite y/o se defina el especialista hidrotécnico.

El plano por lo general se conoce como mapa de vecindad, y deberá conformar lo siguiente:

Poligonal del cauce aguas arriba y aguas abajo, enlazada al eje del camino en un determinado estacionamiento y a un ángulo medido en campo.

Curvas de nivel a intervalos de 0.50 m, en toda el área del cauce y sobre el camino.

Perfil longitudinal sobre el eje de la poligonal del cauce.

Perfil longitudinal sobre el eje del camino.

Detalles de la infraestructura existente en el área del sitio de cruce en donde se enmarca el mapa de vecindad.

Secciones transversales del cauce y del camino.

Detalles en planta de la infraestructura existente.

e) Levantamiento planialtimétrico del sector del camino (seccionamiento).

Se realizará a partir de la línea base y/o referida a ésta utilizando la estación total y prisma reflector instalado a una mira - bastón, de la siguiente manera:

Estacionado en un punto de la línea base de la carretera, tomando vista atrás, se procederá a la radiación de cada uno de los puntos o elementos que conforman la infraestructura existente dentro del derecho de vía, tales como: cercas, postes de teléfonos, poste de luz, casas, árboles existente cuyo grosor sea igual o mayor a los 15 cm de diámetro, tubería de agua potable y alcantarillado sanitario y la carretera de manera detallada.

Montaje de la información levantada en campo, en libretas de seccionamiento y detalles correctamente detallada con su codificación, esquemas del levantamiento y rotulación

f) Proceso de replanteo del eje proyectado del camino.

A partir de la aprobación por parte de la División General de Planificación del MTI, en base a sus términos de referencia y los planos borradores revisados por el consultor, considerando la información de la proyección del trazado horizontal del camino para su diseño, la información planimétrica e infraestructura existente y el resultado de la proyección del alineamiento horizontal del camino; se procederá a replantear en el campo, el eje proyectado y diseñado a nivel de gabinete,

conforme y a partir de los puntos de la línea base, utilizando equipo topográfico electrónico (estación total) aplicando una metodología de ubicar puntos del eje conociendo las coordenadas planas de los puntos de la línea base y los del punto a replantear.

Para el replanteo topográfico del eje proyectado del camino en estudio, se deberá considerar en los puntos replanteados, principalmente los elementos y aspectos técnicos siguientes:

Alineamiento direccional de los puntos en una sola recta.

La distancia entre puntos replanteados deberá corresponder a la diferencia de estacionados así calculados.

Longitudes de tangentes entre el punto de inicio de curva (PC) y el punto de intersección de las tangentes (PI), así como entre PI y el punto de terminación de la curva (PT); conforme a los datos resultantes en las curvas.

Ángulos de deflexión medidos en el PI, así como el medio delta medido desde el PC hacia el PT.

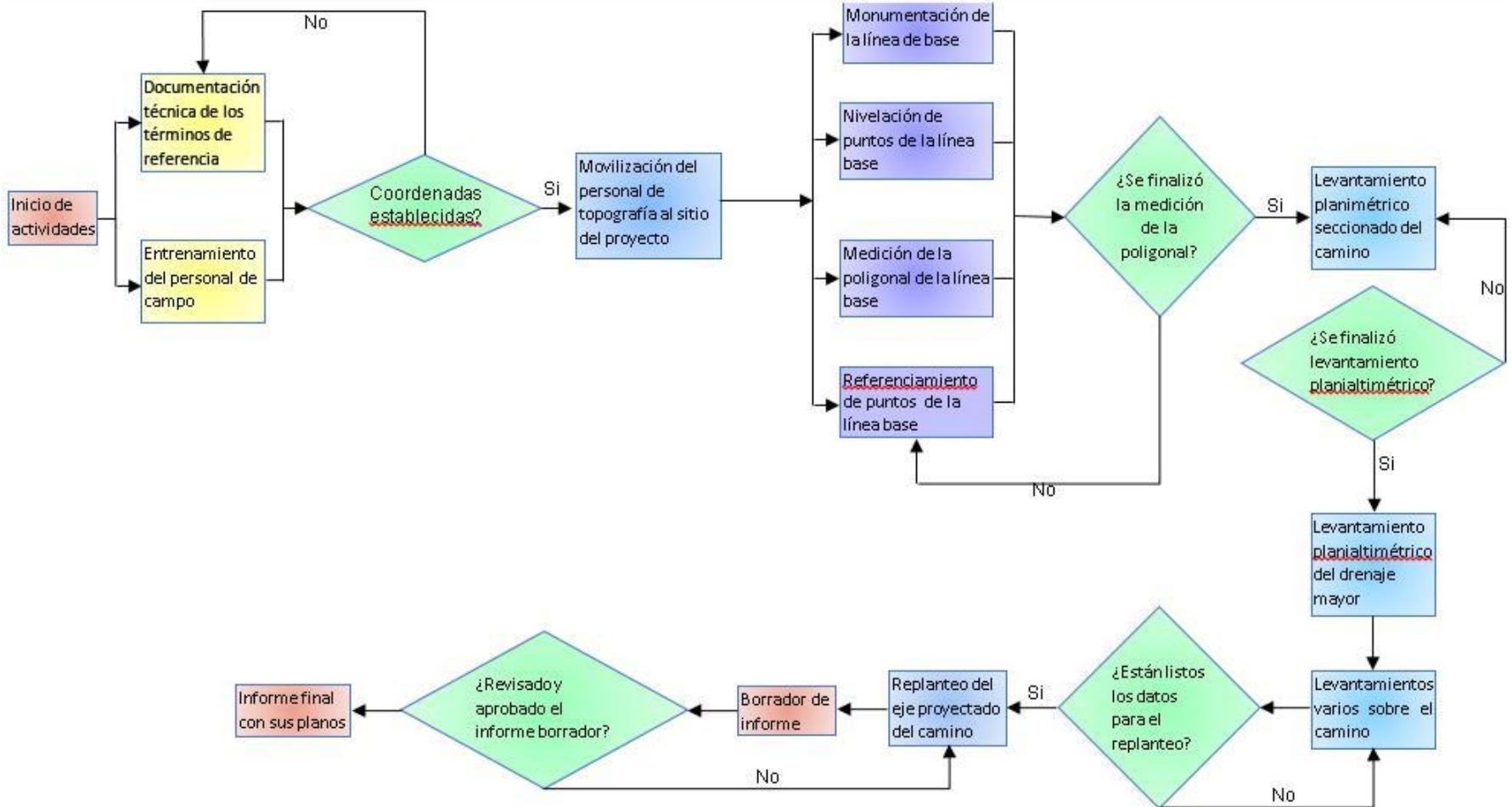
Distancia inicial entre el PC y la primera estación replanteadas.

g) Informe final de estudio y planos topográficos.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio y planos topográficos del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final del estudio y planos topográficos.

La siguiente gráfica corresponde al flujograma del desarrollo del **estudio y planos topográficos**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dicho estudio.

Gráfico No. 2.1: Flujograma para la realización de estudio topográfico.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Capítulo III.

Estudio de tráfico



Capítulo III. Estudio de tráfico.

3.1. Marco teórico conceptual. Consiste en la realización de las investigaciones y estudios a nivel de campo y gabinete, que conlleven a la determinación de los volúmenes del movimiento del tráfico vehicular que se produce globalmente en todo el corredor del proyecto y en sus diferentes puntos para determinar el tráfico promedio diario anual (TPDA) actual y futuro.

3.2. Metodología y estrategia de ejecución.

El proceso metodológico a seguir en el estudio de tráfico se inicia con el establecimiento de la magnitud, metas y objetivos del proyecto. Para ello se deberá tomar en consideración los aspectos relativos a:

Costos de operación y seguridad vial del tráfico.

Investigaciones de la forma de operación a lo largo de la vía para localizar posibles problemas o bajas condiciones de operación del flujo vehicular.

Perspectivas de desarrollo del área de influencia, directa e indirectamente, a partir de su magnitud considerando la ejecución del proyecto.

Perspectivas de desarrollo de la carretera a través de un tráfico atraído por su función de conexión y de acceso a otras zonas del territorio.

El estudio de tráfico comprenderá las siguientes actividades:

a) Recopilación de información y datos existentes.

El proceso de la recopilación de la información y datos existentes para la realización de los estudios de tráfico para un determinado proyecto, no se enmarcará únicamente al área o zona donde tiene influencia, sino hasta más allá de los límites fronterizos del territorio nacional. El consultor procederá a la recopilación de datos e informaciones existentes en todas las Instancias que el caso lo requiera, siguiendo una estrategia orientada a satisfacer los requerimientos de los parámetros y variables que se utilizarán en la determinación y proyección del tráfico como objetivo fundamental de esta parte de los estudios. El proceso se enmarcará en lo siguiente:

La recopilación de la información base-estadística se realizará en el MTI, con la gestión de la documentación e información para la proyección a realizar, correspondiente a series Históricas del TPDA y la composición vehicular por año durante el período comprendido de 1963- 2019; parque automotor a nivel nacional y por departamento; **Plan Nacional del Transporte actualizado**; Red vial nacional por departamento y municipio; rutas o líneas de transporte colectivo de pasajeros; datos socioeconómicos en diferentes instancias gubernamentales; series históricas de producción, precios y consumos de combustibles con el Instituto Nicaragüense de Energía (INE); población nacional por departamento, municipio y localidad del Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC); mapas de uso de suelo del Ministerio de Agricultura y Ganadería – Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente (MAGFOR-MARENA).

b) Encuestas y conteos de tráfico.

Esta parte del estudio de tráfico corresponde a los trabajos de campo que se realizarán para la obtención de información base que se utilizará en el proceso de los estudios de tráfico para alcanzar los objetivos planteados, que corresponden a la determinación del y la proyección de éste, a un período de 20 años; para lo cual se efectuarán los siguientes estudios e investigaciones en los sitios señalados:

Conteo volumétrico de tráfico. La metodología utilizada para el levantamiento de los datos de campo, será el **método de aforo manual**, el cual consiste en la utilización de personal de campo especializado con vasta experiencia en la obtención de los volúmenes de tráfico y su composición por tipo de vehículo. El método en cuestión es considerado con buen margen de seguridad en el levantamiento de datos.

Definición de puntos de aforo. Para la definición de los puntos de aforo para los conteos volumétricos de tráfico, se considerarán los siguientes elementos:

- Ubicación de las estaciones de conteo volumétrico de tráfico del Sistema Nacional de Conteos Volumétricos de Transito del MTI; cuya localización y ubicación en la zona del proyecto, se debe preparar en un mapa.

Ubicación de centros poblacionales de importancia que generen o atraigan tráfico.

Características socioeconómicas de las zonas, correspondiente a los sectores donde se concentra la producción y principalmente los sectores poblacionales de la zona del proyecto.

El período de labor en cada estación será de doce (12.00) Horas, entre las 06:00 y las 18:00 horas, durante siete días consecutivos de conformidad a lo que se establece en los términos de referencia.

Equipo a utilizar y ubicación de los sitios para la realización de los conteos de tráfico.

Para los conteos volumétricos de tráfico habrá dos (2) equipos de conteo, los que se ubicarán en los siguientes puntos del tramo del proyecto que se denominarán estaciones de conteo: Estación N°1; sector del inicio del proyecto y estación n°2; sector final del tramo de proyecto.

Conteo y clasificación de tráfico.

El conteo de tráfico será realizado en las dos (2) estaciones ubicadas en cada uno de los puntos mencionados en forma continua durante doce (12.00) horas, entre las 06:00 y las 18:00 horas, por espacio de siete días. Durante este conteo se contabilizará el cien por ciento del tráfico vehicular. Se hará también clasificación de tráfico.

El volumen de tráfico en cada estación de conteo, se agrupará en períodos horarios y por sentido de circulación, tipificando los vehículos en tres grandes grupos, conforme el formato diseñado.

Encuesta origen- destino.

La encuesta origen – destino (OD) comprende tres etapas básicas que son:

- La formulación de la encuesta, que comprende la definición de la muestra, la ubicación de estaciones de encuesta, cuantificación del personal a utilizar, definición de área de influencia y la zonificación de la misma, coordinación con Policía Nacional, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) y autoridades civiles del lugar.

- La etapa de ejecución de la entrevista a los usuarios de la vía, o sea, el levantamiento de la información de campo.
- La etapa de control de calidad, codificación y procesamiento y análisis de la información levantada en el campo.

Para la ejecución de la encuesta, se utilizará el método de la entrevista directa a los usuarios de la vía sean vehículos, peatones o montados. La encuesta origen - destino se realizará en forma simultánea con el conteo volumétrico en los mismos puntos y en el mismo período horario de 12.00 horas entre las 06:00 y las 18:00 horas; para lo cual se utilizará la “Hoja de campo”. El personal de campo estará conformado por cuatro (4) encuestadores para las dos (2) estaciones propuestas y un coordinador del trabajo de campo.

c) Proyecciones de tráfico.

Para justificar las tasas de crecimiento anual utilizadas para proyectar el tránsito en el periodo de diseño máximo de veinte años como base de diseño y/o diez años para reconstrucción o rehabilitación, se analizarán las tendencias de crecimiento de la década de los años 90, período considerado como un período representativo de una economía en crecimiento sostenible y sin efectos eventuales perturbadores del crecimiento de las principales variables macroeconómicas. También se analizará el crecimiento del tráfico en las principales estaciones permanentes (P), de control (C) y sumarias (S) de estación de mayor cobertura y estación de cantidad sumaria que administra el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). También se analizará el crecimiento del parque vehicular.

Adicionalmente, se analizará el crecimiento de la población y las perspectivas de crecimiento económico de la zona de influencia. En resumen, el consultor proyectará el tráfico, mediante el uso de tres alternativas siguientes:

Análisis de correlación en función al crecimiento del tráfico en el período histórico.

Análisis de correlación con el producto interno bruto (PIB).

Uso de modelo de generación y distribución de viajes.

Registro histórico de vehículos. Se analizarán: La tendencia histórica del registro de los vehículos, El crecimiento Histórico del T.P.D.A. en las carreteras troncales de Nicaragua, las tendencias históricas del TPDA en las principales carreteras.

También se analizarán las perspectivas de crecimiento de la economía nacional y de la zona de influencia del proyecto. En base al crecimiento histórico y las perspectivas de crecimiento de la economía, se definirá tasas de crecimiento para la economía nacional y la zona de influencia del proyecto. Así mismo, se analizará el crecimiento histórico de la población.

De acuerdo a las tasas históricas de crecimiento de la población, del parque vehicular y de acuerdo a las perspectivas de crecimiento de la economía y de la zona de influencia del proyecto, se estimarán las tasas de crecimiento del tráfico; **con y sin proyecto.**

Se estima habrá un tráfico generado, un tráfico desarrollado y un tráfico atraído, se realizarán los cálculos de dicho tráfico y se definirán los criterios para la identificación del tráfico desarrollado y atraído.

d) Elaboración de matriz de correlaciones

En la matriz de correlaciones se seleccionarán las variables de producción, economía, población, entre otras que tengan una buena correlación o grado asociativo con los volúmenes de tráfico y que pudieran servir como instrumentos de predicción de estos volúmenes. El modelo de correlaciones determinará las variables de predicción (variables básicas) y descartará los datos que no guardan una relación definida o manejable estadísticamente o funcionalmente como instrumento de predicción.

Ya con la matriz de correlaciones, se procederá a analizar el grado de independencia de las variables básicas, la cual dependerá del grado de correlación existente entre las mismas.

e) Predicción del tráfico

Con las anteriores informaciones y un análisis de sus tendencias se procederá a la etapa de predicción, la cual considerará períodos de 5, 10, 15 y 20 años y comprenderá:

El pronóstico de las variables básicas, que se basará en proyecciones del Gobierno.

La generación o construcción de los modelos de pronóstico de tráfico y su realización.

Los modelos a emplear para el pronóstico podrán ser del tipo estadístico, de regresiones lineales múltiples y regresiones exponenciales, modelos simples de tipo analógicos o una combinación de ellos. El tipo de modelo estadístico a usar dependerá de los resultados del modelo de correlaciones. Como resultado de la etapa de predicción se tendrá:

El pronóstico del volumen de tráfico, indicando el tráfico generado y tráfico atraído.

El pronóstico del tráfico pesado en la hora de máximo volumen y el pronóstico promedio diario de tráfico pesado (separando del porcentaje de tráfico pesado los vehículos de pasajeros)

Un análisis de sensibilidad del pronóstico, en que se estudien las variaciones máximas, medias y mínimas de los volúmenes de tráfico.

El análisis estadístico de las variables correlacionadas y sus proyecciones necesarias se realizará con el programa estadístico informático SPSS, elaborado para este fin.

f) Análisis de capacidad y niveles de servicio.

El consultor determinará, para cada tramo de carretera el nivel y el volumen de servicios con que operará una vez realizada la rehabilitación y sus variaciones en el tiempo hasta alcanzar su capacidad, en el período de vida estimado para el proyecto.

También se definirá para el tramo, el índice de serviciabilidad presente (ISP), con y sin proyecto, y la estimación del período en que se alcanzará el mismo nivel aceptable de dicho índice.

Trafico promedio diario anual (TPDA) equivalente, actual y proyectado:

Se convertirá el tráfico promedio diario anual mezclado (compuesto por ejes sencillos y tandem), a ejes equivalentes.

El tráfico a convertir en ejes equivalentes deberá clasificarse en vehículos livianos, buses y para los vehículos de carga en: 2 ejes, 3 ejes 4 ejes y 5 ejes, tal como lo determina el MTI.

Esta conversión a ejes equivalentes acumulados se efectúa con el propósito de utilizarse en los distintos métodos de diseño estructural de pavimentación que el consultor estime emplear.

g) Determinación y establecimiento de elementos de las normas generales de diseño.

Después de establecer el tráfico esperado para la carretera, se procederá a seleccionar la velocidad de diseño, tomando en consideración:

Consumo de combustible.

Seguridad vial

Características operacionales en nuestras vías.

Velocidades de diseño generalmente adoptadas en el resto de carreteras del país.

Se adoptará un período de diseño de 20 años y se calculará el volumen horario de diseño (VHD) como porcentaje del TPDA, considerando la trigésima hora, de conformidad a estudios anteriormente realizados. También se determinarán los vehículos de diseño del proyecto. Luego se procederá a efectuar los análisis de capacidad y niveles de servicio utilizando los procedimientos definidos conforme las técnicas del Manual de Capacidad de Carreteras (MCM) de la AASHTO, actualizado en el año 1985.

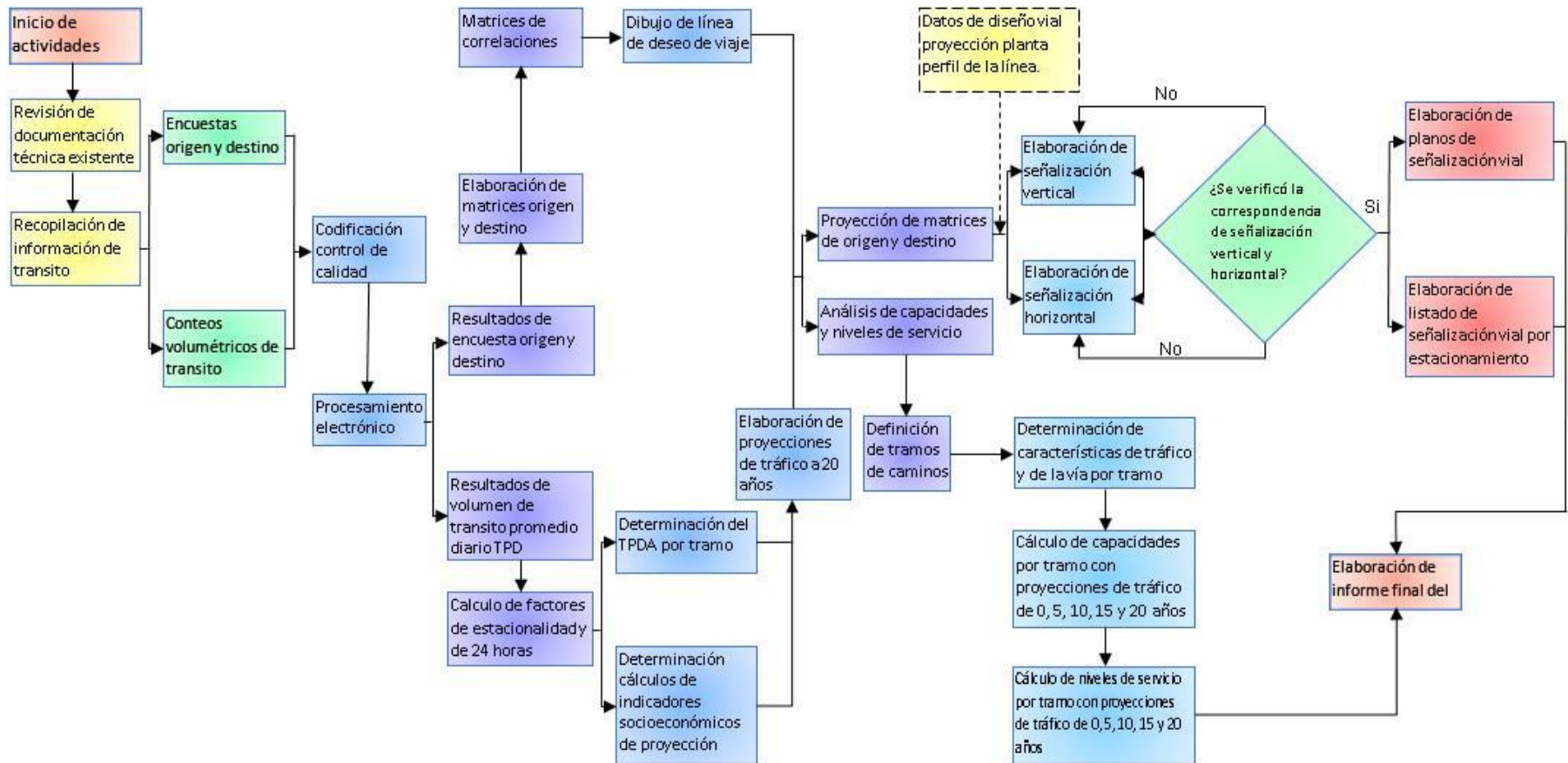
El análisis partirá de la utilización de las informaciones de las características físicas, geométricas, topográficas y operacionales de la vía, dividiéndolo en tramos según condiciones de homogeneidad. Después se aplicarán las técnicas del Highway Capacity Manual (HCM), hasta llegar a determinar la capacidad, los niveles y volúmenes de servicio para diseño del proyecto.

h) Informe final de estudio de tráfico.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio de tráfico del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La gráfica que a continuación se presenta corresponde al flujograma del desarrollo de los **estudios de tráfico**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dichos estudios.

Gráfico 3.1: Flujoograma para la realización del estudio de tráfico.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Capítulo IV.

Estudio geotécnico



Capítulo IV. Estudio geotécnico.

4.1. Marco teórico conceptual: Tiene como objetivo fundamental la determinación de la estratigrafía, características y las capacidades físico-mecánicas del subsuelo sobre el cual descansará el terraplén o plataforma de la carretera a construirse, así como la determinación de las capacidades físico-mecánicas de los materiales contenidos en las fuentes de materiales existentes que se utilizarán para la construcción de dicho terraplén.

4.2. Metodología y estrategia de ejecución.

a) Sondeos de línea.

Consistirán en excavaciones manuales de pozos a cielo abierto - de aproximadamente 25 x 25 cm de Sección y hasta una profundidad mínima de 1.50 m; utilizando barras de acero, palin doble saca tierra, palas y otras herramientas menores. Se realizarán sobre la superficie de rodadura de la plataforma del camino distanciados uno de otro 100 m (10 sondeos por km), y en forma alterna, a la izquierda, centro y derecha, referidos al eje del camino existente.

Durante la excavación correspondiente al sondeo, de cada uno de los diferentes estratos o capas de suelos encontrados, se acopiarán muestras de suelo y los datos característicos de campo específicos para el estrato, conforme a lo siguiente:

Nº del sondeo, ubicación /estación.

Nº de la muestra referida al sondeo.

Profundidad en que se inicia el estrato.

Profundidad en la que finaliza el estrato.

Breve descripción de las características físicas del tipo de suelo del estrato. Observaciones.

En los sondeos en que se detecten ciertas particularidades entre la existencia de los estratos, la profundidad de los sondeos se llevará más allá de la profundidad

mínima de 1.50 m hasta donde sea posible, de tal forma que permita determinar dicha particularidad.

b) Sondeos en bancos de materiales.

Como parte de la recopilación de información existente, en los mapas geológicos obtenidos en INETER, se localizarán los sitios posibles en donde se puedan investigar posible y potenciales bancos de préstamo en el corredor del proyecto, que se utilizarán para la construcción. De manera simultánea se procederá a la localización de posibles sitios en zonas aledañas al corredor del proyecto para ser utilizados como fuentes de materiales complementarias. Como parte de las metas propuestas por el consultor, se deben realizar investigaciones y estudios para establecer y poder contar con un promedio de por lo menos un (1) banco de préstamo cada 5 km., como resultado principal del proceso de investigaciones de bancos de préstamo.

Estas investigaciones en bancos de préstamo; no se limitarán únicamente a la búsqueda de los materiales necesarios para el movimiento de tierra, sub-base y base; sino que, estarán orientadas a la determinación de la existencia de yacimientos de los diferentes materiales que se requieren o son demandados durante la construcción de caminos y carreteras; con el fin de que a través del respectivo procesamiento (trituración, cribado, lavado, etc) en el sitio, conlleve a reducir considerablemente los costos de transporte de materiales para la construcción, los cuales se mencionan a continuación: Material de terracería.

Material seleccionado para sub-base de la estructura de pavimento.

Material de agregado triturado para base de la estructura de pavimento.

Materiales de agregados gruesos (piedra triturada) para uso en los diferentes tipos de concreto y la elaboración de mezclas asfálticas para la carpeta de rodamiento de la estructura de pavimento.

