

Rolfi José Fuentes Fuentes

PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO
PARA MEJORAMIENTO DE UNA RUTA DE COMUNICACIÓN
PROCEDENTE DE ALDEA TANIL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN
MARCOS.



Asesor general metodológico:
Ingeniero Civil. Jairo Francisco Rodríguez Arévalo

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, Diciembre de 2022

Informe Final de Graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO
PARA MEJORAMIENTO DE UNA RUTA DE COMUNICACIÓN
PROCEDENTE DE ALDEA TANIL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN
MARCOS.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Rolfi José Fuentes Fuentes

En el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Civil con énfasis en
Construcciones Rurales en el grado académico de Licenciatura.

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, Diciembre de 2022

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO
PARA MEJORAMIENTO DE UNA RUTA DE COMUNICACIÓN
PROCEDENTE DE ALDEA TANIL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN
MARCOS.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, Diciembre de 2022

Este documento fue presentado por el autor,
previo a obtener el título universitario de
Ingeniero Civil con énfasis en
Construcciones Rurales en el grado
académico de Licenciatura.

Prólogo

El propósito fundamental de la presente propuesta, es diseñar un proyecto de pavimento rígido para el mejoramiento de la ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, con el fin de reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre de dicha aldea con la cabecera municipal y otras comunidades, debido a las diferentes necesidades de los pobladores de poder contar con un calle pavimentada que pueda facilitar el acceso a los servicios básicos que han sido mermados por las condiciones climáticas que con el pasar de los años a sido un factor primordial que afectan dicho tramo carretero, que disminuye su calidad de vida y acelerando el proceso del mal estado de la ruta y el desarrollo de esta comunidad y su municipio ya que para dicha Aldea es el único punto de acceso y salida con el que cuentan.

Por lo anterior, los elementos sobre los cuales se refiere dicha investigación son el diseño y construcción de pavimentos rígidos, basado en las normas establecidas para garantizar la calidad y durabilidad del proyecto que son factores principales que se buscan obtener a la hora de poder ejecutar dicho proyecto, y la aplicabilidad de análisis del presupuesto en cada renglón de trabajo de dicho proyecto.

El resultado de esta investigación, favorecerá a los pobladores de Aldea Tanil del municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, mediante un tramo carretero de cierta longitud que permita un mejor acceso a la comunidad y facilite la intercomunicación entre esta aldea, la cabecera municipal y otras comunidades que se encuentran aledañas, el cual dicho tramo carretero beneficiara tanto a los residentes de la Aldea Tanil, como a los visitantes de las aldeas a su alrededor, ya que los residentes de la Aldea Tanil y personas aledañas son personas bastante pujantes que su esfuerzo en sus labores diarias se ven reflejadas en la necesidad de poder solicitar dicho proyecto, con la comprensión de las autoridades comunitarias y autoridades Ediles se espera poder contar con el debido apoyo para la mejora de dicho lugar.

Presentación

La presente investigación se enfoca específicamente en un proyecto de diseño y construcción de un pavimento rígido para mejoramiento de la ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, por ello se desarrollan los análisis y planos correspondientes que debería llevar un proyecto de esta índole, así como el presupuesto de dicha inversión, a fin de establecer los elementos necesarios y materiales de muy buena calidad y totalmente certificados, garantizando un buen proyecto para su puesta en marcha. Por otra parte, se busca por medio de este proyecto motivar a otras aldeas y comunidades en el desarrollo comunitario desde el enfoque de la importancia de contar con vías terrestres en óptimas condiciones y que sean de buena calidad el cual encierra varios beneficios, como lo es la plusvalía de cada lote de terreno, el punto de acceso que sería muy accesible, la exportación del comercio, el aumento de negocios, áreas totalmente urbanizadas, por lo que se toma en consideración su utilidad e importancia en el acceso de los servicios públicos.

Esta propuesta, está orientada a mejorar el acceso a cualquier tipo de transporte ya sea liviano o pesado y la calidad de vida de los habitantes de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, quienes durante más de 5 años han tenido dificultades en su única ruta de acceso a la cabecera municipal, lo cual limita el desarrollo de actividades comerciales y el acceso a servicios de salud, educación y seguridad, con ello se pretende demostrar la importancia y los beneficios de contar con un pavimento rígido que pueda dar solución a la problemática que presentan los pobladores de Aldea Tanil que por años han visto el deterioro acelerado de la ruta de acceso a dicho lugar.

En este sentido, el presente estudio es presentado bajo los lineamientos metodológicos establecidos por la Universidad Rural de Guatemala, donde a través de una síntesis de las causas y los efectos, se proponen las alternativas necesarias para dar solución a la problemática que afecta a gran escala a la Aldea Tanil.

ÍNDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Planteamiento del problema	3
I.2. Hipótesis	4
I.2.2 Hipótesis interrogativa.....	4
I.3. Objetivos.....	4
I.3.1. Objetivo general.	4
I.3.2 Objetivo específico.....	4
I.4 Justificación	5
I.5. Metodología.....	6
I.5.1 Métodos.	6
I.5.2 Técnicas.....	7
II. MARCO TEÓRICO	9
II.1. Aspectos conceptuales	9
III. COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS	88
III.1 Cuadros y gráficas de presentación de efecto o variable dependiente (Y)	89
III.2 Cuadros y gráficas de presentación de causa o variable independiente (X)..	93
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
IV.1 Conclusiones.....	97
IV.2 Recomendaciones	99
BIBLIOGRAFÍA	0
ANEXOS	1
Anexo 1. Modelo de Cuadro Domino.....	1
Anexo 2. Árbol de problemas e hipótesis de trabajo.	1
Anexo 3. Árbol de objetivos y medios de solución de la problemática.....	1
Anexo 4. Medio para solucionar la problemática.	1
Anexo 5. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.	1
Anexo 6. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.....	1

Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra.....	1
I. RESUMEN.....	1
I.1. Planteamiento del problema	2
I.2. Hipótesis	3
I.2.2 Hipótesis interrogativa.....	3
I.3. Objetivos.....	3
I.3.1. Objetivo general.	3
I.3.2 Objetivo específico.....	3
I.4 Justificación	4
I.5. Metodología.....	5
I.5.1 Métodos.	5
I.5.2 Técnicas.....	6
II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9
II.1 Conclusiones	9
II.2 Recomendaciones.....	9
ANEXOS	1
Anexo 1.- Propuesta para solucionar la problemática	1

Índice de cuadros

Contenido	Página
Cuadro 1. Incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre.	89
Cuadro 2. Tiempo que ha prevalecido la intercomunicación terrestre.....	90
Cuadro 3. Incremento de tiempo para transportarse.	91
Cuadro 4. Importancia de reducir el de tiempo en la intercomunicación terrestre. ..	92
Cuadro 5. Existencia de planificación para el diseño y construcción del proyecto. .	93
Cuadro 6. Existencia de recursos financieros para el proyecto.....	94
Cuadro 7. Existencia de solicitudes del COCODE.	95
Cuadro 8. Necesidad de reducir el de tiempo en la intercomunicación terrestre.	96

Índice de gráficas

Contenido	Página
Gráfica 1. Incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre	89
Gráfica 2. Tiempo que ha prevalecido la intercomunicación terrestre.	90
Gráfica 3. Incremento de tiempo para transportarse.	91
Gráfica 4. Importancia de reducir el de tiempo en la intercomunicación terrestre. . .	92
Gráfica 5. Existencia de planificación para el diseño y construcción del proyecto. .	93
Gráfica 6. Existencia de recursos financieros para el proyecto.	94
Gráfica 7. Existencia de solicitudes del COCODE.	95
Gráfica 8. Necesidad de reducir el de tiempo en la intercomunicación terrestre.	96

I. INTRODUCCIÓN

Este informe fue elaborado de conformidad a los requisitos establecidos para el programa de graduación a nivel de ingeniería, por la Universidad Rural de Guatemala previo a obtener el título académico de Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales.

El presente trabajo surge de la necesidad de resolver uno de los problemas de infraestructura que afectan al municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, como lo es el mejoramiento de la ruta de comunicación de Aldea Tanil de dicho municipio, la cual se encuentra en malas condiciones debido al deterioro constante, lo que incrementa el tiempo en la intercomunicación terrestre de la población entre otras aldeas y la cabecera municipal de este municipio y condiciona los servicios médicos, el transporte de productos y personas.

El tema principal a tratar es la revitalización de esta ruta por medio del diseño y construcción de pavimento rígido, la cual vendría a mejorar la comunicación entre la Aldea Tanil y la cabecera del municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, principalmente porque facilitara el tránsito peatonal y vehicular, consecuentemente se tendrán beneficios en cuanto al crecimiento y desarrollo del municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Para ello es necesario el desarrollo de los estudios financieros y técnicos, que se proponen de acuerdo al contexto del lugar de estudio y en base a un análisis previo de las condicionantes del área donde se desarrollara el proyecto. Por lo anterior, esta investigación pretende analizar las medidas municipales en cuanto a la normativa aplicable que avale la autorización y permisos para el desarrollo de esta propuesta. En tal sentido, se realiza un análisis de dichos lineamientos establecidos por la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, en la búsqueda de acciones que permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes de este municipio.

El contenido de este informe abarca los siguientes aspectos:

En el capítulo I se describe introducción, el planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos y su justificación en las cuales se describe las condiciones de la propuesta relacionada con el mejoramiento de la ruta de comunicación de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, además de describir la metodología utilizada, las técnicas aplicadas y los datos para el desarrollo de las gráficas y cuadros.

En el capítulo II, se describe el marco teórico, que presenta de manera general la relación existente entre los conceptos, definiciones, principios y categorías relacionados con el tema investigado.

En el capítulo III, se presenta el análisis e interpretación de datos, los cuales permiten comprobar la hipótesis de trabajo.

Para la solución de la problemática se proponen tres resultados:

Resultado 1: Fortalecimiento de la Unidad Ejecutora. Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación DMP de la municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, como Unidad Ejecutora.

Resultado 2: Elaboración de anteproyecto propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Resultado 3: Programa de sensibilización a las autoridades edilicias.

A través de la presente propuesta se busca demostrar la necesidad de contar con una comunicación accesible entre el municipio de Esquipulas Palo Gordo y sus aldeas, principalmente cuando se trata de las vías de comunicación terrestre, las cuales son indispensables para el desarrollo y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, ya que permite el acceso a los servicios básicos de la población.

I.1. Planteamiento del problema

La propuesta planteada se basa en la solución a los múltiples problemas que generan el mal estado de la ruta de comunicación de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, uno de ellos sería la falta de mantenimiento que no se le proporciona a una ruta tan importante para esta comunidad y que se incluye un incremento del tiempo en la intercomunicación terrestre de la población entre otras aldeas y la cabecera municipal de este municipio y retrasos en la prestación de los servicios médicos transporte de productos y personas, además de una constante inversión de los fondos propios de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, para la reparación de este tramo carretero.

La falta de un diseño y construcción de un pavimento rígido para mejoramiento de esta ruta, ha limitado las oportunidades de los vecinos de esta comunidad poniendo en riesgo la calidad de vida de cada uno y del municipio, al no tener acceso rápido a los servicios básicos de salud, alimentación, educación, además de limitar el desarrollo comercial, lo cual ha sido una constante a la fecha.

Al realizar el proyecto, se mejoraría en los aspectos mencionados, además de evitar el malestar sufrido por la población para movilizarse en épocas lluviosas, donde la formación de baches por la acumulación de agua y lodo es constante y las corrientes de agua que corren a flor de tierra donde este problema provoca el deterioro de los automóviles; también se evitará la formación de partículas producidas por el balasto que se levantan con el aire, y que afectan la salud de las personas.

Para la realización del proyecto se tomaron en cuenta estos factores que han afectado a la población en general, asimismo, se incluyen los elementos y normas de construcción, como también las recomendaciones para garantizar de esta forma la vida útil del mismo. En este enfoque, se busca analizar dichos factores a fin de proponer un proyecto que beneficie a la población de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

I.2. Hipótesis

I.2.1 Hipótesis causal. El incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años, se debe al deterioro acelerado del camino rural lo que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas por falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil.

I.2.2 Hipótesis interrogativa. ¿Es la falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil por deterioro acelerado del camino rural y genera una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas la causante del incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años?

I.3. Objetivos

I.3.1. Objetivo general.

Reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

I.3.2 Objetivo específico.

Evitar el deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas.

I.4 Justificación

El municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, se ha constituido como un sector significativo para el comercio y la agricultura, exportando con ello todas las riquezas que proviene de las tierras que cultivan y de los cerros que son explotados en la calidad de materiales que de ellos provienen, por lo que la conexión que representa para diferentes municipios y comunidades es un factor importante. Actualmente existen limitantes en cuanto a la comunicación terrestre entre este municipio y la Aldea Tanil, lo que representa grandes dificultades para los pobladores, quienes tienen complicaciones con la ruta de acceso a servicios de salud, educación y comercio, lo cual genera un estancamiento en el desarrollo de esta comunidad y su municipio.

La falta de una carretera en óptimas condiciones para el desarrollo de las actividades cotidianas de la población, conlleva a diversos problemas entre los cuales se puede mencionar una deficiente cobertura de servicios de salud y educación, estancamiento comercial, enfermedades infecciosas producto del polvo que se genera, además de la exposición a lluvias en tiempo de invierno.

En este enfoque, la decisión para la realización del proyecto fue la simple observación directa de la movilidad del tránsito en esta comunidad, ante la presencia de un tramo que dificulta el acceso peatonal y vehicular y que además empeora en tiempos de lluvia, por lo que una vez intervenida contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del sector en razón de la facilidad para el acceso a los servicios públicos y básicos; la disminución de la vulnerabilidad al deslizamiento de la zona al tener una buena superficie para la evacuación de las aguas de lluvia, entre otros aspectos.

Es por ello, que se desarrolla el presente tema de investigación: “Propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. ”

I.5. Metodología

En el desarrollo de esta investigación se emplearon distintos métodos y técnicas, los cuales variaron en relación a la formulación y comprobación de la hipótesis. A continuación, se presentan los métodos y técnicas utilizados.

I.5.1 Métodos.

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación y comprobación de la hipótesis; para la formulación de la hipótesis y los objetivos se utilizó el método deductivo, auxiliado por el marco lógico, diagramados en el árbol de problemas y objetivos, anexo 1 y 2 correspondientemente; para la comprobación de la hipótesis se utilizó el método inductivo y procedimientos de tabulación, análisis y síntesis.

I.5.1.1 Métodos utilizados en la formulación de la hipótesis.

- a. Método Deductivo. Para la formulación de la hipótesis, se usó el método deductivo, que parte de lo general a lo específico, donde se determinó en primer lugar la problemática existente en el sector de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos seguidamente se dedujo la causa inmediata de dicho problema.
- b. Método Analítico. Por medio del método analítico se pudo observar e interpretar los datos obtenidos antes de la formulación de la hipótesis, en donde se estudiaron las causas y efectos que se generan por la falta de mejoramiento de la ruta de comunicación procedente de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo. Este método permitió conocer más del objeto de estudio, con lo cual se pudo explicar, hacer analogías y comprender mejor la problemática.
- c. Método Marco Lógico. Con una visión amplia de la problemática, se formuló la hipótesis por medio del método del marco lógico, que permitió encontrar las variables, además de definir el área y el tiempo para desarrollar la investigación.

De igual forma, el marco lógico permitió encontrar el objetivo general y específico de la investigación, lo que facilitó la denominación del proyecto.

I.5.1.2 Métodos utilizados para comprobar la hipótesis.

a. Método Inductivo. Se utilizó el método inductivo para obtener los resultados específicos o particulares de la problemática identificada, lo que sirvió para diseñar conclusiones y proposiciones generales.

b. Método Estadístico. Este método permitió la obtención, representación, análisis, interpretación y proyección de las variables y valores numéricos de la investigación para una mejor comprensión de la realidad y la toma de decisiones.

c. Método Sintético. Se utilizó la síntesis a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones de la investigación. Este método sirvió para hacer congruente la totalidad de la información con los resultados obtenidos del trabajo de campo.

I.5.2 Técnicas.

I.5.2.1 Técnicas empleadas para la formulación de la hipótesis.

a. Lluvia de Ideas. Utilizar esta técnica permitió la recopilación de diversas ideas, que tuvieran relación con los problemas que aquejan a los habitantes de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, los cuales describen una serie de conflictos donde sobresale el incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal.

b. Observación Directa. Se realizó una visita de campo para determinar el grado de deterioro de la ruta que comunica a la Aldea Tanil con otros sectores y la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, y obtener una aproximación a la problemática.

c. Investigación Documental. Esta técnica sirvió para determinar la existencia de información relacionada con la problemática a investigar, a fin de duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico y para obtener diferentes puntos de vista. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía.

I.5.2.2 Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

a. Encuesta. La realización de la encuesta sirvió para la recopilación de información de fuentes primarias, donde se utilizó una muestra de la población representativa, la cual se tomó de manera científica para validar la hipótesis planteada y que cada persona tuviera la oportunidad medible para ser seleccionada. Previo al desarrollo de la encuesta, se procedió al diseño de las boletas de investigación con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis formulada.

a. Muestreo. El cálculo de la muestra se hizo con un 90% de confiabilidad y 10% de error, aplicado a la población de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Aspectos conceptuales

II.1.1 Pavimentos

II.1.1.1 Concepto

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidas entre el nivel superior de la terracería y la superficie de rodamiento. Sus principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, al intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito. (Rico, 2005).

En otras palabras, el pavimento es la súper estructura de una obra vial que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos en el proyecto. Los pavimentos se dividen en pavimentos rígidos y pavimentos flexibles, pero en este proyecto analizaremos los pavimentos flexibles. (Rico, 2005).

“Conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, lo que proporciona una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente”. (Rico, 2005).

Para Rico (2005), las condiciones necesarias para el funcionamiento de un pavimento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia al peso y a las cargas para minimizar los agrietamientos, de igual manera debe tener una adherencia adecuada entre el automotor y el pavimento aún en condiciones húmedas.

El pavimento debe ser resistente a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe contar con una adecuada visibilidad y señalización, este autor también indica que debe contar con un paisaje agradable, debido a que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad. En cuanto a la resistencia indica que se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores. (Rico, 2005).

“Entre ellos los de menor calidad, que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos”. (Rico, 2005).

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; como lo son dos factores importantes como la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes. (Rico, 2005).

Rico (2005), indica que el pavimento es un sistema de revestimiento que conforma el suelo transitable de cualquier espacio construido, en base a esta definición, se puede decir que los pavimentos utilizan diversas técnicas y procesos con la finalidad de dar seguridad y comodidad al usuario y duración a la construcción.

En resumen, los pavimentos se componen de capas sobrepuestas y cada una tiene una finalidad, por lo que, al utilizarse, el usuario ve apenas los beneficios con relación a la utilidad y comodidad ofrecida apenas por la capa superficial, es decir que el usuario no visualiza que el desempeño del pavimento depende de las diferentes capas inferiores de soporte, las cuales dan posición a la capa de rodaje. En este sentido, los pavimentos se dividen, en lo que se refiere a su capa superficial en dos grupos: pavimentos rígidos y pavimentos flexibles. (Rico, 2005).

II.1.1.2 Pavimentos rígidos

El pavimento rígido está compuesta de losas de concreto hidráulico o cemento Pórtland, que en la mayoría de veces está compuesto por un armado de acero, y su costo es más elevado comparado con el flexible, además, su periodo de vida puede variar entre 20 y 40 años; su mantenimiento es mínimo y poco frecuente, siendo útil solo en las juntas de dilatación entre losas. (Rico, 2005).

Este pavimento se utiliza mayormente en proyectos que, ejecutados para soportar grandes cargas, tráfico intenso y/o en terrenos de baja capacidad de soporte.

“Su mayor aplicación está en la pavimentación de grandes carreteras, avenidas de intenso tráfico pesado, aeropuertos, áreas portuarias de movimiento de cargas pesadas, etc.”. (Rico, 2005).

II.1.1.3 Pavimentos semirrígidos

Este tipo de pavimento puede llegar a tener la misma estructura que el pavimento flexible, principalmente porque una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente y se utilizan aditivos como el asfalto, cemento, cal y otro tipo de químicos. (Rico, 2005).

El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, y tomar en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias talque encarecerían notablemente los costos de construcción. (Rico, 2005).

II.1.1.4 Pavimentos flexibles

Por aparte, un pavimento flexible tiene una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, esta permite pequeñas imperfecciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa.

Al respecto Olivera (2000), señala que el pavimento flexible puede ser más económico en su fase de construcción de inicio, ya que tiene un período de 10 y 15 años, con la desventaja de requerir mantenimiento frecuente para cumplir con los años de vida útil.

Los pavimentos flexibles elaborados a partir de la mezcla de áridos y cemento asfáltico resultan más económicos en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 20 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y la sub-base. Se usan e indican para la mayoría de los proyectos de pavimentación. (Olivera, 2000).

Este tipo de técnica cuenta con varios procesos diferentes, de los cuales al elegirse se debe tomar en consideración la evaluación de costos, intensidad de tráfico, vida útil, etc. (Olivera, 2000).

Los procesos utilizados en la construcción de pavimentos flexibles son los siguientes:

- a. Concreto Betuminoso Plantado en Caliente (CBUQ)
- b. Premezclados en frío (PMQ)
- c. Tratamientos Superficiales
- d. Micro concreto Betuminoso (Olivera, 2000).

II.1.1.5 Elementos que integran un pavimento

“Los pavimentos flexibles son los que están integrados por una superficie de rodadura apoyada generalmente sobre capas no rígidas, la base, sub-base y sub-rasante”. (Coronado, 2002).

Los elementos del pavimento flexible son:

II.1.1.5.1 Sub-rasante

La sub-rasante consiste en la capa de terreno que se ubica en la carretera, cuya función es soportar la estructura del pavimento, esta se extiende a una profundidad específica para no afectar la carga de diseño correspondiente al tránsito previsto. (Coronado, 2002)

“El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad”. (Coronado, 2002)

II.1.1.5.2 Sub-base

La sub-base por aparte, corresponde a la capa de la estructura de pavimento cuyas funciones son soportar, transmitir y distribuir uniformemente las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal forma que la capa de sub-rasante la pueda soportar al momento que llegue a absorber las variaciones inherentes al suelo que puedan afectar a la sub-base.