Materiales de agregados finos (arena) para uso en concretos y morteros; así como material cero para uso como material de secado.

Materiales de plasticidad media para elaboración de suelo-cemento a utilizarse en el revestimiento de cunetas.

Las investigaciones en los bancos de materiales, independientemente sean existentes o nuevos; cuyas características principales lo clasifican como para uso de terracería, material granular y seleccionado, arena, material para suelo-cemento y otros similares; se realizarán de manera tradicional para cada sitio, conforme se detalla continuación:

Los sondeos se realizarán dentro del área destinada para dicho banco, serán seleccionados utilizando el criterio y la experiencia del especialista de suelo, de tal forma que la ubicación de dichos sondeos permita obtener muestras bien representativas de toda el área designada, lo cual será valorado por el especialista de suelos, debiendo ordenar la apertura de sondeos adicionales según así se requiera.

- Las excavaciones serán a cielo abierto de 1.5 x 1.5 x 3.0 m, la cantidad dependerá de la homogeneidad de la fuente de material, pero no deberá ser menor de tres (3) para caminos de prefactibilidad, estudios de factibilidad, caminos nuevos, caminos de penetración rurales y adoquinados, y no menor de cinco (5) en caminos con capa de rodamiento de mezcla asfáltica o de concreto hidráulico.
- En la apertura de cada sondeo, se determinará el espesor correspondiente a lo que se conoce como material de “descapote”.
- De cada estrato de material diferente encontrado, se tomarán muestras que se identificarán “in situ” por medio de procedimientos visuales y de tacto con los datos característicos de campo.

c) Sondeos mecanizados en sitio de puente.

En cada sitio de puente se realizarán como mínimo dos (2) sondeos de forma mecanizada y que corresponden a los sitios donde se cimentarán las fundaciones de dicho puente, que durante la fase de investigaciones de campo se desconoce específicamente el sitio exacto donde se ubicarán dichas fundaciones. Lo más

deseable para el diseño estructural es que las perforaciones se realicen en el punto de cimentación exacto.

Para superar la problemática antes expuesta, se realizará un trabajo combinado entre las áreas de diseño estructural y la de estudios hidrotécnicos orientados a establecer; a través de cálculos y estimaciones preliminares, el dimensionamiento aproximado de la estructura requerida en ese sitio, con lo cual se podrá fácilmente conocer la ubicación de las cimentaciones, sabiendo de antemano que existe una plataforma del camino existente que como línea de trabajo deberá aprovecharse en todo lo posible, facilita aún más la ubicación de la posible estructura de drenaje. Esta información será suministrada al área de topografía para que proceda a ubicar dichos puntos para que la brigada mecanizada proceda a la ejecución de las perforaciones correspondientes en el sitio de puente, de acuerdo a lo que a continuación se describe:

Las perforaciones mecanizadas en los sitios designados para tal efecto, se procederá conforme a la metodología de la **prueba de penetración standard** (standard penetration test-SPT); de acuerdo a la norma ASTM D-1586, utilizando para ello la cuchara normal de penetración o cuchara partida, hasta profundidades donde la resistencia del suelo sea igual o menor a los 100 golpes por pie.

Para resistencia superior a estos valores se utilizará el método rotativo usando muestreadores de doble barril en cuyo extremo se usarán diferentes brocas para lavado conocidas como coronas de tungsteno o diamante, lo cual corresponde de forma general a perforaciones en roca.

Cuando las perforaciones se realicen en rocas aplicando la metodología del párrafo anterior, se deberá investigar si dicho material corresponde a una roca aislada o si realmente corresponde a un manto rocoso; para lo cual se perforará sobre la roca hasta una profundidad de 1.50 m, si en esa profundidad se mantiene la continuidad de la roca, se finalizará el sondeo tipo perforación, lo cual será un indicativo de que se encontró un manto rocoso.

Al efectuar las perforaciones, a través de toma muestras (cuchara normal), nos permitirá recopilar una muestra alterada del subsuelo que facilita su identificación para su debida caracterización; se tomará un registro continuo de las muestras del sub-suelo, y las muestras extraídas para posteriormente ser trasladadas al laboratorio para su respectivo ensaye.

Se realizarán dos (2) perforaciones de forma mecanizada en cada uno de los sitios de puente marcados por la brigada de topografía, con una profundidad mínima de 6.00 m; si a esa profundidad no se detectará un estrato de dureza responsable, las perforaciones se profundizarán hasta 12 m como máximo.

d) Investigaciones y estudios geológicos.

Se realizará una selección de los sectores del camino en que se detecten terraplenes con alturas mayores a los tres (3) metros en sus taludes, así como sectores del camino en corte del tipo-trinchera con alturas de excavación mayores a los tres (3) metros; los cuales serán sometidos a un proceso de inspección y revisión de cada sitio.

Los taludes se investigarán en una forma visual, observando si presentan indicios de inestabilidad notoria, asentamientos, tales como rocas sueltas, grietas, superficie irregular con fragmentos de rocas, cuerpo y pie del talud en forma irregular, estrías en los flancos, árboles con tendencias inclinadas, afloraciones de agua subterráneas, etc. Como resultado de la inspección de campo realizada para la preparación de esta propuesta, en los sitios que aproximadamente se localizan en los sectores abajo descrito, se realizarán investigaciones de suelo orientadas a detectar las fallas del talud existentes en el sitio.

Estos sitios de manera paralela y simultáneamente serán abordados por el equipo técnico conformado específicamente para el estudio y análisis de la vulnerabilidad del proyecto; para lo cual se realizarán investigaciones del tipo catas o sondeos manuales de pozos a cielo abierto de 1 x 1 m de sección y hasta 2 m de

profundidad; como parte de un diagnóstico que se elaborará para el planteamiento de soluciones específicas en los respectivos sitios.

e) Ensayes de laboratorio.

En el laboratorio de suelos y materiales, los ensayos de suelos se efectuarán, según los diferentes tipos de ensayos que requiere la modalidad de investigación; sondeos de línea, sondeos en bancos de préstamo y perforaciones mecanizadas; de acuerdo a la designación que a continuación se detalla:

Cuadro 4.1: Ensayes de los sondeos realizados a lo largo del camino.

Tipo de Ensaye	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis granulométrico de los suelos	T-88	D-422
Límite líquido de los suelos	T-89	D-423
Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	T-90	D-424
Clasificación Highway Research Board, o clasificación AASHTO	M-145	D-3282
Humedad Natural		D-2216
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883

Fuente: Manual para la revisión de los Estudios Geotécnicos.

Cuadro 4.2: Ensayes en muestras provenientes de las fuentes de materiales.

Tipo de Ensaye	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico de los Suelos	T-88	D-422
Límite líquido de los Suelos	T-89	D-423
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos	T-90	D-424
Clasificación Highway Research Board, o clasificación AASHTO	M-145	D-3282
Humedad Natural		D-2216
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883
Pesos Volumétricos		C-29
Desgaste Los Ángeles en muestras de materiales para Base	T-104	C-131

Fuente: Manual para la revisión de los Estudios Geotécnicos.

Cuadro 4.3: Ensayes en muestras para agregados de concreto o mezcla asfáltica.

Tipo de Ensaye	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis granulométrico	T-88	C-136
Pesos volumétricos	T-19	C-29
Desgaste Los Ángeles en muestras de materiales para base	T-96	C-131
Sanidad (intemperismo con sulfato de sodio)	T-104	C-88
Densidad	T-84 y T-85	C-127 y C-128
Absorción	T-84 y T-85	C-127 y C-128
Materia orgánica (arenas para concreto)	T-21	C-40
Adherencia asfáltica (agregado para mezcla asfáltica)	T-182	D-1664

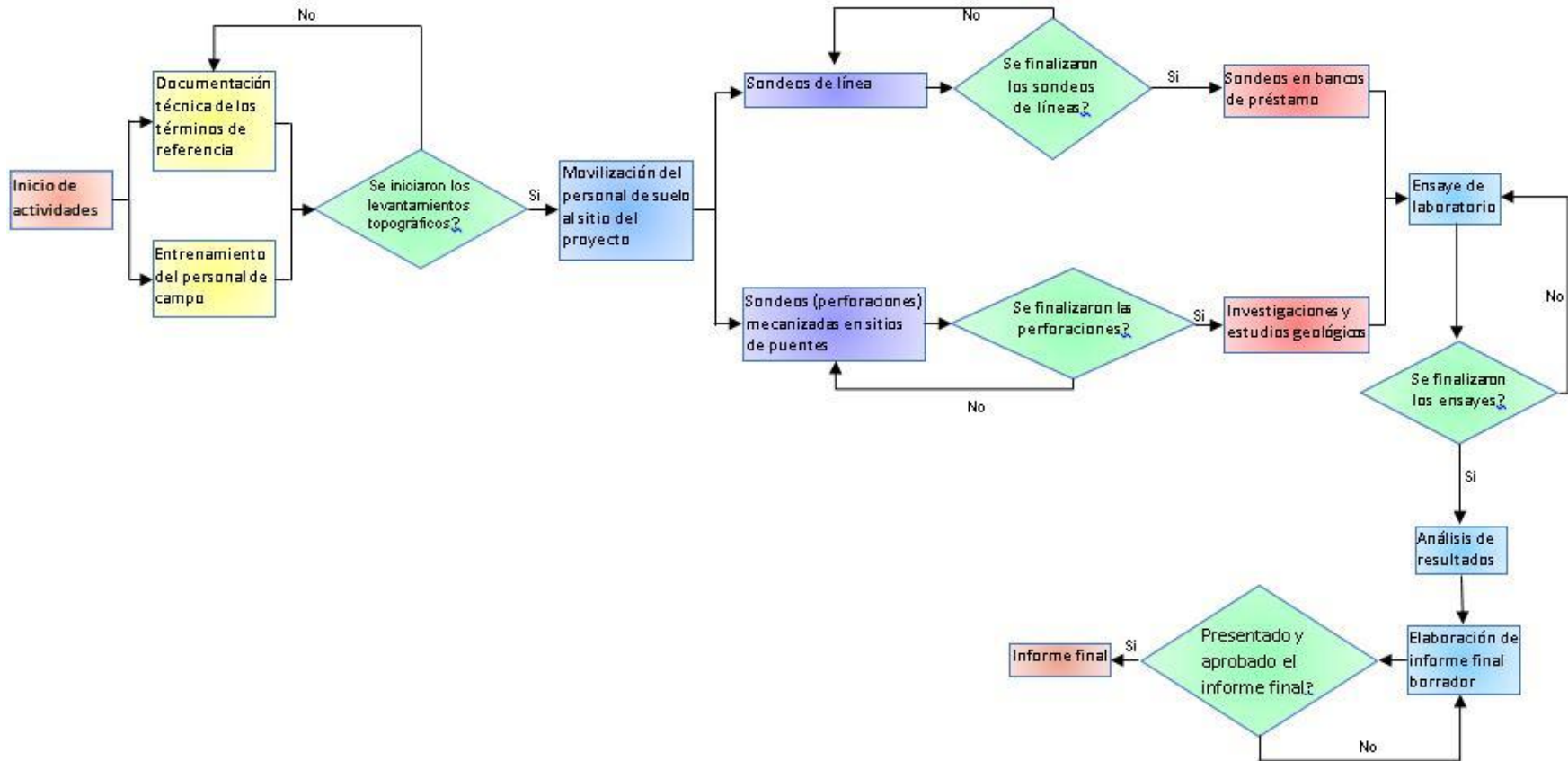
Fuente: Manual para la revisión de los Estudios Geotécnicos.

f) Informe final de estudio de suelos, materiales y geología.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio de geotécnico del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La siguiente gráfica corresponde al flujograma del desarrollo del **estudio geotécnico**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dicho estudio.

Gráfico. 4.4: Flujograma para la realización de estudio geotécnico.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Capítulo V.

Estudio y análisis de vulnerabilidad



Capítulo V. Estudio y análisis de vulnerabilidad.

5.1. Marco teórico conceptual: La vulnerabilidad de la vía y los elementos en su entorno, corresponde a la determinación de la probabilidad de que una comunidad durante el periodo de construcción y/o de operación del proyecto, estará expuesta a una amenaza natural, tecnológica o antrópica más generalmente, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político institucional entre otros).

De acuerdo a la definición, un evento físico es un fenómeno natural que, de hecho, no afecta a los seres humanos porque sus efectos no entran en contacto con ellos. Es un fenómeno natural que no resulta considerado como peligro natural.

El peligro natural se define como el fenómeno natural que ocurre en un área poblada o con infraestructuras que pueden ser dañadas, si los daños que se producen son potencialmente grandes, originan desastres naturales. El desastre natural se define como el peligro natural que causa un número inaceptable de muertos o daños a propiedades.

Para la realización de los estudios y diseños del tramo de carretera en cuestión, se tomará en cuenta el riesgo o probabilidad de que se produzca un daño o catástrofe social en la zona, debido a la acción o actividad de un proceso o fenómeno natural; los cuales se abordarán como fenómenos naturales potencialmente peligrosos, clasificados de la siguiente manera:

- Fenómenos atmosféricos.

- Fenómenos asísmicos.

- Fenómenos hidrológicos.

- Fenómenos volcánicos.

- Incendios.

- Otros fenómenos.

Debido a que siempre existe una interferencia, al menos potencial, entre procesos naturales y sociales, hemos considerado evaluar el aspecto de riesgo, para lo cual se partirá de los siguientes términos o elementos:

Peligrosidad. Se considerará el proceso natural en sí mismo, y se tratará de clarificar su sistema de relaciones intrínsecas, valorando su potencial como causante de transformaciones en el medio, independientemente de que haya o no actividad social.

Interferencia. Se determinará la mayor o menor “adecuación” entre el proceso natural y el proceso social. Es evidente que, en estos casos, el proceso natural puede ser “pasivo en su actuación”, o si se quiere “determinista” ya que actúa de una forma y en una zona dada. Es, por tanto, el proceso social el “activo” o “posibilista” (nosotros somos los que interferimos, en uno u otro grado)

Daño. Se hará mención al proceso social en sí mismo, y se tratará de clarificar su sistema de relaciones intrínsecas, valorando el carácter de las transformaciones sufridas o potenciales. En este campo se medirán parámetros económicos, culturales, vivenciales, sentimentales, etc. Se abordará los costos económico-sociales.

Catástrofe social. Se asumirá la transformación efectiva de un riesgo en un daño. La magnitud de la catástrofe se determinará en función de los costos de ésta.

El aspecto de riesgo lo abordaremos desde la consideración de que, está referido a las pérdidas esperadas de vidas, personas lesionadas, daños a la propiedad y trastornos a la actividad económica, debido a un peligro particular, es decir que el riesgo es la probabilidad de que ocurra un desastre cuyo resultado sea de un nivel específico de pérdidas.

Dentro de la valoración del aspecto intangible, enmarcaremos los efectos resultantes de los desastres que son importantes, pero que no pueden convertirse en un costo (monetario) económico, los cuales clasificaremos como pérdidas intangibles, tales como; muertes, heridos, daños físicos, operaciones de

emergencias, trastornos a la economía, trastornos sociales e impactos ambientales.

La determinación del riesgo será abordada a partir de tres componentes que generalmente se analizan y cuantifican de manera separada, conforme se detalla a continuación:

La probabilidad de que acontezca el peligro en el lugar.

Los elementos en riesgo: Identificación y preparación de un inventario de personas, edificaciones, infraestructura y otros elementos que podrían verse afectados en el caso de ocurrir el peligro y donde sea necesario la estimación de su valor económico.

La vulnerabilidad de los elementos en riesgo: Que daños sufrirán las personas, las construcciones u otros elementos si experimentan algún nivel de peligro.

Categorización del peligro. Para un mejor entendimiento del significado y las implicaciones de un tipo especial de desastre, tendremos en cuenta que existen varios **tipos de peligros** sobre los cuales hay una gran preocupación a nivel internacional por su frecuencia de ocurrencia o por la población tan grande que afectan, siendo evidente en algunos casos la necesidad de ayuda externa, los cuales abordaremos categorizados de la siguiente manera:

Peligros de inicio repentino: Peligros geológicos y climatológicos; terremotos, inundaciones, tormentas tropicales, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra.

Peligros de inicio lento: Sequía, hambruna, degradación ambiental, desertización, despoblación forestal, infestación de plaga.

Peligros industriales tecnológicos: Fallas/accidentes de sistemas, derrames, explosiones, incendios.

Peligros de guerras y conflictos civiles: Agresión armada, insurrección, terrorismo, y otras acciones resultantes en personas desplazadas y refugiadas.

Peligros de epidemias: Enfermedades producidas por el agua y/o los alimentos, enfermedades de contagio directo, enfermedades producidas por portadores y complicaciones de heridas.

Los **peligros naturales**, de acuerdo a investigaciones realizadas por la Asociación Internacional Permanente de Congresos Viales, en inglés Permanent International Association of Road Congresses (PIARC), se determinó que los principales peligros naturales que causan desastres en las carreteras en la mayoría de los países, corresponden a:

Inundaciones.

Deslizamientos.

Terremotos.

Avalanchas de nieve, que no se aplicará al proyecto.

Además de los peligros antes descritos, existen otros fenómenos naturales que causan desastres en las carreteras, estos incluyen: Erupciones volcánicas, oleadas por tempestad, neblinas, incendios, acumulaciones de arena y otros materiales, hundimientos de tierra, que generalmente se consideran como peligros locales a una determinada zona, que deben considerarse con igual importancia a los antes descritos.

5.2. Metodología y estrategia de ejecución.

a) Recopilación de información.

Se considera que una de las primeras tareas a realizar será, la recopilación de toda la información y documentación técnica disponible, correspondiente principalmente en los aspectos siguientes:

Los antecedentes históricos de los eventos naturales de desastres y su caracterización de efectos producidos.

La composición y fallas geológicas del subsuelo del territorio nacional, así como mapas de las fallas sísmicas a nivel nacional.

Mapas de la conformación geológica de los suelos de la zona, conteniendo los procesos geodinámicos.

Investigaciones geológicas de campo, consistentes en sondeos y perforaciones mecanizadas orientadas a detectar posibles fallas del suelo.

b) Inspección y reconocimiento de campo.

Se deberá conformar un equipo de trabajo coordinado por el especialista en geología, integrado por diferentes especialistas de geología, ambiental, vial, estructural, hidrotécnico, suelos y costos y presupuesto.

El equipo técnico conformado - por los diferentes especialistas para la realización del estudio de vulnerabilidad, a partir del análisis realizado a la información y documentación técnica recopilada; localizando en los mapas los sitios posibles que presenten características, susceptibles a inundaciones, deslizamientos, fallas geológicas, etc. Realizará diferentes visitas de campo para inspección y reconocimiento, orientadas de manera general con el objetivo de verificar y detectar zonas del proyecto que superficialmente presenten vulnerabilidad a posibles y principales peligros naturales que causan desastres, tales como inundaciones, deslizamientos, huracanes, tormentas, sismos de gran intensidad, etc.

De la información recopilada se preparará un listado de posibles sitios que requerirán inspección y reconocimiento de campo, auxiliado con mapas geológicos y de la estratigrafía del subsuelo, a manera de guía de referencia.

c) Encuestas técnicas de campo.

En el sitio del proyecto en campo, los procedimientos consistirán, primeramente, entrevistas directas con los habitantes más conocedores de la problemática de la zona y que cuenten con el mayor tiempo de residir en el territorio, hasta recopilar la mayor información posible al respecto. La información que se pretende detectar a través de estas entrevistas se enmarcará en los siguientes aspectos:

Sectores del camino más propensos a inundaciones por efectos de tormentas, huracanes y otros.

Sectores del camino en que la sismicidad es mayor que en cualquier otro sector.

Sitios de estructuras de drenaje existente o nuevas que se han visto amenazados por los efectos de crecidas de las aguas durante tormentas o huracanes.

Sectores del camino que característicamente se producen pegaderos de vehículos por efectos de empozamiento de aguas por infiltración y como consecuencia, lodazales.

d) Inspección y reconocimiento de sitios que serán investigados en el aspecto de vulnerabilidad.

Seguidamente se procederá a la visita de sitios que resulten seleccionados, tanto del análisis de información recopilada en gabinete como en las entrevistas de campo; para lo cual en cada sitio se realizará el siguiente levantamiento:

Localización y ubicación del sitio referido a los elementos topográficos de referencia.

Dimensionamiento aproximado del sitio.

e) Análisis de resultados.

Para cada uno de los sitios en estudios, la información obtenida, tanto en el proceso de recopilación como de los resultados de ensayos, inspección y reconocimiento de campo, será organizada en el sentido de utilización por cada uno de los especialistas que conforman el equipo técnico de estudio de vulnerabilidad. Los tipos de posibles peligros, se clasificará de acuerdo a la causa a las siguientes causas: Inundaciones, deslizamientos de masas de tierra y terremotos.

f) Evaluación del riesgo en puentes.

Para la evaluación del riesgo al daño en puentes son factores decisivos las características estructurales de los puentes y las condiciones geográficas y geológicas in situ, así como lo es la severidad del temblor de tierra en el sitio del puente.

Diversos métodos para la valoración del riesgo al daño para puentes han sido propuestos. Algunos son métodos simplificados los cuales pueden evaluar el riesgo sísmico aproximadamente por inspección visual de puentes en un tiempo relativamente corto.

g) Evaluación del riesgo en terraplenes.

En la evaluación del riesgo de daño en terraplenes los modelos de daños y las características referidas a las condiciones del sitio, condiciones del terraplén y efectos de la protección de taludes y estructuras adjuntas mencionadas en el capítulo anterior, deben ser considerados cuidadosamente.

h) Medidas de mitigación y evaluación técnica-económica de su implementación.

Las medidas de mitigación para contrarrestar los desastres de los peligros naturales, serán diseñadas y construidas para condiciones pre-eventos, así como para condiciones de post-eventos.

Para las condiciones de pre-eventos y post-eventos, las medidas de mitigación a implementarse, se determinarán de manera conjunta y en función de los resultados de diseño para el proyecto. La estrategia de trabajo, consiste en la participación de todos los especialistas que conforman el equipo técnico para el estudio de vulnerabilidad.

i) Medidas de mitigación para peligros naturales clasificados como inundaciones.

Se establecerán a partir de los resultados de los estudios hidrotécnicos, en los cuales se tomaron en consideración lluvias de diseño equivalentes a tormentas del 25, 50 y de ser necesario hasta 100 años de período de recurrencia, cuyos resultados se transformarán en diseños de obras constructivas de **puentes y/o cajas de drenaje y terraplén de la carretera.**

En estructuras de puentes y cajas con mayores dimensiones que lo normal, los resultados que se obtendrán de la modalidad implementando las medidas de

mitigación, corresponderán a los siguientes tipos de obras constructivas:

Mampostería y zampeado de piedra bolón con mortero cemento para protección del cauce y de la estructura, de los efectos de socavación.

Muros de mampostería de piedra bolón con mortero de cemento para encauzamiento de aguas del cauce del río.

Muros de gaviones para protección de paredes y taludes de cauce, protección de taludes de terraplén.

El diseño de las obras constructivas resultantes se implementará integradas a los planos a manera de dos (2) alternativas, para posteriormente ser evaluadas en la modalidad técnica-económica, seleccionándose lo más viable para su implementación.

j) Medidas de mitigación para peligros naturales clasificados como deslizamientos.

En este aspecto se tomará en consideración la magnitud y características del evento, y las soluciones a manera de alternativas podrían plantearse sin mayores problemas para la evaluación técnica-económica.

Conjuntamente los especialistas de diseño vial y el de estudios de suelo, a partir de la experiencia acumulada, la calidad de los suelos existentes en los taludes de corte y la aplicación de metodología constructivas de la sección transversal típica, establecerán las soluciones acordes a la problemática, para lo cual presentamos algunas obras constructivas que se aplicarán como medidas de mitigación en los aspectos siguientes:

Reducción de la pendiente inclinada del talud.

Estabilización de taludes aplicando suelo-cemento.

Estabilización de taludes, aplicando procesos de siembra de grama.

Implementación de obras constructivas en taludes, tales como “escalones tipo banqueo”.

Construcción de contracunetas y cunetas revestidas.

k) Medidas de mitigación para peligros naturales clasificados como sismo o terremoto.

Estructuralmente se tomarán las medidas correspondientes en función de lo que se haya establecido en los estudios sísmicos a través de los resultados del estudio geológico. En general las medidas de mitigación estarán orientadas y de manera específica corresponderán al reforzamiento de las estructuras de puentes y las estructuras del terraplén del sector de la carretera en el sitio, que de manera general se describe a continuación:

Estructuras de cajas y puente nuevos. El diseño de las estructuras para puentes nuevos será afectado por los factores y parámetros de seguridad sísmica en todos sus elementos conforme lo establece el código estructural y en la magnitud de la afectación de dichos factores como resultado de las investigaciones y estudios geológicos.

Estructuras de puentes y cajas existentes. Para el caso de las estructuras existentes, se realizará una revisión a cada uno de los elementos estructurales a partir del diseño estructural considerando los factores y parámetros sísmicos. Como resultado se obtendrá obras constructivas de **reforzamiento** de los elementos principales existentes:

- Vigas principales y diafragmas. ○
- Losas de concreto para rodadura.
- Estructuras de terraplén en sectores de la carretera.

Para los terraplenes, como medidas de mitigación se implementarán obras constructivas ampliamente conocidas en el ámbito de la protección de terraplenes, las cuales se describen las principales, a continuación:

Construcción de cunetas revestidas en los bordes laterales del terraplén, con el objetivo de evitar que el flujo de agua de lluvia que se desliza sobre el pavimento, sea captado por esta cuneta, controlando a su vez el desagüe.

Construcción de muros de contención, del tipo; muro de gaviones, muros de mampostería seca, muros de mampostería de piedra bolón con mortero de cemento.

Estabilización de taludes, aplicando metodologías de recubrimiento de suelo-cemento, riegos superficiales de asfalto, inyecciones de cemento en el cuerpo del terraplén.