“La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento”. (Coronado, 2002)

Coronado (2002), indica también que este tipo de capa se utiliza como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, y esta a su vez protege la estructura del pavimento, por lo que debe de utilizar materiales granulares.

“Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una sub-rasante o sub-base adecuada”. (Coronado, 2002)

II.1.1.5.3 Base granular

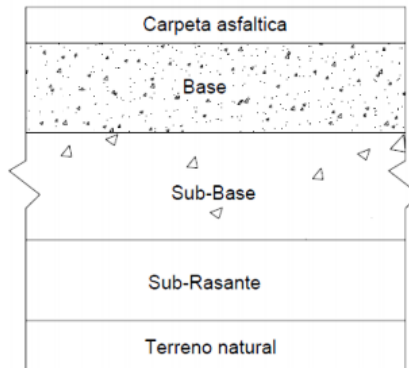
La base granular consiste en la capa de pavimento cuya función principal es distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la sub-base y por medio de ésta a la sub-rasante, en esta capa se coloca la capa de rodadura.

Esta base está constituida por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso. (Coronado, 2002)

II.1.1.5.4 Superficie de rodadura o carpeta asfáltica

Por último, la superficie de rodadura o carpeta asfáltica, consiste en la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, y funciona como un impermeabilizante de esta superficie, y así evitar las filtraciones de agua de lluvia que pueden llegar a dañar las capas inferiores. “Este tipo de superficie evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos”. (Coronado, 2002). A continuación, se describe una ilustración de la composición del pavimento:

Ilustración 1. Elementos que integran un pavimento



Fuente: Manual centro americano para el diseño de pavimentos. (Coronado, 2002)

II.1.1.6 Características que debe reunir un pavimento

Según Montejo (2002), para que un pavimento logre cumplir adecuadamente sus funciones, debe tener los requisitos siguientes:

- a. Resistir la acción de las cargas del tránsito.
- b. Resistir los agentes de la intemperie.
- c. Contar con una textura superficial que se adapte a las velocidades y la circulación de los automotores.
- d. Resistir el desgaste ocasionado por el efecto abrasivo de las llantas de los automotores.
- e. Tener una superficie regular que sea cómoda a los usuarios, y que tome en cuenta las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- f. Ser duradera y económica.
- g. Contar con las condiciones necesarias para un adecuado drenaje.

h. Permitir que el sonido de la rodadora sea mínimo en el interior de los vehículos y que estos no afecten al usuario. (Montejo, 2002).

II.1.1.7 Ciclo de vida de un pavimento

Como se conoce, todo tipo de pavimentos sufren de deterioro permanente, el cual se debe a los diferentes agentes que le pueden llegar a afectar, entre estos se pueden mencionar el agua, el tráfico, la gravedad en taludes, entre otros. Estos factores afectan en mayor o menor medida, sin embargo, su acción es permanente y al no darle mantenimiento puede llegar a ser intransitable. (Menéndez, 2003)

“El mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el pavimento”. (Menéndez, 2003)

Menéndez, (2003), indica que el ciclo de vida de un pavimento comprende cuatro fases, siendo estas las siguientes:

II.1.1.7.1 Fase A: Construcción

“Un pavimento puede ser de construcción sólida o con algunos defectos constructivos. De todos modos, entra en servicio apenas se termina la obra”. (Menéndez, 2003)

Según el autor, en esta fase el pavimento se encuentra en excelentes condiciones para satisfacer la comodidad y necesidades de los usuarios. (Menéndez, 2003)

II.1.1.7.2 Fase B: Deterioro lento y poco visible

Después del paso de algunos años, es normal que el pavimento experimente un proceso de desgaste en la superficie de rodadura, debido a la cantidad de vehículos que circulan por este tramo, otro de los factores que puede afectar es también la influencia del clima, principalmente de las lluvias que pueden llegar a desgastarlo. (Menéndez, 2003)

“Durante la fase B el pavimento se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas”. (Menéndez, 2003)

II.1.1.7.3 Fase C: Deterioro acelerado

Luego de varios años de uso, es también normal que la superficie esté más debilitada, ya que el pavimento entra en un período de deterioro acelerado.

“En esta etapa, los daños comienzan por ser puntuales y poco a poco se extienden hasta afectar la mayor parte de la estructura del pavimento”. (Menéndez, 2003)

II.1.1.7.4 Fase D: Descomposición total

Por último, la fase de descomposición total abarca un proceso de debilitamiento que conlleva muchos años de uso. (Menéndez, 2003)

“Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del pavimento queda reducida a sólo una fracción de la original”. (Menéndez, 2003)

II.1.1.8 Ciclo de vida ideal del pavimento

“El ciclo de vida ideal del pavimento se determina por el periodo en el que este tipo de cimentación debe presentar un nivel óptimo de utilidad, esto demanda también el uso de materiales que tengan una calidad específica.” (Menéndez, 2003)

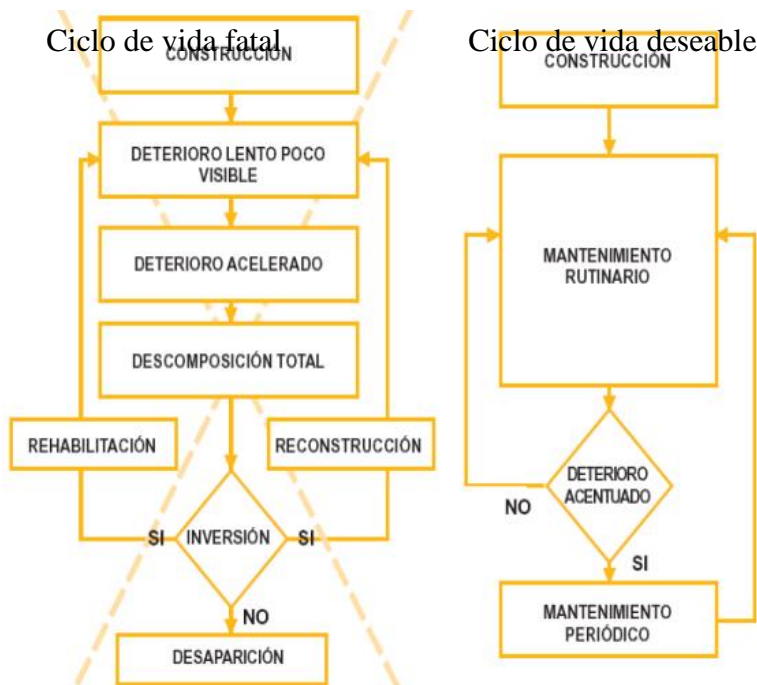
El proceso de un pavimento con mantenimiento y otro sin mantenimiento, puede llegar a diferir considerablemente, por lo que se considera que todo pavimento debe tener una fase de remozamiento a fin de alargar su vida útil.

Al respecto, Menéndez (2003), presenta el siguiente diagrama de flujo, el cual muestra el proceso que sigue un pavimento sin mantenimiento y otro con mantenimiento.

En este proceso se puede apreciar que la falta de mantenimiento en el pavimento, conduce de una manera inevitable al deterioro total, caso contrario con los pavimentos que tienen una atención constante y/o rutinaria. (Menéndez, 2003).

El diagrama presentado por Menéndez (2003), se muestra a continuación:

Ilustración 2. Ciclo de vida del pavimento



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos. (Menéndez, 2003)

II.1.2 Carreteras

II.1.2.1 Concepto

Bañón (2002), presenta la siguiente definición de carretera:

Una carretera es un cuerpo tridimensional totalmente irregular, lo que en un principio hace complicada su representación, sin embargo, posee una serie de particularidades que simplifican y facilitan su estudio, estas particularidades permiten la adopción de un sistema de representación relativamente sencillo, de fácil interpretación y muy útil desde el punto de vista constructivo. (Bañón, 2002)

Este sistema permite definir a una carretera mediante tres tipos de vistas, siendo estas la planta, perfil longitudinal y perfil transversal. (Bañón, 2002)

En base a la definición anterior, se puede decir que una carretera es una plataforma de transporte y uso público, y que está construida para la circulación de automotores para que tengan acceso y comunicación con otras ciudades y/o comunidades. (Bañón, 2002).

Ante su importancia para el funcionamiento de un país, las carreteras suelen ser cortadas o bloqueadas por manifestantes que desean llamar la atención y efectuar un reclamo. En esos casos, las autoridades se ven ante el dilema de salvaguardar el derecho a la libre circulación o respetar el derecho a la expresión. (Bañón, 2002).

II.1.2.2 Clasificación de las carreteras

Las carreteras se distinguen porque están especialmente creadas para la circulación de vehículos de transporte, lo cual logra diferenciarlas de un camino normal.

Existen diversos tipos de carreteras, aunque regularmente se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, a las propiedades colindantes, diferenciándolas de otro tipo de carreteras, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel. (Bañón, 2002).

En Guatemala, la primera clasificación oficial de carreteras en la red vial fue realizada con fecha del 28 de septiembre de 1940, no obstante, esta clasificación no consideraba el ancho del derecho de vía. (Bañón, 2002).

Para el 5 de junio de 1942, durante el gobierno del General Jorge Ubico se acuerda aprobar el “Reglamento sobre el derecho de vía de los caminos públicos y su relación con los predios que atraviesa”, el cual define el concepto propiamente de lo que será el derecho de vía, y en esta oportunidad se clasifica a los diversos tipos de caminos de acuerdo al ancho del derecho de vía. (Bañón. 2002).

El reglamento originado en esta fecha presenta la clasificación de las carreteras de la siguiente manera:

- a. Carreteras nacionales o de primer orden.
- b. Carreteras departamentales o de segundo orden.
- c. Carreteras municipales o de tercer orden. (Bañón. 2002).

“La clasificación de la red vial primaria, secundaria y terciaria se realizó con fines específicos de realizar una mejor planificación y orientación de las inversiones aplicadas a las carreteras”. (Bañón. 2002).

II.1.2.2.1 Red Vial Primaria

Este tipo de red vial, tiene como objeto facilitar y fortalecer la comunicación directa a nivel macro regional entre las regiones, políticas continuas establecidas según Decreto No. 70-86 Ley Preliminar de Regionalización e Internacionalidad. La red vial primaria comunica los principales puertos marítimos y puestos fronterizos con los países cercanos. (Bañón. 2002).

“Actualmente la red vial primaria está conformada por las Rutas Centroamericanas (CA), tramos específicos de Rutas Nacionales (RN) y Rutas Departamentales (RD), así como la Franja Transversal del Norte (FTN)”. (Bañón. 2002).

II.1.2.2.2 Red Vial Secundaria

En cuanto a la red vial secundaria, su principal objetivo es complementar la red vial primaria, facilitando la comunicación regional, a través de una comunicación directa entre las cabeceras de departamentos. (Bañón. 2002).

“Estas están orientadas a comunicar hacia y desde los mayores centros de población y/o producción; conformado una red complementaria y/o alterna a la red vial primaria”. (Bañón. 2002).

II.1.2.2.3 Red Vial Terciaria

El objeto de la red vial terciaria es el de completar la red vial primaria y secundaria, y proporcionar comunicación entre cabeceras departamentales y sus respectivos municipios y aldeas.

“La misma está orientada a permitir el ingreso y egreso de insumos y servicios desde y hacia los centros de consumo y producción. La constituyen caminos de terracería y/o balastro y caminos rurales”. (Bañón. 2002).

Por otra parte, la infraestructura vial en Guatemala se clasifica según el tipo de ruta formulada en base a las localidades que comunican. (Bañón. 2002).

II.1.2.2.4 Rutas Centroamericanas (CA)

- a. Su función es unir la ciudad capital con otras fronteras a través de la ruta centroamericana.
- b. Está determinada a unir puertos de mucha importancia.

- c. Tienen la característica de atravesar la República de manera longitudinal o transversal.
- d. Debe estar en las mejores condiciones de diseño siempre que la topografía les permita.
- e. Derecho de vía: 25 mts. (12.50 mts. de cada lado de la línea central); área de reserva: 80 mts (40.00 mts. de cada lado de la línea central). (Bañón. 2002).

II.1.2.2.5 Rutas Nacionales (NA)

- a. Su función principal es unir las cabeceras departamentales.
- b. Otra de sus funciones es conectar rutas centroamericanas.
- c. Une también las rutas centroamericanas con puertos de importancia comercial para el país.
- d. Consisten en una red auxiliar de las rutas centroamericanas.
- e. Derecho de vía: 25 mts. (12.50 mts. de cada lado de la línea central); área de reserva: 80 mts. (40 mts. de cada lado de la línea central). (Bañón. 2002).

II.1.2.2.6 Rutas Departamentales (RD)

- a. Estas rutas interconecta cabeceras departamentales.
- b. Su función principal es unir a las cabeceras departamentales entre sí.
- c. Derecho de vía: 20.00 mts. (10.00 mts. de cada lado de la línea central). (Bañón. 2002).

II.1.2.2.7 Caminos Rurales (CR)

- a. Como su nombre lo indica, estas tienen como función conectar a las comunidades rurales de los correspondientes municipios. (Bañón. 2002).

II.1.2.3 Diseño de carreteras

El diseño de carreteras sirve para determinar los elementos básicos necesarios para el desarrollo del proyecto vial. (Pérez. S.F.)

La funcionalidad vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como por el volumen y propiedades del tránsito, que permite una adecuada movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de operación del conjunto de la circulación. (Pérez. S.F.)

Pérez. (S.F.), señala que la seguridad vial debe la parte más importante en el diseño vial, y actúa como una condicionante para las demás fases del mismo.

La comodidad de los usuarios de los vehículos debe incrementarse en consonancia con la mejora general de la calidad de vida, y disminuye las aceleraciones y, especialmente, sus variaciones que reducen la comodidad de los ocupantes de los vehículos. Todo ello ajustado a las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los alineamientos. (Pérez. S.F.)

En el diseño de carreteras se debe tomar en cuenta los elementos que pueden ayudar a minimizar los impactos ambientales, esto exige un estudio sobre los componentes básicos que faciliten una mayor adaptación física a la topografía existente. (Pérez. S.F.)

La armonía o estética de la obra resultante tiene dos posibles puntos de vista: el exterior o e estático, relacionado con la adaptación paisajística, y el interior o dinámico vinculado con la comodidad visual del conductor ante las perspectivas cambiantes que se agolpan a sus pupilas y pueden llegar a provocar fatiga o distracción, motivo de peligrosidad. (Pérez. S.F.)

De igual manera, el diseño geométrico conjunto puede ofrecer al conductor un recorrido fácil y agradable, por ello, es necesario tomar en cuenta la topografía donde se ubicará la carretera. Entre otros factores que señala el autor están: la economía de la ejecución de la obra, como del mantenimiento y la explotación futura de la misma y la elasticidad de la solución definitiva para prever posibles ampliaciones en el futuro. (Pérez. S.F.)

Con base a lo anterior, el diseño de una carretera abarca diferentes fases, entre estas destacan por su importancia: la planificación; la pre-inversión; los estudios financieros y de presupuesto; la ejecución; la etapa de operación, la fase de funcionamiento y/o puesta en marcha; y la fase de monitoreo y mantenimiento. (Pérez. S.F.)

Para el diseño de carreteras se utilizan también algunas normas básicas, que ayudan a garantizar la eficiencia y confiabilidad del proyecto. (Pérez. S.F.)

Estas normas son:

- a. Normas y especificaciones de la Dirección General de Caminos.
- b. Especificaciones AASHTO.
- c. Manual Centroamericano para diseño de pavimentos (Sieca).
- d. Manual Centroamericano.
- e. Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.

Los aspectos principales para el diseño de conllevan entonces los siguientes elementos:

II.1.2.3.1 Descripción del proyecto

Se basa en la información general sobre los elementos importantes del proyecto, señalando lineamientos específicos como el tipo de carretera, longitud, región donde

se llevará a cabo, velocidad de diseño, grado de curvatura máximo que puede utilizarse, y pendiente máxima. (DGC. 2001)

II.1.2.3.2 Estudio preliminar de campo

II.1.2.3.2.1 Selección de ruta

La ruta corresponde a la franja de la corteza terrestre, donde se desarrollan los estudios de topografía, y sirve para determinar los elementos que pueden incidir en la carretera, este tipo de trabajo se realiza por medio de una brigada de campo.

Los datos que se obtienen se pasan a gabinete y se forma la preliminar de campo. El trazo de una carretera tiene dos puntos fijos: el inicial y el final, entre los cuales se pueden definir varias opciones de ruta, de las cuales se toma la que se adapta mejor a las necesidades y posibilidades que se tengan. (DGC. 2001)

La selección de la ruta es la etapa más importante en el diseño de este tipo de proyectos, y su función está encaminada a evadir los posibles errores en las etapas subsecuentes, para que estos se puedan corregir de una manera más fácil y económica.

“En esta fase los trabajos son de carácter interdisciplinario, ya que intervienen profesionales de diferentes ramas de la ingeniería, como especialistas en proyecto geométrico y en planeación e ingenieros geólogos”. (DGC. 2001)

Para poder interpretar correctamente estas curvas, las características siguientes son muy importantes.

- *La distancia horizontal entre curvas de nivel es inversamente proporcional a la pendiente. (A mayor distancia menor pendiente).*
- *En pendientes uniformes, las curvas de nivel están a la misma distancia horizontal entre sí.*
- *En superficies planas, las curvas de nivel se convierten en líneas rectas paralelas.*

- *Debido a que las curvas son horizontales, estas son perpendiculares a las líneas de pendiente máxima; también son perpendiculares a los fondos y divisorias de aguas en el punto que las cortan.*
- *Las curvas de nivel están más unidas en regiones montañosas que en regiones planas.*
- *Todos los terrenos se pueden considerar como montañas o islas sobre el nivel del mar, por lo que las curvas se cierran sobre sí, dentro o fuera de los límites del mapa. Así, cada curva representa una elevación o depresión.*
- *Las curvas de nivel representan diferentes cotas de terreno unas con otras. Entonces, estas no pueden cortarse ni unirse entre sí, salvo en casos de superficie vertical: puentes, gradas, rocas salientes, grietas y acantilados.*
- *En montañas y volcanes la elevación de las curvas aumentará, y será mayor en la cúspide. En fondos y barrancos la elevación de las curvas disminuye, y será menor en la parte más baja. (DGC. 2001)*

Para la selección de ruta es importante conocer la geología y el suelo, la erosión, las vías de comunicación existentes, entre otros aspectos que pueden determinar el éxito del proyecto.

II.1.2.3.2.2 Reconocimiento

El propósito de un reconocimiento es describir si existe una ubicación práctica entre los puntos terminales propuestos, determinar cuál de las diversas rutas propuestas es la más adecuada, determinar los principales puntos de control, fijar una idea sobre el efecto posible de la ruta en el desarrollo económico de los terrenos por los que atraviesa. Existen varios puntos de control de trazo que se podrían fijar, si existieran ubicaciones adecuadas para puentes, cruces a nivel con líneas de ferrocarril, pendiente máxima permisible, poblaciones cercanas y alejadas. (DGC. 2001)

La función del reconocimiento es evitar que el proyecto se desarrolle en áreas sujetas a deslizamientos o inundaciones, lo cual puede afectar tanto a corto como a largo plazo. (DGC. 2001)

De igual manera esta etapa conlleva un análisis económico de las diferentes alternativas y justificaciones técnicas de las opciones consideradas como aceptables. (DGC. 2001)

II.1.2.3.2.3 Levantamiento topográfico de preliminar

Consiste en el levantamiento topográfico de la línea preliminar seleccionada que sigue la línea de banderas. “El levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente:

- Punto de partida
- Azimut o rumbo de salida
- Kilometraje de salida
- Cota de salida del terreno” (DGC. 2001)

El levantamiento debe ser preciso, para que sea una medición total que, además de marcar las sinuosidades topográficas, muestre pormenores y accidentes que en alguna forma pudiesen afectar la localización final. (DGC. 2001) Para cada levantamiento se debe tomar lecturas de:

a. Planimetría: El trazo se efectúa por el método de dobles deflexiones, con estacionamientos cada 20 metros y en los puntos donde se considere necesario, por ejemplo: cauce de río, fondo, cruce con alguna carretera existente, la cima de un cerro, etc. En cada estación se coloca una estaca identificándola plenamente. El punto de partida se diferenciará de una manera clara y permanente, fácil de localizar. Para determinar exactamente el rumbo de partida se efectuará una observación solar o astronómica. (DGC. 2001)

En cada intersección de dos rectas se deberán localizar la estación y medir el ángulo o delta, con una aproximación, cuando menos, de un minuto. Las distancias se medirán con una cinta. El estacionamiento de salida se establece basándose en alguna carretera existente; en caso contrario puede aceptarse un estacionamiento arbitrario. Todos los datos obtenidos del tránsito se deberán anotarse en una libreta denominada Libreta de tránsito preliminar. (DGC. 2001)

b. Altimetría: La nivelación debe efectuarse de acuerdo a las diferencias de nivel en todos los puntos fijados por el trazador de la línea central, sitúa BM (Bancos de marca o Controles de nivel) cada 500 metros, aproximadamente. Como cota de salida (BM) se tomará de preferencia una, fijada por la Dirección General de Cartografía de acuerdo con el Datum Geodésico que rige para la República. (DGC. 2001)

En caso de no existir un BM cerca del punto de partida se puede adoptar una cota arbitraria. Los BM siguientes quedarán situados sobre puntos permanentes como: árboles grandes, muros, exteriores de casas o monumentos de concreto, se anota en cada BM, estación, elevación, distancia y lado de la línea central; deberán numerarse de uno en uno.

Un control del aparato diario puede ayudar a obtener una mayor exactitud en el cierre de los proyectos, y es la tolerancia de error: $e = 1.93\sqrt{L}$ (DGC. 2001)

Donde:

- e = error admisible en centímetros
- L = longitud del tramo en kilómetros (DGC. 2001)

Se recomienda dibujar el perfil que se levantó durante el día, a fin de apreciar si forma, y si esta es lógica y racional. De lo contrario, se deben realizar cambios en la línea, para evitar errores en el dibujo del perfil en gabinete y evitar gastos y tiempo en la toma de otro perfil. (DGC. 2001)

“Todos los datos de la nivelación de la preliminar se deberán anotar en una libreta denominada Libreta de niveles de preliminar”. (DGC. 2001)

c. Secciones transversales de preliminar: Por medio de las secciones transversales se podrá determinar la topografía de la faja de terreno que se necesita para lograr un diseño apropiado. En cada estación de la línea central se trazarán perpendiculares, que permiten un levantamiento, de por lo menos, 15 metros a cada lado de la línea central. La longitud de las secciones puede variarse de acuerdo con el terreno, a criterio del topógrafo. (DGC. 2001)

Cuando la sección es objeto de obstáculos topográficos, no es necesario prolongarla, por lo que se debe indicar en la libreta el tipo de obstáculo, ya sea un barranco o un peñasco.

“En los PI, la alineación de la sección debe seguir la bisectriz del ángulo interior”. (DGC. 2001)

Por otra parte, se debe sacar sección en estaciones intermedias donde exista alguna referencia importante que sirva en gabinete; también se debe sacar sección de los fondos, zanjas, orillas de río y tuberías, si existieran.

Todos los datos deberán anotarse en una libreta denominada Libreta de secciones transversales de preliminar, la cual deberá incluir orillas de carreteras, cercos, orillas de río, fondos, dimensiones de casas y alguna otra información que el seccionista considere necesaria. (DGC. 2001)

Además, la información de campo debe comprender:

- a. Ubicación de posibles drenajes y puentes.
- b. Determinar el tipo de material que existe en la faja de terreno.
- c. Características de los puntos obligados.
- d. Descripción de los terrenos atravesados (DGC. 2001, p 3-25)

II.1.2.3.3 Cálculo topográfico de preliminar

“Consiste en procesar en gabinete todos los datos proporcionados por la brigada de campo encargada del levantamiento preliminar. Estos trabajos se efectúan al seguir los pasos que a continuación se presentan”. (DGC. 2001, p 3-25)

II.1.2.3.3.1 Cálculo planimétrico

Para el cálculo planimétrico, las coordenadas se deben calcular con las de cada PI, por lo que es necesario tener en cuenta tanto la distancia como el rumbo entre cada uno. Esta distancia se calcula sobre el resultado de restar los estacionamientos de los mismos, y los rumbos se calculan como se señaló anteriormente.

Para el cálculo de coordenadas se deben colocar las coordenadas de salida, recomendándose colocar 10,000 en (Y) y 10,000 en (X) para evitar tener coordenadas con signos negativos porque dificultan el cálculo. Con la información recopilada, se realiza el cálculo de la libreta de tránsito; luego se calculan las coordenadas parciales y totales de cada vértice de la poligonal abierta. (DGC. 2001)

II.1.2.3.3.2 Cálculo altimétrico

“El cálculo altimétrico consiste en calcular las elevaciones de las estaciones de la línea central”. (DGC. 2001)

Este se calcula mediante las siguientes fórmulas:

- $AI - VAd = \text{elevación}$
- $\text{Elevación} + VAt = AI$ (DGC. 2001)

Dónde:

- $AI = \text{altura del instrumento}$
- $VAd = \text{vista adelante}$
- $VAt = \text{vista atrás}$ (DGC. 2001, p 3-25)

“Los puntos de partida y llegada son bancos de marca, para controlar y poder comprobar la nivelación. Si no se tienen cotas ya establecidas, puede suponerse una

cualquiera para un banco, de tal magnitud que no resulten cotas negativas”. (DGC. 2001)

II.1.2.3.3 Cálculo de secciones transversales

Este método consiste en deducir las cotas y longitudes de los puntos medidos, que hacen referencia a la cota del eje central. “Se realizó de la resta de la lectura del estadal de la altura del instrumento en el eje central donde fue colocado el nivel, como si fuera una radicación”. (DGC. 2001)

II.1.2.3.4 Dibujo de preliminar

II.1.2.3.4.1 Dibujo planimétrico

El dibujo planimétrico del levantamiento preliminar es necesario en el diseño de carreteras. Aunque no constituye un plano final, sirve de guía para visualizar, en forma global, la ruta seleccionada y determinar los corrimientos a calcular, si los hubiera. Luego se mide el ángulo que la Libreta planimétrica de la línea preliminar define y se traza una recta a partir del punto de origen hasta el punto marcado por la medida tomada del transportador. Luego, sobre esta recta se mide la distancia indicada en la libreta de planimetría. El procedimiento se repite al tomar como nuevo origen el final de la recta trazada. (DGC. 2001)

II.1.2.3.4.2 Dibujo altimétrico

Según la Dirección General de Caminos, es importante dibujar el perfil de la línea preliminar, porque simplifica el cálculo del perfil de localización, por lo que recomiendan que este proceso sea a escalas para que su lectura sea con mayor rapidez y precisión. (DGC. 2001)

“Para el caso se recomienda utilizar la escala 1:1000 en el sentido horizontal y 1:100 en el sentido vertical”. (DGC. 2001)

El dibujo consiste en el ploteo de la distancia horizontal medida contra la cota que corresponda a cada caminamiento. Todos los puntos ploteados deben

unirse con una línea trazada a mano alzada. Posteriormente deben colocarse en la parte superior los caminamientos que correspondan a cada principio de curva y principio de tangente, y a la vez calcular la elevación que corresponde a los puntos ubicados en el promedio de los caminamientos de principio de curva y principio de tangente, ya que las cotas que queden dentro de los caminamientos no son reales. (DGC. 2001)

II.1.2.3.4.3 Dibujo de secciones

En la línea preliminar dibujada en la planta, se ubican las estaciones que han servido como referencia para el levantado de sección, este abarca un esbozo de las líneas perpendiculares a la línea central en cada sección y bisectrices en los PI. (DGC. 2001)

En la libreta de secciones transversales deben aparecer las distancias y elevaciones de cada sección; estos datos se medirán en las líneas perpendiculares al estacionamiento respectivo. (DGC. 2001)

II.1.2.3.5 Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final o línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto. Se proporcionarán todos los datos que surjan a la brigada de campo para que proceda a colocarla en el campo. Es necesario recalcar que un buen diseño de localización disminuye el costo del proyecto y además se tiene un menor tiempo de construcción, una mayor comodidad para los usuarios de la carretera y disminuye el riesgo de accidentes. (DGC. 2001)

II.1.2.3.5.1 Corrimiento de línea

Estos se realizan cuando por razones específicas el caminamiento de la preliminar no se acerca a los requerimientos del proyecto, por ejemplo: especificaciones, pasos obligados, suelos rocosos, barranco, etc. (DGC. 2001)

Los cambios de línea realizados en el campo tienen un costo elevado, debido a que es necesario el traslado de la cuadrilla de topografía, razón por la cual se desarrollan en

gabinete, sobre el dibujo planimétrico de la preliminar, que contiene las curvas de nivel. (DGC. 2001)

Existen tres tipos de corrimientos de línea. El primero cambia totalmente el azimut y distancia de dos de las rectas de la poligonal de la preliminar. El segundo cambia únicamente en distancia dos de las rectas de la poligonal, conserva el mismo ángulo. El tercero consiste en obviar una o más estaciones del levantamiento preliminar, para formar una sola recta entre dos puntos. (DGC. 2001)

II.1.2.3.5.2 Cálculo de elementos de curva horizontal

“El alineamiento horizontal consiste en la proyección del centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal, sus elementos son tangentes y curvas horizontales.”. (DGC. 2001)

“La distribución de los puntos y elementos de un proyecto geométrico, tanto en planta como en elevación, está ligada a los datos geodésicos del banco más cercano a la nueva obra”. (DGC. 2001)

Las tangentes del alineamiento horizontal poseen longitud y dirección. La longitud consiste en la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el inicio de la curva siguiente. Por aparte, la dirección es la trayectoria. (DGC. 2001)

La longitud mínima de una tangente horizontal es el promedio de las dos longitudes de transición de las dos curvas entre la tangente, que se requiere para combinar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona. (DGC. 2001)

II.1.2.3.5.3 Determinación de curva vertical

Como se conoce, las carreteras no solo están conformadas por curvas horizontales, sino que también por curvas verticales.

Lo anterior implica que el diseño de carreteras tiene tres dimensiones; para el diseño y, simplificación del trabajo las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría.

Una curva vertical se da cuando en el perfil hay cambios de pendiente. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas. La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. (DGC. 2001)

Estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a la gran adaptación a las condiciones del terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño. (DGC. 2001)

En el diseño de carreteras para áreas rurales es normal usar como longitud de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño. Lo anterior reduce considerablemente los costos del proyecto, ya que las curvas amplias conllevan grandes movimientos de tierra. (DGC. 2001)

La longitud de las curvas verticales debe garantizar el drenaje, tener buena apariencia y proporcionar comodidad al usuario. Es conveniente que la longitud de las curvas verticales tenga un número par de estaciones de 20 mts., y que el Principio de Curva Vertical coincida en una estación. (DGC. 2001)

II.1.2.3.6 Movimiento de tierras

Es una de las actividades más importantes en la construcción de una carretera, debido a su incidencia en el costo de la misma. El movimiento de tierras a realizar deberá ser económico dentro de los requerimientos que el tipo de carretera fije. (DGC. 2001)

“Cuando se ha trazado y nivelado la línea definitiva en el campo, se inicia el estudio de movimientos de terracerías con el proyecto de la subrasante definitiva. Con ello se pretende hacer más económica la obra”. (DGC. 2001)

La subrasante se basa en las normas del proyecto relativas a: la combinación posible de las pendientes de las tangentes verticales; el proyecto del drenaje, a fin de que la rasante tenga la posición adecuada para dar cabida a las obras; y las recomendaciones geotécnicas. (DGC. 2001)

II.1.2.3.6.1 Diseño de subrasante

Es la proyección del desarrollo del centro de línea de una vía terrestre sobre un plano vertical; sus elementos son las tangentes y curvas verticales. (DGC. 2001)

“Lo primordial en el diseño es no exceder la pendiente máxima que está con base en la sección típica y el tipo de terreno, encontrándose esta pendiente en tablas de especificaciones para el diseño de subrasante”. (DGC. 2001)

II.1.2.3.6.2 Correcciones por curva vertical a subrasante

Después de deducir las elevaciones de la subrasante conformada por rectas de pendientes definidas, es necesario corregir las alturas en los puntos que conforman las curvas verticales, puesto que debe proporcionarse un cambio suave entre la pendiente de entrada y la de salida. (DGC. 2001)

II.1.2.3.6.3 Cálculo de áreas de secciones transversales

“La sección transversal de una obra vial es un corte conforme a un plano vertical y normal al centro de línea en el alineamiento horizontal”. (DGC. 2001)

El cálculo de áreas de secciones transversales, permite observar la disposición y las dimensiones de sus elementos, y debe concordar con las normas. (DGC. 2001)

“Su estructuración debe hacerse de manera que los esfuerzos que lleguen a los materiales con que están constituidas sean menores que los que pueden resistir, sin fallas ni deformaciones apreciables”. (DGC. 2001)

II.1.2.3.6.4 Cálculo de volúmenes de tierra

Para cada sección de construcción se miden o se calculan las áreas de corte y terraplén que se registran en el dibujo. En seguida, se calculan los volúmenes de corte y terraplén

entre dos secciones consecutivas, multiplica (por separado lo relativo a corte y terraplén) el promedio de las áreas por la distancia entre las secciones; los volúmenes de corte se consideran positivos y los de terraplén, negativos. (DGC. 2001)

Como los materiales en los cortes no tienen el mismo peso volumétrico que tendrán en los terraplenes, no pueden compararse con validez, y por ello los ingenieros en geotécnica calculan un factor de variación volumétrica para los diferentes materiales. Este factor consiste en la relación del peso volumétrico de un mismo material en el corte y el terraplén. Los volúmenes de corte ya calculados se multiplican por el factor de variación volumétrica, con lo que adquieren características volumétricas semejantes. (DGC. 2001)

II.1.2.3.7 Drenaje

El agua es uno de los elementos que más perjudica a las carreteras, ya que disminuye la resistencia de los suelos, presenta así fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento. (DGC. 2001)

Lo anterior obliga a construir el drenaje de tal forma que el agua se aleje con la mayor brevedad posible de la obra. En consecuencia, podría decirse que un buen drenaje es el alma de las carreteras. El drenaje artificial es el conjunto de obras que sirve para captar, conducir y alejar de las carreteras el agua que puede causar problemas. Al drenaje, por ser tan importante en la construcción de una carretera se le ha denominado también como “obras de arte”. (DGC. 2001)

El tipo de drenaje es de particular importancia para los caminos de poco tránsito que no cuentan con una superficie de rodamiento impermeable ni cunetas revestidas, y en los cuales los materiales están más expuestos al ataque del agua. Por ello, para construir estos caminos, y en general las vías terrestres, se requieren estudios cuidadosos del drenaje, y los ingenieros proyectistas deben tener amplios conocimientos en la materia, a fin de que estas obras cumplan con sus objetivos. (DGC. 2001)

II.1.2.3.7.1 Cunetas

Las cunetas son canales en los cortes que se hacen a los lados de la cama del camino y cuya función es captar el agua que escurre de la corona, del talud del corte y del terreno natural adyacente, para conducirla hacia una corriente natural o a una obra transversal y así alejarla lo más pronto posible de la zona que ocupa el camino. (DGC. 2001)

“La longitud de las cunetas no debe ser mayor de 250 metros, si sobrepasa esa cantidad, se debe construir una obra de alivio que permita reducir esta longitud al captar y conducir el caudal de la cuneta aguas abajo, fuera del camino”. (DGC. 2001)

II.1.2.3.7.2 Contracunetas

Las contracunetas son zanjas que se construyen aguas arriba de los cerros de los cortes y su finalidad es interceptar el agua que escurre por las laderas y conducirla hacia alguna cañada inmediata o a una parte baja del terreno; así se evita que al escurrir el agua por los taludes los erosione y aumente el caudal de las cunetas. (DGC. 2001)

“La distancia al borde del corte será, de 5 mts., o a la altura del corte, si este es mayor”. (DGC. 2001)

II.1.2.3.7.3 Drenaje transversal

a. Bombeo: El bombeo consiste en proporcionar a la corona del camino, ubicada en las tangentes del trazo horizontal, una pendiente transversal desde el centro del camino hasta los hombros. Su función es dar salida despejada al agua que caiga sobre el pavimento y evitar en lo posible que el líquido penetre en la terracería. En las curvas horizontales, el camino se sobre eleva en el hombro exterior con respecto al interior, para contrarrestar la fuerza centrífuga. Dicha sobreelevación sirve también para dar salida al agua que cae en estas partes del camino, hacia el hombro interior. (DGC. 2001)

b. Alcantarillas: Las alcantarillas son estructuras transversales de forma diversa cuya función es conducir y desalojar, con la mayor rapidez posible, el

agua de las hondonadas y las partes bajas del terreno que atraviesan la carretera. Por la forma de su sección y el material de que están construidas, estas estructuras de drenaje menor se clasifican en tubos, bóvedas, losas sobre estribos y cajones. Las alcantarillas están siempre alojadas en el cuerpo de la terracería. (DGC. 2001)

“La función de cualquier tipo de alcantarillas se mejora mediante una estructura de transición en la entrada y la salida del conducto, formada por los aletones, que son muros de contención y guías para conducir el agua”. (DGC. 2001)

II.1.2.3.8 Suelos

El factor determinante en la estabilidad de una carretera, es el suelo. Es necesario llevar un control de su estado para tener la seguridad de la buena calidad de la carretera. (DGC. 2001)

Los problemas más frecuentes del suelo son:

- a. Deslizamientos
- b. Baches
- c. Colapsos (DGC. 2001)

Los deslizamientos se manifiestan en los cortes cuya cohesión no es lo suficientemente fuerte para mantener el talud en caso de temblores o saturación. Por lo general, los deslizamientos se presentan en puntos donde el terreno presenta capas que pueden deslizarse en sentido perpendicular al trazo de la carretera o es un material muy plástico. (DGC. 2001)

En el pliegue de la carretera se pueden presentar varios baches causados por materiales altamente plásticos; este material, cuando se satura, presenta un soporte casi nulo para el tránsito y queda deformado permanentemente, dejando un bache en la carretera, que obstaculiza el tránsito y daña a los vehículos al pasarlo. (DGC. 2001)

De igual manera, en el trazo de la carretera pueden encontrarse capas rocosas que son aparentemente estables, pero que cuando hay un exceso de presión colapsan, por orificios presentes, dejan cavernas donde estuvieron, que provocan que la carretera caiga, aun solamente por su propio peso. (DGC. 2001)

“Estas formaciones rocosas son, en su generalidad, carbonatos, solubles en el agua de lluvia. Por lo mismo, deben evitarse las filtraciones, para que no se disuelvan y formen orificios mayores que hagan fallar el suelo”. (DGC. 2001)

Para evitar los deslizamientos, hay que procurar, en lo posible, no situar el trazo de la carretera en sentido perpendicular a las posibilidades de deslizamiento de las capas de rocas presentes. En el caso de tener un material altamente plástico, para evitar baches, debe estabilizarse con cal o cemento, o eliminarse y sustituirlo por otro material de mejores características. (DGC. 2001)

Para eliminar la posibilidad de un colapso del material, se inyecta lechada de cemento donde se localicen orificios sub-superficiales. Este mismo procedimiento se utiliza para evitar la filtración de agua. Por otra parte, es necesario conocer los tipos de suelo que conforman el tramo carretero, para poder dar el tratamiento adecuado y hacer que estos puedan soportar más carga sin deformarse, proporcionar mayor impermeabilidad y dar alojamiento a las estructuras que se construyan en el proyecto, con mayor seguridad de que no colapsarán. (DGC. 2001)

II.1.2.3.8.1 Pruebas de laboratorio

Las pruebas que se practican a los suelos en el laboratorio tienen como objetivo descubrir la mejor manera de manejarlos para obtener los mejores resultados y definir cuán buenos pueden ser. (DGC. 2001)

“Estos se utilizan para determinar la proporción granulométrica de los suelos y determinar cuánta compactación presenta”. (DGC. 2001)

Las pruebas en laboratorio se clasifican de la siguiente manera:

- a. Análisis granulométrico
- b. Proctor
- c. Límites de Atterberg: límite líquido, límite plástico
- d. Chequeo de compactación en campo (DGC. 2001)

II.1.2.3.8.2 Criterios para definir la capa de rodadura

Se le llama balasto al material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, el cual se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de material fino y grueso, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura. (DGC. 2001)

Estas deben cumplir con las condiciones siguientes:

- a. Debe ser de calidad uniforme y no contener residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial.
- b. Debe tener un peso unitario suelto no menor de 80 libras / pie cúbico.
- c. El tamaño del agregado grueso del balasto, no debe pasar de 1/2 del espesor de la capa a utilizar, ni ser mayor de 10 centímetros.
- d. La capa de balasto no debe ser menor a los 10 centímetros.
- e. La porción del balasto retenida en el tamiz No. 4 (4.75mm), debe estar comprendida entre el 70% y el 30% en peso.
- f. La porción de balasto que pase en el tamiz No. 40 (0.425mm) debe tener un límite líquido no mayor de 35 y un índice de plasticidad entre 5 y 11.

g. La porción de balasto que pase el tamiz No. 200 (0.075mm) no debe exceder de 25% en peso. (DGC. 2001)

“Para determinar la calidad del balastro se le realiza la prueba de desgaste en la máquina de los ángeles, que requiere el 50% como mínimo, ya que esta será la que tendrá el contacto con el neumático del vehículo”. (DGC. 2001).

Por otra parte, la colocación del balasto debe hacerse en capas no mayores a los 25 centímetros y compactadas a 90% Proctor. (DGC. 2001).

II.1.2.3.8.3 Capa de rodadura

Muchas veces el terreno en el que se aloja el proyecto presenta suelo limoso, arenoso rocoso, arcilloso, en el que será necesario proteger la terracería mediante la aplicación de una capa de balasto. Dicha capa debe tener 15 centímetros de espesor debidamente compactado. (DGC. 2001)

II.1.2.3.9 Presupuesto

II.1.2.3.9.1 Cuantificación de materiales y mano de obra

“El presupuesto se elabora basándose en precios unitarios y contiene los costos de los materiales, equipo y maquinaria, según el rendimiento, la cantidad de maquinaria y el equipo que se utilice”. (DGC. 2001)

El presupuesto también considera los gastos administrativos que se calculan sobre 10%, de imprevistos 5% y utilidad un 25%. (DGC. 2001)

II.1.2.3.9.2 Integración del presupuesto

La integración del presupuesto en un documento que contempla los costos del proyecto específicamente divididos por renglón de trabajo, se diferencia del anterior porque contempla un resumen de las actividades divididas sistemáticamente para la elaboración del proyecto. (DGC. 2001)

II.1.2.4 Parámetros de diseño de carreteras

El diseño de una carretera responde a una necesidad justificada social y económicamente. Ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la carretera que se proyecta para que los resultados buscados sean óptimos, en una solución técnica y económica en beneficio de la comunidad que requiere del servicio, normalmente en situación de limitaciones muy estrechas de recursos locales y nacionales. (DGC. 2001).

Para lograr lo anterior, deben evaluarse y seleccionarse algunos parámetros que definirán las características del proyecto. (DGC. 2001)

II.1.2.4.1 Estudio de la demanda de tránsito

La Dirección General de Transportes, (2021), indica que para el estudio de la demanda de tránsito abarca los siguientes elementos:

El Índice Medio Diario Anual de Tránsito (IMDA), corresponde al promedio aritmético de los volúmenes para todos los días del año previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica. (Dirección General de Transportes. DGT, 2021).