Protección de taludes a través de siembra de grama por estolones o método seco por semilla.

I) Medidas de mitigación para peligros naturales clasificados como otros peligros.

Como medidas de mitigación para otros peligros naturales, se establecerán soluciones constructivas de acuerdo a las características de la problemática que se detecte, de los cuales detallan a continuación:

Asentamiento de los suelos en la plataforma de la carretera. Se establecerán soluciones constructivas combinadas, en función de las características de la situación estratigráfica y físico-estructural de los suelos, como resultado de las investigaciones geológicas y de suelo en el sitio; pudiéndose implementar las siguientes soluciones constructivas:

- Terraplén con alturas mayores de acuerdo a lo establecido por el especialista de suelos, diseñados a partir de la proyección de la rasante.
- Sub-excavaciones y reposición del material indeseable.
- Obras de filtros del tipo francés.

Infiltraciones de flujos de agua sobre la vía. En los sitios donde se detectaron infiltraciones de agua sobre la plataforma de la carretera, a partir de la localización del origen y punto de las emanaciones del flujo, se implementarán las siguientes soluciones constructivas:

- Filtros tipo francés.
- Sub-drenes con tubería perforada para la captación del flujo y relleno con material filtrante.
- Cunetas laterales revestidas con mampostería de piedra bolón con mortero arena-cemento.

m) Evaluación técnica-económica de la implementación de las medidas de mitigación.

Se partirá de los resultados de las medidas de mitigación que serán establecidas como soluciones constructivas para cada caso, considerando dos (2) situaciones o escenarios, conforme a continuación se detalla:

Implementación de las medidas. En función de los costos de inversión, las medidas de mitigación a implementarse representan un costo adicional a la inversión a realizar de la forma normal para el proyecto.

La no implementación de las medidas. En esta situación se considera que, al no implementarse las medidas de mitigación, el costo de inversión que resultará corresponderá a la situación normal, en que los costos de construcción corresponden a los diseños de las obras de manera normal, sin tomar en consideración el estudio de vulnerabilidad.

La especialidad de costo y presupuesto en esta fase de trabajo jugará un papel bien importante, debido a que habrá que determinar los estimados de costos de construcción para cada una de las situaciones arriba descritas y para cada concepto de obra en cada sitio.

Los costos se determinarán primeramente para la situación normal, en la cual no se considera la implementación de las medidas, es decir las soluciones de diseño del proyecto conforme a lo tradicional.

Seguidamente se estimarán los costos de las obras constructivas adicionales que corresponden a las medidas de mitigación a implementarse, debidamente identificadas en su correspondencia en cada sitio, de tal forma que permita realizar y establecer un análisis comparativo de las dos situaciones o escenarios, con medidas y sin medidas.

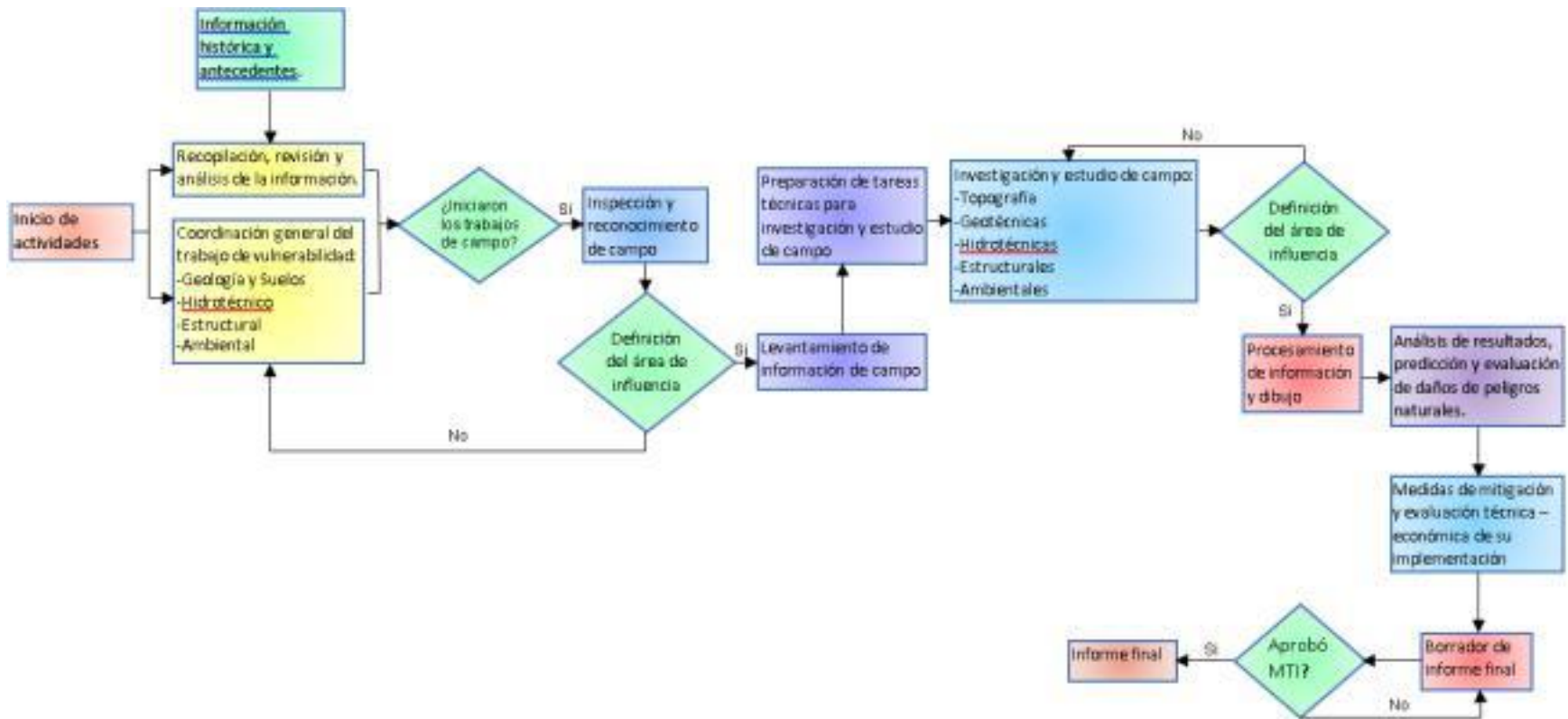
Se realizarán valoraciones sobre las comparaciones anteriormente descritas, evaluando técnica- económica y socialmente que pasará si no se construyen las obras de mitigación, comparativamente con la posibilidad de que éstas si se implementen.

n) Informe final de estudio de vulnerabilidad.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio de vulnerabilidad del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La siguiente gráfica corresponde al flujograma del desarrollo del **estudio de vulnerabilidad**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dicho estudio.

Gráfico 5.1: Flujograma para la realización del estudio de vulnerabilidad.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Capítulo VI.

Estudios hidrotécnicos



Capítulo VI. Estudios Hidrotécnicos.

6.1. Marco teórico conceptual: Tiene como objetivo fundamental la determinación de las estructuras necesarias con capacidad de drenar el caudal de diseño que será determinado, con la seguridad y confiabilidad requerida. Un importante aspecto a considerar es la posibilidad de utilización del sistema de drenaje que existe actualmente en el camino, con el propósito de reducir los costos de inversión del proyecto.

6.2. Metodología y estrategia de ejecución.

La estrategia para la realización de los trabajos de estudios hidrotécnicos, contempla las consideraciones siguientes:

Se realizará el estudio hidrológico para cada sitio de cruce de agua, con el fin de conocer el volumen de agua que atraviesa el camino por ese sitio.

Se realizará un inventario de cada una de las estructuras de drenaje existentes, con el fin de conocer las características, estado físico-estructural y dimensiones de las secciones hidráulicas con que cuentan, de tal forma que, complementado con la información del levantamiento topográfico nos permita determinar las capacidades hidráulicas de cada una de las estructuras de drenaje existentes.

Se realizará un análisis comparativo entre el volumen de agua (caudal de diseño) determinado a pasar por dicho sitio y la capacidad de la estructura allí existente, lo que nos permitirá seleccionar y determinar que estructuras de drenaje se conservarán y cuales deberán ser sustituidas, por efectos de capacidad hidráulica.

Se tomará en cuenta para dicha selección, el estado físico-estructural resultante del inventario previamente realizado.

Para el diseño de las estructuras de drenaje menor se utilizará una lluvia de diseño para un período de recurrencia de 15 o 25 años conforme se establece en los términos de referencia (TDR) del proyecto.

Para el diseño de las estructuras de drenaje mayor se utilizará una lluvia de diseño para un período de recurrencia de 50 años.

La estructura de drenaje mayor del tipo puente - vado se diseñará para un período de 5 años de recurrencia, y los bordes libres se determinarán para períodos de recurrencia de 15 o 25 año.

Las Actividades a desarrollar para la realización de los estudios hidrotécnicos se describen a continuación:

a) Drenaje menor - estudio hidrológico.

Estará comprendido en trabajos de campo y trabajos de gabinete, a través de **Inspección y reconocimiento de campo**. A través de un recorrido a todo lo largo del proyecto, y específicamente en cada sitio de cruce de agua, contando con la información de mapas topográficos (geodésicos) a diferentes escalas se determinará lo siguiente:

Evaluación del drenaje existente, así como inventario de las estructuras existentes.

Ubicación del drenaje existente en los mapas topográficos a escala 1:50,000 tomando como referencia puntos coincidentes en los mapas y el terreno.

Comprobación de la delimitación de las cuencas de drenaje de los cruces de agua en los sitios localizados.

b) Caudal de diseño.

El caudal de diseño que se selecciona para diseñar una alcantarilla está función de la importancia de la carretera estudiada, tamaño y forma de: La cuenca, la longitud, la pendiente y otras características hidráulicas del cauce o arroyo. También depende del tipo de suelo, vegetación y cultivos que caracterizan el entorno y principalmente de la precipitación pluviométrica o tormenta de diseño.

El método utilizado para determinar el caudal del diseño, es el método racional, presentado por Emil Kuichling en 1889 y mejorada posteriormente por otros.

El método racional está representado por la siguiente ecuación:

= * *

Siendo:

Q: Caudal de diseño en m^3/s .

I: Intensidad de la lluvia en mm/hora.

A: Área de drenaje de la subcuenca en Ha. o Km^2 . El vaor de Q en m37

C: Coeficiente de escorrentía o superficie drenada, es adimensional.

K: Coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20% en Q para tener en cuenta el efecto de los picos de precipitación. Se utilizará $k=360$ para obtener un valor de caudal en metros cúbicos por segundo (m^3/s) y $k=3.6$ cuando el área introducida sea en km^2 para obtener el valor de Q en $m^3/segundo$.

c) Coeficiente de escorrentía C.

Transforma la lámina de agua en el caudal pico y su valor depende de elementos como el tipo y cubierta de suelo, pendiente del terreno y otros factores de menor incidencia. Estos valores serán estimados por inspección directa en el campo y complementados por medio de mapas cartográficos escala 1: 50,000. Los valores de los coeficientes se definirán según Applied Hydrology, Ven Te Chow, David R Maidment y Larry W Mays. La metodología incorpora la cubierta vegetal, probabilidad de la lluvia y la pendiente del terreno.

d) Intensidad de la lluvia. Se usarán las curvas intensidad-duración-frecuencia calculadas por INETER en la estación hidrometeorológica principal-HMP, más cercana al sitio del proyecto correspondiente.

e) Duración de la lluvia. La duración de la lluvia corresponde al tiempo de concentración de la cuenca, que se determinará usando la ecuación de California Culvert:

$$= 60 (11.9)^{0.385}$$

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L : Longitud del curso de agua principal en millas.

H : Desnivel de la cuenca en pies.

Estudio hidráulico.

Metodología. El método utilizado para definir y dimensionar las estructuras del drenaje menor fue el modelo “Culvert Master”, desarrollado por la Haestad Methods, incluye la metodología de Hydraulic Design N°5, Hydraulic Design of Highway Culverts.

El enfoque del modelo asume dos asunciones del control del flujo:

Control de entrada y control de la salida. Determina la profundidad de la carga de agua usando métodos convencionales de cálculo hidráulico que consideran pérdidas en la entrada dentro y a la salida de la alcantarilla. Ecuaciones de diseño de control de entrada:

Sin sumergir

$$H_{wi} = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{16}{D^3} \left(\frac{L}{1480} + 0.00015 L^2 \right)} \right) \quad (1)$$

Sumergido

$$H_{wi} = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{16}{D^3} \left(\frac{L}{1480} + 0.00015 L^2 \right)} \right) \quad (2)$$

Siendo:

HWi: Profundidad de cabecera sobre la sección de control de entrada invertida, m (pies).

D: Altura interior del barril de alcantarilla, m (pies).

Hc: Cabezal específico a profundidad crítica ($d_c + V_c^2 / 2g$), m (pies).

Q: Caudal, m³ / s (Ft³ / s).

A: Área de sección transversal completa del barril de alcantarilla, m² (ft²).

S: Pendiente del barril de alcantarilla, m / m (ft /

ft). K, M, c, Y Constantes de la tabla 9.

Ku 1.811 SI (1.0 inglés).

K y M constantes, que dependen del tipo de alcantarilla y la forma de los aletones de entrada.

El control de salida viene dado por la relación del flujo completo de energía y líneas de grado hidráulico siguiente:

$$H_w = \frac{V_u^2}{2g} + H_L$$

Siendo:

H_w: Es la profundidad de la cabecera por encima de la salida invertida, m (pies)

V_u: Es la velocidad de aproximación, m / s (ft / s).

TW: Es la profundidad del agua de cola por encima de la salida invertida, m (pies).

V_d: Es la velocidad aguas abajo, m / s (ft / s).

HL : Es la suma de todas las pérdidas, incluidas la entrada (H_e), la fricción (H_f), la salida (H_o): y otras pérdidas, (H_b), (H_i), etc., m (ft).

Nota: la energía ascendente total disponible (HW) incluye la profundidad de la superficie del agua aguas arriba por encima de la salida invertida y la altura de la velocidad de aproximación. En la mayoría de las instancias, la velocidad de aproximación es baja y la altura de la velocidad de aproximación se descuida. Sin embargo, se puede considerar que forma parte de la cabecera disponible y se utiliza para transmitir el flujo a través de la alcantarilla.

Culvert master utiliza la ecuación de manning para determinar el diámetro y capacidad de la tubería, velocidad media, profundidad del agua.

La expresión más simple de la fórmula de Manning se refiere al coeficiente de Chézy :

$$C = 1.49 R^{2/3} S^{1/2}$$

De donde, por substitución en la fórmula de Chézy, se deduce su forma más habitual:

$$Q = 1.49 C A R^{2/3} S^{1/2}$$

O

$$Q = 1.49 C A R^{2/3} S^{1/2}$$

C: Coeficiente de proporcionalidad que se aplica en la fórmula de Chézy

R(h): Radio hidráulico en m que es función del tirante hidráulico h.

n: Coeficiente que depende de la rugosidad de la pared;

V(h): Velocidad media del agua en m/s, que es función del tirante hidráulico h.

S: La pendiente de la línea de agua en m/m.

A: Área de sección del flujo de agua.

Q(h): Caudal del agua en m³/s, que es función del tirante hidráulico h.

f) Drenaje mayor.

Los estudios hidrotécnicos del drenaje mayor comprenden: el Estudio Hidrológico con el cual se determina el caudal de diseño; el Estudio Hidráulico en el que se definen las dimensiones de los puentes o cajas capaces de evacuar la crecida de diseño; y el análisis de la socavación en el puente lo que ayuda a calcular la profundidad de desplante de los estribos y columnas.

Estudios Hidrológicos. El estudio hidrológico tiene como finalidad determinar el caudal de diseño, mediante la creación de una lluvia o tormenta con igual probabilidad de ocurrencia del caudal de diseño, el cual se analiza para el periodo de retorno de 50, 100 años o más según lo requiera el contratante del proyecto.

Metodología. La metodología a usarse es la desarrollada por el US Army Corps, Hydrologic Engineering Center, llamado sistema de modelación hidrológica del centro de ingeniería hidrológica (HEC-HMS). El mismo está diseñado para simular procesos de precipitación-escorrentía mediante la representación de cuencas hidrográficas como un sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos interconectados.

Los elementos disponibles son: sub-cuencas, uniones de cuencas, tramos de los ríos, uniones de cauces, trasvases y sumideros. Los cálculos se realizan de aguas arriba hacia aguas abajo.

Dentro del modelo de cuenca se realizan los siguientes procesos:

Pérdidas. Hay una variedad de elementos disponibles para simular el proceso de infiltración. En este caso se propone la curva de nivel del US Soil Conservation Service.

Transformación de la escorrentía. Puede usarse diferentes métodos para transformar el exceso de lluvia en hidrogramas de caudales, los cuales depende de la información existente. Para este estudio se usará el hidrograma unitario adimensional del US Soil Conservation Service.

Tránsito de avenida en canales. Al igual que en los otros procesos existen diferentes metodologías para el tránsito de avenidas en canales. En el estudio se usará el método de Muskingum.

Especificaciones de control. Las especificaciones de control definen el tiempo del inicio y fin de la simulación, así como el intervalo de tiempo del cálculo.

Estudio de precipitación. Para el estudio de la precipitación se usará la información registrada por INETER de la estación hidrometeorológica principal-HMP, más cercana al sitio del proyecto correspondiente.

Lluvia de diseño. Para determinar la lluvia de diseño de las cuencas con tiempos de concentraciones menores o iguales a dos horas, existen diversos métodos, entre estos el “Método de los Bloques Alternativos”, el cual consiste en el uso de histograma de diseño que se basan en las curvas de intensidad-duración-frecuencia, de Chow et. al. 1994.

A continuación, se expone el procedimiento del U.S. Soil Conservation Service la que se define mediante la ecuación: $E = (P - S)^2$

Donde:

P: Es la precipitación desde el comienzo del aguacero hasta el instante considerado (mm).

E: Es la lluvia efectiva o escorrentía acumulada provocada por P (mm).

S: Es el parámetro de umbral de la escorrentía que incluye la retención inicial y la infiltración (mm).

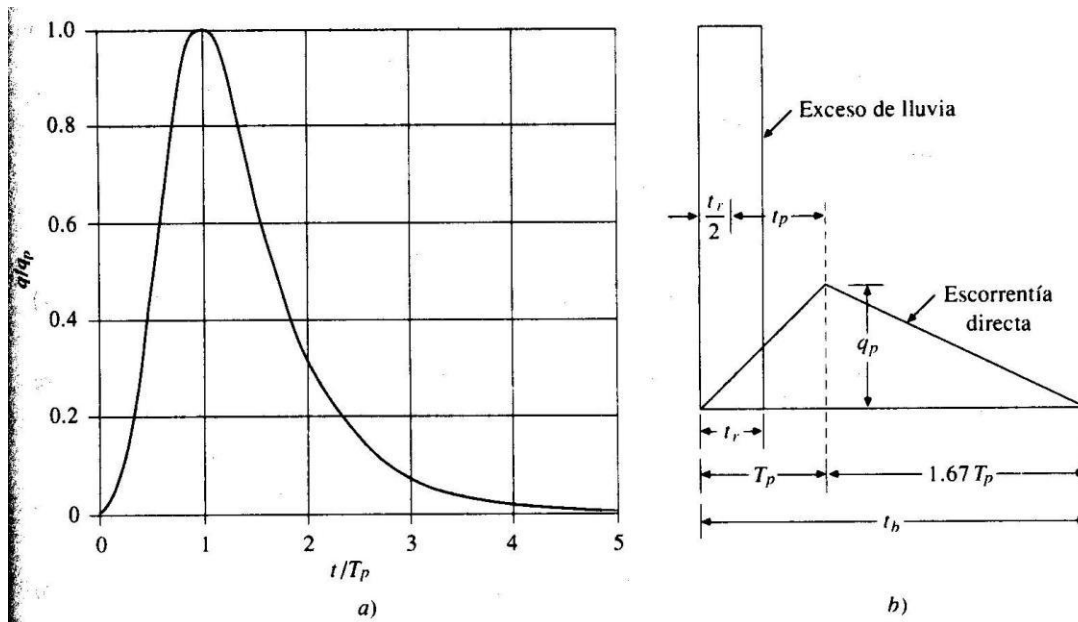
Resultados de investigaciones de los servicios de conservación de suelos (SCS) de los EEUU, proponen que el caudal pico y el tiempo de punta del hidrograma están dados por las siguientes relaciones:

El hidrograma unitario está definido por las relaciones de procedimientos estadísticos siguientes:

$$q_p = \frac{1.49 A^{0.76}}{T_p^{1.08}}$$

Donde q_p es el caudal pico [$m^3/s \cdot cm$], A es el área de drenaje [km^2] y T_p es el tiempo al pico [hs]

Gráfico 6.1: a) hidrograma adimensional del SCS; b) hidrograma unitario triangular.



Fuente: Ven T Chow et al. 1994.

Tiempo de concentración de la cuenca, T_c : es el tiempo que tarda una gota de agua en trasladarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida. De acuerdo con esta definición, según análisis realizados en cuencas españolas, podría calcularse el tiempo de retardo, t_p , también llamado t_{lag} , como:

De esta manera el tiempo al pico será: $t_p = \frac{t_r}{2} + T_c$
 Donde t_r es la duración de la lluvia efectiva.

Con Q_p y T_p conocido, el caudal el hidrograma unitario en cada tiempo Q_t puede ser encontrado por multiplicación.

El tiempo de concentración se calcula mediante la ecuación de California Culverts ya antes explicada

Tránsito de avenidas. Tiene por objeto analizar y calcular el abatimiento en los hidrogramas de crecida producido en las cuencas, al trasladarse las crecidas

aguas abajo como efecto del almacenamiento de los cauces. El método propuesto es el de Muskingum el que se describe a continuación:

$$OUT = C2 * INP(I) + C1 * INP(I-1) + C3 * OUT(I-1) \text{ Donde:}$$

OUT(I), OUT(I-1), caudales de salida en el intervalo actual y anterior.

INP(I), INP(I-1), caudales de entrada en el intervalo actual y anterior.

A continuación, la ecuación de enrutamiento para el método de Muskingum donde:

$$1 = \frac{\Delta - 2}{2(1 - X)\Delta}, 2 = \frac{\Delta - 2}{2(1 - X)\Delta} \text{ y } 3 = \frac{2(1 - X)\Delta}{2(1 - X)\Delta}$$

C1, C2, C3, coeficientes definidos por las siguientes relaciones:

$$C1 + C2 + C3 = 1$$

Siendo:

T: Intervalo de tiempo en horas.

K: Duración del recorrido de la punta en horas.

X: Coeficiente adimensional que representa la relación entre el peso de los caudales de entrada y de salida.

Estudio hidráulico.

Metodología. El método usado para definir las características hidráulicas del tramo en estudio y de los parámetros necesarios para el diseño de las estructuras de protección, es el que utiliza el modelo HEC-RAS, desarrollado por el US Army Corps, Hidrologic Engineering Center y llamado River Analysis System.

El modelo permite analizar los cauces con las estructuras propuestas como un sistema, considerando la iteración entre las partes. El procedimiento de cálculo usado es basado en la solución de la ecuación de la energía unidimensional, con pérdidas de energía por fricción la que es evaluada con el coeficiente de Manning y pérdidas por contracción y expansión del cauce. Este método es conocido como del paso estándar.

Método del paso estándar. La superficie del agua la calcula por medio del paso estándar, la cual utiliza la ecuación de la energía y por un proceso iterativo de una sección a otra. Este método viene dado por la ecuación de Bernoulli; Mecánica de los Fluidos, Víctor Streeter siguiente:

$$\frac{V_1^2}{2g} + Y_1 + Z_1 + h_e = \frac{V_2^2}{2g} + Y_2 + Z_2$$

Donde:

Y1, Y2 : Profundidad del agua en la sección transversales,

Z1, Z2 : Elevación del fondo del canal

V1, V2 : Velocidad promedio de la sección.

G : Aceleración de la gravedad.

he: Pérdidas de energía.

Las pérdidas de energía ente dos secciones transversales está compuesta por pérdidas por fricción y por contracción y expansión. La ecuación de Bernoulli concluyó que el desplazamiento se debe principalmente a 3 factores:

- 1) Carga de posición (diferencia de alturas).
- 2) Carga de presión.
- 3) Carga de velocidad.

$$\frac{V_1^2}{2g} + Y_1 + Z_1 + h_a = \frac{V_2^2}{2g} + Y_2 + Z_2 + h_f$$

Donde:

Ha: Perdida de energía

Hf: Perdida de energía por fricción

Información hidráulica. El caudal de diseño al inicio y al final del cauce está determinada por las condiciones de rugosidad, por cada tramo y diferenciando el centro del cauce, la margen derecha e izquierda, condiciones de fronteras iniciales, coeficientes de pérdidas por contracción y expansión.

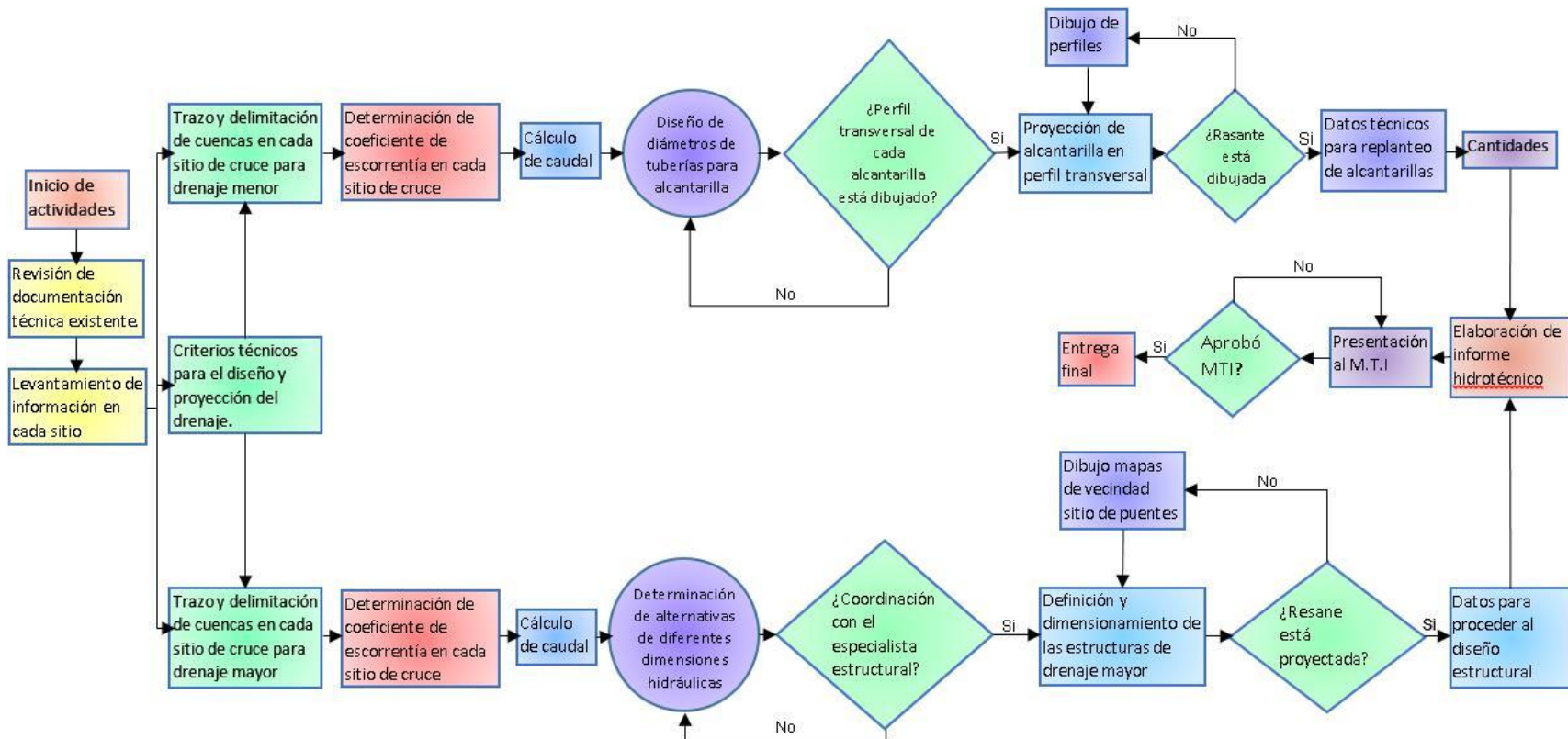
Se harán visitas de reconocimiento previo al diseño con el fin de determinar las características hidráulicas de los cauces y para instruir sobre los trabajos topográficos, identificando puntos y secciones de interés que se deben de levantar además del trabajo normal.

g) Informe final de estudio y diseño hidrotécnico.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio de hidrotécnico del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La siguiente gráfica corresponde al flujograma del desarrollo del **estudio y diseño hidrotécnico**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dicho estudio.

Gráfico 6.2: Fujograma para la realización de estudio hidrotécnico.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Capitulo VII.

Estudio de impacto ambiental y social



Capítulo VII. Estudio de impacto ambiental y social.

7.1. Marco teórico conceptual: Partiendo inicialmente y teniendo como objetivo principal la construcción de una vía de transporte terrestre con perspectivas futuras, de convertirse en una carretera con un mayor nivel funcional; es de esperarse que se producirán afectaciones al medio ambiente, tanto durante la fase de estudio y diseño, como durante el período de la construcción al igual que en el período de operación de la vía, será necesario que el aspecto ambiental sea considerado como elemento fundamental en las fases y en los procesos antes descritos, resaltando el aspecto ambiental en el marco de importancia que el caso así lo amerita, por encima de las diferentes especialidades de estudio que participarán en la realización del estudio y diseño.

7.2. Metodología y estrategia de ejecución.

Tomando en cuenta que existe un corredor de carretera cuyo proceso constructivo se realizó hace algunos años; en donde anteriormente no existía más que un camino-trocha de verano, que en su mayor parte no se utilizó dicho corredor; teniendo inicialmente como objetivo principal, obtener como producto final una vía de transporte terrestre con perspectivas futuras, de convertirse en una carretera troncal colectora; se produjeron afectaciones al medio ambiente en esa época en que el aspecto ambiental no se consideraba como elemento fundamental en los procesos de construcción de carreteras actualmente existentes, en que se realizaron abras y destronque en terrenos virgen, complementados con obras de movimiento de tierra de cierta magnitud, así como la apertura de bancos de material que anteriormente no existían.

En esta fase de estudio y diseño para la materialización de los objetivos originales del proyecto; partiendo de la realización de investigaciones, estudios y análisis al detalle de los antecedentes históricos que conllevaron a la situación en que se encuentra actualmente el tramo de carretera en referencia, así como el medio

ambiente en su entorno; el estudio de impacto ambiental será realizado tomando en cuenta las consideraciones siguientes:

Evaluación de la magnitud del proyecto en su conjunto y principalmente el uso y los usuarios a que estará orientado.

Consideraciones ambientales que se tomaron en cuenta en la década de los años 80, durante el proceso constructivo.

Evaluación a profundidad de la calidad ambiental que prevalece actualmente en la zona impactada por la construcción de la carretera en esa época, proyectado a esta fecha.

Investigación detallada de los eventos naturales que han ocasionado desastres por sus efectos en los diferentes sectores y zonas del camino; que conlleve a determinar y establecer la vulnerabilidad del camino a esos efectos.

El estudio de impacto ambiental estará enmarcado en el desarrollo de las siguientes actividades.

a) Recopilación y análisis de la información-documento existente.

A partir de la situación planteada en los considerando, existe un corredor de camino sobre el cual en un período de tiempo se produjeron afectaciones y Transformaciones al Medio Ambiente en su entorno, y que en esta fase nos proponemos cuantificar los efectos en todo lo posible que se han ocasionado a su entorno, lo cual conlleva a la recopilación de los Antecedentes Históricos que se dieron, que permita a través de análisis y Estudios alcanzar esos objetivos; para lo cual hará falta hará falta la Recopilación de los siguientes elementos de Información:

Investigación mapas geodésicos a escala 1: 50,000 de la zona en que se enmarca el tramo de camino en estudio.

Mapas geodésicos a nivel departamental de la zona en que se enmarca el proyecto a escala 1: 20,000; y Mapa de la División Político Administrativa de Nicaragua a escala 1: 750,000.

Documentación histórica que reflejen los antecedentes y la situación de ese entonces en la zona del proyecto.

Documento del comportamiento de la red vial existente en la zona, desde la década de los años 80 a la fecha, así como los programas de rehabilitación de caminos que se han implementado en ese período.

Información estadística de los censos poblacionales de la zona comprendida en el período desde la construcción de la carretera a la fecha.

Documentación histórica sobre los eventos naturales de desastres que se han producido en la zona, conteniendo los efectos y daños ocasionados.

Documentación técnica sobre las perspectivas y planes de desarrollo de las diferentes instituciones e instancias que tienen presencia en la zona, gubernamentales y no gubernamentales.

Información y documentación técnica legal del aspecto de las áreas protegidas en la zona y a nivel nacional.

b) Delimitación y establecimiento del área de influencia.

Esta parte del estudio ambiental tiene como objetivo principal demarcar y establecer el área o zona de influencia; que será impactada de forma directa e indirectamente por los efectos de la realización del proyecto objeto, de este estudio, impactos que serán clasificados como positivos y negativos; para lo cual se ejecutarán las siguientes acciones.

Se definirán y justificarán los límites del área que se considere será afectada por la ejecución del proyecto. Esta área dependerá de los factores afectados y el tipo de impacto que pueden generarse. En términos generales se definirán las siguientes áreas.

Área directamente afectada: Corresponde a la porción de terreno o espacio afectado en sí misma por las obras o actividades del proyecto como el área de construcción, instalaciones, caminos y otros.

Área de influencia directa: Corresponde a las porciones de terreno o espacio que reciben los impactos de la actividad del proyecto en forma directa, como por ejemplo áreas afectadas por emisiones de gases, ruidos, etc.

Área de influencia indirecta: Corresponde a porciones de terreno o espacio que pueden recibir impacto en forma indirecta cuando el impacto directo del proyecto afecta áreas circundantes en diversos grados.

La forma metodológica que se aplicará para establecer los alcances arriba planteados estará conformada de la siguiente manera:

Sobre el plano de Nicaragua a escala 1: 750,000; a nivel de gabinete, se trazará de manera preliminar el área correspondiente al corredor del camino, considerando su demarcación a partir del radio de acción de las vías de comunicación terrestre enlazadas a dicho corredor, trazo que servirá de referencia y partida para la definición final del área.

Seguidamente se proseguirá a realizar este mismo trazo en mapas geodésicos departamental a escala 1: 20,000; auxiliado y complementado con los mapas geodésicos a escala 1:50,000; que permita verificar, actualizar y constatar el trazo y delimitación realizado en el mapa de Nicaragua a escala 1:750,000.

Este trazo se realizará localizando y considerando los sectores y puntos de carácter socioeconómicos (comunidades, poblados, centros de producción, áreas en perspectivas de desarrollo, etc), que de una y otra forma se determine tiene conexión con el corredor del camino; procurando resulten enmarcados dentro del área delimitada.

Una vez completado el proceso de la delimitación de dicha área, se considera como "área de influencia preliminar"; y será utilizada como guía de referencia para su ejecución.

c) Caracterización socio- ambiental del área y análisis de la vulnerabilidad.

Con el fin de reflejar la situación del aspecto ambiental existente en la zona del proyecto, se elaborará y presentará una caracterización socio-ambiental, a partir de la información y documentación recopilada a nivel de gabinete, la que a su vez será verificada a través de investigaciones de campo, que se efectuarán conforme al procedimiento indicado en el presente.

d) Investigación, recopilación y verificación de información en campo.

Se investigará el sector poblacional y su distribución en el territorio de la zona, a través de las alcaldías municipales ubicadas en el sector.

Se realizará un levantamiento a nivel de encuesta general, la infraestructura existente en la zona, en todos sus aspectos (comunidades, poblados, centros de producción, áreas en perspectivas de desarrollo, escuelas, centros de salud, etc). Se investigará en campo a manera de inventario, la red de caminos existentes en la zona.

Se investigará en la zona a través de observaciones y encuestas, la problemática de los despales característicos típicos, así como programas de reforestación en ejecución y en perspectivas de desarrollo.

Se localizará y ubicará en campo, los sitios y sectores que, como consecuencia de desastres naturales y eventos similares, han sido afectados de manera sensible, así como daños producidos, consecuencias, etc; que permitan contar con la información suficiente para realizar los estudios y análisis de vulnerabilidad del proyecto.

e) Alcances metodológicos de la caracterización ambiental.

A partir de un estudio y análisis de la información recopilada y verificada en campo, complementada con la información socioeconómica obtenida para el aspecto económico; se elaborará y presentará una descripción detallada del ambiente existente y posiblemente a ser afectado por la realización del proyecto, en función

de sus características y del área a intervenir, tomando en cuenta principalmente los siguientes aspectos:

En el medio abiótico.

Geología: Estructura geológicas litológica y condiciones sísmicas, geotécnicas.

Geomorfología: Describir unidades geomorfológicas, procesos morfogenéticos.

Clima: Registro histórico, dominancia y prevalencia, dirección fuerza e intensidad de Los vientos, rosa de vientos, pluviosidad, humedad, radiación solar, frecuencia de tormentas, registros de inundaciones y posibles áreas de impacto de la acción dominante del viento.

Hidrología: Identificación de drenajes superficiales, procesos de sedimentología y características hidrogeológicas del área.

Calidad del agua: Inventarios de fuentes de contaminación existentes en el área del proyecto, composición química y sanitaria de las descargas provenientes del área cercana al proyecto y las generadas en los campamentos, sistema de tratamiento y disposición final de las aguas residuales y calidad físico química y micro biológica del agua.

Topografía: Fisiografía del área, composición de los ecosistemas acuáticos.

En el medio bióticos.

Flora y fauna: Identificación de las rutas de migración de especies acuáticas y terrestres, identificación, cuantificación, usos de la flora y fauna en el área y niveles de aprovechamiento.

Medio socioeconómico.

Se realizará la caracterización de la población a ser afectada por el proyecto, para lo cual se estudiará y analizará los elementos siguientes: Densidad de población, distribución urbano-rural, composición por edad y sexo, tendencia de crecimiento y migración, grado de escolaridad, población económicamente activa, nivel de ingresos, así como cualquier otra información demográfica que resulte pertinente para los fines del estudio.

Se describirán las características más relevantes del proceso de ocupación del territorio, la organización espacial de los asentamientos con respecto al área del proyecto, sus interrelaciones y principales funciones.

Identificar uso y aprovechamiento de los recursos, indicando el uso actual y potencial de la tierra y de los recursos naturales en el área de influencia del proyecto y describir y localizar los servicios comunitarios.

f) Elaboración de medidas ambientales.

A partir de la identificación y evaluación de los impactos ambientales conforme se describe en el acápite anterior, se establecerán las medidas correctivas correspondientes a cada caso, que conlleven a la mitigación de los impactos.

Las medidas correctoras que se implementarán; estarán en función de las obras resultantes del diseño del proyecto y las características constructivas a implementar para realizar dichas obras; estarán orientadas a minimizar la magnitud de los impactos sobre la calidad de los diferentes elementos.

La metodología de trabajo que se aplicará para establecer las medidas de mitigación, que, de manera general en esta propuesta técnica, no contamos con impactos reales definidos; se definirán los criterios técnicos que se aplicarán.

Selección de los impactos identificados-evaluados con mayor magnitud y de mayor trascendencia.

Revisión de las obras diseñadas de manera conjunta con cada especialista, con el objetivo de conocer los siguientes aspectos, que se aplicaron en su realización.

g) Criterios técnicos que se aplicaron en su realización.

Alcances y objetivos que se pretenden obtener con la ejecución de dicha obra.

Determinación de las consecuencias de su realización y no realización dentro del proyecto.

Determinación del sector vulnerable del proyecto donde incidirá con mayor afectación.

Estudiar y analizar alternativas paralelas que conlleven a obtener los mismos objetivos y una reducción sensible en los impactos.

Para las diferentes soluciones de obra que resulten, ya sea como alternativa planteada y o como solución original; se definirán y establecerán acciones a implementar para cada impacto orientadas a la restitución, amortiguación y reducción (mitigación) de los efectos producidos por dichas obras.

h) Plan de contingencia.

En este plan se evaluarán los riesgos y la vulnerabilidad del terreno y del proyecto, se formularán los lineamientos para el plan de contingencia, el cual debe contener al menos los siguientes elementos básicos: Objetivos y alcances del plan, organización operativa, plan general de acción, metodología de evaluación y seguimiento, programa de capacitación y simulacros e inventarios logísticos.

i) Programa de gestión ambiental.

El plan de gestión ambiental corresponderá a la elaboración del plan de acción ambiental que se ejecutará a lo largo de todas las etapas del proyecto. Este contendrá principalmente, el plan de monitoreo, especificando: Los factores ambientales, los respectivos indicadores de impacto, las técnicas de muestreo y análisis de laboratorio, la frecuencia de las mediciones futuras de los mismos indicadores. También se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos: monitoreo de la calidad del agua y monitoreo biológico con especies bioindicadoras flora y fauna de la calidad ambiental.

Cuadro 7.1: Esquema del desarrollo metodológico del estudio de EIA.

Etapas del estudio y procesos de evaluación	Implementación de metodología
1. Creación de base de datos, información y documentación	Recopilación de información existente, del proyecto y otros.
2. Descripción del trabajo	Obtener toda la información básica de las actividades del proyecto en todas sus fases.
3. Trabajo de campo	Visitas periódicas al proyecto, para levantar información in situ, a través de entrevistas a pobladores, encuestas socioeconómicas, consulta social.
4. Predicción e identificación preliminar	Identificar los principales problemas que ocasionan impactos ambientales en el proyecto.
5. Elaboración de diagnóstico	Aproximación de las fuentes generadoras de impactos ambientales y análisis de vulnerabilidad.
6. Reuniones y coordinaciones.	Con organismos gubernamentales y no gubernamentales que directamente e indirectamente están relacionados con el proyecto.
7. Aplicación de metodología para la evaluación de los impactos ambientales	Elaboración de listas de chequeo, y Matriz de Leopold.
7.1. Lista de chequeo	Identificación de los impactos potenciales que puede generar el proyecto.
7.2. Matriz de Leopold.	Utilizada en proyectos carreteros para realizar todas las interacciones de los factores ambientales con las acciones del proyecto en todas sus fases, construcción, operación y mantenimiento y cierre o abandono del proyecto.
7.3. Evaluación de impactos detectados	Esto se evaluará de acuerdo a calidad, cantidad, peso-escala, determinación de los impactos significativos del proyecto.
7.4. Medidas de mitigación	Se determinarán medidas ambientales para los impactos significativos identificados.
7.4.1. Elaboración de presupuesto para las medidas ambientales	Se evaluarán los análisis de costos económicos de las medidas identificadas en orden de importancia para que sean integradas en el presupuesto del proyecto.

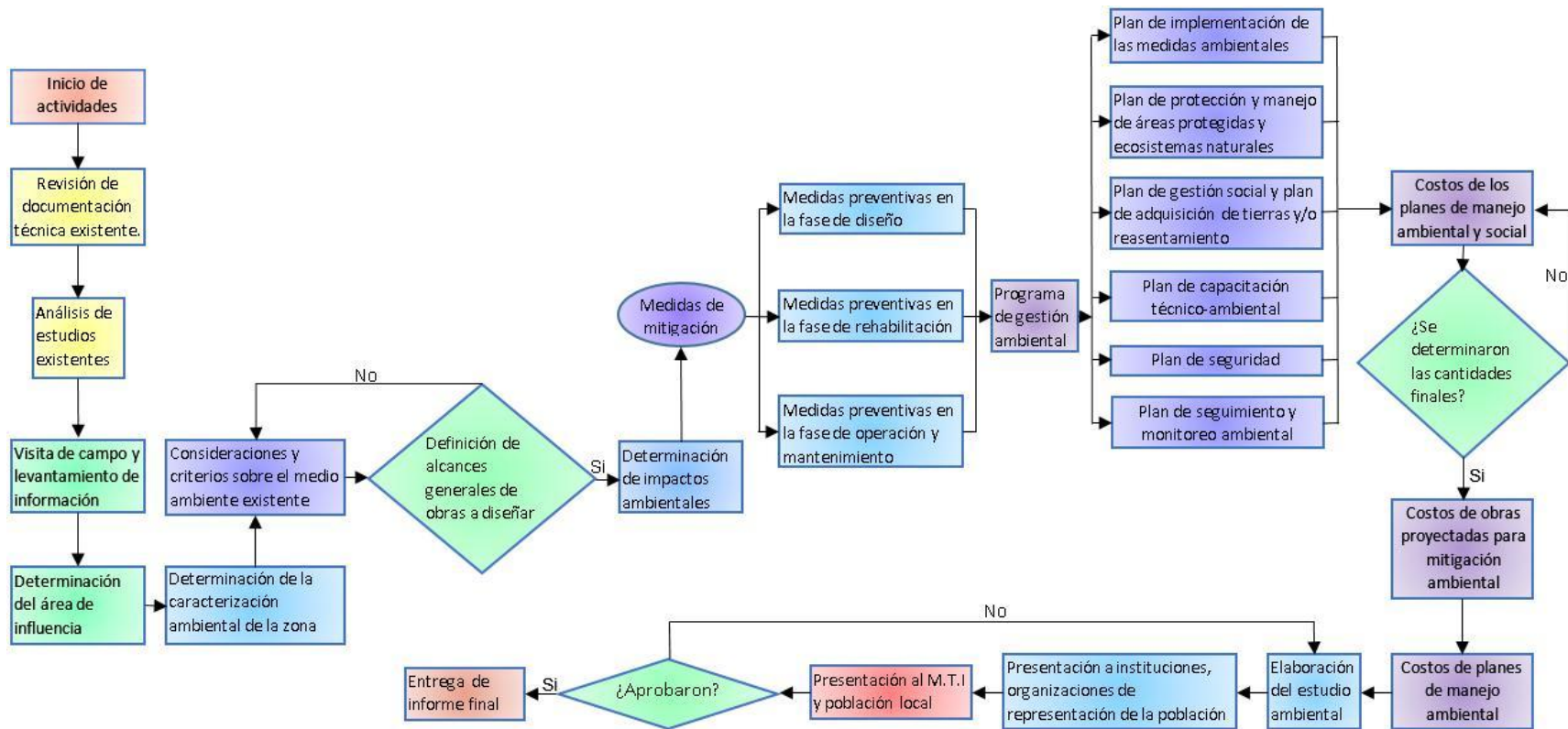
Fuente: Creación propia de El Tutor en la especialidad ambiental.

j) Elaboración de informe de estudio de impacto ambiental.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio de impacto ambiental del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI y MARENA, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La siguiente gráfica corresponde al flujograma del desarrollo del **estudio de impacto ambiental**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dicho estudio.

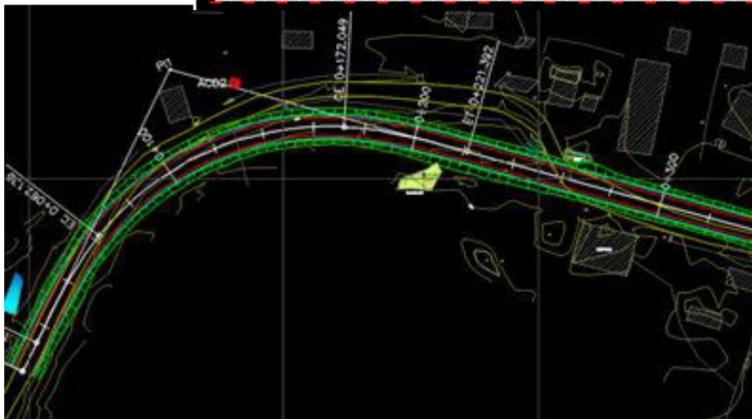
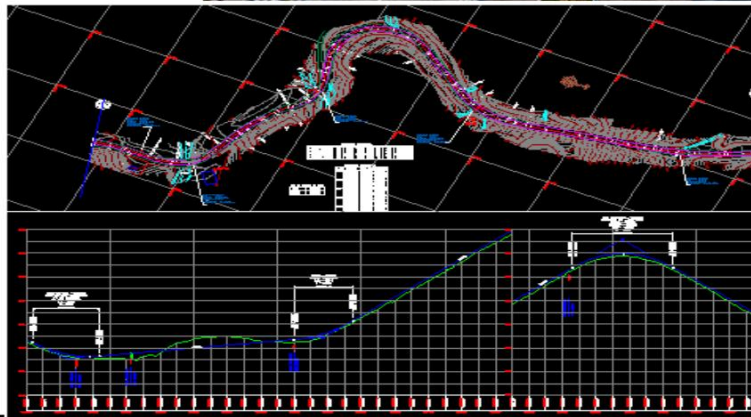
Grafico 7.2: Flujograma para la realización de estudio de impacto ambiental y social.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Capitulo VIII.

Diseño geométrico vial



Capítulo VIII. Diseño geométrico vial.

8.1. Marco teórico conceptual: Corresponde al eje rotor sobre el cual giran las diferentes especialidades de estudio y diseño, en el cual se enmarcan toda una serie de actividades orientadas a obtener como producto final, la geometría planimétrica y altimétrica de lo que será el nuevo trazo de la vía. Además, estarán contenidas las actividades de coordinación en el entorno con las diferentes especialidades de estudio y diseño participantes en la realización de proyectos de camino o carretera en cuestión.

8.2. Metodología y estrategia de ejecución.

a) Generalidades y consideraciones.

El diseño geométrico vial es realizado por el ingeniero vial a nivel de gabinete para evitar las tensiones y fatigas provocadas por el campo. Dicho diseño se realiza en base a los planos topográficos del corredor del camino conteniendo la configuración del terreno de manera tridimensional a través de las curvas de nivel a intervalos de 50 cm, del terreno natural, con los detalles de la infraestructura existente en dicho corredor.

El Diseño geométrico vial se realiza considerando lo siguiente:

- Aplicación de las Normas Geométricas de Diseño, previamente establecidas y autorizadas por el MTI.

- Aplicación de todos los criterios técnicos del aspecto de diseño de carreteras y caminos.

- Evaluando varias alternativas de diseños sobre el mismo plano topográfico, para seleccionar la más óptima.

- La planimetría será realizado sobre los planos topográficos a nivel de borradores para ser sometidos a consideración, revisión y aprobación por parte del MTI; los cuales serán sometidos a través de tramos de aproximadamente 30 km.

El replanteo del eje proyectado del camino se realizará en campo para su aprobación de la División General de Planificación del MTI, a través de los planos borradores previamente sometidos conforme lo antes descrito.

Dentro del área de diseño geométrico vial, se coordinarán todas las acciones encaminadas a la realización del proyecto, considerando que todos los demás elementos de trabajo estarán contenidos en la planimetría y altimetría de los planos.

b) Coordinación de los trabajos de campo.

Una de las tareas principales del área de diseño geométrico vial, corresponde a la coordinación de los trabajos de campo de las especialidades de Topografía, Suelos, Socioeconómicos y Ambientales, Hidrotécnicos y Diseño Estructural.

En el sitio del proyecto se contará con un "ingeniero de campo" con la experiencia suficiente, quien tendrá a su cargo la responsabilidad de las brigadas de topografía y de suelo que estarán de manera permanente en el sitio, el tiempo que duren los trabajos de campo; así como brindar el apoyo necesario y que se requiera, al personal de brigadas de encuestadores socioeconómicos y ambientales, y al personal de equipo de especialistas de las diferentes áreas de estudio y diseño durante los trabajos de inspección y reconocimiento de campo que se requiere.