El volumen y composición o clasificación de los vehículos (carreteras existentes), a través de: los tramos del proyecto en los que se estima una demanda homogénea en cada uno de ellos; el estudio de tráfico en un punto central del tramo, en un lugar que se considere seguro y con suficiente seguridad social; el tipo de vehículos que circulan en una y en la otra dirección. (DGC. 2021)

Las variaciones horarias de la demanda de conformidad con los conteos, se establece las variaciones horarias de la demanda por sentido de tránsito y también de la suma de ambos sentidos. También se establece la hora de máxima demanda. Puede realizarse conteos para las 24 horas corridas. Pero si se conoce la hora de mayor demanda, puede contarse por un período menor. (DGC. 2021)

“Las variaciones diarias de la demanda, si los conteos se realizan por varios días, se pueden establecer las variaciones relativas del tránsito diario (total del día o del período menor observado) para los días de la semana”. (DGC. 2021)

Las variaciones estacionales (mensuales), si la información que se recopila es elaborada en forma de muestreo sistemático durante días claves a lo largo de los meses del año, se puede obtener índices de variación mensual que permitan establecer que hay meses con mayor demanda que otros. Como sería el caso en zonas agrícolas, durante los meses de cosecha. Con la información obtenida podrá establecerse la sección (ancho) transversal necesaria de la carretera y los elementos del diseño de la misma. (DGC. 2021)

La metodología para establecer el peso de los vehículos de carga, que es importante para el diseño de los pavimentos, pontones y puentes. Estos estudios se concentran sólo en los vehículos pesados dañinos para la carretera y, por tanto, son importantes para definir el diseño de los pavimentos de la superficie de rodadura y la resistencia de los pontones y puentes. (DGC. 2021)

La información mínima necesaria, para los casos en que no se dispone de la información existente de la variación diaria y estacional (mensual) de la demanda que en general es información que debe proveer la autoridad competente, referencialmente para los tramos viales, se requerirá realizar estudios que permitan localmente establecer los volúmenes y características del tránsito diario. (DGC. 2021)

II.1.2.4.2 La velocidad de diseño en relación al costo de la carretera

La velocidad de circulación corresponderá a la norma que se dicte para señalar la carretera y limitar la velocidad máxima que deberá indicarse mediante la señalización correspondiente. Es recomendable que, en lo posible, la velocidad señalizada sea algo menor que la velocidad de diseño de la carretera. (DGT, 2021).

La velocidad de diseño es muy importante para establecer las características del trazado en planta, elevación y sección transversal de la carretera. Definida la velocidad del diseño para la circulación del tránsito automotor, se procederá al diseño del eje de la carretera, que sigue el trazado en planta compuesto por tramos rectos (en tangente) y por tramos de curvas circulares y espirales. Y similarmente del trazado vertical con tramos en pendiente rectas y con pendientes curvilíneas, normalmente parabólicas. (DGT, 2021).

La velocidad de diseño está relacionada con el ancho de los carriles de circulación y, consecuentemente con la sección transversal por adoptarse. La velocidad de diseño establece las exigencias de distancias de visibilidad en la circulación y, de la seguridad de los usuarios de la carretera a lo largo del trazado. (DGT, 2021).

“La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico económico de alternativas de trazado que deberán tener en cuenta la orografía del territorio”. (DGC. 2021)

II.1.2.4.3 La sección transversal de diseño

“Se refiere a la selección de las dimensiones que debe tener la sección transversal de la carretera en las secciones rectas (tangente) y los diversos tramos a lo largo de la carretera proyectada”. (DGC. 2021)

Para dimensionar la sección transversal, se tendrá en cuenta que las carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito, solo requerirán una calzada de circulación vehicular con dos carriles, uno para cada sentido. (DGC. 2021)

El ancho de la carretera, en la parte superior de la plataforma o corona, podrá contener además de la calzada, un espacio lateral a cada lado para bermas y para la ubicación de guardavías, muros de seguridad, señales y cunetas de drenaje. (DGT, 2021).

II.1.2.4.4 El tipo de superficie de rodadura

Para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito considera que básicamente se utilizarán los tipos de pavimentos siguientes: Carreteras con pavimentos flexibles y Carreteras con pavimentos rígidos. (DGC. 2021)

Los criterios de selección de la superficie de rodadura, establecen que a mayor tránsito pesado, medido en ejes equivalentes destructivos se hará más viable la pavimentación. “Es importante establecer que la presión de las llantas de los vehículos, deben mantenerse bajo las 80 libras por pulg. (psi) de presión para evitar la aceleración del deterioro del pavimento”. (DGT, 2021).

II.1.3 Caminos rurales

Como se ha mencionado anteriormente, estos caminos son utilizados para unir comunidades como: fincas, aldeas, caseríos; a su vez unen poblaciones y mercados cantonales; por lo que los caminos o carreteras son en la vía de comunicación más importante, ya que la mayoría de comunidades disponen de ellos para transitar. (DGC. 2021)

La construcción o el mantenimiento de este tipo de tramos carreteros, conlleva a un número de beneficios para la comunidad, acceso a los mercados, servicios básicos para la población como electricidad, agua potable, servicios de salud y educación. (DGT, 2021).

II.1.3.1 Tipos de caminos rurales

II.1.3.1.1 Caminos de tierra

“En ellos los vehículos circulan prácticamente sobre el terreno natural, libre de materia vegetal”. (DGC. 2021)

En ocasiones se encuentran revestimientos muy ligeros en ellos, y su alineamiento y sistema de drenaje es muy deficiente, debido a esto la circulación en estos caminos solo es posible durante el verano o con vehículos de doble tracción. (DGC. 2021)

“El componente principal es estos caminos lo constituye el suelo natural libre de vegetación y compactado, el cual es la subrasante”. (DGT, 2021).

II.1.3.1.2 Caminos de terracería

Este tipo de caminos están determinados para circulación sobre la superficie recubierta con balastro, en estado natural o seleccionado. Por lo general poseen alguna conformación con su respectivo bombeo y cunetas. Algunas veces su alineamiento ha sido mejorado y se proyectan alcantarillas, lo que mejora el camino ya que los hace transitables durante todas las épocas del año. (DGT, 2021).

II.1.3.1.3 Caminos revestidos con material de base

Cuentan con mayor derecho de vía, mejor alineamiento horizontal y vertical, el sistema de drenaje es el adecuado y su condición se mantiene estable durante todo el año, ya que sus componentes principales son la subrasante, la subbase y la base, que a su vez constituyen la superficie de rodadura. (DGT, 2021).

II.1.3.2 Causas del deterioro acelerado del camino rural

Por lo regular, las redes viales (carreteras, puentes y alcantarillas) de países subdesarrollados, son muy sensibles a los impactos del cambio climático, y conllevan a varios daños físicos a las redes de caminos, que pueden inclusive llegar a afectar las economías nacionales (Godínez, 2010).

En este enfoque, las causas del deterioro de los caminos en general, son los aspectos climáticos, por ello, es importante considerar la incorporación del cambio climático al diseño de caminos, lo cual puede parecer costosa como una fase inicial, pero a corto y largo plazo, permite generar ahorros importantes. (Godínez, 2010).

Cuando ocurren eventos extremos, los impactos económicos debidos sobre todo a lluvias torrenciales son frecuentemente altos, principalmente por la falta de accesibilidad a causa de los daños a caminos, alcantarillas y puentes, lo cual incrementa la problemática del desastre. Por estas razones, se debe invertir en lograr la adaptación de las redes viales a los cambios de clima que se prevén. Esto incluye considerar aspectos en la planeación y diseño de la infraestructura vial, así como durante su construcción y mantenimiento. (Godínez, 2010).

Al respecto, USAID (2013), indica que “la mayoría de los impactos negativos que pudieran ocurrir derivados de la construcción de un camino, pueden evitarse o minimizarse por medio de la aplicación prácticas ambientalmente coherentes en las fases de diseño, construcción y mantenimiento de los caminos”. (USAID, 2013).

De igual forma señala algunos de los elementos asociados al deterioro de los caminos rurales, los cuales son:

II.1.3.2.1 Erosión de suelos

Ocorre generalmente por el diseño y/o construcción inadecuada de los caminos, que reducen la capacidad de drenaje de los mismos, haciéndolos susceptibles a la erosión por lluvias o en los cruces de ríos y riachuelos. Durante la construcción o mantenimiento de los mismos, se generan movimientos de tierras que, si son mal manejados, incrementan la pérdida de suelos de los terrenos vecinos a los caminos. (USAID, 2013)

II.1.3.2.2 Degradación de la calidad del agua

La degradación de la calidad de las aguas viene de la erosión de los suelos y la sedimentación que se puede generar sobre los ríos, riachuelos, lagos y humedales.

“De forma indirecta, la apertura de nuevos caminos tiende a promover el desarrollo agrícola, lo cual tiene como consecuencia el incremento de la sedimentación, con los consecuentes impactos en la calidad de las aguas superficiales”. (USAID, 2013)

II.1.3.2.3 Efectos adversos en la cantidad de agua

En algunas regiones, algunas personas tienen la costumbre de regar agua para limpiar y/o reducir el polvo, esto se da en mayor parte en los caminos no pavimentados. “Aunque estas demandas son de tipo temporal, en las regiones áridas y semiáridas densamente pobladas, estas demandas pueden afectar la disponibilidad de aguas en las comunidades”. (USAID, 2013)

II.1.3.2.4 Alteración de la hidrología y de las inundaciones

El diseño de caminos en áreas con demasiada humedad, producto de los flujos naturales de las aguas, puede llegar producir alteraciones en la hidrología y flujos naturales de las aguas en la región. (USAID, 2013)

Con la finalidad de mantener las condiciones de tránsito adecuadas en todo el año, los caminos se elevan sobre el nivel normal de los terrenos, con lo cual, estos se convierten en barreras físicas al flujo natural de las aguas, con los consecuentes impactos que esto puede generar. (USAID, 2013)

II.1.3.2.5 Deforestación

En el diseño de caminos también es evidente que, en muchas ocasiones, para la apertura de brechas o en la ampliación de la carretera, es necesario eliminar fajas de árboles, en algunos proyectos esta tala de árboles puede ser significativa, lo cual puede llegar a afectar la temperatura y el paisaje. (USAID, 2013)

No obstante, muchas veces también este tipo de proyectos puede promover el incremento de agricultura y el comercio de productos forestales, principalmente por el

acceso que se tiene y la facilidad de los agricultores para poder tener acceso a sus tierras y poder trasladar sus productos. (USAID, 2013)

“Ambas actividades tienen a producir deforestación y degradación de los bosques cercanos a estos caminos”. (USAID, 2013)

II.1.3.2.6 Daños a ecosistemas y hábitats de alto valor

Existe también daño a los ecosistemas y hábitats, debido a que zonas de alto valor para la conservación, pueden llegar a ser afectadas, de igual manera zonas protegidas o ecosistemas estratégicos, pueden ser impactadas directa o indirectamente por la apertura de los caminos.

Impactos como la erosión de los suelos, el corte de árboles o la alteración de los cursos de agua, afectan de forma directa a los ecosistemas y hábitats de importancia, y el incremento de actividades agrícolas productivas y la deforestación, son un efecto indirecto de la construcción de caminos. (USAID, 2013)

II.1.3.2.7 Deterioro de la belleza escénica

La construcción de caminos puede deteriorar también la calidad escénica de la región. Por lo regular la ejecución de un proyecto de pavimentación y tramo carretero, puede afectar la vegetación natural ubicada en la orilla de dicho proyecto, ya que estos tienen la finalidad de aumentar la insolación y mantener una buena accesibilidad en las épocas y zonas de alta precipitación. (USAID, 2013)

II.1.3.2.8 Impactos negativos a la salud y seguridad humana

Generalmente la construcción de un camino tiende a aumentar las cantidades de polvo y ruido, este último, como consecuencia del aumento del tráfico, situación que pone en mayor riesgo a las poblaciones de potenciales accidentes. (USAID, 2013)

II.1.3.2.9 Cambios a la cultura local y las sociedades

La mejora del acceso a las comunidades, generalmente impactan positivamente en los medios de vida locales. “Se mejoran las condiciones de educación y salud, aumenta el comercio local y las comunidades incrementan su relación con otras regiones”. (USAID, 2013)

En resumen, los caminos rurales, por sus características no son pavimentados y la mayoría son transitables solo en época de verano, debido a que en épocas de invierno es cuando más se deterioran dificulta el tránsito, y las cargas que actúan sobre el camino lo desgastan y provoca daños que deben ser tratados según la severidad de los mismos. Lo que equivale a decir que un gran porcentaje de estas poblaciones por las condiciones de los caminos rurales, permanecen incomunicados la mayor parte del tiempo. (USAID, 2013)

II.1.3.3 Efectos del deterioro acelerado del camino rural

“Con el paso del tiempo los caminos rurales muestran evidentes signos de deterioro, muchas veces prematuro y acelerado, y esto se debe a que no se les da un adecuado mantenimiento o no se les da mantenimiento en lo absoluto”. (USAID, 2013)

El deterioro de estas vías que comunican a las aldeas con sus municipios provoca una serie de efectos que abarcan desde la comunicación hasta la seguridad y salud de quienes las transitan. (USAID, 2013)

De manera general se pueden señalar los siguientes efectos:

Una carretera en mal estado, puede llegar a provocar agotamiento y cansancio en los conductores, en este sentido, las condiciones y factores asociados a la carretera, demandan una mayor atención por parte del conductor quien debe estar mucho más alerta, lo cual es un factor que dobla su cansancio. (USAID, 2013).

Se asocia también un incremento de los costos de mantenimiento de los vehículos, debido a que la mayoría de estas carreteras tienen baches que pueden afectar a corto o largo plazo a cualquier tipo de transporte. En otras palabras, la reparación de los camiones por averías provocadas por el mal estado de las carreteras provoca que los gastos también lo hagan. (USAID, 2013).

“El mal estado de las carreteras también repercute en la forma de conducir, consecuentemente existe mayor manipulación de frenos y cambios de marcha, algo que hace que aumente el consumo de combustible”. (USAID, 2013).

Otro de los factores a señalar, es que este puede influir en el comercio, educación y salud, debido a que por las condiciones de las carreteras pueden existir incomunicación o retrasos que pueden afectar estos y otros servicios indispensables. (USAID, 2013).

Por último, se hace mención también al incremento de accidentes de tráfico. Las grietas, baches o socavones incrementan el riesgo de sufrir un accidente al volante. (USAID, 2013)

Uno de los impactos más importantes que conlleva consigo la construcción de los caminos rurales es el relacionado con lograr que estas vías sean transitables. Los habitantes beneficiados con la habilitación del camino, efectúan en un tiempo mucho menor al que invertían anteriormente, para llevar a sus enfermos y sus productos a los poblados en búsqueda de mejor atención y mejor venta para su cosecha. En base a lo anterior, se hace énfasis en la importancia del mantenimiento de los caminos rurales, que se constituyen como la principal vía de comunicación entre las comunidades y sus municipios. (USAID, 2013)

II.1.4 Vías de comunicación

II.1.4.1 Concepto

“Los medios de comunicación por tierra, agua y aire son conocidos como motores de la vida social, e instrumentos de la civilización, y en ellos aparecen variedades que dependen de la clase de elemento y de su manera de utilizarlo”. (Bañon, 2002)

En este enfoque, las vías de comunicación se constituyen como calles, avenidas, rutas (carreteras), autovías, puentes y túneles, por citar algunas infraestructuras que permiten que determinados transportes circulen. (Bañon, 2002)

“El término de vías de comunicación se utiliza para designar cualquier forma de comunicación que conduce de un sitio a otro. Para fines del presente estudio, se aborda este tema desde el enfoque de la comunicación terrestre”. (Bañon, 2002)

Para Bañon (2002), las rutas terrestres se clasifican conforme a la clase de vehículos que las recorren, así tenemos: vías férreas, formadas regularmente por dos líneas paralelas de rieles que sirven de rodadura a los trenes; carreteras y autopistas, construidas de asfalto, separadas por una o por dos calzadas separadas entre sí, destinadas al tránsito de automotores; caminos de herradura, generalmente sin pavimentar, pueden circular carretas o carros tirados por animales; y las veredas o caminos de recua, los destinados al tránsito pedestre y de bestias de carga. (Bañon, 2002)

Algunos conceptos relacionados a las carreteras son los siguientes:

Camino: “Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas”. (Bañon, 2002)

Camino de tierra: “Camino en que la superficie de rodadura es el terreno natural, nivelado y compactado mediante el uso de herramientas o maquinas simples”. (Bañon, 2002)

Camino vecinal: “Camino rural destinado fundamentalmente para acceso a las poblaciones pequeñas y predios rurales”. (Bañon, 2002)

Trocha: “Es un camino abierto en la maleza sin superficie de rodadura, de suelo natural o tierra y donde su trazo y geometría no cumplen con las normas de diseño de una carretera”. (Bañon, 2002)

Camino de herradura: “Vía terrestre para el tránsito de peatones y animales”. (Bañon, 2002)

Carretera: “Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones”. (Bañon, 2002)

Carretera afirmada: “Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de afirmado”. (Bañon, 2002)

Carretera no pavimentada: “Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural”. (Bañon, 2002)

Carretera pavimentada: “Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Pórtland (rígida)”. (Bañon, 2002)

Carretera sin afirmar: “Carretera a nivel de sub rasante o aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el afirmado”. (Bañon, 2002)

II.1.4.2 Importancia de las vías de comunicación en buen estado

El mantenimiento de las vías de comunicación, es uno de los elementos importantes que pueden llegar a afectar la intercomunicación entre las ciudades, afectando el comercio, la educación la salud, entro otros, por lo que contar con vías adecuadas para

el transporte es esencial, para garantizar el acceso a recursos indispensables que puedan promover el desarrollo local y la calidad de vida de las personas. (Bañon, 2002)

Sin embargo, a medida que las redes viales son utilizadas por el transporte de carga las vías se deterioran, y si no se mantienen oportuna y adecuadamente, cuando el deterioro alcanza niveles altos, es necesaria la reconstrucción, y limitar los accesos ya mencionados. (Bañon, 2002)

En este sentido, Torres (2021), indica que “la infraestructura de transporte, y en especial las carreteras son de significativa importancia en el crecimiento y desarrollo de un país”.

La inversión en infraestructura resulta indispensable para el desarrollo económico y social de un país, ya que eleva la competitividad de la economía al satisfacer las condiciones básicas para el avance de las actividades productivas. Además de esto, contribuye a fortalecer a la industria nacional en sus procesos de producción, distribución y comercialización, haciéndola más productiva y competitiva. (Torres, 2021).

De esta forma la importancia de las carreteras radica en lo siguiente:

Facilita el transporte de mercancías, personas e información; (Torres. 2021)

Permite el suministro de energía eléctrica, petróleo y gas; (Torres. 2021)

Es indispensable para el acceso de recursos económicos al país; (Torres. 2021)

Promueve el turismo, considerada una de las principales fuentes de ingresos. (Torres. 2021)

Las carreteras son obras estratégicas para el desarrollo, por lo que una obra vial bien planificada se traduce en reducciones de los costos operativos, y proporcionan una mayor movilidad de personas, bienes y servicios; y mejora en tiempo y contaminación del ambiente, y en consecuencia por lo que brinda más impulso económico de las zonas por donde atraviesan. (Torres. 2021)

Torres considera que el desarrollo de las naciones y el mejoramiento de la calidad de vida, depende de las condiciones en que se encuentran las vías de comunicación, de tal forma, que “la importancia de las carreteras radica en que es la columna vertebral del transporte”, su construcción y mantenimiento son entonces estrategias enfocadas en el desarrollo y crecimiento tanto del comercio interior y exterior. (Torres. 2021)

Se puede decir que las carreteras son un tipo de infraestructura que tienen la finalidad de asegurar el acceso oportuno a bienes y servicios, que puedan promover prosperidad y crecimiento económico, con la finalidad de contribuir a la calidad de vida, el bienestar social, la salud y la seguridad de los habitantes. (Torres. 2021)

“El papel de la infraestructura hacia la sociedad es proporcionar los servicios básicos para que los ciudadanos y empresas puedan desarrollar sus actividades; entre estos servicios se incluye la infraestructura de carreteras.” (CIEN, 2011).

Existen muchos estudios que demuestran la importancia de las carreteras, principalmente en la cantidad y calidad de la infraestructura, ya que es un elemento que condiciona el desarrollo económico y social de un país. Al respecto, autores, como Ahmed y Donovan (1992), el Banco Mundial (1994), Lipton y Ravallion (1995), Booth, Hanmer y Lovell (2000), todos citados por Escobal & Ponce, 2002, encontraron vínculos entre la reducción de la pobreza y la provisión de infraestructura rural.

Entre sus conclusiones, Escobal & Ponce (2002), señalan la existencia de una fuerte asociación entre incremento de la dotación de infraestructura rural, el crecimiento agrícola y la reducción de la pobreza.

Por otra parte, estudios del Banco Mundial han demostrado que el aumento de la infraestructura y el crecimiento de la producción nacional, están fuertemente relacionados: “un incremento de 1% en el capital de infraestructura se asocia con un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) del 1%” (The World Bank, 1994).

“Aunque existen otros factores que influyen en el desarrollo, la infraestructura es un factor de desarrollo económico de primer orden, la carencia de ella pueda ser un freno en el crecimiento y desarrollo económico y social.” (CIEN, 2011).

Con base a lo anterior, la importancia de las carreteras en el contexto guatemalteco, se enfocan en su principal función, la cual es la interconexión de los distintos departamentos, municipios y comunidades rurales. (CIV-DGC, 2007).

En este enfoque, el Plan Maestro Nacional de Transporte propone optimizar la infraestructura vial existente, con la finalidad de reducir los costos de transporte y aumentar la confiabilidad de los servicios, esto en beneficio de la población guatemalteca en general y de los usuarios de las carreteras en particular. (CIV. 1996).

Por su parte, el Plan de Desarrollo Vial 2008-2017 dedica especial atención a la mejora de la accesibilidad en las zonas de mayor pobreza, como contribución a su progreso y desarrollo económico, propuesta que se basa en el marco de los Acuerdos de Paz de 1996, que buscan el impulso a la calidad de vida de la población de Guatemala (CIV-DGC, 2007).

Existen otros beneficios asociados a las vías de comunicación, Corral y Reardon (2001) para Nicaragua, De Jandry y Sadoulet (2001) para México, y Escobal (2001) para el Perú, encontraron relaciones significativas entre distintos indicadores de vialidad y las oportunidades de empleo rural no agropecuario, tanto en actividades salariales como no salariales. Inclusive muestran que el acceso vial puede compensar la falta de otros activos públicos y privados (Escobal & Ponce, 2002).

Para culminar, se hace referencia de otros estudios que han evaluado el impacto social de la provisión de infraestructura vial, que encuentra la mejora en los caminos e impacta positivamente en las condiciones de las comunidades, por lo que se describen algunas conclusiones de estudios citados por Escobal & Ponce (2002):

Porter (2002), en la evaluación del impacto del acceso vial en las zonas pobres rurales del África subsahariana, determinó un impacto negativo en el acceso a los servicios de salud, producto del deterioro en las condiciones de los caminos.

Binswanger, Khandker y Rosenzweig (1993), muestran que la inversión en infraestructura vial permitió el crecimiento de la producción agrícola, del uso de fertilizantes y de la expansión de la oferta de crédito.

Windle y Cramb (1996), encuentran un impacto positivo de una mejor infraestructura vial en indicadores de salud materna, nutrición y acceso a la escuela.