De acuerdo a la estructura organizativa del proyecto, el ingeniero de campo estará supeditado administrativamente al director del proyecto, y técnicamente dependerá del área de la especialidad vial; a través de la cual se le bajarán las orientaciones de carácter técnico consistentes en tareas de trabajo.

Dentro de las coordinaciones fundamentales del área de diseño geométrico vial, se mencionan las siguientes:

Coordinar la orientación de la forma metodológica que se utilizará en el proceso de levantamiento topográfico para las respectivas actividades contempladas a ejecutarse. Estas orientaciones serán bajadas al ingeniero de campo, para que éste las oriente al personal de topografía, y a la vez deberá verificar en el sitio que dichas tareas sean realizadas conforme lo establecido y orientado.

Coordinar y recopilar todas las necesidades y requerimientos de información topográfica de las diferentes áreas de trabajo, para posteriormente canalizar a través del ingeniero de campo dichos requerimientos a las brigadas de topografía para su realización.

Verificación de la realización de los trabajos topográficos solicitados y coordinación del procesamiento de los resultados y elaboración de los dibujos según el caso lo requiera, así como la canalización de dicha información al área de trabajo que la solicitó.

c) Recepción, revisión y procesamiento de información topográfica de campo.

Con el objetivo de agilizar la información de campo resultante de los levantamientos topográficos, se instalará una oficina de ingeniería de campo, que estará bajo la dirección del ingeniero de campo y coordinación y dirección técnica del área de diseño vial, a través de la cual se recepciona, revisa y procesa toda la información topográfica de campo, para posteriormente remitirla a la oficina central de Managua.

La información topográfica levantada será sometida a una fase de revisión que permita identificar posibles errores cometidos en la operación del equipo electrónico, coincidencia existente entre la información levantada y la configuración real del terreno y garantizar la calidad aceptable y confiable antes de proceder a su procesamiento y remisión a la oficina central.

Contando con la oficina técnica de ingeniería, permitirá y garantizará la calidad de los levantamientos topográficos como información base para la proyección y diseño del proyecto, así como poder solventar y solucionar cualquier problema de carácter técnico que pudiese presentarse.

Posteriormente se definirá la sección transversal típica de la carretera, partiendo del valor mínimo establecido en los términos de referencia de 3.00 m, para un ancho mínimo de carril. A partir de los mismos datos y complementado con el "manual centroamericano de diseño geométrico de carreteras", se verificará el valor de ancho de carril, para ver si se ajusta a las necesidades del proyecto. Así mismo se establecerá el ancho de hombro, dimensiones de la cuneta, taludes de relleno y en corte, etc.

d) Trazo planimétrico proyectado.

Sobre los planos borrador conteniendo los detalles planimétricos de la infraestructura existente y la configuración tridimensional del terreno a través de las curvas de nivel cada 50 cm, en el corredor del sector del camino a nivel de gabinete, el ingeniero vial procederá a realizar la proyección y diseño del eje de la vía tomando en cuenta para esto las normas de diseño geométrico establecidas previamente, los criterios y experiencia propia del diseño vial del proyecto.

Para la proyección de la planimetría sobre el camino existente, además de los aspectos antes descritos, se tratará en todo lo posible las siguientes consideraciones:

El aprovechamiento del terraplén existente, tanto en la situación en corte como en terraplén.

El aprovechamiento del área del derecho de vía existente a todo lo largo del camino; a excepción de los tres (3) sectores del camino donde se realizará estudios de alternativas para el mejoramiento del alineamiento.

Que las estructuras de drenaje existentes resulten integradas a la proyección del camino y al eje de éste en un sentido de aprovechamiento de toda la

estructura en su conjunto; para lo cual el eje proyectado deberá hacerse coincidir con el eje longitudinal sobre el camino de la estructura de drenaje existente, alcantarillas, cajas y puentes.

La aplicación de los "elementos fundamentales de la proyección planimétrica vial", que se describen más adelante. Esta consideración se tratará al máximo posible, debido a que se refiere al trazado sobre el camino existente sobre lo cual se requiere cierta flexibilidad, por efectos de aprovechamiento del corredor existente del camino, principalmente el terraplén.

Para la proyección del trazado de la planimetría del camino, se tomarán en cuenta los "elementos fundamentales de la proyección planimétrica vial", que en términos generales describimos los de mayor importancia.

Evitar ángulos de inflexión menores de 1.5° en la proyección de curvas horizontales.

La relación en la longitud de radios de curvatura en curvas horizontales seguidas deberá ser de 2: 1; y la dirección o sentido de las curvas será en sentidos opuestos alternados.

Evitar en todo lo posible el uso de curvas reversas. La distancia mínima entre el final de una curva (pt) y el inicio (pc) de la siguiente curva será de 110 m; con el objetivo de evitar el traslape de las longitudes de transición de entrada y salida de las curvas.

El trazo proyectado en los sitios de cruce de agua se procurará en todo lo posible que los ejes, del camino y del cauce formen un ángulo recto o de 90° ; y en todo caso que el ángulo resultante sea lo más próximo a los 90° , de tal forma que el esviaje resultante sea el menor posible.

Los ángulos de deflexión de las curvas horizontales proyectadas serán del orden entre 20° y 60° , en su forma más óptima.

Cuando la velocidad de diseño sea igual o mayor a los 60 kph, en las curvas horizontales que resulten con radios de curvatura cuyos valores sean menores a los 700 m, se introducirán curvas espirales de transición en la entrada y salida de la curva horizontal correspondiente. A manera de aclaración, el uso y/o aplicación de curvas espirales de transición se puede realizar de manera

opcional en cualquier curva horizontal, independientemente de la magnitud del valor del radio de curva.

Continuando con lo que se describe al inicio de este acápite, el trazo planimétrico se realizará sobre los planos borradores a través del trazo de líneas rectas sobre el corredor del camino, existente, estableciendo puntos de inflexión en donde sea necesario por la existencia y el requerimiento de introducir una curva horizontal; y así de manera cíclica, observando y practicando las normas generales de diseño, los "elementos fundamentales de la proyección planimétrica vial" así como los considerados que se han planteado en este mismo acápite, que regirán para establecer y definir la ubicación de las rectas o tangentes y la de las curvas en los puntos de intersección, así como para el dimensionamiento de los valores de los radios de curvatura.

Las líneas deseadas o tangentes en rectas deberán enmarcarse en pasar necesariamente por los sectores, sitios, líneas y/o puntos, (sector de camino, eje del camino actual, centro de alcantarilla o de puente, etc) previamente seleccionado como obligados, a que el nuevo trazado deberá pasar o interceptar conforme lo arriba expuesto.

El trazo se realizará utilizando el software de computación denominado Autodesk civil 3d 2019, especializado para el cálculo y diseño de caminos y carreteras; el cual tiene integrado otros programas complementarios que agilizan y garantizan un trabajo de calidad asegurada.

A partir de esto, el trazo deseado en el sistema CAD, se obtendrá los datos bases para el cálculo del alineamiento horizontal de la vía, obteniéndose en este sistema las coordenadas de los puntos PI del trazo realizado. Estos estados serán a su vez la base de datos conjuntamente con el radio de curva en cada PI, para el sistema Autodesk civil 3d 2019, para obtener el cálculo del alineamiento horizontal de vía, obteniéndose los siguientes resultados en cada punto PI:

Número de la curva.
Estación del PI.
Angulo de deflexión
(I/D). Radio de curva.
Longitud de la tangente
Longitud de la curva

External

Estacionamiento del PC y PT

Coordenadas norte y este de cada punto.

Datos de las curvas espirales de transición.

Como parte de la estrategia que estamos planteando en el aspecto vial, se contempla la presentación de planos borradores de planta, conteniendo los resultados de la proyección del trazo planimétrico con todos sus elementos de curvas horizontales definidos y debidamente calculados. El contenido de estos planos borradores, reflejará la trayectoria del eje del camino proyectado sobre la configuración topográfica del terreno con sus detalles de infraestructura existentes a todo lo largo del corredor del camino, en el cual se podrá observar el comportamiento de las trayectorias del camino existente y el proyectado, cruces de ríos, quebradas, sectores poblacionales y demás detalles.

Estos planos borradores serán sometidos, en tramos de aproximadamente 30 km de longitud; a la División General de Planificación del MTI, para su consideración, revisión y aprobación del trazo (preliminar) planimétrico; a partir de lo cual será el trazo definitivo.

e) Trazo altimétrico proyectado.

Una vez aprobado por la parte del MTI, el trazo planimétrico preliminar, se procederá a la fase de trabajo del aspecto planimétrico, el que se ejecutará de acuerdo a lo que a continuación se describe:

Complementación de Información sobre el perfil. A partir de los planos borradores anteriormente descritos, en el que estará contenido el trazo planimétrico; haciendo uso del programa Autodesk civil 3d 2019, se deducirá de manera automática, el trazo altimétrico (perfil) del terreno natural del camino, a partir de y sobre la línea del eje proyectado; resultando altimétricamente el perfil longitudinal, las elevaciones de referencia y los respectivos estacionamientos.

Obtenido y establecido el perfil longitudinal, se procederá a la ubicación de la información y documentación resultante de las investigaciones de suelo, hidrotecnia, y otras; de acuerdo a lo siguiente:

Sondeos de línea cada 100 m, graficados a escala, presentándose la respectiva información de la clasificación del HRB por estrato detectado del respectivo sondeo.

Estructuras de drenaje existentes; alcantarillas, cajas, puentes y otras obras de drenaje existentes detectadas a lo largo de la línea; serán graficadas a escala, a partir de las elevaciones de invert, características, dimensiones, etc.

f) Estructuras de drenaje nuevas y existentes a ser modificadas.

Ubicación de puntos obligados tales como; sectores poblacionales, accesos a otras vías, sectores del camino clasificados como críticos que requieren tratamiento altimétrico especial, tales como; tramos de camino en terraplén con alturas de consideración, etc.

Coordinación con las especialistas de las áreas de: hidrotecnia, estructura y pavimento; con el fin de unificar criterios respecto a niveles que deben establecerse durante la proyección altimétrica en los aspectos de: puentes, alcantarillas, cajas y el pavimento mismo, todo relacionado con la información previamente suministrada por cada área.

g) Proyección de la rasante.

Contando con la información técnica detallada sobre el perfil de acuerdo a lo antes descrito, se procederá a la proyección de la rasante de forma preliminar, teniendo en cuenta para ello como elemento principal, las normas generales de diseño y las siguientes consideraciones:

Elementos y espesores de la estructura de pavimento.

Elementos, forma y dimensiones de la sección transversal típica.

Pendiente longitudinal máxima y distancia de sostenimiento, establecida en las normas generales de diseño.

Longitud mínima de curva vertical en cresta y columpio.

Altura mínima de relleno de protección sobre la parte superior de la tubería de las alcantarillas.

A partir de los elementos establecidos de manera general, la rasante se proyectará de manera preliminar sobre el perfil longitudinal, trazando líneas de manera casi paralela sobre éste, estableciendo puntos de intersección de dichas líneas conforme a la variación del terreno, de tal forma que permita controlar las alturas de excavación y terraplén que se desea resulten de la relación perfil - rasante que se está proyectando; todo esto aplicando los elementos y consideraciones de carácter técnico arriba expuestos.

En los puntos donde haya sido necesario realizar intersecciones de las líneas trazadas, se introducirán curvas verticales que estarán en función del ángulo que formen en su intersección, equivalente a la diferencia algebraica de las pendientes coincidentes, partiendo de un valor de curva vertical mínima establecido en las normas generales de diseño; hasta un valor máximo que corresponda a la obtención de una curvatura amplia.

h) Verificación de resultados de la proyección preliminar y ajustes finales.

Una vez que se haya completado la proyección del trazo realizado de manera preliminar conforme lo antes descrito, se procederá a una verificación y revisión de las siguientes situaciones en sectores que se pudieran presentar:

En los sectores donde hayan resultado proyecciones de pendientes longitudinales mínimas, específicamente valores de 0.50% a 1.00%; se verificará que dichos sectores preferentemente no estén ubicados en excavación o corte. En el caso de que su situación está en corte provocará afectaciones al flujo de agua en la cuneta, se analizará las siguientes alternativas y acciones a tomar.

Si el terreno lo permite, se tratará de incrementar el valor de la pendiente longitudinal a por lo menos valores arriba del 1.0%.

Considerar aplicar un tratamiento especial a la cuneta natural de la sección transversal típica consistente en proyectar una pendiente longitudinal independiente a la de la rasante, conforme lo permita el terreno.

Como última opción se recomendará el revestimiento con suelo-cemento de la cuneta lateral.

En los sectores de pendientes máximas, se verificará la longitud de sostenimiento de dicha pendiente. Por la topografía del terreno, consideramos que no habrá problema en este aspecto. En los sectores donde, por determinado requerimiento haya resultado pendientes longitudinales con valores de 0.00% y hasta 0.50%; se verificará que dichos tramos correspondan a terraplenes. En el caso de que algún sector resultara en excavación se aplicará acciones conforme lo expuesto para el caso de la pendiente mínima del 0.50%.

En los sectores donde se haya detectado en el subsuelo, la existencia de materiales de alta plasticidad, se verificará lo siguiente:

Que entre la rasante final y el terreno natural exista una altura mínima de relleno de acuerdo a las recomendaciones del especialista de suelos.

En el caso en que lo anterior no fuera posible, dicho tramo será seleccionado para ser tratado como sub-excavación.

En los sitios donde resulten cruces de la rasante sobre estructuras de drenaje se verificará lo siguiente:

En los cruces de puente existentes a conservarse, la rasante deberá coincidir con la parte superior de la losa del puente, más los 8 cms de la capa asfáltica de recubrimiento de la losa.

En los puentes a ser proyectados (nuevos), el valor de la rasante deberá corresponder a lo establecido conjuntamente entre las áreas de trabajo de hidrotecnia y estructuras.

En las alcantarillas y cajas de drenaje se verificará que exista la altura de relleno mínima entre el la rasante y la parte superior de la estructura, para protección de dicha estructura, en que se deberá incluir los espesores de relleno de alcantarilla y el de la estructura de pavimento.

Verificación de la rasante en cruces de sitios obligados, lo cual se verificará según las características de dicho sitio, tales como; intersecciones con otras vías, caminos, poblados, etc.

i) Cálculo de la rasante.

Completado el proceso de verificación y ajuste del trazo preliminar de la rasante, se procederá al respectivo cálculo, para lo cual, los datos básicos de la rasante proyectada

Estación del punto de intercepción vertical (PIV), elevación del PIV y longitud de curva vertical, serán declarados al sistema Autodesk civil 3d 2019, como datos finales para que proceda al cálculo de rasante, con el fin de completar lo relativo al aspecto vertical, en el cual se obtendrá de manera automática el cálculo de los valores de las elevaciones de la rasante en cada estación.

j) Cálculo y balance de movimiento de tierra.

En este proceso entrarán en juego ciertos elementos considerados fundamentales para obtener los resultados de uno de los rubros de mayor peso dentro del costo de inversión del proyecto, correspondiente al movimiento de tierra. Un primer

elemento corresponde a la rasante, que anteriormente hemos descrito, considerado como elemento variable; y los elementos perfil, secciones transversales y sección típica que se consideran como elementos fijos, y que, de la conjugación de tales elementos, resulta la sección de construcción, de la que, a su vez, resulta el movimiento de tierra, representado gráficamente en el diagrama de masas.

k) Secciones transversales del terreno.

Resultarán de un proceso de deducción de manera similar al perfil, con la diferencia de que en este caso se deducirán de manera transversal al eje proyectado sobre el plano de planta conteniendo las curvas de nivel, obteniéndose así las secciones transversales originales del terreno a intervalo de estaciones de 20 m.

l) Secciones de construcción.

Serán el resultado de la concatenación de la sección transversal del terreno y la sección típica del proyecto, que en función de la rasante y el terreno determinará el resultado de la relación corte / relleno en cada estación de la sección constructiva, lo cual determinará el volumen de movimiento de tierra que se requiere para la construcción de la plataforma o terraplén del camino hasta el nivel de sub-rasante o nivel de terracería, sin incluir los volúmenes de material correspondiente a los elementos de la estructura de pavimento.

m) Diagrama de masas.

Corresponderá a los volúmenes acumulados de corte y relleno que se produce en cada estación, obteniéndose como resultado los valores de las ordenadas de cada estación para graficar su trayectoria, lo cual nos permitirá conocer gráficamente las variaciones del movimiento de tierra en cada punto y sector del camino para efectos de optimización de los cálculos de movimiento de tierra.

n) Balance del movimiento de tierra.

Tiene como objetivo, además de la optimización, establecer la estrategia para la ejecución del movimiento de tierra en el sitio. La optimización del movimiento de tierra consistirá en la realización de diferentes alternativas de trazo de rasante y cálculo de movimiento de tierra a través de un proceso de ajuste de la rasante proyectada que se conoce como sube / baja, hasta alcanzar un movimiento de tierra cuyos resultados se ajusten a los objetivos deseados, sin el detrimento de la rasante.

Con el balance de movimiento de tierra se establecerá los sectores y cantidades de material donde se excavará y hacia cual se trasladará, así como los sectores que requerirán material de préstamo de banco, cantidades de sobre acarreo de préstamo, etc.

o) Coordinación, verificación y control del replanteo del eje proyectado.

Esta actividad que corresponde a la última fase de trabajo del área de topografía, será coordinada y verificada por el área de diseño vial, que cronológicamente se iniciará a partir de que se hayan completado las actividades correspondientes al levantamiento topográfico del corredor existente y que a la vez se cuente con la aprobación de los planos borradores de planta, que previamente fueron sometidos para el caso; conteniendo dichos planos, el trazo planimétrico proyectado para la nueva vía.

Por efectos de no duplicar contenidos en la parte correspondiente al estudio de topografía, referido al "replanteo del eje proyectado", se expone al detalle lo relativo a este tema. Lo que corresponde al área de diseño vial, será la supervisión y verificación de los resultados del trabajo, el cual se realizará a nivel de campo y gabinete, a partir de la verificación y constatación de la ubicación de puntos, en función de objetos y detalles existente en el terreno y en los planos producto del levantamiento, tales como: esquinas de cabezales, muros de puentes, árboles, casas, mojones de la línea base, etc.

Verificación de los elementos de las curvas que deberá realizar la topografía, tales como:

Medición de la distancia entre el PC y PT correspondiente a la cuerda máxima, que es una medición del ángulo correspondiente al medio delta (mitad de la deflexión), plantado en el PC con Deflexión hacia el PT.

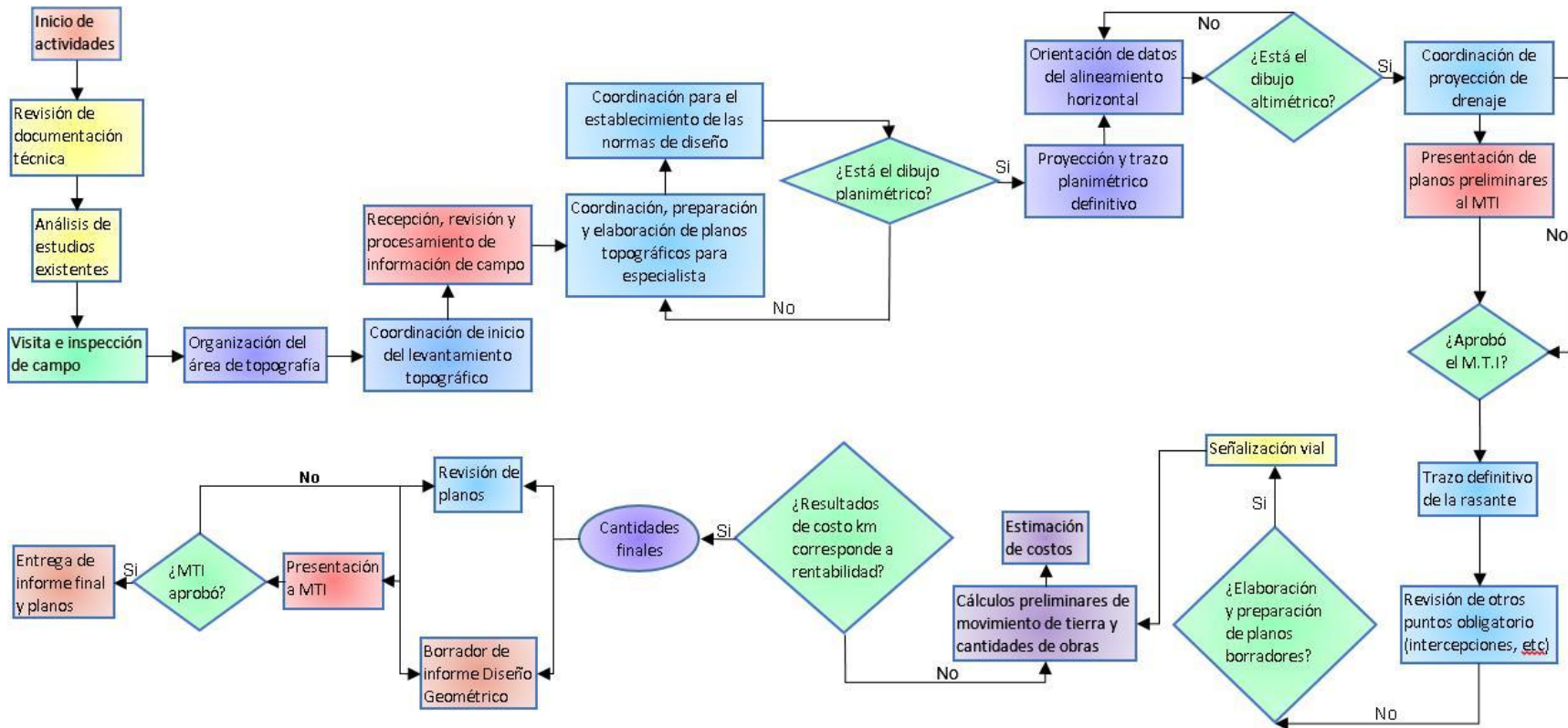
Verificación y constatación en gabinete, de las coordenadas que serán tomadas al momento de ejecutar el replanteo de cada punto.

p) Elaboración de informe-memoria de cálculo del diseño geométrico vial.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio y diseño geométrico del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La siguiente gráfica corresponde al flujograma del desarrollo del **diseño geométrico vial**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dicho estudio.

Gráfico 8.1: Flujoograma para la realización del estudio y diseño geométrico.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Capitulo IX.

Estudio y diseño de la estructura de pavimento



Capítulo IX. Estudio y diseño de la estructura de pavimento.

9.1. Marco teórico conceptual: En el ámbito de las vías de transporte terrestre, específicamente caminos y carreteras, la estructura de pavimento está constituida por los diferentes elementos o materiales ubicados entre el nivel de rodamiento y el nivel de terracería dentro de la plataforma del camino, teniendo como función principal dichos elementos, absorber, soportar y transmitir a la terracería de manera reducida, la carga de impacto producida por los vehículos que circulan por la vía.

Dentro de los estudios y diseño de caminos y carreteras, la estructura de pavimento conjuntamente con el alineamiento planialtimétrico constituyen los elementos técnicos de mayor importancia de la vía, debido a las consideraciones que se toman en cuenta, partiendo de las bases existentes, que en la mayoría de los casos deben tenerse muy en cuenta para ser aprovechados al máximo.

Para el tramo de carretera en estudio, el estudio y diseño de la estructura de pavimento se realizará a partir de las siguientes consideraciones:

Se utilizará el método establecido en el Manual Centroamericano Para Diseño de Pavimentos –SIECA, 2002.

Se utilizará las Manual Centroamericano De Normas Para el Diseño Geométrico De Las Carreteras Regionales - SIECA 2001 para una velocidad de diseño que será establecido conforme los resultados del estudio de tráfico y lo establecido en las normas de diseño geométrico.

Se utilizará como información base, los resultados obtenidos en los estudios de tráfico.

En la realización de los diseños de la estructura de pavimento se tratará en todo lo posible la utilización de los materiales existentes en la zona del proyecto; aplicando mecanismos de optimización de los recursos disponibles tales como: estudio de aplicación de mezclas de los diferentes materiales existentes en los bancos de préstamo y zonas aledañas al sitio del proyecto,

así como combinaciones con cemento, cal, arena y otros a manera de estabilización.

9.2. Metodología y estrategia de ejecución.

a) Recopilación y análisis de información existente.

Esta parte del proceso de revisión estará orientada a la obtención de toda la información y documentación técnica que nos permita conocer los siguientes aspectos:

Los procesos de mantenimiento que se han aplicado en el camino existente desde su reconstrucción a esta fecha, a fin de establecer la adición de materiales y demás procesos que conlleven a producir alteraciones en la estructura y estratigrafía del subsuelo.

Resultados de los ensayos de los sondeos de línea que se realizaron en las investigaciones de campo de la fase de estudio y diseño que originaron los planos constructivos, con lo cual nos permitirá conocer la estratigrafía y características físicas-mecánicas del subsuelo del camino.

Resultados de los ensayos de las investigaciones en bancos de préstamo, incluyendo las perforaciones mecanizadas que se hayan realizado en los que así lo requerían.

Resultados de los estudios de tráfico, a través de lo cual se determinará el tránsito vehicular del proyecto, así como su proyección a un período de 20 años de vida útil.

Criterios técnicos establecidos a través del especialista hidrotécnico y de diseño vial, sobre los siguientes aspectos:

- Intensidades de las lluvias de diseño y niveles de crecida que se producirán.
- Aspectos técnicos sobre elementos de absorción y evaporación superficial.
- Predominio de la sección transversal del camino, excavación/terraplén, en vía proyectada.
- Predominio de las pendientes longitudinales mínimas en la proyección.

- Definición de la sección transversal típica de proyecto.
- Documentación del aspecto ambiental.

b) Cálculo de la estructura de pavimento.