Ahmed y Hossain (1990), en Bangladesh, encontraron que las comunidades con mejor acceso vial tenían mayores niveles de producción agrícola, mayores ingresos totales y mejores indicadores de acceso a servicios de salud, en particular para las mujeres. Asimismo, encontraron que los caminos habrían incrementado las oportunidades de ingresos salariales de aquellos que no tenían tierra agrícola.

Levy (1996), evaluó el impacto socioeconómico de la rehabilitación de caminos en Marruecos, muestra que además de la reducción de costos de transporte, también se generaron incrementos significativos en la producción agrícola, así como cambios importantes en la cartera de cultivos y en el uso de insumos y tecnologías. Además identificó las relaciones causales entre la mejora de la infraestructura vial y el acceso a educación, particularmente de las niñas, así como entre dicha mejora y el incremento del uso de la infraestructura pública de salud.

II.1.5 Normas AASHTO

Al realizar el trabajo de campo, se inicia el estudio para fijar el eje de la carretera o diseño de la línea de localización. “Un trazo óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno, estos dependen del criterio adoptado que

a su vez dependen del volumen del tránsito y la velocidad de diseño a utilizar”. (Ochoa. 2009)

Una vez fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico, se busca una combinación de alineamientos que se adaptan a las condiciones del terreno y que cumplan con los requisitos establecidos. Existen factores que suelen forzar una línea e influyen en la determinación de los alineamientos horizontal y vertical de una carretera, por lo que es necesario tomar una serie de normas generales que se toman de la práctica y del sentido común. (Ochoa. 2009)

Una de estas normas está contenida en los métodos de diseño de la Asociación de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte por sus siglas en inglés (AASHTO). (Ochoa. 2009)

II.1.5.1 Definición

La Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transportes (AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials) fija los parámetros sobre las especificaciones para el diseño geométrico de carreteras, con el fin de brindar al conductor seguridad, eficiencia operacional y comodidad. (Ochoa. 2009)

Los métodos de diseño de la Asociación de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte por sus siglas en inglés (AASHTO) se basan en resultados y conclusiones obtenidos de ensayos de los Experimentos Viales de la Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras (AASHO) en Estados Unidos de América de las cuales surgieron ecuaciones empíricas que sirvieron de base para el diseño de pavimentos tanto flexibles como rígidos. (Ochoa. 2009)

II.1.5.2 Antecedentes

Salamanca & Zuluaga (2014), señalan que el método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois donde los suelos y climas son típicos para gran parte de Estados Unidos, esto con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitación de las distintas secciones ensayadas.

“A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original”. (Salamanca & Zuluaga. 2014)

II.1.5.3 Evolución de los procedimientos de diseño AASHTO

Durante 1958 a 1960 se realizaron los Experimentos Viales de la AASHO. (Figueroa, 2005)

“La primera Guía de Diseño AASHTO que se emitió fue en 1961. Esta fue revisada y expandida muchas veces”. (Figueroa, 2005)

En 1961 y 1962 se realizó la Guía Provisional de AASHO. (Figueroa, 2005)

Para 1972 se revisó la Guía Provisional AASHO. (Figueroa, 2005)

“En el año de 1981 se revisó el Capítulo III referente a pavimentos Rígidos”. (Figueroa, 2005)

En 1986 surge la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO. (Figueroa, 2005)

En 1993 surge la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO con el concepto del proceso de diseño de sobrecapas. (Figueroa, 2005)

En el año de 1998 se presentó un suplemento para la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO de 1993 que estaba enfocado al diseño de pavimentos rígidos. En esta etapa de la Guía de Diseño AASHTO se comenzó con los principios del método mecanicista. (Figueroa, 2005)

Este fue el comienzo del uso del método Mecánico-Empírico y el comienzo de una nueva era del diseño de pavimentos con la nueva Guía de Diseño AASHTO 2002. (Figueroa, 2005)

Los métodos de AASHTO surgieron de pruebas anteriores, y contienen varias modificaciones de sus versiones, la mayoría de carácter empírico, con la diferencia del diseño AASHTO 2002, que ahora contiene una base mecanicista, que se apoya en la teoría de la elasticidad y en modelos de deterioro de pavimentos. (Figueroa, 2005)

El diseño AASHTO 2002, presenta un cambio en la forma del desarrollo del diseño del pavimento. En dicho cambio, el diseñador toma en consideración las condiciones de sitio como el tráfico, clima, subrasante, condiciones del pavimento existente para el caso de rehabilitación, por otra parte, presenta una propuesta de un diseño de prueba ajustada a los comportamientos estructurales y funcionales obtenidos. (Figueroa, 2005)

El diseñador está completamente envuelto en el proceso de diseño y tiene la flexibilidad para considerar diferentes características de diseño y materiales predominantes del sitio. El formato empírico-mecanicista de la Guía de Diseño AASHTO 2002 provee un bosquejo para el continuo mejoramiento y mantenimiento con cambios en el transporte, materiales, construcción, conceptos de diseño, uso de software, etc. (Figueroa, 2005)

Yoder y Witczak (1975) señalaron que este proceso de diseño en los pavimentos, debe considerar tres elementos, los cuales siendo los siguientes:

“La teoría para predecir las fallas asumidas o parámetros de deterioro”. (Figueroa, 2005)

“La evaluación de las propiedades de los materiales aplicables a la teoría seleccionada”. (Figueroa, 2005)

“La determinación entre la relación de la magnitud de los parámetros en cuestión al nivel de desarrollo deseado”. (Figueroa, 2005)

Como se mencionó anteriormente, el método se apoya en la teoría de la elasticidad lineal o no lineal. “Es válido considerar la teoría elástica lineal en primera aproximación dado que las deformaciones que sufre el pavimento por las cargas de tránsito son prácticamente elásticas”. (Figueroa, 2005)

“Es debe considerar la teoría de la elasticidad dado que el tiempo de aplicación de la carga que ejercen las llantas al pavimento es muy pequeño”. (Figueroa, 2005)

II.1.5.4 Comportamiento del pavimento.

El comportamiento del pavimento conlleva un comportamiento funcional, estructural y de seguridad. La guía de diseño se enfoca en el comportamiento funcional y estructural. La información pertinente a la seguridad, puede ser encontrada en publicaciones de NCHRP, FHWA y AASHTO. (Figueroa, 2005)

“Un aspecto importante de la seguridad, es la resistencia friccionante provista por la relación pavimento/llanta”. (Figueroa, 2005)

El comportamiento estructural del pavimento está relacionado a la condición física (fracturas por fatiga y ahuellamiento en pavimentos flexibles), fallas en juntas y losas agrietadas para pavimentos rígidos con juntas u otras condiciones que afecten la capacidad de carga en la estructura del pavimento o requerimientos de mantenimiento). Todos estos tipos de fallas pueden ser directamente pronosticadas y usan conceptos mecanicistas. (Figueroa, 2005)

Por otra parte, el comportamiento funcional del pavimento se relaciona al estado del pavimento y al servicio que presta a los usuarios con esas características. “Se debe hacer notar que una geometría adecuada es asumida para la velocidad de diseño. La

comodidad al manejar o la calidad de la carretera es la característica dominante del comportamiento funcional”. (Figuroa, 2005)

En la nueva guía de diseño el indicador del comportamiento funcional escogido es la rugosidad del pavimento que es representado por el IRI. El IRI fue adaptado como una medida estándar de la rugosidad por las siguientes razones: (Figuroa, 2005)

“El IRI es constante en el tiempo y como estadística computada de perfiles de carreteras, puede ser fácilmente presentado por datos de elevación”. (Figuroa, 2005)

“La correlación entre el IRI y otras medidas de la rugosidad son constantemente altas a varias velocidades”. (Figuroa, 2005)

“El IRI ha sido demostrado para buenos correlativos con paneles de clasificación de serviciabilidad”. (Figuroa, 2005)

El concepto del comportamiento de la rugosidad está basado en las siguientes presunciones:

Las carreteras son para la conveniencia y comodidad de los usuarios en general y esto es posible solamente a través de pavimentos lisos. (Figuroa, 2005)

Comodidad y calidad de rodadura, aunque subjetivo, puede estar relacionado exactamente a los perfiles de pavimentos medidos. (Figuroa, 2005)

La rugosidad medida, es el factor dominante en el pronóstico de la serviciabilidad y en comportamientos basados en la serviciabilidad definidos en las pruebas AASHO. (Figuroa, 2005)

Determinados deterioros del pavimento pueden ser medidos objetivamente y relacionados a la rugosidad. (Figuroa, 2005)

II.1.5.5 Caracterización del tráfico.

Se consideran circulación de camiones cargados en términos de ejes de espectro de carga. Se consideran espectros de carga para ejes simples, tandem, tridem y cuadrangulares. El enfoque de ESAL ya no es más utilizado como un dato de entrada directa en el diseño. En pocos casos, los espectros de carga serán convertidos en ESAL's internamente dentro del software como manera de hacer uso de modelos matemáticos previos que no los han convertido a una base de espectros de carga. El software usa el número de vehículos pesados como un indicador global de la magnitud de la carga del tráfico de vehículos FHWA clase 4 en adelante. (Figueroa, 2005)

En resumen, estas normas abarcan las especificaciones de los materiales, métodos de comprobación y especificaciones para probar equipo para los mismos, lo regulado en estas normas tienden a ser flexibles, en base a las necesidades y características de los materiales locales, no así para los materiales fabricados. (Figueroa, 2005)

Los niveles de jerarquía de los datos del tránsito son:

Nivel 1: Aproximación recomendada para altos volúmenes de vías, requieren la reunión y análisis de datos de tráfico específicos del sitio, e incluyen conteos vehiculares por clase, por dirección y carril. La distribución de los espectros de carga es desarrollada para cada clase de vehículo desde los datos colectados de los pesos por eje. Los volúmenes de tráfico por clase de vehículo, son pronósticos para el período de análisis de diseño y los espectros de carga desarrollados para cada clase son usados para estimar las cargas por ejes. (Figueroa, 2005)

Nivel 2: Es similar al nivel 1, se requieren sitios específicos de datos de volumen y clasificación. Sin embargo, la distribución de los espectros de carga para cada clase de vehículo por estado o región podrían ser usados para estimar cargas a través del período de análisis de diseño. (Figueroa, 2005)

Nivel 3: Proveería datos de espectros de carga por defecto para específicas clases de carreteras funcionales. El diseñador aplica estos valores por defecto para habilitar o estimar datos de volúmenes de vehículos. (Figueroa, 2005)

II.1.5.6 Caracterización de los materiales para pavimentos.

Figueroa, (2005), señala que los parámetros necesarios para el proceso diseño de los materiales podrían ser clasificados en uno de los tres mayores grupos:

Modelo de respuesta del pavimento de la entrada de datos de los materiales. (Figueroa, 2005)

Criterios de deterioro relacionados a los materiales del pavimento. (Figueroa, 2005)

Otras propiedades de los materiales. (Figueroa, 2005)

El modelo de respuesta del pavimento de la entrada de datos de los materiales, se relaciona al módulo de Poisson, usado para caracterizar el comportamiento de las capas en el modelo específico. Los parámetros de los materiales asociados con los criterios de deterioro del pavimento, normalmente son vinculados hacia algunas medidas de esfuerzo del material (esfuerzo de corte, esfuerzo de compresión, módulo de ruptura) o hacia algunas manifestaciones de los efectos de deterioro real (deformación por repetición de cargas permanentes, falla por fatiga en materiales de concreto). (Figueroa, 2005)

“Y en otras propiedades de los materiales, se asocia a propiedades especiales requeridas para la solución de diseño. Ejemplos de esta categoría son la expansión térmica y el coeficiente de contracción para el concreto y mezclas asfálticas”. (Figueroa, 2005).

Todos los materiales para pavimentos han sido clasificados en:

Granulometría densa, mezcla en caliente de concreto asfáltico (HMA). (Figueroa, 2005)

Granulometría abierta, materiales para bases permeables tratadas con asfalto (ATPB). (Figueroa, 2005)

Mezcla de asfalto en frío (CMA). (Figueroa, 2005)

Concreto de cemento Pórtland (PCC). (Figueroa, 2005)

Bases tratadas con cemento (CTB) y materiales para bases de concreto delgadas. (Figueroa, 2005)

Granulometría abierta, materiales para bases permeables tratadas con cemento (CTPB). (Figueroa, 2005)

Materiales para agregados de base (AB) no estabilizadas. También referido como agregados de base granular (GAB) o de agregado grueso (CA). (Figueroa, 2005)

Limos modificados o capas de limos estabilizados. (Figueroa, 2005)

Suelo de subrasante. (Figueroa, 2005)

Lecho de rocas. (Figueroa, 2005)

La caracterización de la entrada de datos se define en 3 niveles:

Nivel 1: Requerimientos de laboratorio ó Pruebas de campo. (Figueroa, 2005)

Nivel 2: Usan correlaciones con pruebas disponibles. (Figueroa, 2005)

Nivel 3: Valores Prefijados. (Figueroa, 2005)

II.1.5.7 Aplicabilidad de las normas para caminos rurales

Las especificaciones técnicas para la construcción de caminos rurales en Guatemala, surgen como respuesta a una necesidad que existe en este campo de la construcción. Desde hace mucho tiempo y en especial ahora, existen instituciones gubernamentales y privadas, nacionales e internacionales que se dedican a ese campo constructivo, y hacen urgente la necesidad de contar con instrumentos que además de normalizar la ejecución de caminos rurales, se interese en la protección y mejoramiento del ambiente, en consideración con los diferentes impactos benéficos y adversos de proyectos de este tipo. (Figueroa, 2005)

Estas especificaciones, cumplen con dos objetivos, el primero consiste en regular las actividades de construcción de caminos rurales de modo que éstos puedan ser recepcionados por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, y sean asignados a los renglones presupuestarios respectivos y figurar en el inventario vial nacional, y garantiza así, el mantenimiento preventivo y correctivo correspondiente. (DGC, 2002).

El segundo objetivo, consiste en el desarrollo de proyectos compatibles con el ambiente, pues está demostrado que resulta menos onerosa la construcción y el mantenimiento de Caminos Rurales que no destruyan el medio. (DGC, 2002).

La aplicabilidad de normas para caminos rurales comprende:

II.1.5.7.1 Diseño geométrico

Las características para el diseño geométrico de los caminos rurales son:

a. Especificación 1.01 Velocidad de diseño. “Esta disminuye conforme el terreno cambia en su topografía. Se han determinado velocidades de 40, 30 y 20 kilómetros por hora para caminos ubicados en terrenos plano, ondulado y montañoso, respectivamente”. (DGC, 2002).

b. Especificación 1.02 Pendiente. “La pendiente máxima para una velocidad de diseño de 40 km/hora es 6%, con una pendiente gobernadora de 4%; en terreno ondulado de 8%, con gobernadora de 5% y en terreno montañoso de 12%, con gobernadora de 7%”. (DGC, 2002).

La pendiente máxima permisible, debe aplicarse únicamente en tramos no mayores de 100 metros de longitud, a menos que no haya otra solución. (DGC, 2002).

Corresponde entonces empedrar la superficie de rodadura, con el objeto de evitar que los vehículos resbalen, principalmente cuando la capa se encuentra húmeda y se trate

de una zona en general lluviosa. “El empedrado deberá juntarse con cemento para pendientes mayores de 8%”. (DGC, 2002).

c. Especificación 1.03 Curvatura. “El grado máximo de curvatura tiene un valor de carácter limitativo y su utilización no es rutinaria porque llevaría a proyectos de baja calidad”. (DGC, 2002).

Al contar con varias alternativas de trazo, se debe escoger a la que sin elevar los costos de construcción, permita aplicar menores grados de curvatura, sin olvidar que el incremento de costos, con el decremento de los radios de las curvas. (DGC, 2002).

d. Especificación 1.04 Bombeo. “Es la pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia ambos lados del eje, su función es evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodadura”. (DGC, 2002).

Un bombeo adecuado permite el drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente. Esto requiere una pendiente transversal de 3% a 5% hacia ambos lados del eje tangente para tramos rectos y en un solo sentido en las curvas o la que resulte según la sobreelevación. (DGC, 2002).

e. Especificación 1.05 Sobreelevación. “La sobreelevación máxima en las curvas horizontales es 10%”. (DGC, 2002).

f. Especificación 1.06 Curvas verticales. “La longitud mínima de curvas verticales es de dos estaciones de 20 metros”. (DGC, 2002).

Como los caminos rurales son de un solo carril y la curvatura vertical en cresta está dada en función de la visibilidad, distancia de frenado, etc. la aplicación de normas rígidas podría encarecer el costo, por lo que, para el proyecto de curvas verticales, se debe tener en cuenta la razonable seguridad. (DGC, 2002).

g. Especificación 1.07 Tránsito promedio diario. “Las especificaciones dadas permiten un tránsito hasta de 100 vehículos diarios”. (DGC, 2002).

h. Especificación 1.08 Secciones típicas. “Los elementos que integran la sección típica son: corona, cunetas y taludes”. (DGC, 2002).

i. Especificación 1.09 Corona. Superficie comprendida entre las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas de un corte. (DGC, 2002).

El ancho de 4 metros de la corona no permite el cruce o rebase de vehículos, entonces, para evitar accidentes de tránsito, así como para propiciar el adecuado parqueo, maniobras de rebase o cruce, es necesario proyectar ensanchamientos a la corona con un ancho, longitud y distancia razonables, cuyo espaciamiento se determina según lo accidentado del terreno, la visibilidad y el volumen de tránsito. (DGC, 2002).

II.1.5.7.2 Limpia, chapeo y destronque

a. Especificación 2.01 Operaciones previas a la iniciación de los trabajos.

Son las operaciones de chapeo, tala, destronque, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que estén dentro de los límites del derecho de vía y en las áreas de bancos de préstamo, excepto la vegetación que sea designada para que permanezca en su lugar preservándola, o que tenga que ser removida de acuerdo a las disposiciones especiales o los planos. (DGC, 2002).

b. Especificación 2.02 Supervisión. “El supervisor de la obra debe designar los límites del área del derecho de vía que debe ser limpiada, chapeada y destroncada”. (DGC, 2002).

Al ubicar árboles en el proyecto, estos deben botarse hacia el centro del área a limpiar, a fin de que no dañen las propiedades adyacentes o los árboles que deben permanecer en su lugar. (DGC, 2002).

c. Especificación 2.03 Colocación de vegetación.

Con el objeto de evitar la erosión, el supervisor de la obra ordenará qué vegetación deba permanecer en su lugar, dentro de los límites del derecho de vía, pero fuera del área de construcción; así mismo, puede ordenar la

preservación de árboles u otra vegetación que estén fuera del área de construcción. (DGC, 2002).

II.1.5.7.3 Balastro

a. Especificación 3.01 Calidad. Corresponde a un material selecto colocado sobre la subrasante, su función es proteger la subrasante, por lo que debe ser de calidad uniforme y sin residuos como raíces o cualquier material perjudicial. Esta debe cumplir con las siguientes especificaciones: (DGC, 2002).

Tamaño máximo del agregado: del espesor de la capa de rodadura 7.5 cms.

Valor soporte: AASHTO T193 (CBR) > 90%, AASHTO 190 R > 85

Límite líquido (LL)

Índice de Plasticidad. (IP) (DGC, 2002).

b. Especificación 3.02 Suministro, transporte y colocación. “Este trabajo consiste en el suministro, transporte y colocación del material con la humedad requerida; conformación y compactación de una capa de balastro, de acuerdo con el espesor total mostrado en la sección típica”. (DGC, 2002).

c. Especificación 3.03 Compactación. Comprende el incremento artificial de su peso específico seco, por medios mecánicos. “Es una de las formas más importantes, simples, eficientes y de mínimo costo para mejorar las propiedades del material y la resistencia de suelos”. (DGC, 2002).

Cuando se logra un 90-100% de densidad (del AASHTO T-99 Proctor estándar densidad máxima), como función del número de pasadas con el equipo de compactación, se nota un mejoramiento (aumento) significativo en la densidad (el peso unitario) en una gama de tipos de suelo; usualmente la resistencia de suelo o material es proporcional a la densidad. (DGC, 2002).

d. Especificación 3.04 Cuidado. “Conforme se termina de construir la subrasante, debe colocarse la capa de balasto: no debe dejarse sin cubrir la subrasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros”. (DGC, 2002).

El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 ni mayor de 250 milímetros. (DGC, 2002).

II.1.5.7.4 Taludes

a. Especificación 4.01 Erosión. Entre los factores que aumentan la erosión del suelo y la sedimentación de vías acuáticas asociadas a caminos rurales están los taludes de corte/rellenos despojados de su cubierta vegetal durante la construcción y no restaurada, por lo que la revegetación y estabilización de taludes inmediatamente después de terminado el camino es una tarea que no debe descuidarse. (DGC, 2002).

La estabilidad de los taludes de corte y relleno, son importantes para reducir los costos de mantenimiento e impactos en el ambiente. Los deslizamientos en cortes, obstruyen los drenajes superficiales, particularmente donde el camino tiene un peralte hacia adentro con cunetas en el mismo lado. Los tipos de deslizamientos incluyen caída de rocas, deslizamiento traslacional y rotacional, deslizamiento o flujo de detritos, flujo de lodo, falla de rellenos y otros. (DGC, 2002).

b. Especificación 4.02 Relación de taludes. “Los taludes de gran altura en roca sólida y masiva, sedimento bien cementado o depósitos volcánicos soldados son estables en cortes de $\frac{1}{4}:1$ a $\frac{1}{2}:1$, o hasta casi vertical”. (DGC, 2002).

Las excavaciones de grandes alturas deberían ser construidas con plataforma (terrazas) de 3 a 5 metros de ancho y de 8 a 15 metros de alto, para seguridad en caso de deslizamiento y caída de roca. (DGC, 2002).

En los taludes de roca fracturada o erosionada en laderas la relación debe de ser de $\frac{1}{2}:1$ a $\frac{3}{4}:1$. La mayoría de los suelos no se mantendrán firmes y estables con cortes verticales que excedan alturas de 1 a 3 metros a menos con

materiales cementados o de una mezcla de suelo residual y roca intemperizada con una cohesión moderada. (DGC, 2002).

“En taludes de poca altura de 2 a 3 metros, las laderas deberán ser excavadas con relación de 2:1 o más planas inicialmente para promover la estabilización vegetal y aprovechar el área”. (DGC, 2002).

c. Especificación 4.03 Estabilización de taludes y control de erosión con vegetación. “La estabilización de taludes con vegetación es muy recomendada en los proyectos de caminos rurales por su efectividad y bajo costo”. (DGC, 2002).

Las ventajas del uso de estos métodos para estabilizar taludes son: a) bajos costos iniciales, b) requieren mucha mano de obra, c) son visualmente agradables, d) utiliza sistemas naturales y biológicos y e) requiere menos mantenimiento a largo plazo. Los métodos vegetativos pueden ser utilizados conjuntamente con otros métodos físicos, tales como contrafuertes de roca o gaviones, rellenos y taludes reforzados. (DGC, 2002).

d. Especificación 4.04 Estabilización de taludes y control de erosión por métodos físicos. “El control de erosión ha sido tradicionalmente realizado por una combinación de medidas físicas y vegetativas”. (DGC, 2002).

Las medidas físicas son utilizadas para el control de erosión en proyectos de construcción de caminos rurales y muchas actividades que perturban la tierra. (DGC, 2002).

e. Especificación 4.04 (1) Métodos que controlan o dirigen el agua. “Estos incluyen estructuras de control de drenaje como diques, canales de desagüe, drenajes revestidos, diques de contención, fardos de heno, protector de sedimento, barreras vegetativas”. (DGC, 2002).

f. Especificación 4.04 (2) Métodos que proveen protección de superficie contra la erosión. “Las medidas de protección de superficie incluyen coberturas de suelo, tales

como paja, grava, piezas de madera, cobertura retenedora de humedad, una amplia variedad de mallas, cubierta de plástico, etc”. (DGC, 2002).

g. Especificación 4.04 (3) Métodos que modifican el suelo. Estas pueden cambiar la superficie del suelo para hacer el material más resistente a la erosión; lo cual abarca un proceso de compactación, uso de estabilizadores y selladores de suelo. (DGC, 2002).

h. Especificación 4.05 Estabilización de taludes por métodos biotecnológicos. “La aplicación de medidas biotecnológicas para estabilizar pendientes y para controlar erosión en proyectos, ha sido practicada en diversos países durante muchos años”. (DGC, 2002).

La bioingeniería de suelos combina los conceptos ecológicos, biológicos y mecánicos para contrarrestar y prevenir erosión y fallo somero en los taludes. (DGC, 2002).

“Estas prácticas involucran el uso de la materia viva por si sola para formar estructuras o usada conjuntamente con estructuras muertas, tales como cribado, zampeado y paredes de roca para crear una estructura compuesta”. (DGC, 2002).

Las soluciones biotécnicas son apropiadas para afrontar una gama amplia de problemas de erosión, así como también aplicaciones de construcción, particularmente para caminos rurales; tales aplicaciones incluyen protección contra la erosión de superficie, deslizamientos menores, estabilización de taludes de corte y relleno, protección de terraplén, estructuras para estabilización del nivel de drenaje, estabilización de canales y orillas de riberas y reparación y control de cárcavas. (DGC, 2002).

Los materiales usualmente utilizados son: suelo nativo, rocas, madera o troncos y vegetación; cuando se necesita usar materiales más rígidos, se usa concreto, gaviones, muro cribado o alcantarillas. (DGC, 2002).

i. Especificación 4.05 (1) Estacas vivas. Estas involucran la siembra y el apisonamiento de trozos de tallos leñosos o semi-leñosos para hacerlos arraigar y

formar una planta nueva. “Un sistema o patrón de estacas puede crear una masa de raíces vivas que estabilizan el suelo lo refuerza y fija las partículas de suelo”. (DGC, 2002).

j. Especificación 4.05 (2) Bultos de ramas. Consisten en fajos largos de ramas cortas amarradas que se entierran en zanjas someras a lo largo de un talud, sobre el contorno, para arraigar y estabilizar el mismo. “Esta técnica brinda una protección contra el fallo de corte de 0.5 a 1 metro de profundidad, así como también, reducen la erosión superficial y de los canales”. (DGC, 2002).

k. Especificación 4.05 (3) Capas de ramas. Es un procedimiento parecido al anterior, con la diferencia que en este caso las ramas se deben orientar de forma perpendicular al talud para lograr mejores resultados; las capas de ramas ofrecen un refuerzo somero a lo largo del talud, y reducen la superficie sin protección expuesta a la erosión. (DGC, 2002).

“Esta técnica puede ser utilizada conjuntamente con geo-rejilla para brindar estabilización somera y profunda en los taludes, las ramas, aunque no estén arraigadas ofrecen un refuerzo y control de erosión óptimo casi inmediato después de la construcción”. (DGC, 2002).

l. Especificación 4.05 (4) Recortes de ramas. “Consiste en alternar capas de recortes vivos con rellenos compactos para reparar pequeños asentamientos localizados y áreas desgastadas; es parecido a la técnica anterior, pero hecho en áreas más localizadas y de una manera menos sistemática”. (DGC, 2002).

m. Especificación. 4.05 (5) Reparación de cárcava con vegetación. Consiste en alternar capas de los recortes vivos de ramas y suelo compactado para reparar pequeñas cárcavas o canales. “Las cárcavas deben ser menos de un metro de ancho y relativamente cortas; este método es parecido al recorte de ramas, pero se usa para la reparación de formaciones lineales”. (DGC, 2002).

n. Especificación 4.05 (6) Muro cribado vivo. Consiste de una cavidad en forma de caja, hecha de trozos de madera sin tratamiento, entrelazados. “La estructura se llena con material de relleno apropiado y capas de recortes vivos de ramas que se arraigarán adentro y detrás del muro cribado”. (DGC, 2002).

“Una vez los recortes vivos se arraigan y se establecen, la vegetación con su sistema radicular gradualmente asume la función estructural de los trozos de madera”. (DGC, 2002).

o. Especificación 4.05 (7). Gaviones con vegetación. Consisten en una serie de recipientes de acero galvanizado; colocados en los gaviones, unidos uno al otro, los cuales se conforman de piedra; posteriormente se colocan recortes vivos de ramas para que puedan arraigarse dentro de los gaviones y en el suelo detrás de las estructuras, con el tiempo mientras las ramas desarrollan y crecen, sus raíces anclarán la estructura del talud. (DGC, 2002).

p. Especificación 4.05 (8) Muro de roca con vegetación. Es el uso de recortes vivos de ramas para aumentar la capacidad de estabilización de estructuras de roca, como paredes hasta una altura de 2 metros. “Esta técnica en si no es diseñada para resistir cargas laterales grandes, sin embargo, puede ser utilizada con estructuras más grandes o alrededor de ellas para proveer algún soporte adicional, siempre que el diseño básico de esas estructuras sea adecuado”. (DGC, 2002).

q. Especificación 4.05 (9) Vegetación sembrada entre piedras. Consiste en insertar la siembra en los espacios libres del zampeado en un talud con trozos de tallos leñosos, semi-leñosos y herbáceos para hacerlos arraigar y formar nuevas plantas; los recortes vivos pueden ser apisonados en el lugar al mismo tiempo que se aplique el zampeado. (DGC, 2002).

II.1.5.7.5 Estructuras de mampostería

a. Especificación 5.01 Definición. “Son las estructuras formadas por piedras labradas o no labradas unidas con mortero, que se utilizan para construir cajas y cabezales de alcantarillas, muros de protección y retención, pilas y estribos de puentes”. (DGC, 2002).

b. Especificación 5.02 Materiales. La piedra puede ser canto rodado o material de cantera labrado o no. La piedra debe ser dura, sana, libre de grietas u otros defectos estructurales que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie. (DGC, 2002).

Las superficies de las piedras deben estar exentas de tierra, arcilla o cualquier materia extraña, que pueda obstaculizar la perfecta adherencia del mortero; las piedras pueden ser de forma cualquiera y sus dimensiones pueden variar de 10 a 20 centímetros y de 20 a 30 centímetros. El mortero debe estar formado por una parte de cemento portland y por tres partes de agregado fino. (DGC, 2002).

II.1.5.7.6 Gaviones

a. Especificación 6.01 Definición. “Son estructuras formadas por un receptáculo de malla de alambre relleno de material pesado y resistente, contruidos de tal manera que mantienen una forma definida, de consistencia sólida y flexible”. (DGC, 2002).

b. Especificación 6.02 Calidad de los materiales. “La malla debe ser de alambre galvanizado de 2.0, 2.4 y 3.0 milímetros de diámetro o de calibres equivalentes o de mayor espesor”. (DGC, 2002). El material de relleno puede ser cantos rodados, material de cantera o material de desechos, pero tienen siempre el cuidado de no usar material deleznable, que contenga óxido de hierro, de excesiva alcalinidad o compuestos salinos, cuya composición pueda atacar al alambre de la malla. (DGC, 2002).

Corrientemente la forma de los receptáculos de malla es prismática o cilíndrica, el enrejado es de triple torsión, en forma de hexágono alargado en el sentido de una de sus diagonales. El material de relleno debe tener una dimensión mínima del doble o más de la dimensión máxima del enrejado; se debe colocar siempre el material de menor dimensión hacia el centro del receptáculo y el de mayor dimensión junto a la malla. (DGC, 2002).

II.1.5.7.7 Muros o rellenos de piedra

a. Especificación 7.01 Definición. Estructuras formadas de piedras unidas, sin uso de mortero, acomodadas entre sí. “La forma de los muros o rellenos de piedra puede ser: regular o irregular, pero siempre de consistencia sólida y rígida”. (DGC, 2002).

b. Especificación 7.02 Materiales. La piedra puede ser canto rodado, material de cantera o material de desechos adecuado, pero tienen siempre el cuidado de no usar material deleznable, recubierto de grumos o terrones de arcilla; las piedras pueden ser de cualquier forma y sus dimensiones pueden variar, la menor de 10 a 30 centímetros y la mayor de 20 a 50 centímetros. (DGC, 2002).

c. Especificación 7.03 Colocación. La colocación de las piedras debe ser pareja, para lograr una estructura consistente, así mismo, las de mayores dimensiones deben quedar en la base o parte inferior del muro o relleno de piedra, a continuación, colocar hacia arriba consecutivamente las piedras de dimensiones menores. (DGC, 2002).

II.1.5.7.8 Drenajes

“El sistema de drenaje es el aspecto más importante en el diseño y construcción de caminos por el impacto ambiental, costo de construcción, mantenimiento y reparación”. (DGC, 2002).

Los principios para un sistema de drenaje para caminos son elementales, sin embargo, no son ampliamente dominados. Los factores climatológicos y de suelo son los que determinan el diseño del sistema de drenaje e influyen en la erodabilidad del sitio, los estudios de campo deberían tomar en cuenta los conocimientos de la gente de la zona. (DGC, 2002).

Los objetivos básicos más importantes para el drenaje son:

- Trasladar de forma segura la cantidad de descarga que cruce el camino. (DGC, 2002).
- Remover el agua hacia la superficie, sin alterar el camino y su estructura. (DGC, 2002).
- Prevenir impactos negativos al ambiente. (DGC, 2002).
- Reducir los cambios al patrón de drenaje natural. (DGC, 2002).
- Disminuir la velocidad del agua y la distancia que esta deba recorrer. (DGC, 2002).
- Remover el agua subterránea que se encuentre, cuando sea necesario. (DGC, 2002).

a. Especificación 8.01 Drenaje superficial (cunetas). Consiste en una zanja de triangular cuya función es encausar el agua que escurre de la superficie del camino debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes; estas son construidas paralelamente al eje del camino y se aloja a partir de la corona. (DGC, 2002).

Cuando se trata de una sección en balcón solamente se construye la cuneta del lado del corte; en caso sea necesario se construirán cunetas a ambos lados de la corona; las cunetas deberán estar revestidas y con disipadores de energía cuando la pendiente sea mayor del 12%; generalmente no se construyen en curvas y laderas, pues basta con dejar el bombeo hacia un solo lado. (DGC, 2002).

b. Especificación 8.02 Contracunetas. Consisten en canales construidos en lugares precisos, para interceptar el agua que escurre hacia el camino para evitar que se dañen los taludes de la superficie de rodamiento. “Debe procurarse que la pendiente sea suave y uniforme y que su trazo no tenga cambios bruscos. Las dimensiones de las contracunetas pueden variar de acuerdo a la cantidad de agua que se recolecte”. (DGC, 2002).

c. Especificación 8.03 Alcantarillas. Existe una gran gama de estructuras de drenaje y alcantarillas apropiadas para cruzar drenajes naturales, drenar las superficies de caminos y cunetas; incluyen tubos redondos y ovalados, alcantarillas de caja, arcos de bóvedas, y otros. (DGC, 2002).

En el Departamento Técnico de Ingeniería de la Dirección General de Caminos se cuenta para consulta con detalle estructural para bóvedas con un área de descarga desde 5 metros hasta 26 metros cuadrados y relleno máximo de 9 metros, las cuales pueden ser utilizados en caminos rurales. (DGC, 2002).

d. Especificación 8.04 Badenes. Esta estructura se usa para drenar la superficie de caminos que evita el uso de travesías de tubo y permite acomodar el tránsito de vehículos de una velocidad moderada. (DGC, 2002).

Los badenes son relativamente económicos de construir y muy efectivos para sacar el agua de la superficie; pueden ser una alternativa económica en relación a la construcción de puentes o tuberías para cruzar arroyos o quebradas en una variedad de localizaciones; las opciones incluyen vados, badenes, travesías mejoradas, alcantarillados y puentes sumergibles. (DGC, 2002).

II.1.5.3.9 Mantenimiento

El mantenimiento de caminos de manera frecuente es esencial, para que funcione de acuerdo al diseño; los drenajes deben ser periódicamente nivelados y limpiados, así como la superficie debe ser reconfirmada para quitar huellas de rodadura y material deslizante. (DGC, 2002, p 25-58). El mantenimiento periódico involucra lo siguiente:

Nivelación de la superficie del camino para quitar el material deslizante y reducir al mínimo la pérdida de material de revestimiento. (DGC, 2002).

Nivelación profunda del camino para eliminar baches y rodaduras y para reponer el material de revestimiento que se ha dispersado. (DGC, 2002).

Eliminación de secciones fangosas llenándolas con grava o con el material de buena calidad. (DGC, 2002).

Limpieza y reparación de alcantarillas y estructuras de entrada y salida de cunetas. (DGC, 2002).

Reposición necesaria de zampeado, revestimiento y medidas de control de erosión alrededor de las estructuras de drenaje. (DGC, 2002).

Nivelación y conformación de la superficie del camino para mantener una adecuada corona y patrones de drenaje de la superficie. (DGC, 2002).

Remoción de camellones laterales y redefinición de drenajes transversales (badenes y desviadores de agua) para evitar que el agua se estanque en la superficie del camino. (DGC, 2002).

Limpieza y reparación de la superficie de los puentes, barandales, bases, estribos y canal. (DGC, 2002).

Limpieza y reparación de áreas de deslaves, contrafuertes, muros de contención y otras estructuras. (DGC, 2002).

Limpieza de la orilla del camino de árboles y arbustos para mantener la distancia visual y limpiar las cunetas. (DGC, 2002).

Mantenimiento y reemplazo de señalización. (DGC, 2002).

Algunas actividades de mantenimiento, sin embargo, pueden ser contraproducentes si se hacen excesivamente, particularmente con respecto al control de erosión, por ejemplo, las actividades de limpieza de las cunetas, hombros y taludes con los cuales se remueve la cobertura vegetal de la superficie, pueden promover erosión de suelos y degradar la calidad del agua. (DGC, 2002).

Entre las principales actividades de mantenimiento se tienen las siguientes:

- a. Especificación 10.01 Limpia y chapeo del derecho de vía y taludes. La limpieza del derecho de vía y taludes es un proceso importante, ya que permite distribuir toda la vegetación que está a orillas de la carretera, esta limpieza debe ser selectiva con el fin de no cortar especies agradables al viajero o que tengan un valor ecológico. (DGC, 2002).
- b. Especificación 10.02 Limpieza de tuberías cabezales y cunetas. Esta práctica sirve para aumentar la vida de la carretera, y evitar el escurrimiento de agua en puntos que no sean los seleccionados y causen destrucción o erosión en laderas que forman cárcavas difíciles de manejar. (DGC, 2002).
- c. Especificación 10.03 Bacheo y bancos de material. Las labores de relleno permiten tener un camino en buen estado, de tal manera que se reduzcan los costos de operación de los vehículos y la emisión de gases tóxicos a la atmósfera, por lo que el relleno es muy importante. “Para la extracción del material utilizado para tal fin debe evitarse que sea de áreas protegidas o susceptibles. Debe evitarse la destrucción de vegetación que cubra estos bancos de material”. (DGC, 2002).
- d. Especificación 10.04 Compactación de relleno. “El material empleado para relleno de baches debe quedar bien compactado para evitar que el mismo sea removido por los vehículos o por acción del agua”. (DGC, 2002). Es recomendable el empleo de equipo de compactación pequeño. (DGC, 2002).
- e. Especificación 10.05 Mantenimiento de vegetación y estructuras. Es usual que durante la construcción de los proyectos y dentro de las medidas de compensación ambiental se siembre vegetación y se coloque estructuras de seguridad humana a los usuarios de los proyectos. Ambas deben tener mantenimiento. (DGC, 2002).

f. Especificación 10.06 Manejo de basuras. Es importante tomando en cuenta que algunos puntos en la orilla de la carretera, son utilizados como basureros clandestinos.

Otra situación es que los usuarios de los caminos botan basura en los hombros del camino rural y al efectuar la limpieza esta se traslada a otro sitio en donde nuevamente causa problemas, la basura debe ser llevada a un relleno sanitario o a un depósito autorizado. Si como es usual no existe ninguna de estas posibilidades es necesario que se seleccione un sitio para tal fin y se haga uso del mismo y evitar daño al medio ambiente. (DGC, 2002).

II.1.5.3.10 Especificaciones técnicas ambientales

a. Especificación 11.01 Protección de la vegetación. El contratista protegerá toda la vegetación (árboles, arbustos, grama) y las áreas adyacentes al mismo, que no necesitan ser removidas o que no interfieran razonablemente con la ejecución de la obra, en el sitio de trabajo. “El contratista eliminará los árboles y arbustos únicamente cuando le sea autorizado, por la autoridad forestal del país (Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Municipalidades)”. (DGC, 2002).

En caso de que haya necesidad de remover especies vegetales que formen parte del “Listado de Especies Amenazadas” emitida por el CITES, se deberá informar al supervisor de la obra y hacer los trámites para la obtención de los permisos correspondientes. Especificación para zonas de amortiguamiento de áreas protegidas. Las operaciones dentro de las zonas de amortiguamiento en áreas protegidas no podrán realizarse sin la obtención previa del respectivo permiso del CONAP. El Contratista está obligado a no dañar las áreas que sean zonas de amortiguamiento. (DGC, 2002).

b. Especificación 11.02 Protección de la fauna. “Se prohíbe la caza de animales silvestres y la extracción de la fauna”. (DGC, 2002).

c. Especificación 11.03 Ruido. En áreas que tengan viviendas no se podrán ejecutar trabajos que generen ruidos mayores de 80 dBA, entre las ocho de la noche (20 horas)

y seis de la mañana (6 a.m.). “El Contratista debe proporcionar protectores de audición a sus empleados, cuando estén expuestos a sonidos fuertes (mayores de 80 dBA) y deberá exigirles el uso de los mismos”. (DGC, 2002).

d. Especificación 11.04 Desechos sólidos. Los desechos no deben ser arrojados en suelos, ríos ni áreas naturales. “El Contratista debe tomar las medidas necesarias respecto a los depósitos de desechos sólidos, para evitar la erosión, la contaminación química y física de los suelos y los cuerpos de agua”. (DGC, 2002).

e. Especificación 11.05 Productos y desechos de petróleo. De igual manera está prohibido el vertimiento de aceites, combustible, kerosene u otros productos de petróleo y químicos en el suelo, agua subterránea y superficial, así como en los sistemas de recolección de aguas servidas si existieran, sin previa separación de los contaminantes (instalación de los separadores de aceite y petróleo). (DGC, 2002).

Se deberán recoger los desechos de productos de petróleo, según su composición química en recipientes seguros, que tendrán la rotulación respectiva que indican su contenido. Los recipientes de combustible y lubricantes deben ser instalados en tal forma que no causen ningún peligro ni contaminación. (DGC, 2002).

f. Especificación 11.06 Taller mecánico. “El área del taller mecánico deberá tener un piso impermeable para impedir la entrada de sustancias de petróleo al suelo. Las pendientes deberán concurrir hacia colectores y finalizar en un separador de sustancias de petróleo”. (DGC, 2002).

g. Especificación 11.07 Campamentos. El Contratista evitará establecer campamentos cerca de los ríos o fuentes de agua superficial. “Los desechos domésticos del campamento recibirán un tratamiento previo antes de la descarga”. (DGC, 2002).

Los desechos sólidos tales como basura, etc., deberán ser colocados en un depósito destinado para este fin. Después del abandono, el área del campamento deberá ser integrada nuevamente al paisaje natural. En caso de

que las medidas a implementar no se describan en detalle, el supervisor de la obra indicará cuales deben tomarse. (DGC, 2002).

h. Especificación 11.08 Banco de materiales. Los bancos de materiales de cortes de montaña, deberán protegerse por canaletes y trampas de sedimentación, para disminuir los impactos de este sobre los ríos. (DGC, 2002).

“Después del abandono, deberán deshacerse las estructuras levantadas en los ríos. Después del abandono el contratista realizará medidas de integración, reconformación y revegetación”. (DGC, 2002).

Si no hay mayores indicaciones en las especificaciones las medidas de compensación comprenderán:

Considerar en el terreno una pendiente para facilitar una escorrentía regular del agua superficial y evitar estancamientos. (DGC, 2002).

Crear barreras de sedimentación en caso de erosión. (DGC, 2002).

La remoción de la tierra hasta una profundidad de 25 cm. (DGC, 2002).

La fertilización de la tierra con material orgánico. (DGC, 2002).

Sembrar arbustos y árboles pioneros. (DGC, 2002).

El cierre de la entrada al sitio del banco. (DGC, 2002).

i. Especificación 11.09 Ampliación de la plataforma existente (ancho de terracería). (DGC, 2002). Al existir necesidad de realizar ampliación al camino existente, el contratista tomará las siguientes medidas:

Evadir la destrucción vegetal y la excavación de la misma dentro y fuera del derecho de vía; (DGC, 2002).