La realización del diseño de la estructura de pavimento se realizará aplicando el método contenido en el Manual Centroamericano Para Diseño de Pavimentos – SIECA, 2002, utilizando los mismos datos e información que generalmente se utiliza en los otros métodos de diseño. El proceso de cálculo corresponde a lo siguiente:

Información Base. Los datos básicos para el diseño de espesores en el método AASHTO, son los siguientes:

Factores regional “R”(cuando se usan nomogramas). Este factor se incluye en la ecuación de diseño con el objeto de reflejar los diferentes tipos de factores climáticos y del ambiente, en condiciones diferentes a las mantenidas durante los ensayos de camino. Para el caso de la carretera que nos ocupa, podríamos asumir que el material de la subrasante estará la mayor parte del año en estado saturado.

El numero estructural “SN” Este es un número abstracto que expresa la resistencia estructural del pavimento requerido para una combinación especificada del valor soporte del suelo, total de carga equivalentes sobre un eje sencillo de 18,000 libras, índice de capacidad de servicio, y factor regional. El valor SN, debe de convertirse a espesores reales de cada una de las capas que componen la estructura tal como capa de rodamiento, base, subbase, por medio de coeficientes, llamados coeficientes de capa, los cuales representan la resistencia relativa del material que usa en cada una de ellas. **La ecuación básica se expresa:**

$$SN=a_1D_1+a_2m_2D_2+a_3m_3D_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 : Ceficiente estructurales o de capá de la superficie de rodadura, base y subbase respectivamente.

m_2, m_3 : Coeficiente de drenaje de la capa de base y subbase respectivamente.

D_1 , D_2 , D_3 : Espesores de la capa de rodamiento en pulgada para la superficie de rodadura, base y sub-base respectivamente.

De lo expuesto anteriormente, se puede deducir que la solución de la ecuación no tiene valor único, pues existen varias combinaciones de espesor.

c) Análisis y determinación de elementos de diseño.

Índice terminal de la capacidad de servicio PT. La capacidad de servicios de un pavimento se define como la capacidad de servir con el tráfico de camiones y automóviles, a la capacidad y velocidad de diseño, y se mide mediante el procedimiento evaluación de capacidad de servicio actual, en inglés present serviceability rating (PSR).

El criterio de selección del **índice terminal** de capacidad de servicios se basa en el índice mas bajo que se tolera antes de que sea necesaria la repavimentación o la reconstrucción. El valor se encuentra en una escala de 0 a 5, en el cual 0 es el valor más bajo y 5 el valor más alto. Este índice no debe confundirse con el período de diseño. Para caminos principales, según la AASHTO, se puede utilizar un valor de 2.5, y para caminos rurales secundarios con trafico de bajo volumen un valor de 2.0. Asumiremos que la carretera inicialmente tendrá un determinado índice de nivel de servicio S_1 , y que el final será de S_2 , por lo tanto el índice de nivel de servicio de diseño es (S_1-S_2) .

Tráfico de diseño. Se basa en convertir las cargas axiales de los diferentes vehículos que usan la carretera, expresándolas como el volumen de tránsito de cargas repetitivas como si fueran todas un eje sencillo de 18,000 libras de peso. Así se expresa el tránsito como cargas equivalentes sobre un eje sencillo de 18,000 libras.

Las cargas mixtas de tránsito se convierten mediante el uso de tablas preparadas especialmente que dependen del índice de servicio escogido, pero también se

pueden calcular, si se cuenta con datos estadísticos de tráfico en el cual se conoce el tipo y peso que usan la carretera y de acuerdo con la proyección de crecimiento se proyecta el nuevo tráfico para que al final de la vida de diseño, se cumplan aún las condiciones asumidas. Para nuestro caso distribuimos el tráfico en dos carriles, pues no tenemos planificados mas, y asumimos que ambos carriles soportan el mismo número de repeticiones de carga. Esto tiene algunos inconvenientes por cuanto no es cierto que el mismo número de vehículos cargados con el mismo peso utilizan el carril, pero para propósito de cálculo y a falta de información detallada el error es despreciable.

Análisis de tráfico. Según las características del proyecto, en la longitud del tramo total, la estratigrafía puede presentar variaciones considerables, para lo cual puede ser dividido en varios tramos para efectos de diseño de los espesores de pavimento.

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 esta 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 kips², de 80 kN o 18 por lo que se les denominará “Equivalent simple axial load” o ESAL (ejes equivalentes).

Conforme el numero de carriles en cada dirección, sobre el carril de diseño se puede suponer que circulan los porcentajes de transito conforme la tabla siguiente:

Tabla No. 9.1: Numero de carriles en una dirección.

No. de carriles en una dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 82 kN en el cil de diseño.
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA, 2002.

En nuestro caso asignaremos el valor 100% del tráfico será para cada carril.

Periodo de diseño. El período de diseño, se encuentra expresado en la siguiente tabla:

Tabla No. 9.2: Periodos de diseño.

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Autopista Regional	20-40 años
Troncales suburbanas	15-30 años
Troncales rurales	
Colectoras suburbanas	10-20 años
Colectoras rurales	

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA, 2002

Para nuestro caso clasificaremos la carretera en la condición N°3, como camino pavimentado de bajo volumen y elegiremos 20 años.

Tasa de crecimiento anual del tránsito de vehículos. De los análisis de tráfico, podríamos tomar el factor de crecimiento igual a 4 % como tasa anual.

d) Conversión del tráfico mixto a equivalentes de carga por eje sencillo de 18,000 libras.

Esta conversión nos permite evaluar el tráfico combinado de camiones de dos, tres, cuatro y cinco ejes, mediante la elaboración de la siguiente tabla:

Tabla No. 9.3: Conversión del tráfico mixto a equivalentes de carga por eje sencillo de 18,000 libras.

Carga por eje en libras	Factor de tráfico equivalente	Número de ejes	ESAL, de 18 KIPS
Ejes sencillos	(2)	(3)	(4)
Menos de 3,000	0,0002		
3,000 -6,999	0,005		
7,000 - 7,999	0,032		
8,000 - 11,999	0,087		

Carga por eje en libras	Factor de tráfico equivalente	Número de ejes	ESAL, de 18 KIPS
12,000 - 15,999	0,36		
26,000 - 29,999	5,389		
Ejes en tandem			
Menos de 6,000	0,01		
6,000 - 11,999	0,01		
12,000 - 17,999	0,044		
18,000 - 23,999	0,148		
24,000 - 29,999	0,426		
30,000 - 32,000	0,753		
32,001 - 32,500	0,885		
32,501 - 33,999	1,002		
34,000 - 35,999	1,23		

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO-93

De la aplicación de la tabla anterior se obtiene el **factor camión**, para el caso de que no dispongamos de datos de pesaje, entonces utilizaremos el dato alternativo que consiste en aplicar la fórmula estadística de Interés Compuesto de Shaums, adaptada por el especialista de pavimento al procedimiento de cálculo, a continuación:

$$= 365 \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

TD : Tráfico de Diseño

TPDA : Tráfico Promedio Diario Anual

365 : Días por años

n : Número de años del período de diseño, 20 años

r : Tasa estimada de crecimiento del tráfico 3.2% por año.

Ln : Logaritmo Natural

Según los resultados de las proyecciones del tráfico, se obtendrá el dato correspondiente al tráfico promedio diario anual (TPDA), en vehículos por días, de manera que en cada carril existirá: TPDA x 0.50.

El total de buses y camiones se determinará según las encuestas de tráfico, que corresponderá un valor de nbc (número de buses y camiones); de manera que el componente del tráfico será de $NBC \div TPDA \times 100 = \%NBC$. De esta manera obtendremos el tráfico de diseño para el año base.

e) Estimación del factor de confiabilidad.

Se considera que se debe de tener algún grado de confiabilidad en que las predicciones del volumen de tráfico se mantengan y que las cargas de diseño se cumplan en realidad, por tal razón se empleará la siguiente fórmula. $F_r = 10^{(Z_r \cdot S_o)}$

Donde:

F_r : Factor de confiabilidad

S_o : Valor que se encuentra entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles.

Z_r : Se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 9.4: Niveles de confiabilidad R en función del tipo de carretera.

Tipo de carretera	Suburbanas	Rurales
Autopista regional	85-99.9%	80-99.9%
Troncales	80-99%	75-95%
Colectoras	80-95%	50-80%

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA, 2002

El factor S_o se obtiene ya tabulado según los criterios siguientes:

Superficies con capa de congelación de hasta 5"	0.2 - 1.0
Superficies de rodamiento en suelos seco	0.3 - 1.5
Superficie de rodamiento en suelos saturados	4.0 - 5.0

f) Determinación del módulo de resiliencia de la subrasante.

Para encontrar este valor tenemos que conocer uno de los siguientes datos:

1. Valor del C.B.R, ya sea efectuado directamente en el campo o bien,
2. Índice de grupo, del material de la subrasante

g) Determinación de los coeficientes de capa estructural.

Los coeficientes m , para el drenaje de las capas de base y subbase, los tomaremos de la siguiente tabla: Porcentaje del tiempo que la estructura estará sometida a la humedad al nivel de saturación.

Tabla No. 9.5: Valores de coeficiente de drenaje C_d .

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menor del 1%	Entre 1 - 5%	De 5 - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Mediano	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Malo	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy malo	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA, 2002

Conociendo que la zona en algunos tramos es baja y acumula aguas, realizaremos la siguiente estimación:

1. La base por razones de rasante y seguridad de la carretera no estará mas del 25% del tiempo saturada y la condición de drenaje es BUENO.
2. La subbase por las mismas razones expuestas si estará saturada tres meses al año de manera que el 25% del tiempo estará saturada y las condiciones de drenaje considerando la naturaleza del suelo, es MALO.

La calidad del drenaje, es una indicación de la rapidez con la cual el agua desaloja la capa y se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 9.6: Calidad de drenaje.

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacúa

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, SIECA, 2002

Para el diseño de espesores de **pavimentos flexibles**, se usarán los métodos de AASHTO y del PCA, que se expresan en la ecuación siguiente:

$$W_{18} = 10^{0.0675 \Delta} \left[\frac{10^{0.0008 \Delta}}{1 + 10^{-0.0008 \Delta}} \right]^{0.4} \left[\frac{10^{0.0008 \Delta}}{1 + 10^{-0.0008 \Delta}} \right]^{1.094} \left[\frac{10^{0.0008 \Delta}}{1 + 10^{-0.0008 \Delta}} \right]^{1.5} + 2.32 \log_{10} - 8.07$$

Donde:

W18 : Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el periodo de diseño.

Zr : Desviación Estándar normal del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural.

So : Desviación Estándar Total o error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.

ΔPSI : Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial (Po) y Final (Pt).

Mr : Módulo Resiliente de la Sub-rasante (psi).

SN : Número estructural, indicador de la capacidad estructural requerida (materiales y espesores), se expresa como $SN = a_1 d_1^{a_2} + a_3 d_2^{a_4} + a_5 d_3^{a_6}$ Donde:

a_i : Coeficiente Estructural de la capa i

d_i : Espesor de la Capa i

m_i : Coeficiente de Drenaje de la Capa Granular i

SN : Número abstracto, representa en forma numérica la resistencia estructural de un tipo de pavimento dada una capacidad soporte del suelo Mr, del tránsito total medido en términos W18, de la serviciabilidad final y de las condiciones climáticas o ambientales.

Parámetro W18 o valor ESAL's por carril de tránsito. Para la guía AASHTO corresponde al ESAL's afectado por coeficientes que representan el sentido y el número de carriles que tendrá la vía.

Para el diseño de espesores de **pavimentos rígidos**, se usarán los métodos de AASHTO y del PCA, que se expresan en la ecuación siguiente:

$$D = \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta}{1.51 \times 10^{-9}} \right)}{0.09^{0.75} - 1.32} \times \frac{1}{k} \times \frac{1}{J} \times \frac{1}{E_c} \times \frac{1}{C_d} \times \frac{1}{M_r} \times \frac{1}{P_t} \times \frac{1}{PSI} \times \frac{1}{S_o} \times \frac{1}{Z_r} \times \frac{1}{W_{82}}$$

En donde:

W82 : Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas⁵, a lo largo del período de diseño.

Zr : Desviación normal estándar

So : Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D : Espesor de pavimento de concreto, en milímetros

PSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y final

Pt : Índice de serviciabilidad o servicio final

Mr : Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz) Cd : Coeficiente de drenaje

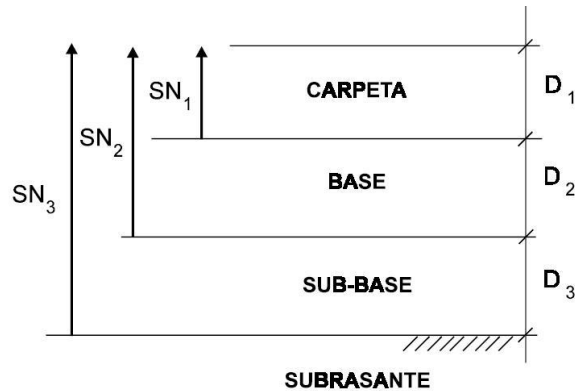
J : Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas

Ec : Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa

k : Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, sub-base o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

Espesores mínimos en función del SN. Esta metodología se basa en el concepto de que las capas granulares no tratadas deben estar protegidas de tensiones verticales excesivas que les producirían deformaciones permanentes.

Gráfico 9.7. Proceso para determinar espesores mínimos.



Fuente: Diseño de Pavimento AASHTO 93.

A continuación formulario que se deriva de la expresión que liga el numero estructural con los espesores de capa: $SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$

Carpeta

$$SN_1 = \frac{a_1 D_1}{1 - m_1}$$

Base

$$SN_2 = \frac{a_2 D_2}{1 - m_2}$$

Sub base

$$SN_3 = \frac{a_3 D_3}{1 - m_3}$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 : son los coeficientes estructurales ó de capa en pulg.

m_1, m_2, m_3 : son los coeficientes de drenaje.

D_1, D_2, D_3 : son los espesores de capa en pulg.

h) Análisis y evaluación de los espesores de pavimento resultantes.

Esta parte del diseño de la estructura de pavimento estará orientada a la verificación y evaluación de los resultados que se obtengan de los diseños conforme se ha descrito en los acápite anteriores. La verificación de resultados se realizará utilizando un método de cálculo de manera paralela al método de la SIECA.

Se establecerán los datos básicos conforme a los siguientes **análisis del tráfico**:

Volumen inicial

Camiones

Camiones pesados

T_{3S2} Carga legal

Peso promedio de camiones

Tasa de crecimiento anual

Período de diseño

i) Determinación de “ITN” (número de tráfico inicial)

a = Línea D

b = Unidades línea C

d = Carga permitida

f = ITN - Línea A (tráfico medio)

j) Determinación del factor de ajuste.

La determinación del factor de ajuste de la tasa de crecimiento anual se expresa con la ecuación siguiente:

$$\text{Factor} = \frac{(1 + r)^n + 1}{20r}$$

k) Evaluación de la subrasante.

Se realizará una valoración del CBR de diseño; partiendo de la mayoría de los suelos existentes en el subsuelo del camino.

El diseño de los espesores de pavimento. Utilizando los datos antes determinados (CBR y DTN); se determinará el espesor de la base y rodamiento.

Calculo de base granular no estabilizada. Del ábaco Fig 9-1a, del Manual de Diseño de Pavimentos en base al método AASHTO - 93 y con el valor del DTN; obtenemos el espesor mínimo de capas de pavimento.

l) Elaboración de recomendaciones técnicas constructivas en general.

A partir de los análisis que se realizaron basados en los resultados de los estudios de suelo, así como de las consideraciones que se establecieron para la realización del diseño de espesores de la estructura de pavimento; se elaborará un contenido de recomendaciones y observaciones que se deberán tener en cuenta durante los procesos constructivos de la estructura de pavimento de la carretera.

Este contenido de recomendaciones estará orientado a los siguientes aspectos:

Elaboración, transportación, instalación y procesamiento del material agregado que servirá como capa de base.

Procesamiento del material granular de sub-base.

Construcción del terraplén del camino, abordando las diferentes fases constructivas, desde su nivel de desplante hasta su última capa que constituye el nivel de terracería ó subrasante.

Producción y elaboración de mezclas de materiales de bancos de préstamo para la capa de rodadura, considerando las recomendaciones de optimización del uso de materiales existentes en la zona, así como el proceso de transportación, colocación y compactación de dicha mezcla en el sitio.

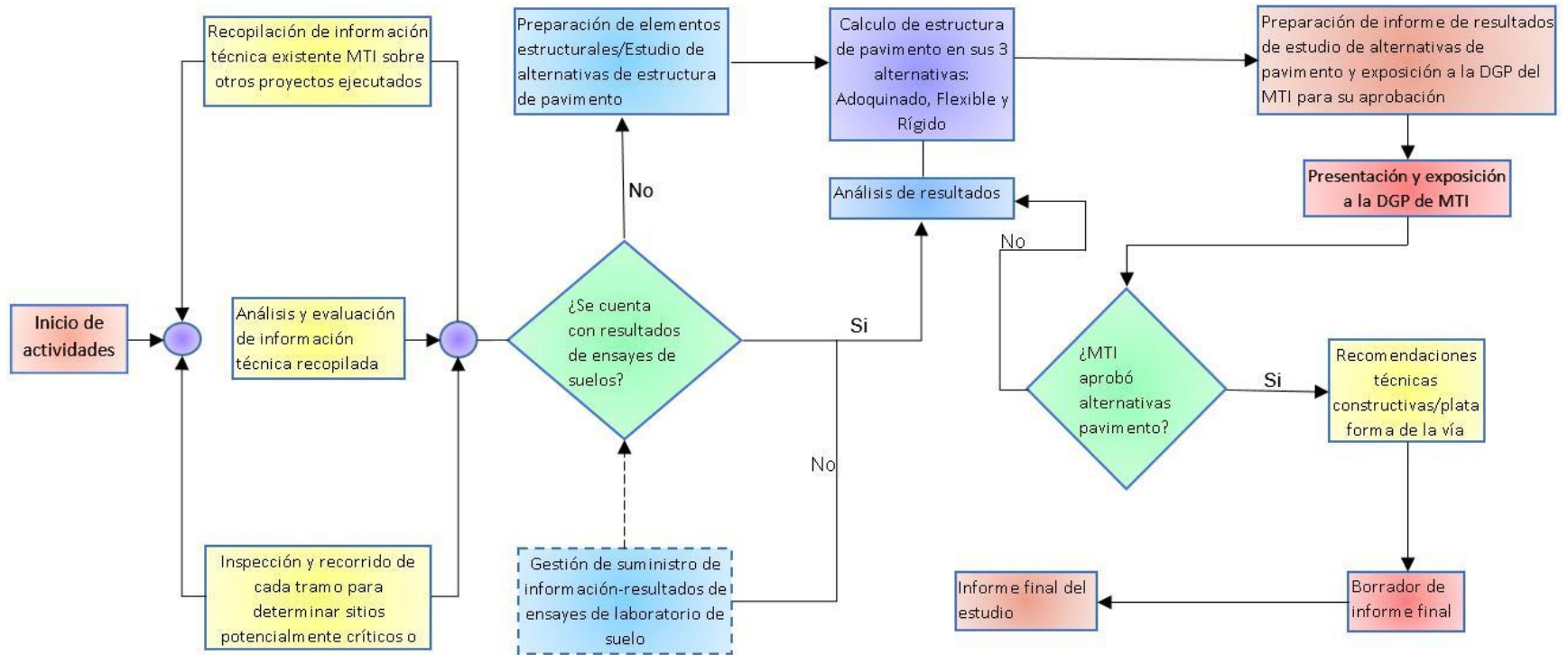
Establecimiento de los controles de calidad y manejo de los materiales mezclados a utilizar en los posibles procesos de estabilización con cemento, cal ó arena.

m) Informe final de estudio y diseño de pavimento.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio y diseño de pavimento del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La siguiente gráfica corresponde al flujograma del desarrollo de los **estudios de pavimento**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dichos estudios.

Grafico 9.8: Flujograma para la realización de estudio de pavimento.



Fuente: Creación propia de El Tutor

Capitulo X.

Diseño estructural



Capítulo X. Diseño estructural.

10.1. Marco teórico conceptual: Comprende el aspecto metodológico del estudio y diseño de las estructuras de drenaje mayor, del tipo estructuras de puentes, del tipo cajas de concreto reforzadas (CCR), estructuras del tipo arco abovedados de láminas de acero corrugado en que es necesario el diseño de los muros de cimentación para soporte de dichos arcos, y otras estructuras que así se requieran; partiendo de los estudios hidrológicos y diseño hidráulico en que se determinan los requerimientos hidráulicos del cruce de la obra de arte mayor.

Enmarca todo lo correspondiente de hacer ver que el ámbito de las vías de transporte terrestre, específicamente caminos y carreteras, la estructura de pavimento está constituida por los diferentes elementos o materiales ubicados entre el nivel de rodamiento y el nivel de terracería o nivel de subrasante dentro de la plataforma del camino, teniendo como función principal dichos elementos, absorber, soportar y transmitir a la terracería de manera reducida, la carga de impacto producida por los vehículos que circulan por la vía.

10.2. Metodología y estrategia de ejecución.

Una vez que se hayan concluido los estudios hidrológicos y diseño hidráulico se procederá a efectuar los cálculos y diseños estructurales. Los requerimientos hidráulicos del cruce permitirán verificar si la geometría de la obra de arte mayor, cumple con los requerimientos de área necesarios y efectuar, entre otras cosas un estimado de los distintos conceptos de obras que requiere cada alternativa, para posteriormente efectuar la selección de la solución más satisfactoria.

Para la ejecución de esta fase en un tiempo razonable, es de mucha importancia la experiencia y dominio de las normas y metodología de cálculo estructural de puentes, así como el conocimiento y experiencia en el diseño de obras similares; ya que esto permitirá a los ingenieros encargados del proyecto, evaluar con más rapidez las alternativas planteadas. El conocimiento previo de soluciones similares

tiene en esta fase un papel muy importante, ya que en base a ello los diseñadores podrán apreciar si están proyectando soluciones razonables, al comparar las soluciones propuestas con otras soluciones conocidas.

Para esta fase también será de utilidad el uso de programas de computadora que realicen rápidamente cálculos que normalmente tomarían mucho tiempo.

Es importante también el conocimiento y uso de manuales, gráficos y ayudas de diseño que les permitan a los ingenieros encargados del proyecto efectuar rápidamente estos cálculos estructurales preliminares.

De acuerdo a visita de Inspección y reconocimiento de campo realizada con fines de preparación de la presente propuesta técnica, se detectó la existencia de una determinada cantidad de estructuras de drenaje mayor y menor, del tipo puentes, cajas y alcantarillas respectivamente.

Como resultado de lo antes expuesto, para la realización del diseño estructural se partirá de las siguientes consideraciones:

Realizar inspección y reconocimiento de campo a cada sitio de estructura de drenaje mayor en general, para realizar levantamiento técnico-físico-estructural del estado actual de la estructura, pudiendo ser puente o caja.

Se elaborará "informe -diagnóstico del estado físico-estructural" (inventario) de cada estructura de drenaje mayor, cuyo contenido estará orientado a presentar una evaluación estructural, complementado con pruebas de núcleos de concreto extraído de los elementos considerados más vitales de la estructura, evaluación del período de vida útil (edad), aspectos de la funcionabilidad, resultados, conclusiones, recomendaciones, etc; para ser presentado al MTI.

Realizar el estudio y diseño estructural en cada uno de los sitios correspondientes a estructura de drenaje mayor, en los cuales existe puente de madera, y en los sitios en donde exista determinada estructura (alcantarilla, caja o puente), construida como "definitiva" en el proceso de construcción anterior, o

conforme resultados del informe "informe-diagnóstico del estado físico-estructural" elaborado al inicio de actividades.

En los sitios considerados como estructuras definitivas existentes, conforme a los resultados del "informe-diagnóstico del estado físico-estructural", en que se resuelva conservar la estructura con el reforzamiento de determinados elementos estructurales, se realizará el estudio, análisis y diseño estructural que el caso así lo amerite.

Los diseños y cálculos estructurales definitivos para los puentes y cajas, se realizarán de acuerdo a las normas de la "American Association of State Highway and Transportation Officials" para "Highway Bridges", AASHTO, Catorceava edición de 1993; utilizando una carga de Diseño HS-20 - 44 + 25%.

a) Recopilación, análisis de información y documentación existente.

Partiendo de la premisa de que el camino existente corresponde en su mayor trayectoria a una vía de transporte terrestre que en la década de los 80 fue sometida a un proceso de construcción; en el que estuvieron involucrados contratistas y consultores, en el que, así mismo se construyeron obras de drenaje mayor, (puentes y cajas) para lo cual se basaron en planos constructivos y que al final se convirtieron en planos "as built"; conteniendo toda la información técnica relacionada a su construcción y su situación final; corresponderá a esta parte del estudio, la consecución en el MTI, de toda la información relacionada a los planos y toda documentación técnica relacionada con la construcción de los puentes y cajas del tramo de carretera.

El objetivo de contar con esta información y documentación, consiste en permitir que el trabajo de inventario y diagnóstico estructural que se realizará a todas las obras de puentes y cajas existentes; que se construyeron en el proceso constructivo de la década de los 80 a la fecha; corresponda a un trabajo acertado y confiable, debido a que se contará para el análisis estructural, con datos confiables y no con datos supuestos y asumidos.

b) Inspección y verificación de los sitios y estructuras existentes.

Independientemente de los resultados que se obtengan de la recopilación de la información y documentación técnica de las estructuras de puentes y cajas existentes, conforme al acápite anterior; el especialista estructural y su equipo técnico realizará una inspección y reconocimiento de campo, a cada uno de los sitios de estructura existente y sitios para proyectar nuevas estructuras de drenaje; a través del cual se recopilará toda la información físico-estructural-topográfico del sitio y la estructura en su conjunto, que permitirá determinar los requerimientos de levantamiento de información complementaria; topográfica, de suelos, de geología y ambiental. Esta información estará referida principalmente a los siguientes aspectos:

Aspecto estructural.