Preservar árboles de gran valor genético, ecológico o paisajístico, estos serán identificados y marcados por el Instituto Nacional de Bosques (INAB); (DGC, 2002).

Los suelos orgánicos removidos, deberán conservarse para utilizarlos posteriormente en la recomposición de la cobertura vegetal; (DGC, 2002).

Los cortes del terreno deben ser diseñados adecuadamente para que no queden expuestos a erosión. (DGC, 2002).

j. Especificación 11.10 Taludes y cunetas. Los taludes y cunetas deben ser estables, no estar expuestos a erosión, desplazamientos en el corto o largo plazo. Para ello se deben tener medidas de protección apropiadas (pendiente, revestimiento con materiales constructivos o cobertura vegetal). “Para proteger los terrenos independientemente de sus alturas se establecerá una cobertura vegetal permanente (gramíneas, plantas rastreras o árboles). (DGC, 2002).

“Los taludes de terraplén menores de un (1) metro de altura serán de proporción horizontal de 3 por 1 vertical, o más tendidos dependen del nivel de inclinación, del tipo y textura del suelo y de las condiciones climáticas del área”. (DGC, 2002).

k. Especificación 11.11 Protección del suelo fértil. La capa del suelo fértil se debe adaptar y depositar en un lugar específico, para reutilizarlo sobre suelos donde ha sido extraído material de construcción. (DGC, 2002).

l. Especificación 11.12 Suelos contaminados. Es prohibido enterrar suelos contaminados. “El Contratista deberá informar inmediatamente al supervisor de la obra cuando encuentre suelos contaminados. El Supervisor de obra indicará el tratamiento que se dará al suelo contaminado y donde se depositará el mismo”. (DGC, 2002).

m. Especificación 11.13 Control de sedimentos. El movimiento de tierra al lado de los ríos, debe contar con métodos de control de erosión. “Los taludes deben ser protegidos contra la erosión lo más rápido posible”. (DGC, 2002).

n. Especificación 11.14 Depósitos intermedios. “Los depósitos intermedios de suelo, deberán ser protegidos de tal forma que no afecten arroyos por sedimentos”. (DGC, 2002).

o. Especificación 11.15 Protección de objetos arqueológicos. No está autorizada ninguna actividad de construcción sin el aval de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural del Instituto de Antropología e Historia, Ministerio de Cultura y Deportes, (como, por ejemplo: derecho de vía, los futuros sitios del campamento, depósitos intermedios y finales, bancos de materiales, etc.). “En el radio de acción de la maquinaria, y especialmente en las áreas de movimiento de tierra, se deberá proceder con cuidado para no destruir posibles objetos arqueológicos”. (DGC, 2002).

Se deberá suspender cualquier actividad en el área correspondiente, cuando se descubra un lugar arqueológico. Deberá informarse de inmediato al supervisor de la obra y a la Dirección General de Patrimonio Cultural y Natural del IDAEH, no pueden proseguir con las actividades hasta después de obtener el rescate correspondiente. Debe informarse inmediatamente al supervisor de la obra y al Instituto de Antropología e Historia. (DGC, 2002).

p. Especificación 11.16 Limpieza general. Durante y al finalizar la construcción se deben dejar las zonas libres de desechos. (DGC, 2002).

q. Especificación 11.17 Prevención de accidentes, protección contra incendios y uso de explosivos. “La localización de todos los polvorines o áreas de almacenamiento de gases y líquidos explosivos, estará sujeta a la aprobación del Supervisor de obra. Estas áreas de almacenamiento de explosivos, deberán estar adecuadamente vigiladas en todo tiempo”. (DGC, 2002).

Deberán existir facilidades de almacenamiento de gas u otros tipos de combustibles o productos químicos y/o de agua necesarios para prevenir o controlar incendios. Si el proyecto exige el uso de explosivos, el contratista se asegurará de observar la reglamentación establecida por el Ministerio de la Defensa Nacional y de contar con todos los medios de protección necesarios para evitar accidentes que comprometan la seguridad física de los miembros de la comunidad, o la integridad de sus propiedades. (DGC, 2002).

El material explosivo debe ubicarse en un área lejana a la comunidad, almacenado adecuadamente y con vigilancia efectiva. “La comunidad deberá estar lo suficientemente informada de los peligros inherentes en el uso de explosivos y sus consecuencias, así como los momentos y lugares donde se realizarán las explosiones, a fin de tomar las medidas protectoras del caso”. (DGC, 2002).

El contratista debe designar a un responsable específico para el manejo y cuidado de los explosivos, cuya obligación principal será la prevención de accidentes. (DGC, 2002).

II.1.5.3.11 Mecanismos de coordinación

a. Especificación 12.01 Antecedentes. En las actividades de construcción de caminos la Dirección General de Caminos cuenta con la colaboración de varias instituciones del sector público, agencias internacionales de desarrollo y organizaciones no gubernamentales. (DGC, 2002).

Esta colaboración se ha materializado al identificar, estudiar y construir caminos en aquellas zonas que son de interés para estas instituciones y/o agencias de acuerdo con sus propios objetivos y que por limitaciones propias del gobierno no puede atender a cabalidad. (DGC, 2002).

La valiosa y oportuna colaboración de estas instituciones, esta se ha llevado a cabo sin conocimiento de la Dirección General de Caminos y aun cuando el proyecto de construcción o rehabilitación haya sido concluido, no se informa de esta circunstancia a la Dirección General de Caminos, consecuentemente estas obras no son incorporadas al inventario vial, que impiden de esta manera realizar una planificación del mantenimiento más adecuado con la realidad de la red. (DGC, 2002).

b. Especificación 12.02 Objetivos. Los objetivos son los siguientes:

Amplio conocimiento de las actividades que se llevan a cabo en el sector. (DGC, 2002).

Contar con el inventario vial actualizado y completo. (DGC, 2002).

Eficiencia en los recursos al construir caminos en el área rural, que cumplan con las especificaciones establecidos en el manual. (DGC, 2002).

Contar con un mantenimiento rutinario de las obras. (DGC, 2002).

c. Especificación 12.03 Formularios. Es importante que la Dirección General de Caminos cuente con la información necesaria sobre los formularios contenidos en las Especificaciones técnicas para la construcción de caminos rurales en Guatemala caminos ambientalmente compatibles. (DGC, 2002).

III. COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS

Se presenta a continuación los cuadros y las gráficas obtenidas en el trabajo de campo realizados por el investigador; los resultados comprueban la hipótesis planteada que indica que el incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años, se debe al deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas por falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil.

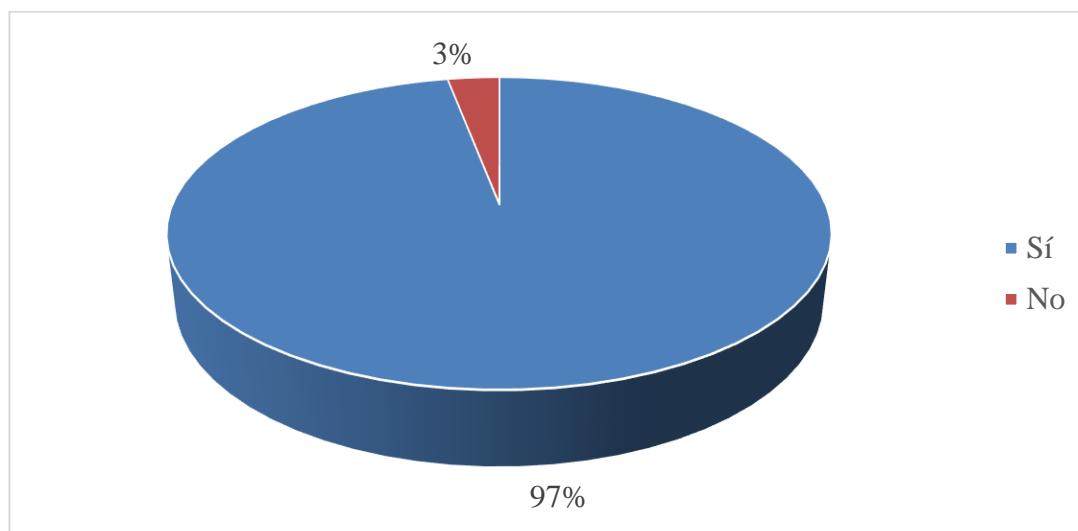
III.1 Cuadros y gráficas de presentación de efecto o variable dependiente (Y)

Cuadro 1. Incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre entre Aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.

Respuesta	Valor Absoluto	Valor Relativo
Sí	66	97%
No	2	3%
Total	68	100%

Fuente: Encuesta realizada a los habitantes Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo; Agosto 2021.

Gráfica 1. Incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre entre Aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.



Fuente: Encuesta realizada a los habitantes Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

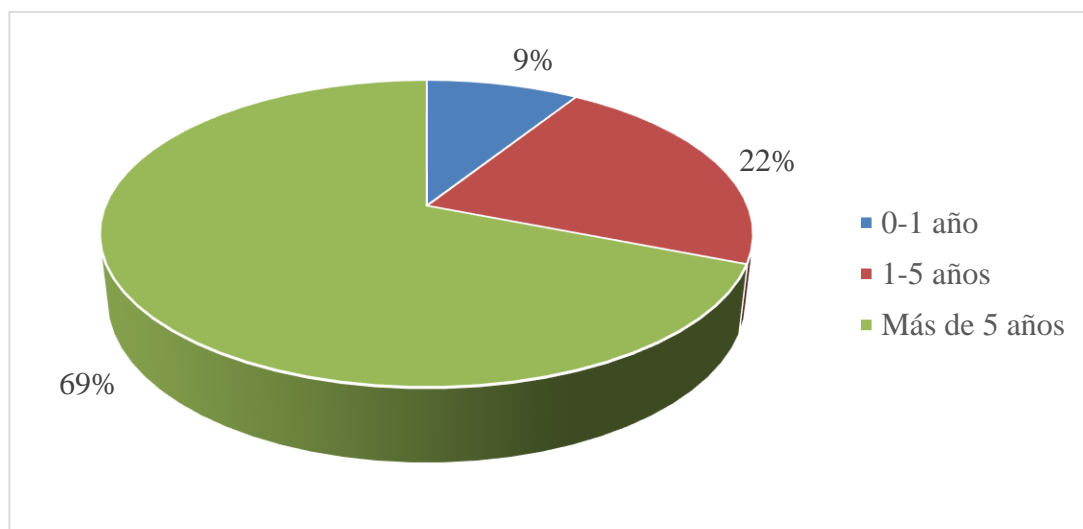
Análisis: Se determina la existencia de una problemática relacionada al incremento del tiempo en la intercomunicación terrestre que ha afectado a los pobladores de Aldea Tanil, misma que ha dificultado la comunicación entre estos sectores lo que afecta los servicios de salud, educación y el comercio en general. Tal y como lo indican la mayoría de personas encuestadas.

Cuadro 2. Tiempo que ha prevalecido la problemática que limita la intercomunicación terrestre entre Aldea Tanil con la cabecera municipal.

Respuesta	Valor Absoluto	Valor Relativo
0-1 año	6	9%
1-5 años	15	22%
Más de 5 años	47	69%
Total	68	100%

Fuente: Encuesta realizada a los habitantes Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

Gráfica 2. Tiempo que ha prevalecido la problemática que limita la intercomunicación terrestre entre Aldea Tanil con la cabecera municipal.



Fuente: Encuesta realizada a los habitantes Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

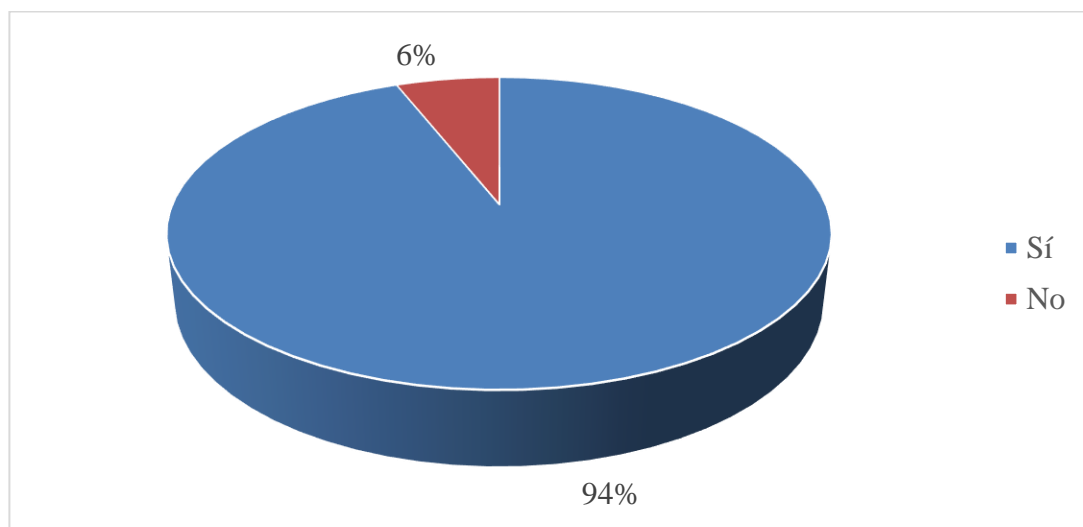
Análisis: Los datos anteriores permitieron determinar una problemática evidente sobre la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, la cual según la mayoría de habitantes ha permanecido por más de 5 años, por lo que se establece una problemática existente a la fecha, misma que debe ser resuelta para beneficio de los pobladores de la región de Esquipulas Palo Gordo y sus comunidades.

Cuadro 3. Incremento de tiempo de traslado por mal estado de la carretera entre Aldea Tanil a la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.

Respuesta	Valor Absoluto	Valor Relativo
Sí	64	94%
No	4	6%
Total	68	100%

Fuente: Encuesta realizada a los habitantes Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

Gráfica 3. Incremento de tiempo de traslado por mal estado de la carretera entre Aldea Tanil a la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.



Fuente: Encuesta realizada a los habitantes Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

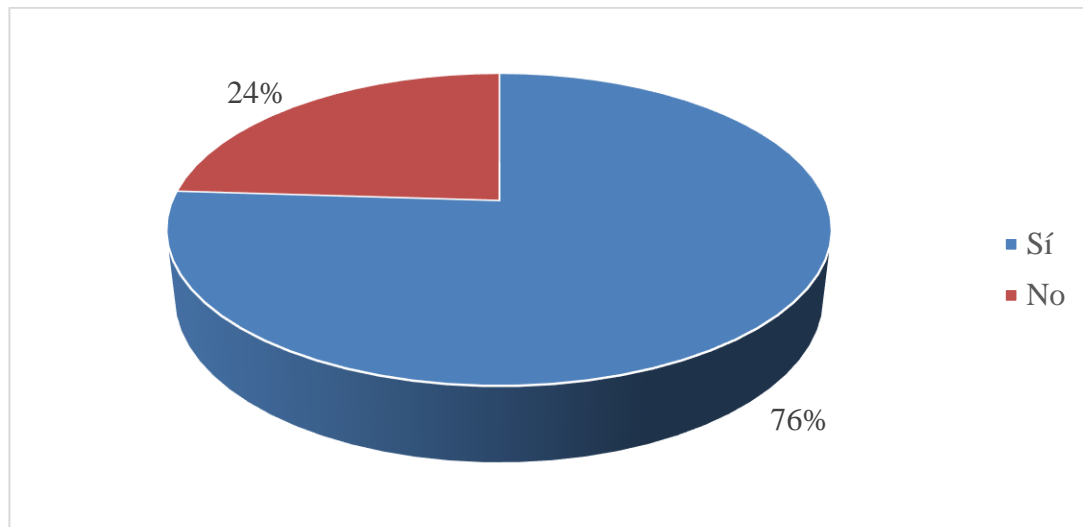
Análisis: Respecto al incremento de tiempo para transportarse con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, se pudo determinar que la mayoría de personas encuestadas indicaron que en efecto la comunicación terrestre para estos sectores es complicada, lo que conlleva a un tiempo aproximado entre 30 a 40 minutos trasladarse hacia dichos lugares, y alrededor de una hora o más, cuando la carretera está en muy malas condiciones.

Cuadro 4. Importancia de reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre entre Aldea Tanil y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.

Respuesta	Valor Absoluto	Valor Relativo
Sí	52	76%
No	16	24%
Total	68	100%

Fuente: Encuesta realizada a los habitantes Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

Gráfica 4. Importancia de reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre entre Aldea Tanil y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.



Fuente: Encuesta realizada a los habitantes Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

Análisis: Al analizar los datos que evidencia la problemática planteada sobre el incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otros sectores, se pudo confirmar que la mayoría de pobladores consideran necesario reducir el tiempo que lleva trasladarse a la cabecera municipal y otras comunidades, porque afecta los servicios básicos como salud, alimentación y educación, además de influir negativamente en el comercio local y el desarrollo de la aldea.

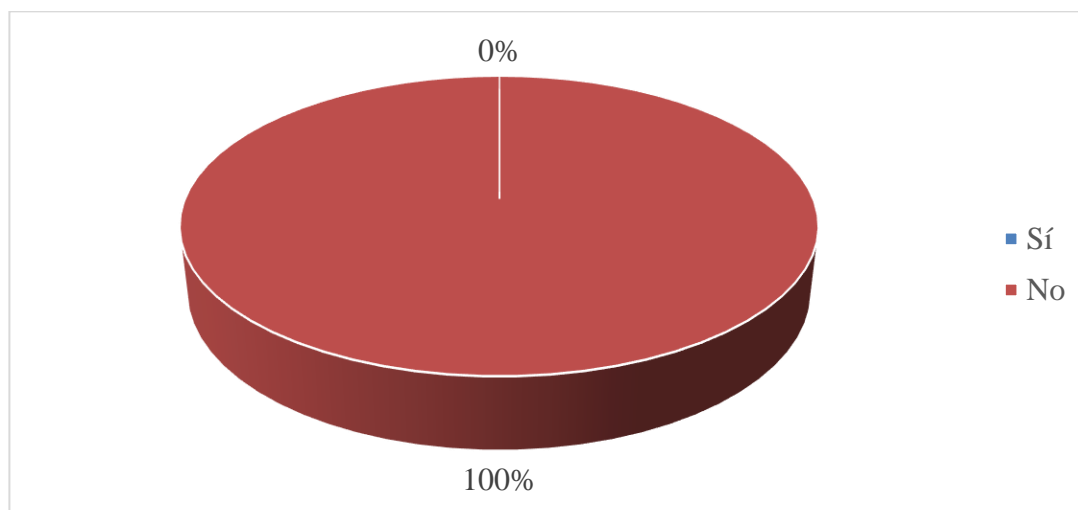
III.2 Cuadros y gráficas de presentación de causa o variable independiente (X)

Cuadro 5. Existencia de planificación para el diseño y construcción de pavimento rígido de Aldea Tanil a Esquipulas Palo Gordo.

Respuesta	Valor Absoluto	Valor Relativo
Sí	0	0%
No	13	100%
Total	13	100%

Fuente: Encuesta realizada a personal de la Dirección Municipal de Planificación y Concejo Municipal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

Gráfica 5. Existencia de planificación para el diseño y construcción de pavimento rígido de Aldea Tanil a Esquipulas Palo Gordo.



Fuente: Encuesta realizada a personal de la Dirección Municipal de Planificación y Concejo Municipal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021

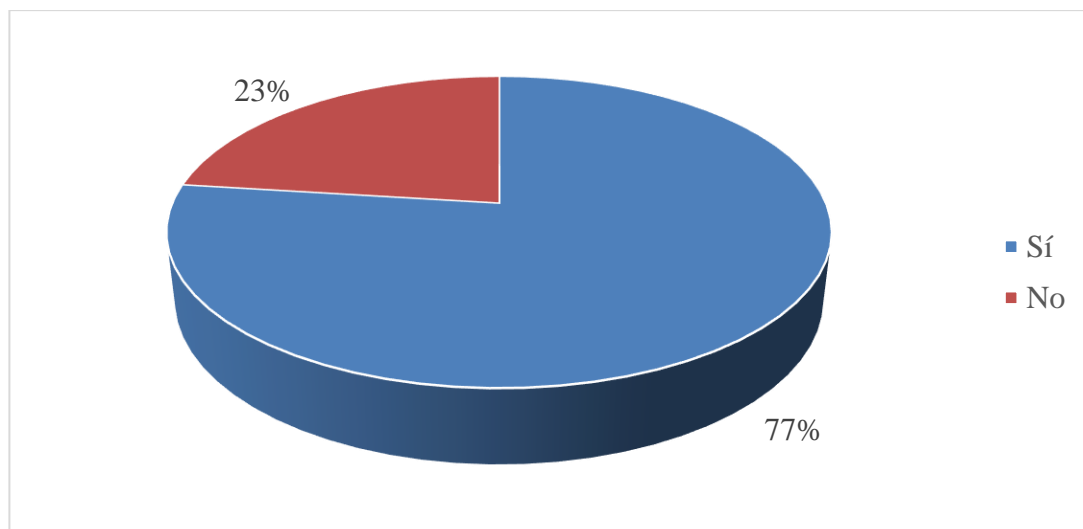
Análisis: Como parte de la investigación de campo se tuvo a bien encuestar a personal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, a fin de determinar si existe o no información respecto a las necesidades y requerimientos de los pobladores de Aldea Tanil. En este enfoque se pudo establecer que no existe una planificación para el diseño y construcción de pavimento rígido que comunica estos sectores.

Cuadro 6. Existencia de recursos financieros para el diseño y construcción de pavimento rígido de Aldea Tanil a Esquipulas Palo Gordo.

Respuesta	Valor Absoluto	Valor Relativo
Sí	10	77%
No	3	23%
Total	13	100%

Fuente: Encuesta realizada a personal de la Dirección Municipal de Planificación y Concejo Municipal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

Gráfica 6. Existencia de recursos financieros para el diseño y construcción de pavimento rígido de Aldea Tanil a Esquipulas Palo Gordo.