En los sitios de estructura existente, el equipo técnico realizará un levantamiento a nivel de inventario físico-estructural, en el cual se detallará los diferentes elementos de la estructura en su conjunto, incluyendo el diagnóstico del estado estructural de los diferentes elementos que conforman dicha estructura, que permita a nivel de gabinete elaborar un diagnóstico evaluativo de la situación estructural del puente o caja de drenaje existente en el sitio.

Topografía del terreno.

En este aspecto, para las estructuras nuevas, se establecerá una relación de las características del terreno en que se localiza el sitio del proyecto. Se visualizará el aspecto planialtimétrico de la estructura del camino al pasar éste por el sitio de cruce o cauce. A través de esto se analizará el sitio de ubicación más idóneo para fundar la estructura del puente.

En la ubicación de la estructura tomará muy en cuenta el ángulo de esviaje que se forma respecto al eje del camino. Para las estructuras existentes, esta información se levantará considerando la existencia de la estructura como referencia en el sentido de revisión de la ubicación.

Suelos existentes en el sitio de obra.

Se realizará una revisión de manera superficial a los tipos de suelo que se observan en el camino, en el cauce y en los sectores aledaños al sitio. El levantamiento de esta información será complementado con los estudios de perforación de suelos.

Geometría longitudinal y transversal del cauce.

Se tomarán datos sobre el alineamiento y/o geometría del cauce en su recorrido desde aguas arriba y aguas abajo pasando por el punto de cruce, así como la configuración transversal del cauce en estos sectores.

Composición del medio ambiente de la zona.

Se realizará una investigación de la vegetación en los sectores aledaños a la rivera del cauce, procurando establecer elementos que determinen posibles arrastres, tanto de suelos como de posibles árboles que afecten la estructura del puente, así como efectos de erosión o sedimentación.

Se realizará la recomendación para el posible sitio del cruce o lugar donde se ubicará el puente, así como la selección de los sitios para realizar las perforaciones de suelo para puentes.

c) Análisis y evaluación de resultados de estudios de campo.

El diseño estructural requerirá del suministro de información básica para realizar los diseños respectivos, de acuerdo a lo siguiente:

Estudio topográfico y diseño vial.

Se requerirá de las áreas de topografía y diseño vial, el suministro de toda la información relativa a planos topográficos planimétricos y altimétricos del sitio, a nivel de borrador en los cuales se realizarán las proyecciones de dicha estructura.

Estudio de suelos.

De parte del área de suelos se requerirá el suministro de un borrador del informe de suelos, conteniendo los resultados de ensayos de laboratorio de las perforaciones mecanizadas de suelo, así como las conclusiones y análisis de resultados, en la que se presentarán recomendaciones para los niveles de desplante y los valores soporte de los suelos para cimentación.

Estudios Hidrotécnicos.

Se requerirá de esta área de estudio, informe preliminar sobre los resultados de la determinación del área y/o sección hidráulica en el sitio del cruce. Las conclusiones y recomendaciones en las que estarán contenidas elementos a utilizar en el diseño, tales como:

Nivel de aguas máximas extraordinarias
(NAME). Caudal de diseño.

Niveles de la rasante óptima.

Pendiente recomendable para el fondo del cauce en el sitio de cruce. Velocidad del agua y otros.

Así mismo dicha información deberá contener recomendaciones y propuestas del dimensionamiento de la sección hidráulica (claro y altura) de la estructura en el sitio, así mismo, análisis preliminar de los efectos de socavación en el cauce, conteniendo recomendaciones para la profundidad de los desplantes a partir del lecho del cauce, obras de zampeado, dentellones y otros.

d) Dimensionamiento, proyección y ubicación de la estructura de drenaje.

A partir de la información recepcionada, el especialista estructural procederá a proyectar el puente sobre el perfil longitudinal del camino, con lo cual se establecerá la ubicación de dicha estructura.

En esta parte del diseño, el especialista estructural pondrá en juego toda su imaginación, habilidad y experiencia para proyectar la forma estructural de puente que más se adapte a las condiciones geotopográficas del sitio. Se tomará en cuenta los antecedentes históricos del sitio de cruce o de la estructura existente anterior como elemento principal y los resultados que se obtuvieron por efectos de los flujos de agua de fenómenos naturales de magnitud que se hayan producido en la zona.

En visita de inspección y reconocimiento realizada al sitio del proyecto, se realizarán anotaciones sobre el aspecto para la ubicación de la estructura de drenaje, considerando la posición del cauce referente al eje del camino proyectado; lo cual

permitirá contar con una visión más amplia para el trabajo de proyección a nivel de gabinete.

A partir del perfil longitudinal sobre el eje del camino proyectado, dibujado a escala apropiada, se proyectarán los datos suministrados por el especialista hidrotécnico, en los que se establecen de manera preliminar la longitud y altura libre que deberá tener dicha estructura; tomando en cuenta la irregularidad del cauce, se realizarán a través de métodos de tanteo; la verificación del área hidráulica establecida, hasta obtener la ubicación más óptima.

La estructura de drenaje proyectada-resultante sobre el perfil longitudinal del camino atravesando el cauce, aplicando los criterios y consideraciones que se han descrito, nos permitirá la obtención de los siguientes datos:

Dimensiones de la estructura.

Estacionamiento de los ejes de apoyo de los estribos.

Altura total del puente, medido desde el fondo del cauce. Elevación de la rasante propuesta en el nivel de rodadura. Longitud total del puente.

Elevación de la superficie del lecho del cauce.

Como resultado de lo antes descrito, el especialista estructural determinará el dimensionamiento de la forma de la estructura, tales como: claro y altura libre de la parte inferior de la viga principal del puente.

e) Elaboración diseño y cálculo estructural y proceso de revisión.

Esta actividad enmarca los procesos de cálculo que, que corresponde al resultado de los criterios que se aplicarán para el cálculo estructural, a través del cual se establecerá el dimensionamiento definitivo de los diferentes elementos estructurales que conformarán el puente o caja según el caso, que se realizará de acuerdo a lo siguiente:

Los métodos de diseño que se utilizarán y aplicarán para la realización del cálculo estructural, corresponden a los siguientes:

- Método de diseño por cargas de servicio o diseño por esfuerzos permisibles.
- Método de diseño por resistencia última o diseño por factores de carga.

En el primer método se hará uso de los esfuerzos permisibles recomendados por la AASHTO según el material y el tipo de sollicitación. En este método las sollicitaciones de diseño serán las proporcionadas por las cargas sin mayor, disminuyendo la resistencia de los materiales a los denominados esfuerzos permisibles que brindan los factores de seguridad para el diseño.

En el segundo método se considera la resistencia última de los materiales y los factores de carga especificados por la AASHTO, según la combinación de carga en análisis.

Y si el diseño se realiza para el primer grupo de cargas de la AASHTO los factores de mayoración de las sollicitaciones serán: Grupo I: 1.3
(CM+1.67CVI+1.3ET)

1.3 Para la carga muerta (CM)

2.17 Para la carga viva + impacto (CVI)

Para el empuje activo del suelo (ET)

En este método las sollicitaciones son mayor dadas por los factores correspondientes y la resistencia última de los materiales se disminuye en un pequeño porcentaje.

Por otra parte, los miembros y elementos de unión como pernos y soldaduras sujetos a la variación y repetición de la carga viva y/o inversión de esfuerzos se revisarán por fatiga.

Los diseños también se revisarán para las condiciones de servicios como deflexiones por la carga muerta y carga viva, esto significa que la superestructura del puente no deberá tener una deflexión máxima mayor que la permisible ($l/800$).

De acuerdo a las normas AASHTO se consideran en los diseños y análisis estructurales los siguientes tipos de cargas:

Carga muerta (CM),

Carga viva, vehicular y peatonal

(CV), Impacto por carga viva (I),

Presiones de suelo (ET),

Subpresión del agua (SP),

Viento en la estructura (W),

Fuerza longitudinal por carga viva

(FL), Fuerzas centrífugas (C),

Acortamiento del concreto,

Cambios de temperatura,

Sismos (EQ),

Presiones de la corriente (SF),

Las distintas partes de los puentes y cajas se diseñarán al menos para las siguientes combinaciones de carga:

Superestructuras (losas y vigas de acero):

Grupo I de cargas: Carga muerta + carga viva + impacto + fuerza centrífuga.

Grupo II de cargas: carga muerta + carga viva + impacto + fuerza centrífuga. +30% viento en superestructura + viento en carga viva + fuerza longitudinal.

Subestructuras (estribos, pilas y muros de retención):

Grupo I de cargas: carga muerta + carga viva + impacto + empuje de tierras.

Grupo II de cargas: carga muerta + empuje + sismo

Los coeficientes de seguridad al deslizamiento y volteo serán 1.5 y 2.0 respectivamente.

Si se utiliza el método de diseño de esfuerzos permisibles se permitirán los incrementos especificados para cada combinación de carga y si se usa el método de resistencia última se utilizarán los factores de carga apropiados.

En el diseño de puentes se acostumbra calcular el concreto por resistencia última, el acero y la mampostería por esfuerzos permisibles.

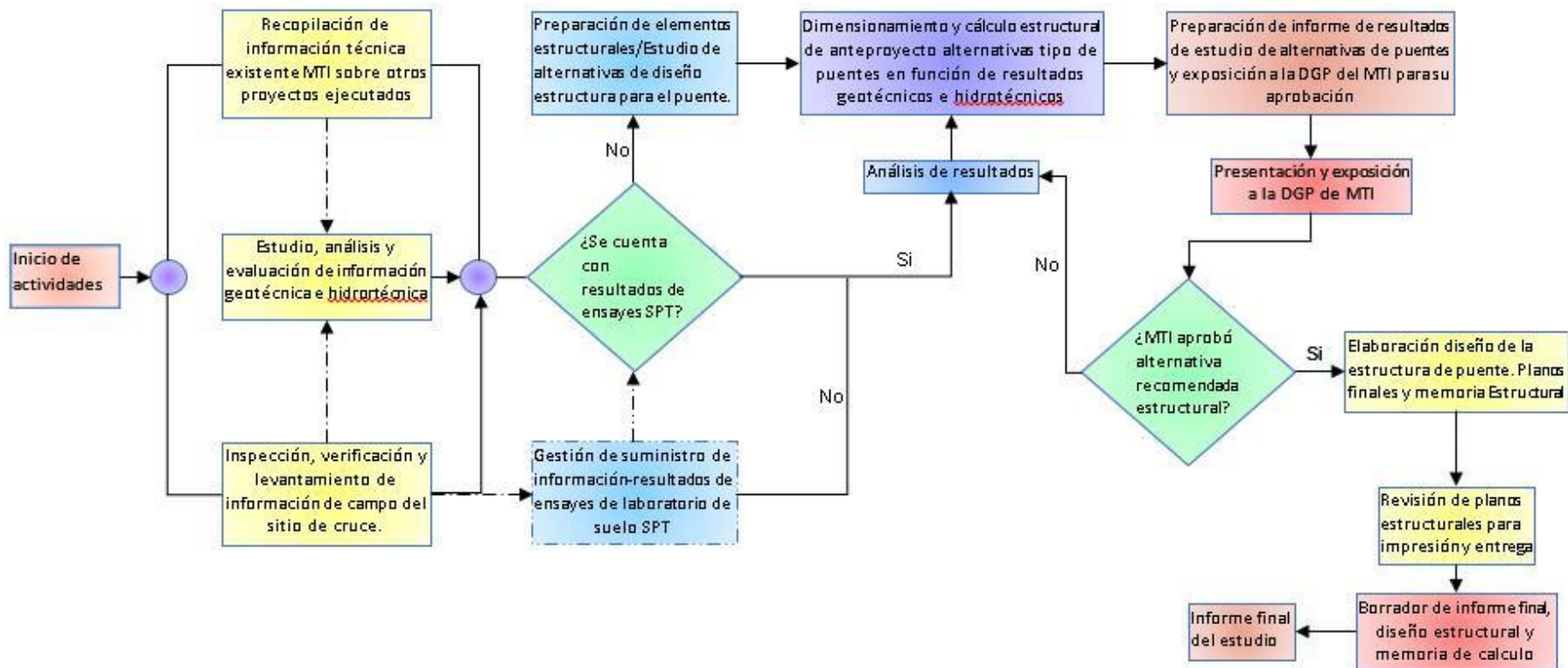
Todos los diseños serán tipificados, a fin de facilitar las labores de construcción. El proceso de revisión estructural estará a cargo y será responsabilidad del especialista estructural, lo cual se realizará de manera paralela al trabajo de elaboración del diseño, consistente en la revisión exhaustiva y detallada de los planos constructivos, terminados a nivel preliminar y a nivel final definitivo, previamente a la presentación y entrega al MTI.

f) Informe-memoria de cálculo y diseño estructural.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio y diseño estructural del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La gráfica que a continuación se presenta corresponde al flujograma del desarrollo de los **estudios y diseño estructural**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dichos estudios.

Grafico No. 10.1: Flujograma para la realización de estudio y diseño estructural.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Capitulo XI. Costos y presupuestos



Capítulo XI. Costos y presupuestos.

11.1. Marco teórico conceptual: Comprende el procedimiento para la estimación del cálculo anticipado y costo total de las obras viales en sus fases de planeación, ejecución, operación y mantenimiento, en la modalidad de inversión para su explotación en el período de su vida útil. Los costos en conjunto y en conjugación con los beneficios económicos, permitirán la determinación de la rentabilidad de dicho proyecto.

El presupuesto es la resultante de sumar los elementos que componen el cálculo del costo estimado de la obra y que son: Costo Directo (CD) + Costo Indirecto (CI) + Costo de Administración Central (CAC) + Utilidad (U) + Impuestos (I) + Supervisión (S) + Mantenimiento (M).

11.2. Metodología y estrategia de ejecución.

a) Actualización de información de base de datos.

Se requerirá actualizar los precios de materiales, renta de equipo, combustibles, lubricantes, mano de obra y e indirectos predecibles. La actualización de los precios unitarios se realizará con al menos dos (2) cotizaciones de diferentes proveedores.

b) Estimación de cantidades de obra.

En cada una de las áreas de trabajo, a partir de la información, documentación, y datos preliminares; se realizarán proyecciones de diseño orientadas a la determinación de cantidades de obra de todas las especialidades previstas, lo más aproximadas a lo que será el diseño final.

c) Elaboración de costos preliminares de construcción.

Se debe realizar un cálculo de la factibilidad técnico-económico para obtener la relación beneficio / costo y la prefactibilidad de la inversión a partir de resultados preliminares de las proyecciones que se deben realizar, conforme a la presente metodología.

d) Elaboración de costos unitarios directos (CUD).

Son los costos previstos en que se debe incurrir directamente para utilizar o adquirir e integrar los recursos necesarios, en la cantidad o en el tiempo que sean necesarios, para realizar una actividad de construcción, mantenimiento o reparación de un tramo o sub-tramo de carretera o camino de la red vial del país en un plazo establecido. Los recursos o componentes de cada costo unitario directo (CUD) pueden ser de cuatro tipos: Maquinaria o Equipos, Mano de Obra, Materiales y Herramientas y Transporte. A través del inventario de los conceptos de costos unitarios con que se cuenta en la base de datos, teniendo como referencia un listado preliminar de conceptos de obras utilizado para definir los costos de inversión preliminar, se determinará qué conceptos de obra habrá que elaborar y cuales habrá que actualizar. A continuación, se describen los principales conceptos:

Equipo. Se tomará en cuenta todo el equipo de construcción que sea necesario para la realización del volumen de obra en el menor tiempo posible. Los rendimientos de cada equipo, estarán calculados para cada concepto con una eficiencia del 85%, para una vida útil de 10,000 horas, considerando que el equipo es nuevo o se encuentra dentro de la vida útil establecida.

Materiales y herramientas. Los materiales y herramientas a utilizar deberán corresponder a los requeridos para cada concepto y sus costos serán los valores que se obtuvieron del proceso de la cotización. Se considerará la distancia del proyecto a la ciudad de Managua, siendo pertinente para optimización y rentabilidad, la utilización de materiales producidos en la zona, tales como; adoquines, piedra triturada, arena, piedra bolón y otros.

Mano de obra. Este concepto comprende la mano de obra calificada y no calificada, debidamente disgregada conforme a los grupos de trabajo y cargo, entre estos: maestros de obra, operadores de equipos pesados y livianos, armadores y similares, operadores especializados, ayudantes y operarios; afectada por las prestaciones sociales conforme manda la ley.

Transporte. Este concepto comprende el costo de transporte para el acarreo de materiales, herramientas y equipos a utilizarse directamente en la ejecución de las diferentes obras del proyecto.

e) Elaboración de costos indirectos (CI).

Son los costos previstos en que se debe incurrir de manera global o generalizada para realizar la construcción, mantenimiento o reparación de un tramo de camino o carretera de la red vial del país en un plazo establecido, sin que puedan ser aplicados directamente en la realización de una actividad o un concepto de obra.

Los costos indirectos están conformados por los siguientes grupos:

Costos de oferta y de contratación, que se incurre para presentar la oferta y luego para llegar a la contratación. Estos generalmente son: Compra de documentos de licitación, Planos y especificaciones, Elaboración de presupuesto y de programaciones, Protocolización del contrato, Fianzas de oferta y de contrato, Seguros contra riesgos y Elaboración de planes de mitigación de impactos ambientales.

Costos iniciales en que se incurre antes de iniciar el desarrollo del proyecto. Estos generalmente son: Construcciones provisionales, Publicidad y rotulaciones e Inauguración de apertura.

Costos de operación en que se incurre permanentemente para operar el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son: Movilización y desmovilización, Equipo liviano y herramientas, Alquileres de bienes inmuebles, Combustibles y lubricantes, Señalamiento preventivo, Seguridad, protección e higiene ocupacional y Medidas de mitigación de impactos ambientales.

Costos administrativos de campo en que se incurre por mantener el personal administrativo de campo el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son: Salarios, prestaciones sociales, transporte, alimentación y dormida del personal de campo, Mobiliario y equipo de oficina, Formatos y papelería e Impresiones y fotocopias de informes y avalúos.

Costos por servicios especializados en que se incurre por la contratación de servicios profesionales. Estos generalmente son: Laboratorio de materiales, Informática de proyectos, Mantenimiento preventivo especializado de equipos, Supervisión de trabajos u obras, Asesoría Jurídica y Asesoría técnica.

Costos por afectaciones esperadas, en que se incurre por afectaciones planificadas. Estos generalmente son: Lluvias previstas, Adquisiciones de derechos de vía, Construcción y mantenimiento de desvíos, Accesos a bancos de préstamos.

Costos imprevistos en que se incurre por acontecimientos o circunstancias no previstas. Estos generalmente son: Errores de diseño, Errores de presupuesto, Ampliación injustificada de plazo, Incremento de costos no reconocibles y Destrucciones no cubiertas por seguros.

f) Elaboración de costos de administración central.

Son los costos previstos en que puede incurrir un contratista al atender y monitorear con su administración central la construcción, reparación o mantenimiento de un tramo de camino o carretera de la red vial del país en un plazo establecido. Este costo se presenta en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos e indirectos, con un rango entre el 4% y el 10%. Este costo disminuye cuando el contratista ejecuta simultáneamente varios proyectos y cuando éstos están ubicados en una misma zona geográfica.

g) Elaboración de utilidad.

Son los costos previstos como ganancia por ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento, de un proyecto vial en un lugar y en un plazo determinado. Este costo se presenta en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos y de administración central, con un rango entre el 3% y el 10% de la sumatoria de los costos directos, indirectos y de administración central. Este costo fluctúa en la medida en que se comporta la oferta y la demanda del sector construcción.

h) Elaboración de impuestos.

Son los costos previstos como carga impositiva en cumplimiento de las leyes tributarias vigentes por ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento de un proyecto vial en un lugar y en un plazo determinado. Este costo se presenta en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos, de administración central y de utilidad, siendo actualmente el 1% de impuesto municipal (IM) y el 15% de impuesto de valor agregado (IVA), que se aplica a la sumatoria de los costos directos, indirectos, de administración central y utilidad.

i) Elaboración de costos de supervisión.

Son los costos generalmente de consultorías con la integralidad de la mayoría de las especialidades que intervienen en el proyecto determinado, contratados para supervisar la fase de construcción del proyecto. También comprende los servicios pertinentes de laboratorios, para dar fe del cumplimiento de las normas conforme el diseño. Se calculará el costo de supervisión considerando los siguientes aspectos:

La duración estimada de las obras constructivas del proyecto.

El personal profesional y técnico de apoyo a las labores de supervisión tales como: topógrafos y técnicos de laboratorio de materiales y suelos.

La utilización de los servicios de topografía y de laboratorio de campo de materiales y suelos.

Los aprovisionamientos básicos de alojamiento, alimentación y transportación del personal y los equipos básicos de oficina.

j) Elaboración de costos de mantenimiento rutinario y periódico.

Son costos pertinentes para mantener el servicio del camino o carretera en el período de 20 años de vida útil, que corresponderá al período de operación. La particularidad de cada mantenimiento son las siguientes:

El mantenimiento rutinario se ejecutará anualmente, su estructura de costos deberá considerar la utilización de mano de obra y la mayor cantidad de recursos del nivel local sobre la base de normas constructivas. Sus obras básicas son: Limpieza y rectificación de cunetas, Limpieza de alcantarillas, Limpieza de cauces, Limpieza del derecho de vía y Remoción de derrumbe.

El mantenimiento periódico se ejecutará cada tres (3) años independientemente que en ese año también se realice el mantenimiento rutinario. Sus obras básicas son: Remoción y reinstalación de adoquines, Reparación de bordillos, Reparación de barandales de puentes, Pintura de estructura de acero de puente, Obras de mampostería y Reposición de señales.

k) Elaboración de documento de licitación y contrato.

Corresponderá al área de costo y presupuesto la elaboración del "documento de licitación y contrato"; en base a los conceptos de obras y especificaciones técnicas que se establecieron de manera conjunta con las diferentes especialidades de diseño, orientados al proceso de la construcción. El contenido de dicho documento, estará conformado principalmente de lo siguiente:

Convocatoria: Generalmente se conoce como "llamado a licitación", y tiene como objetivo principal invitar a los contratistas a la participación del proceso de licitación, lo cual será preparado conteniendo información general y un resumen de los alcances constructivos, orientado de tal manera para ser anunciado en los diferentes medios de comunicación escrito.

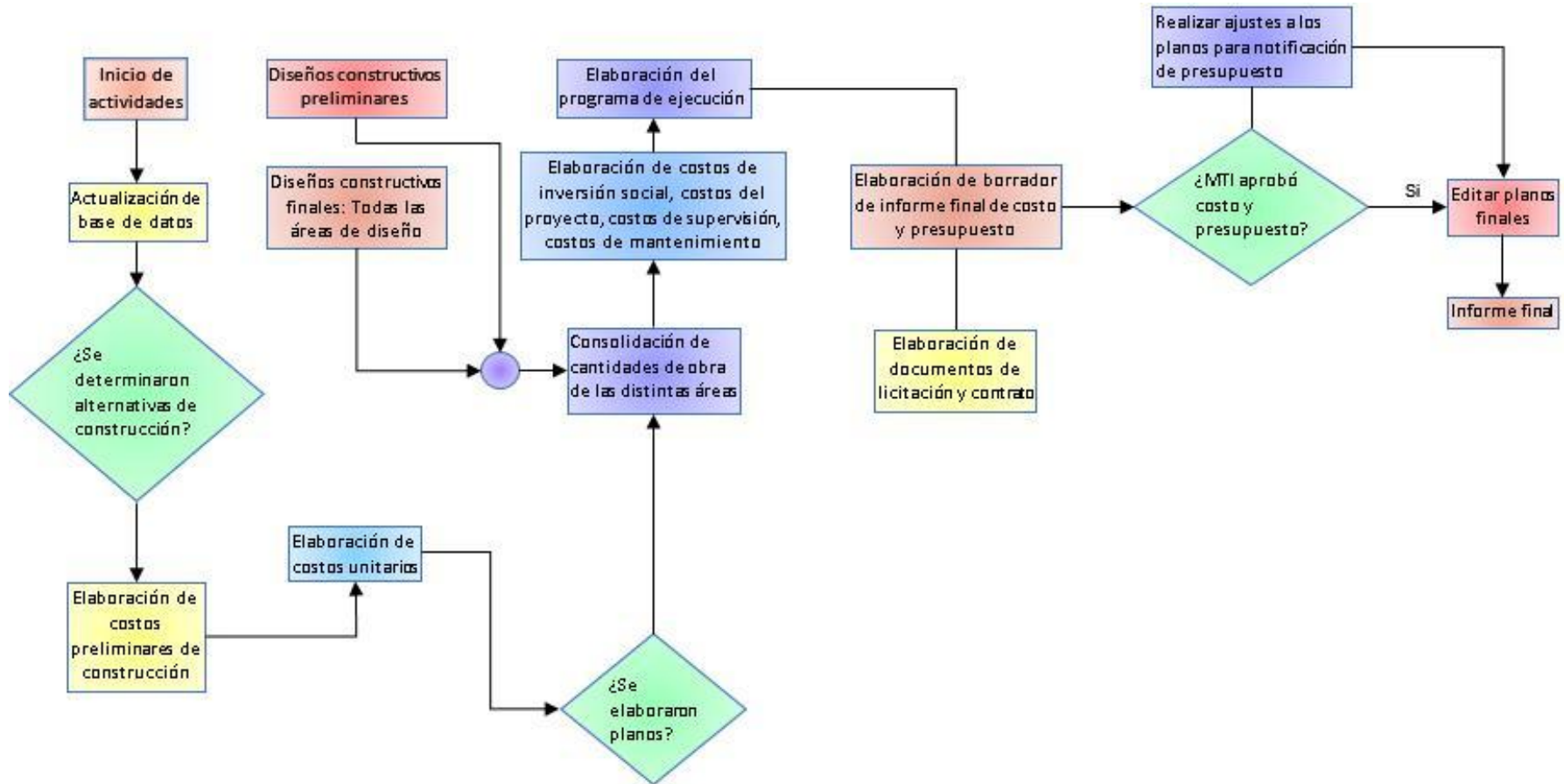
Sección 1: Instrucciones a los licitantes. Su contenido principalmente estará orientado a instruir e informar a los participantes en la forma de preparar la oferta, para lo cual estará conformado por los siguientes contenidos: Disposiciones generales, documento de licitación, preparación de las ofertas, presentación de las ofertas, apertura y evaluación de las ofertas, adjudicación del contrato, datos de la licitación.

I) Informe final de costo y presupuesto.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de costo y presupuesto del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La gráfica que a continuación se presenta corresponde al flujograma del desarrollo del **costo y presupuesto**, mostrando la secuencia del desarrollo de las actividades, a través del cual nos permite contar con una visión más amplia del proceso de dichos estudios.

Gráfico 11.1: Flujoograma para la realización de costo y presupuesto.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Capítulo XII.

Estudio de evaluación económica



Capítulo XII. Estudio de evaluación económica (factibilidad técnica-económica).

2.1. Marco teórico conceptual: Comprende el análisis y evaluación de las actividades del aspecto técnico y económico a partir de lo cual se conocerá la rentabilidad del proyecto a través de la conjugación de los beneficios económicos-sociales que generará la ejecución de las obras en la modalidad constructiva durante el período de operación o vida útil de la vía, y el costo de inversión que se requiere para la realización de dicho proyecto.

Generalmente se utiliza el enfoque convencional para la evaluación de la viabilidad económica de este proyecto. Se basa enteramente en el impacto esperado del cambio que las inversiones propuestas causarán en los costos de operación de los vehículos y en el mantenimiento de la carretera para el tráfico normal, lo mismo que los beneficios a cualquier tráfico adicional considerado que probablemente será inducido por los cambios esperados en los costos de operación de los vehículos. Para el desarrollo de las actividades, se considerarán los siguientes aspectos:

Estudio de demanda. El consultor hará una investigación exhaustiva de campo y de gabinete sobre los aspectos socioeconómicos, productivos y turísticos en la zona de influencia directa e indirecta del proyecto. Se investigará el potencial desarrollo del comercio regional, así como el potencial desarrollo turístico. Se llevarán a cabo encuestas a productores agrícolas, pecuarios, industriales, centros turísticos, instituciones públicas y privadas; con el fin de sustentar planes de desarrollo que producirán el tráfico generado, el tráfico desarrollado y el tráfico atraído.

Enfoque del excedente del consumidor. Se adoptará el enfoque del “excedente del consumidor”, lo que significa que, debido al mejoramiento del camino, el usuario del camino verá incrementado el excedente del consumidor, el que se descompone en dos partes; la primera parte se compone por el ahorro en costo de operación

vehicular y de tiempo producto del tráfico normal, y la segunda parte se compone por el ahorro en costo de operación vehicular y de tiempo del tráfico desarrollado.

12.2. Metodología y estrategia de ejecución.

a) Recopilación y evaluación de la información y documentación existente.

Para los fines de establecer correlaciones entre las variables socioeconómicas (población, economía, producción) y las relacionadas con el tráfico (volúmenes y clasificación del tráfico, acervo vehicular, etc.), así como sobre transporte, mantenimiento vial y construcción original de la carretera, el consultor obtendrá a través de instituciones estatales y privadas los datos estadísticos e información disponible de la **Zona de influencia directa e indirecta del proyecto.**

Como parte del proceso de recopilación de información, se gestionarán en el INETER, los planos geodésicos a escala 1:50,000, a través de los cuales localizará, definirá y delimitará la zona de influencia del proyecto del camino de manera preliminar, con el objetivo de que sirva de guía y referencia al personal que realizará las encuestas de investigación directa de campo. El consultor también tendrá la responsabilidad de verificación y constatación de que la delimitación del área de influencia se ajusta a lo real en el sitio, estando sujeta posteriormente a posibles ajustes. En la zona de influencia, se localizarán sus poblados principales, y los sectores socioeconómicos de la zona, demarcándose las principales actividades de orden agropecuarias, de orden industrial, comercial y turístico.

b) Encuestas socio-económicas de campo.

La encuesta socio-económica para el estudio de factibilidad económica tiene como objetivo principal, la verificación y correlación de la información económica recopilada a nivel de gabinete, que permita establecer los márgenes de seguridad de las estimaciones y proyecciones, y por consiguiente los resultados que se obtendrán.

Como parte inicial de los estudios de campo, se plantea realizar una inspección detallada de la carretera a fin de obtener información de los siguientes elementos del proyecto:

Características físicas y geométricas de la carretera.

Derecho de vía.

Facilidades para el transporte.

Aspectos de seguridad vial.

Actividades económicas en la zona de influencia inmediata de la vía.

Para el levantamiento de las características físicas y geométricas de la carretera el consultor utilizará formatos preparados expresamente para ellos.

La tercera etapa consiste, en el control de calidad, codificación y procesamiento y análisis de la información levantada en el campo.

Para la ejecución de la encuesta, se utilizará el método de la entrevista directa a los productores de la zona. La encuesta se realizará en forma simultánea con el conteo volumétrico y las encuestas de tránsito; para lo cual se utilizará "formato de campo", previamente elaborada a la iniciación de los trabajos de campo.

c) Procesamiento, evaluación, y análisis de resultados de información obtenida.

Del proceso de recopilación de información. Para precisar cuál es la información necesaria a efectos de un análisis socio-económico cuantitativo y establecer la relevancia de la información recopilada, se construirá un modelo conceptual que represente de forma cualitativa la operación del sistema "carretera-usuario" y que apoye la identificación de relaciones entre este sistema y la economía local, en la zona de influencia directa, y del resto del país.

Se procesará y analizará la información disponible en el MTI y otras fuentes, necesaria para la elaboración de los diferentes análisis propuestos. Los consultores

harán especial énfasis en el acopio, procesamiento, evaluación y análisis de relevancia de la siguiente información:

Costos actuales de mantenimiento de la carretera, por rubro y procedencia del insumo. Si esta información no estuviera disponible, los costos actuales de mantenimiento deberán ser estimados por el consultor.

Manual de costos de operación vehicular del MTI. Este podría requerir de actualización, la que será efectuada por el consultor, utilizando para ello el software vehicle operating cost (VOC).

Estructura arancelaria y tributaria en especial la nueva ley de justicia tributaria, para los principales rubros de operación de la flota vehicular.

Especial atención se prestará a las cargas arancelarias y tributarias de: llantas, combustibles y lubricantes; vehículos y repuestos importados.

Planes y proyectos de desarrollo en el área de influencia directa del proyecto. Estadísticas históricas sobre accidentes y pérdidas económicas atribuibles a accidentes en la carretera bajo estudio. En este componente del estudio intervendrán el economista de proyectos, el modelista, así como el ingeniero de tráfico.

Se analizará el impacto del proyecto dentro del territorio nacional para delimitar la zona de influencia indirecta del proyecto.

Zona de influencia indirecta. Se investigará hasta donde llegará el impacto del proyecto dentro del territorio nacional y más allá de la delimitación del área de influencia directa, para delimitar la zona de influencia indirecta del mismo. Se investigarán los municipios ubicados en el entorno a la zona del proyecto, como posibles generadores de tráfico atraído, y a la vez para conocer los diferentes parámetros de pobreza, perspectivas de desarrollo, tendencia de los precios, etc. Se harán visitas a instituciones locales y organismos no gubernamentales como fuentes de información y el uso de encuestas de tráfico, encuesta agropecuaria, estudios de medio ambiente,

Factor estándar de conversión para los costos de operación vehicular. Para fines de cálculos de las tablas de costos de operación vehicular, primeramente, se

definirán los vehículos prototipo que circulan en las carreteras pavimentadas como representación del universo y seguidamente, a estos vehículos prototipos, se estimarán los precios de mercado; por otro lado, de acuerdo a los conteos de tráfico, se definirá con exactitud los tipos de vehículos más representativos y con las características físicas de cada tramo, se correrá el modelo Vehicle Operating Cost Model (VOC) del banco mundial con lo que se obtendrá los costos de operación vehicular y de tiempo de los usuarios.

Principales parámetros para el cálculo de los costos de operación vehicular.

Los principales parámetros a utilizar son los siguientes:

Depreciación.

Costos de tiempo de la tripulación.

Costos de tiempo de los pasajeros.

Mano de obra para mantenimiento.

Índice de ocupación.

d) Evaluación económica.

Se adoptará el enfoque del “excedente del consumidor”, lo que significa que debido al mejoramiento del camino una vez adoquinado, el usuario del camino verá incrementado el excedente del consumidor, el que se descompone en dos partes; la primera parte se compone por el ahorro en costo de operación vehicular y de tiempo, producto del tráfico normal y la segunda parte se compone por el ahorro en costo de operación vehicular y de tiempo del tráfico desarrollado y atraído.

Descripción de los modelos a ser utilizados. Descripción del modelo vehicle operation cost model (VOC). Este modelo será utilizado para el cálculo de los costos de operación vehicular en los diferentes tramos estudiados y será alimentado con información o variables representativas de la realidad nicaragüense.

Este modelo requiere de 65 variables, sin embargo, solamente una parte de estas variables tiene que ser prevista por el usuario, porque gran parte de las características de los 10 tipos de vehículos que pueden analizarse con el modelo, son suministrado por el programa por defecto (DEFAULT). Este modelo es la versión 2.0, agosto de 1987, del banco mundial.

La información a ser suministrada al programa, es la siguiente:

A. Del camino. La información relacionada con el tramo a estudiar requerida por el modelo es la siguiente:

Tipo de superficie (pavimentada o no pavimentada).

Rugosidad promedio (m/km IRI).

Pendiente positiva promedio (%).

Pendiente negativa promedio (%).

Proporción del camino en subidas (%).

Curvatura horizontal promedio (Deg./km).

Altitud del terreno (m).

Número de carriles.

B. Del vehículo. La información relacionada con los vehículos que circulan en los diferentes tramos estudiados, requerida por el modelo es la siguiente:

Carga transportada por el camión (kg).

Promedio anual de utilización (horas).

Promedio vida útil del vehículo (años).

Números de pasajeros por vehículo.

Tasa de interés anual (%)

Precio del vehículo nuevo.

Costo del combustible (C\$/lt).

Costo del lubricante (C\$/lt).

Costo de una llanta.

Costo tiempo de tripulación (C\$/hora).

Costo de demora de pasajeros (C\$/hora).

Costo de mantenimiento mano de obra (C\$/hora).

Costo por la demora de carga (C\$/hora).

Descripción del modelo RRM (Rural Road Model). Para la evaluación económica, generalmente se utiliza el modelo de caminos rurales (rural roads model) del banco interamericano de desarrollo (BID), el que consiste en cinco módulos, descritos a continuación:

Módulo I : Uso del suelo y excedente comercializable.

Módulo II : Tráfico y costos de transporte.

Módulo III : Precios y costos de producción.

Módulo IV : Costos de construcción y mantenimiento

Módulo V : Análisis de sensibilidad.

De estos módulos, para el presente análisis, se utilizarán con sus respectivos requerimientos los que, se describen a continuación:

MODULO II.

Pasajeros:

Modo de transporte, con y sin proyecto.

Tipo de vehículo con y sin proyecto.

Número de pasajeros / vehículo con y sin proyecto.

Índice de ocupación, con y sin proyecto.

TPDA con y sin proyecto.

Costos de operación vehicular con y sin proyecto.

Vehículos de carga:

Modo de transporte, con y sin proyecto.

Tipo de vehículo, con y sin proyecto.

Cantidad de ton/vehículo con y sin proyecto.

Índice de ocupación con y sin proyecto.

Porcentaje de la carga fuera de la zona de influencia.

Costos de operación con y sin proyecto.

Costos de mantenimiento. Sin y con proyecto, se estimará un costo de mantenimiento rutinario cada año y un mantenimiento periódico cada cuatro años.

Costos de Construcción. Se realizarán los cálculos estimados de construcción, que comprenderá el costo total de todas las obras que se requieren para contar con la carretera conforme lo contemplarán los planos finales; movimiento de tierra, alcantarillas, puentes, pavimentación, obras ambientales, señalización y obras menores, lo cual corresponderá a la modalidad con proyecto.

Para el caso de la modalidad sin proyecto, se asumirá las modalidades del mantenimiento conforme se establece, sin proyecto; rutinario y periódico.

Descripción de los beneficios que generará el proyecto. El proyecto generará beneficios netos por concepto de ahorro en costos de operación vehicular y ahorro en costos de tiempo de los usuarios y la tripulación y posibles ahorros en accidentes. Estos beneficios netos, se calcularán con valor presente neto con tasa de descuento del 12 %, para los siguientes vehículos:

Automóvil.

Autobús.

Camioneta pick-up camión c2.

Camión pesado c3.

Camión t2-s3.

e) Determinación de la rentabilidad de la inversión.

Los índices de rentabilidad, se obtendrán actualizando el flujo neto de beneficios con tasa de descuento del 12 %, los que se describe a continuación:

Valor presente neto.

Tasa interna de retorno.

Relación beneficio costo.

Para la evaluación económica y determinar los niveles de rentabilidad del proyecto, se utilizará el Modelo de Caminos Rurales (Rural Roads Model) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) , el que consiste en cinco módulos, descritos a continuación:

Módulo I : Uso del suelo y excedente comercializable.

Módulo II : Tráfico y costos de transporte.

Módulo III: Precios y costos de producción.

Módulo IV: Costos de construcción y mantenimiento.

Módulo V : Análisis de sensibilidad.

Para el presente análisis, se utilizarán los módulos II, IV y V, los que se describen a continuación; con sus respectivos requerimientos: MODULO II. Tráfico y costo de transporte

Pasajeros:

Modo de transporte, con y sin proyecto.

Tipo de Vehículo con y sin proyecto.

Número de pasajeros / vehículo con y sin proyecto
Índice de ocupación, con y sin proyecto.

TPDA con y sin proyecto.

Costos de operación vehicular con y sin proyecto.

Vehículos de Carga:

Modo de transporte, con y sin proyecto.

Tipo de vehículo, con y sin proyecto.

Cantidad de ton/vehículo con y sin proyecto.

Índice de ocupación con y sin proyecto.

Porcentaje de la carga fuera de la zona de influencia.

Costos de operación con y sin proyecto.

MODULO IV. Costos de construcción y mantenimiento.

Costos adicionales del proyecto (Inversiones complementarias), por año.

Beneficios adicionales al proyecto, por año.

Costos anuales de mantenimiento, con y sin proyecto.

Tasa de descuento.

Años de ejecución del proyecto.

Porcentaje de la inversión para cada año de ejecución.

Costo total de construcción.

f) Análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad se realizará conforme a lo expuesto a continuación:

Incremento de los costos de construcción, en el rango de 10% a

20%. Disminución de los beneficios, en el rango de 10% a 20%.

Combinaciones de incremento de la construcción y disminución de beneficios en el rango del 10% y 20%.

El análisis de sensibilidad será realizado para cada una de las perspectivas. Esto es posible como resultado de la utilización de los modelos de proyección y computadoras de alta velocidad que propone el consultor.

g) Evaluación del impacto distributivo del proyecto.

El análisis distributivo, consiste esencialmente en determinar la distribución de los beneficios netos económicos derivados del proyecto, tales como: el valor financiero y las transferencias asociadas de cada flujo de costos y beneficios, entre los grupos de **bajos ingresos**, privados y gobierno o sector público.

También se considerará la información suministrada por el sector de ingeniería de tráfico y derivada del estudio de velocidades y la información socioeconómica que contiene la encuesta de origen y destino, realizada por el MTI en los últimos períodos.

Así mismo, se utilizarán los resultados que arroje la encuesta de origen y destino a fin de precisar la siguiente información:

Población viajera total y, de ésta, la que se encuentra trabajando. Motivo del viaje.

Ocupación.

Salario mensual o anual que percibe.

Tiempo que trabaja durante el año.

Número de ocupantes por vehículo.

Para el cálculo de los ingresos promedio de las diferentes categorías de empleo, se utilizará la información socio-económica obtenida de la investigación sobre distribución del ingreso por estratos sociales.

De estadísticas del MTI y de otras fuentes secundarias de información se utilizará como información de base, los beneficios por reducción de pérdidas económicas atribuibles a accidentes de tráfico. Dichos beneficios se estimarán comparando la tasa histórica de pérdidas contra la tasa proyectada a partir de información suministrada por el vector de ingeniería de tráfico. Los principales rubros de cuantificación de costos serán:

Pérdidas por destrucción del parque automotor.

Pérdidas por destrucción de mercadería.

Pérdidas de vidas humanas, medidas en función de costos de oportunidad económicos.

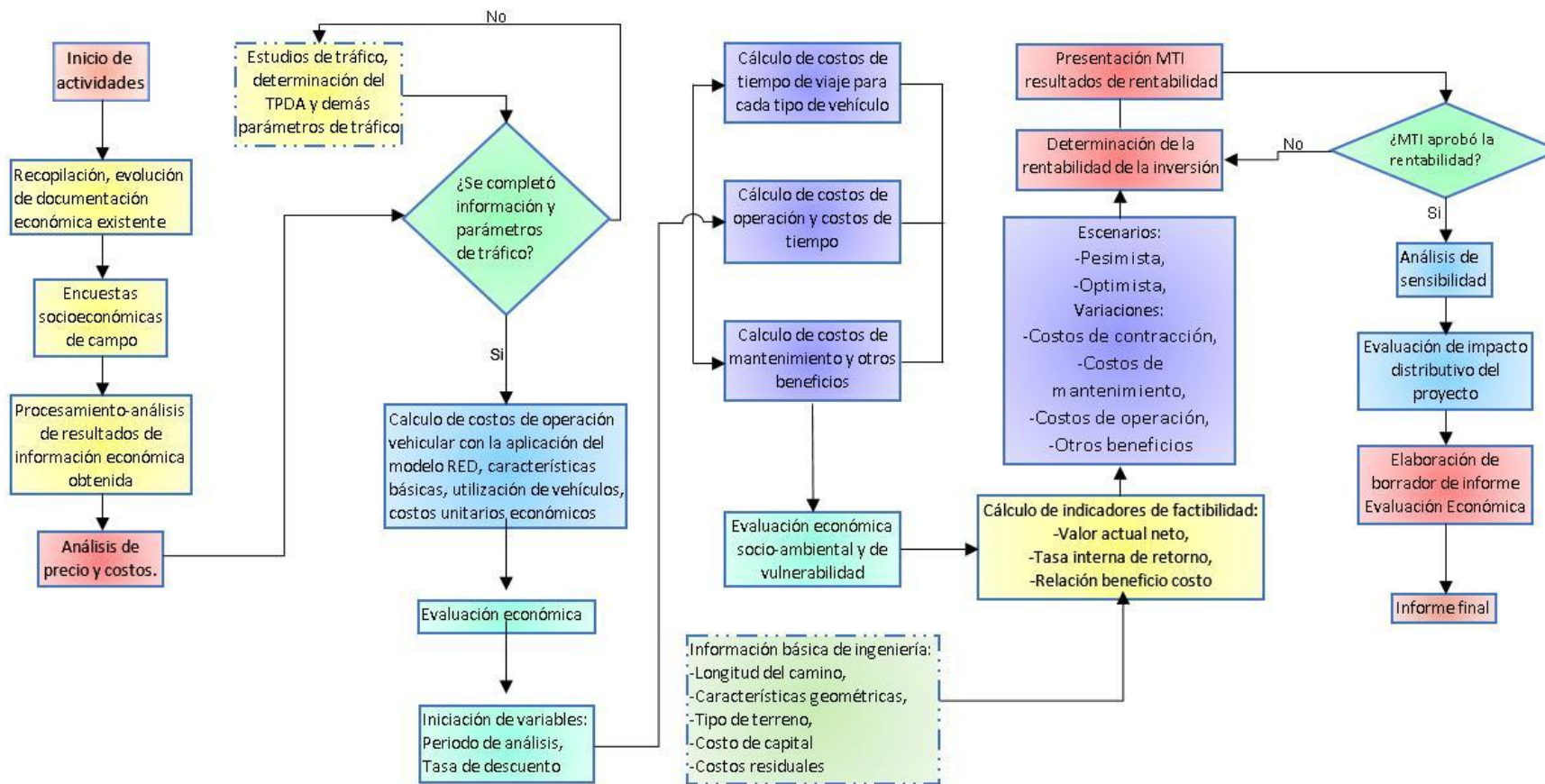
En el cálculo de beneficios pertenecientes a esta categoría, se clasificarán los beneficios según estos sean imputables al tráfico local y tráfico nacional.

h) Informe preliminar de estudio de factibilidad técnico-económico.

Concluido los trabajos antes descritos, se procederá a la elaboración de un “borrador de informe” de estudio de factibilidad del proyecto”, conteniendo los resultados del proceso de investigación, análisis, sistematización, procedimientos de cálculo, etc. Este borrador será sometido a revisión, consideración y aprobación del MTI, para posteriormente proceder a la elaboración y presentación del informe final de dicho estudio.

La gráfica que a continuación se presenta corresponde al flujograma del desarrollo de los **estudios de factibilidad técnica económica**.

Gráfico No. 12.1: Flujo para la realización de los estudios de factibilidad técnica – económica.



Fuente: Creación propia de El Tutor.

Conclusiones.

La presente monografía desarrolla los temas pertinente y consecuente a los objetivos planteados, cuya conclusión se describe a continuación:

En el capítulo I, Pertinencia monográfica, se plantea la relevancia de las vías de transporte y particularmente los caminos y carreteras, por su incidencia en el desarrollo del país, para cuyo efecto se plantea:

- Como objetivo general, elaborar propuesta de metodología y estrategia para la ejecución de los estudios de ingeniería y diseños de proyectos de caminos y carreteras en Nicaragua.

Como objetivos específicos:

- Elaborar un documento de referencia para los estudiantes, docentes y profesionales interesados en el campo de la ingeniería vial,
- Presentar la metodología y estrategia para realizar los estudios de ingeniería y diseños de proyectos viales,
- Mostrar los flujogramas para la ejecución de las diferentes especialidades de transporte, y
- Explicar la importancia de la aplicación de la metodología y estrategia para el fortalecimiento de la gestión de proyectos.

Los demás **capítulos**, plantean el marco teórico y el proceso metodológico para la realización de cada uno de los estudios: topográfico, tráfico, geotécnico, análisis de vulnerabilidad, hidrotécnicos, diseño geométrico vial, estructura de pavimento, diseño estructural, costos y presupuestos, y, evaluación económica; mediante la recopilación de la información documental en gabinete y de campo, la sistematización, análisis y redacción de cada estudio.

Como resultado “**Metodología y estrategia para la ejecución de los estudios de ingeniería y diseño de proyectos de caminos y carreteras en Nicaragua**” no es un producto acabado, sino el inicio de un proceso que plantea el reto de retomarlo en función de satisfacer una necesidad relevante y cambiante, que demanda actualización y mejora.

Recomendaciones.

Que la UNI a través de la Facultad de la Tecnología de la Construcción, promueva y fomente en los estudiantes de ingeniería civil y el MTI, la investigación para actualización y ampliación del tema: metodología y estrategias para la realización de estudios de ingeniería y diseño de obras viales, específicamente caminos y carreteras.

Que el presente documento se convierta en material de estudio en las cátedras de ingeniería civil, para generar debate y despertar el interés de mejoras continuas a la metodología y estrategias, involucrando de manera participativa las diferentes especialidades de estudio y diseño involucradas y/o requeridas en la realización de dichos estudios.

Que las especialidades de estudio y diseño que se han visto involucradas en el proceso aquí abordado, sirvan de base para seguir involucrando a otras especialidades que resulten pertinente para que sea dinámico el proceso de mejora de las metodología y estrategias para la realización de estudios de ingeniería y diseño de proyectos.

Que el presente documento una vez mejorado y fortalecido a través de procedimientos de promoción como tema monográfico, se convierta en un documento base-texto de bibliografía para clases de vialidad.

Bibliografía.

- *American Association Of State Highway And Transportations Officials (AASHTO), A Police On Geometric Design Of Higways And Streets - 2004.*
- *Baker – Wibberley Internacional, Inc- Consulting Engineers, Estudios de Fatibilidad Técnica y Económica de 600 km de Caminos Vecinales- 1976.*
- *Cal y Mayor y James Cárdenas, Ingeniería de Tráfico, 30 de diciembre de 2015.*
- *Celestino L. Ruiz Dr. Clasificación de Materiales Para Subrasantes del Highway Research Board (H.R.B)*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual Para la Revisión de Costos y Presupuestos.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual para la revisión de diseños geométricos.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual Para la Revisión de Diseño de Puentes y Caja.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual Para la Revisión de Estudios Topográficos.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual Para la Revisión de Estudios Tráfico.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual Para la Revisión de Estudios Geotécnicos.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual Para la Revisión de Estudios hidrotécnicos de drenaje mayor.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual para la revisión de Estudios hidrotécnicos de Drenaje menor.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual para la revisión de Estudios de impacto ambiental.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual Para la Revisión de Estudios de Pre-Factibilidad.*
- *Corea y Asociados, S.A (CORASCO), Manual Para la Revisión de Estudios de Factibilidad.*

- *Coronado Iturbide Jorge, Ing. Consultor, Manual Centroamericano Para Diseño de Pavimentos, SIECA – 2002.*
- *Crespo Carlos Villalaz, Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. 3a.ed.-Mexico: Limusa, 2004.*
- *Estilita Ruiz Romera y Miren Martínez Santos, Hidrología Aplicada*
- *Leclair Raúl – Consultor, Manual Centroamericano Para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA - 2001.*
- *Oscar V. Cordo Ing., Diseño de pavimentos AASHTO 93, septiembre 1998.*
- *Thomas F. Hickerson; University of North Carolina, Levantamientos y Trazados de Caminos, Quinta Edición.*
- *Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays, Applied-Hydrology.*