Fuente: Encuesta realizada a personal de la Dirección Municipal de Planificación y Concejo Municipal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

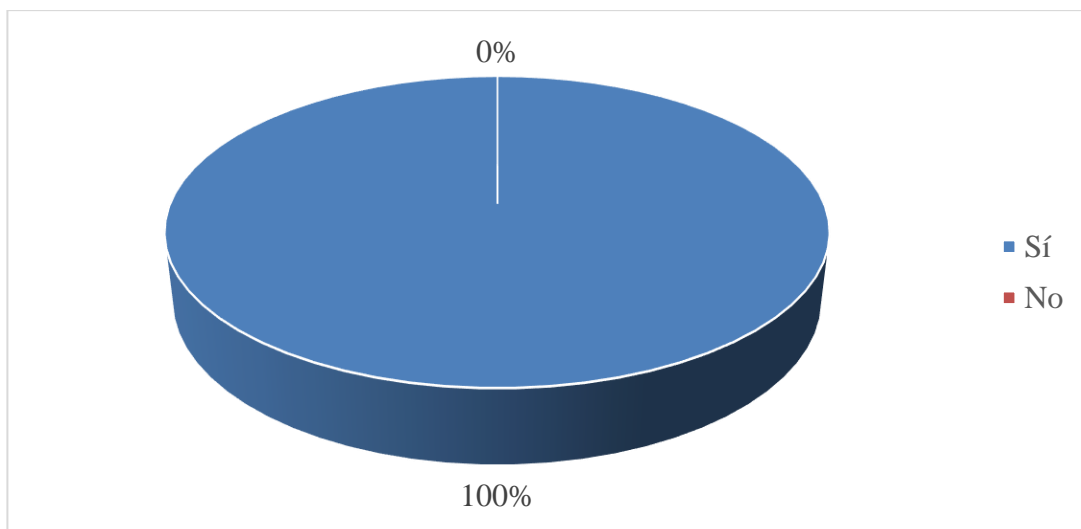
Análisis: En cuanto a los recursos financieros, se estableció que un 77% de los encuestados afirman que, si se cuentan con recursos para desarrollar dicho proyecto, sin embargo, estos han sido destinados a otras necesidades y problemáticas del municipio, que quedan al margen el diseño y construcción del pavimento rígido de Aldea Tanil a Esquipulas Palo Gordo. Otro 23% argumenta que actualmente no cuentan con los recursos suficientes para cubrir esta y otras necesidades por lo que es un proyecto que consideran desarrollar a mediano o largo plazo.

Cuadro 7. Existencia de solicitudes del COCODE de Aldea Tanil para el diseño y construcción de pavimento rígido de Aldea Tanil a Esquipulas Palo Gordo.

Respuesta	Valor Absoluto	Valor Relativo
Sí	13	100
No	0	0%
Total	13	100%

Fuente: Encuesta realizada a personal de la Dirección Municipal de Planificación y Concejo Municipal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

Gráfica 7. Existencia de solicitudes del COCODE de Aldea Tanil para el diseño y construcción de pavimento rígido de Aldea Tanil a Esquipulas Palo Gordo.



Fuente: Encuesta realizada a personal de la Dirección Municipal de Planificación y Concejo Municipal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

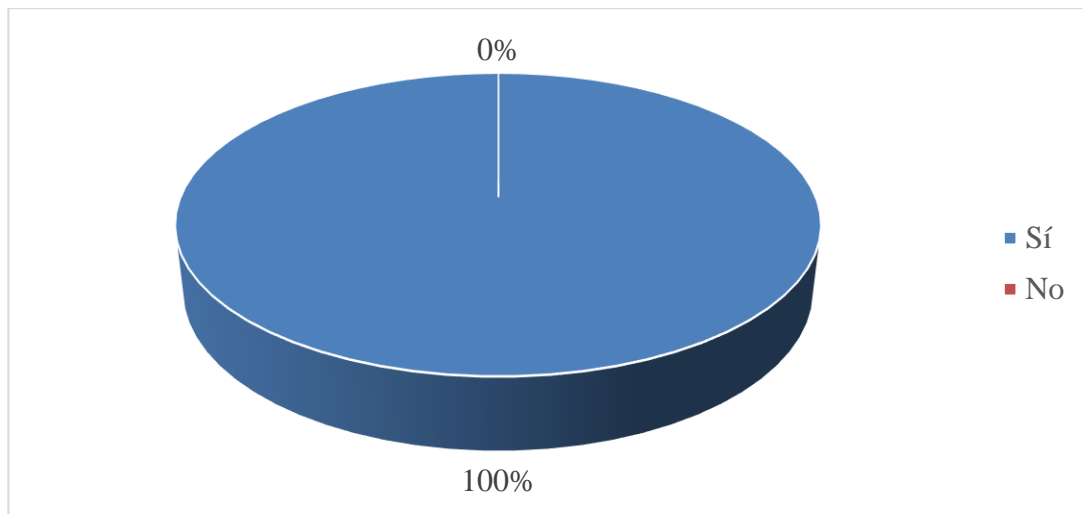
Análisis: Otro de los hallazgos fue el hecho de que actualmente existen solicitudes por parte del COCODE de Aldea Tanil para el diseño y construcción de pavimento rígido de dicha aldea a la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, no obstante, como se ha mencionado anteriormente, las autoridades municipales han priorizado en otras necesidades que también afectan a la población, entre ellos proyectos para mejorar el servicio de agua potable, construcción y/o remozamiento de escuelas y edificio municipal, entro otros.

Cuadro 8. Necesidad de reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de Aldea Tanil y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.

Respuesta	Valor Absoluto	Valor Relativo
Sí	13	100%
No	0	0%
Total	13	100%

Fuente: Encuesta realizada a personal de la Dirección Municipal de Planificación y Concejo Municipal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

Gráfica 8. Necesidad de reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de Aldea Tanil y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo.



Fuente: Encuesta realizada a personal de la Dirección Municipal de Planificación y Concejo Municipal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo; agosto 2021.

Análisis: Por último, se evidencia una necesidad compartida de quienes reconocen la importancia del proyecto de pavimento rígido de Aldea Tanil a Esquipulas Palo Gordo, debido a que es la principal vía que conduce a dicha comunidad y que por las condiciones en que se encuentra existe cierto retraso y complicaciones para optimizar los servicios de salud, educación y el comercio local, por lo que consideran conveniente que este proyecto si se desarrolle para beneficio de la población y el desarrollo del municipio en general.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV.1 Conclusiones

1. Se comprueba la hipótesis que indica que el incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años, se debe al deterioro acelerado del camino rural lo que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas por falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil.
2. Los habitantes de Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, confirman que, si existe un incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población con otras aldeas y cabecera municipal, en los últimos 5 años.
3. Las personas de Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, opinan que actualmente hay un deterioro acelerado del camino rural, que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar los servicios básicos.
4. Desafortunadamente la comunidad de Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, no cuenta con un plan que solucione la problemática planteada debido a la falta de atención de las autoridades.
5. La falta de mejoras al tramo carretero por medio de un pavimento rígido, ha tenido como principal consecuencia que muchos pobladores no tengan acceso a servicios médicos inmediatos, lo que puede complicar la salud de los pobladores.
6. Se comprueba que son pocas o nulas las iniciativas por parte de las instituciones competentes, para resolver la problemática, lo que ha permitido el daño a los vehículos que transitan por el lugar y el incremento de tiempo en la intercomunicación.

7. Existe también falta de acciones por parte de la organización comunitaria en la solución de la problemática, ya que no hay una constante participación para indicar los problemas relacionados con el deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios básicos, los cuales pueden ser un vínculo de información para el beneficio del municipio.

IV.2 Recomendaciones

1. Operativizar la propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de este tramo carretero, el cual proporcionaría una vía inaccesible para la prestación de servicios médicos, transporte de productos y personas.
2. Realizar un análisis y evaluación del proyecto de pavimento rígido para mejoramiento del tramo carretero que comunica a aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, el cual permitirá definir un control del tránsito, para que este sea fluido y así reducir el incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población.
3. Identificar y utilizar los canales de comunicación con los servicios básicos indispensables para la población, para que puedan tener un abastecimiento constante y oportuno de los mismos.
4. Reproducir cada uno de los planos y especificaciones técnicas del proyecto a fin de que este sea presentado ante las autoridades municipales y conservar una copia para conocimiento de la población, de esta manera se pueden consensuar cambios o consideraciones específicas para el mejoramiento del mismo o la posibilidad de reducir los costos.
5. Gestionar a través del COCODE y la participación de la comunidad, con instancias y autoridades a las que corresponda, para analizar situaciones de riesgo y que puedan mejorar el acceso de servicios médicos inmediatos, a fin de evitar complicaciones de salud.
6. Sensibilizar a través del COCODE a las autoridades correspondientes sobre las alternativas para el bien de la comunidad, para ello, debe tener una constante comunicación con las autoridades municipales para hacer saber sus intereses y que estos estén respaldados por los pobladores.

7. Sensibilizar a la población en general, para que puedan participar en solucionar los problemas que existen en su comunidad, con la creación de un manual de intervención comunitaria, se pretende dar a conocer los intereses de la población y unir esfuerzos en la búsqueda de mejoras en su sector.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, 1993. Págs. 03-32

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). (2013). Proyecto Apoyo a Políticas y Regulaciones para el Crecimiento Económico. Págs. 5-15

Bañón, L. (2002). Diseño e implantación de un sistema para el control económico de las obras en una empresa constructora. Págs. 24, 65

CIEN. (2011). Infraestructura en Guatemala. Lineamientos de Política Económica, Social y de Seguridad 2012- 2020. Guatemala. Pág. 10

CIV. (1996). Plan Maestro Nacional de Transporte 1996 – 2015. Guatemala: autor.

CIV-DGC. (2007). Reformulación y actualización del Plan de Desarrollo Vial 2008-2017. Guatemala: Euroestudios.

Coronado Iturbide Jorge, (2002), Manual centro americano para el diseño de pavimentos. Guatemala. Págs. 54-57

Dirección General de Caminos. República de Guatemala. (2001). Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes, 2001. Págs. 3-25

Dirección General de Caminos. República de Guatemala. (2002). Especificaciones técnicas para la construcción de caminos rurales en Guatemala caminos ambientalmente compatibles. Págs. 25-58

Dirección General de Transportes. República de Guatemala. (2021). Diseño de carreteras pavimentadas. Págs. 35-58

- Escobal, J. & Ponce, C. (2002). El beneficio de los caminos rurales: ampliando oportunidades de ingreso para los pobres (Documento de Trabajo 40). Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). Págs. 5-6
- Figuroa Gómez. J. A. (2005). Guía para el uso del método de diseño de estructuras de pavimentos nuevos según método AASHTO 2002. Págs. 9-13
- Godínez, V. (2011). Planes anti-crisis aplicados por los gobiernos centroamericanos. Alcance de las respuestas públicas frente a la crisis. Pág. 8
- Menéndez José Rafael, (2003), Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas – Manual técnico, Lima – Perú. Pág. 43-44
- Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes (Libro Azul). Guatemala, 2010.
- Montejo Fonseca Alonso (2002), Ingeniería de pavimentos para carreteras, Bogotá - Colombia, Agora editores. Pág. 5
- Ochoa Pineda, E. J. (2009). Estudio de los criterios de Diseño Geométrico de las Intersecciones a Nivel Según la Aashto. Escuela de Ingeniería Civil. Pág. 36
- Olivera Bustamante Fernando, (2000), Estructuración de vías terrestres, México. Pág. 15
- Pérez. A. (S.F.) Vías y carreteras y proyecto final diseño geométrico de una carretera de montaña 1.
- Rico Rodríguez Alonso, (2005), La ingeniería de suelos en vías terrestres; carreteras, ferrocarriles, y aeropistas vol. 2, México, Editorial Limusa. S.A. Págs. 5-6

Salamanca Niño, M. A., & Zuluaga Bautista, S. A. (2014). Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye-Santa Lucía Barranca Lebrija entre las abscisas K19+ 250 A K25+ 750 ubicada en el departamento del Cesar. Pág. 20

Torres, José Antonio Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. SCT, INEGI. Consultado el 30/08/2021. Recuperado de: <https://blog.vise.com.mx/por-que-es-importante-la-construcci%C3%B3n-de-carreteras>

World Bank. (1994). World Development Report 1994: Infrastructure for Development. New York: Oxford University Press

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de Cuadro Domino

F-30-07-2019-01

Modelo de investigación: Dominó

(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)

Elaborado por: Rolfi José Fuentes Fuentes

Para: Programa de Graduación

fecha: 09/08/2022

Problema	Propuesta	Evaluación
1) Efecto o variable dependiente Incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años.	4) Objetivo general Reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: En el primer año de ejecutada la propuesta se logra reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos en 99% Verificadores:
2) Problema central Deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas.	5) Objetivo específico Evitar el deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas.	Tiempo medido mediante cronometro, encuestas y entrevistas a la población. Cooperantes: Habitantes de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.
3) Causa principal o variable independiente Falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	6) Nombre Propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.	16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: Al transcurrir el primer año de ejecutada la propuesta se logra evitar el deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas en 99%

<p>7) Hipótesis</p> <p>Causal</p> <p>El incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años se debe al deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas por falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil.</p> <p>Interrogativa</p> <p>¿Es la falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil por deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas la causante del incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años?</p>	<p>12) Resultados o productos</p> <p>* Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación DMP de la municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. como Unidad Ejecutora.</p> <p>* Se elabora anteproyecto Propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.</p> <p>* Se formula programa de sensibilización a las autoridades edilicias.</p>	<p>Verificadores: Acta de entrega del proyecto. Fotografías del proyecto concluido.</p> <p>Cooperantes: Empresa constructora. Supervisor de proyectos municipales.</p>
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</p> <p>1) ¿Ha notado usted incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?</p> <p>Si ___ No ___</p> <p>2) ¿Desde hace cuánto tiempo ha notado usted dificultad en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?</p> <p>0-1 año ___ 1-5 años ___ más de 5 años ___</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo N/A</p>	

3) ¿Considera usted que se hace más tiempo de lo normal al transportarse de aldea Tanil a la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos por mal estado de la carretera?

Si___ No___

4) ¿Cree usted necesario reducir el de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

Si___ No___

Dirigidas a habitantes de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Boletas 68, muestreo infinito cualitativo con el 90% de confianza y el 10% de error.

9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal

1) ¿Cuentan con una planificación para el diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

Si___ No___

2) ¿Cuenta la municipalidad con el recurso financiero para poder llevar a cabo el diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

Si___ No___

3) ¿Existe actualmente solicitudes del COCODE de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos para el diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

Si___ No___

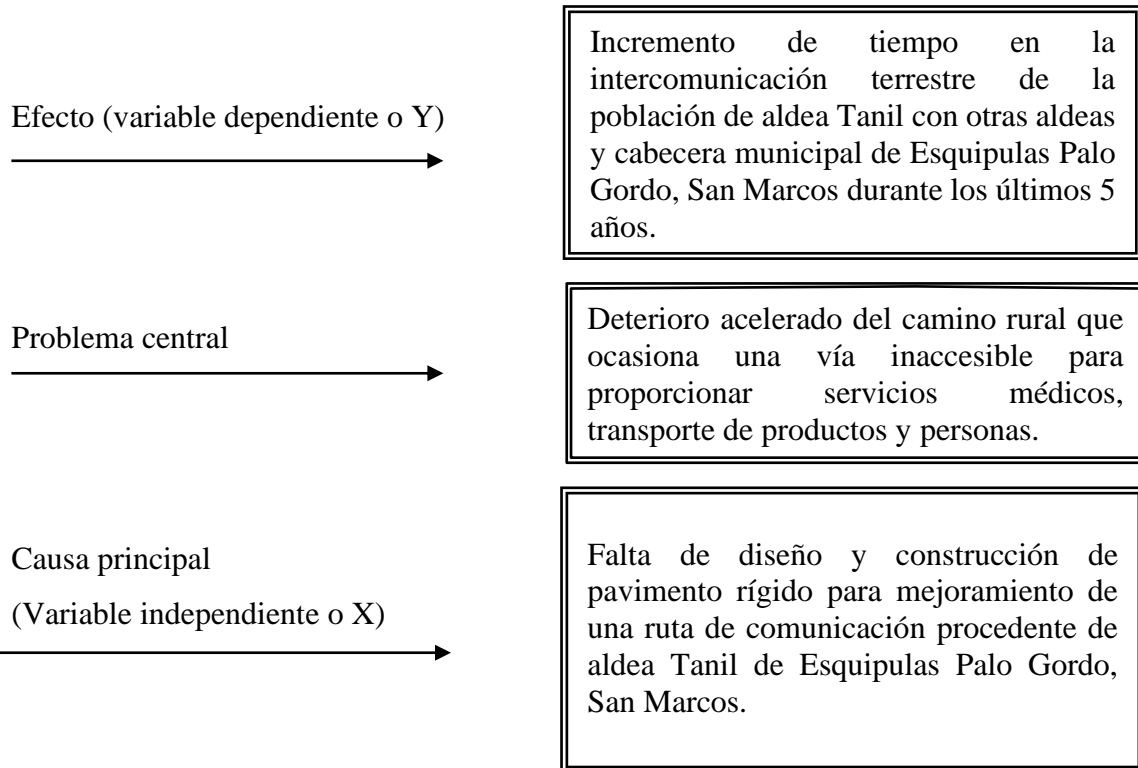
<p>4) ¿Considera usted importante el diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?</p> <p>Si___ No___</p> <p>Dirigidas a presionales de la DMP, miembros del Concejo municipal y alcalde de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. Boletas 13, población censal con el 100% de confianza y el 0% de error.</p>	
<p>Dificultad en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años.</p> <p>10)Temas del Marco Teórico</p> <p>1)Pavimentos</p> <p>2)Pavimentos rígidos</p> <p>3)Pavimentos semi-rígidos</p> <p>4)Pavimentos flexibles</p> <p>5)Diseño de carreteras</p> <p>6)Parámetros de diseño de carreteras</p> <p>7)Carreteras de primer nivel</p> <p>8) Carreteras de segundo nivel</p> <p>9) Carreteras de tercer nivel</p> <p>10) Deterioro acelerado del camino rural</p> <p>11) Causas del deterioro acelerado del camino rural</p> <p>12)Efectos del deterioro acelerado del camino rural.</p> <p>13)Villas de Comunicación</p> <p>14) Importancia de las Villas de Comunicación en buen estado.</p> <p>15)Ventajas de las Villas de Comunicación en buen estado.</p> <p>16)Normas AASHTO (sobre caminos rurales)</p> <p>17)Libro azul de caminos (sobre caminos rurales)</p>	<p>14) Anotaciones, aclaraciones y advertencias</p> <p>Forma de presentar resultados:</p> <p>El investigador para cada resultado debe identificar por lo menos cuatro actividades:</p> <p>R1: Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación DMP de la municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, como Unidad Ejecutora.</p> <p>R2: Se elabora anteproyecto Propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.</p> <p>R3: Se formula programa de sensibilización a las autoridades edilicias.</p>

11) Justificación

Colocar el efecto a cinco años futuros sin la implementación de la Propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos y colocar seguidamente a cinco años futuros con la implementación de la Propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Anexo 2. Árbol de problemas e hipótesis de trabajo.

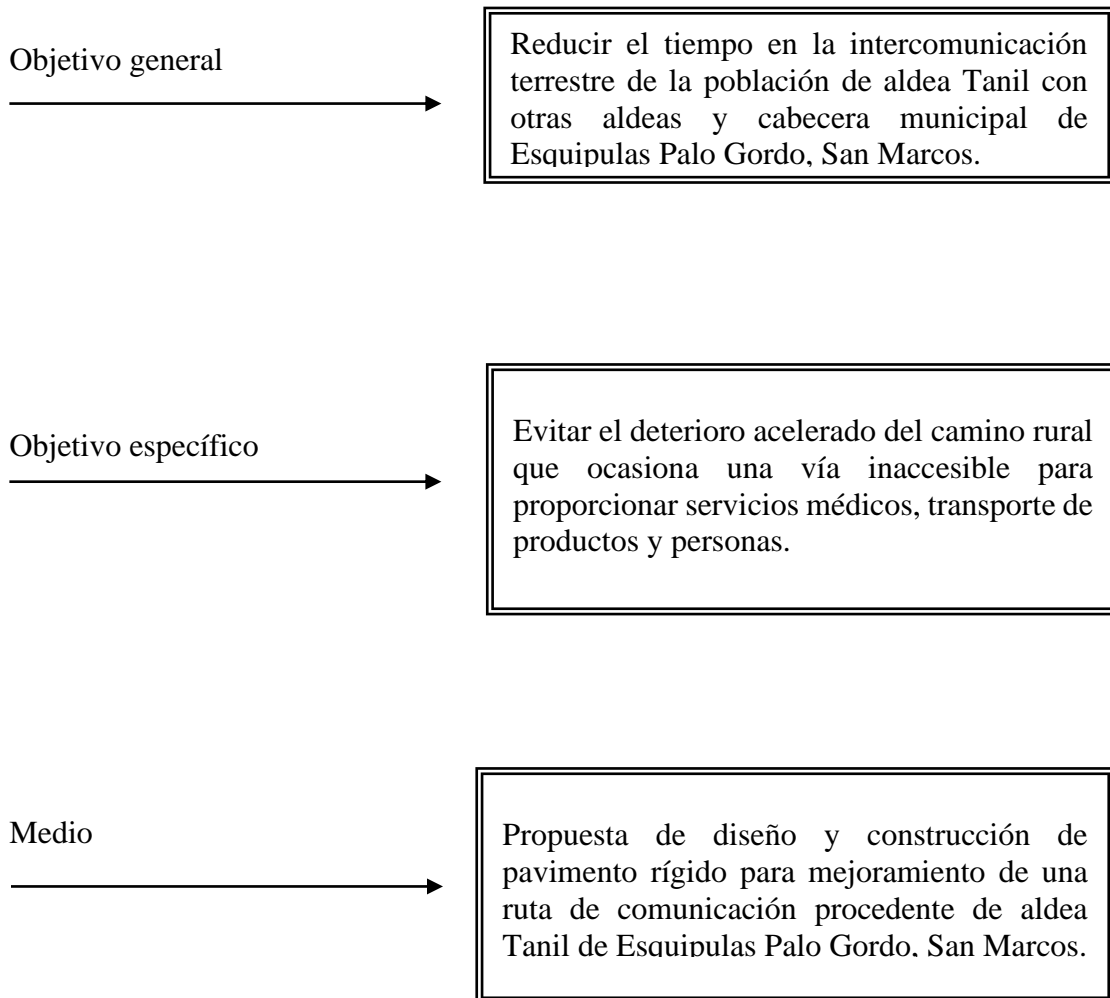
Tópico. Construcción de pavimento rígido



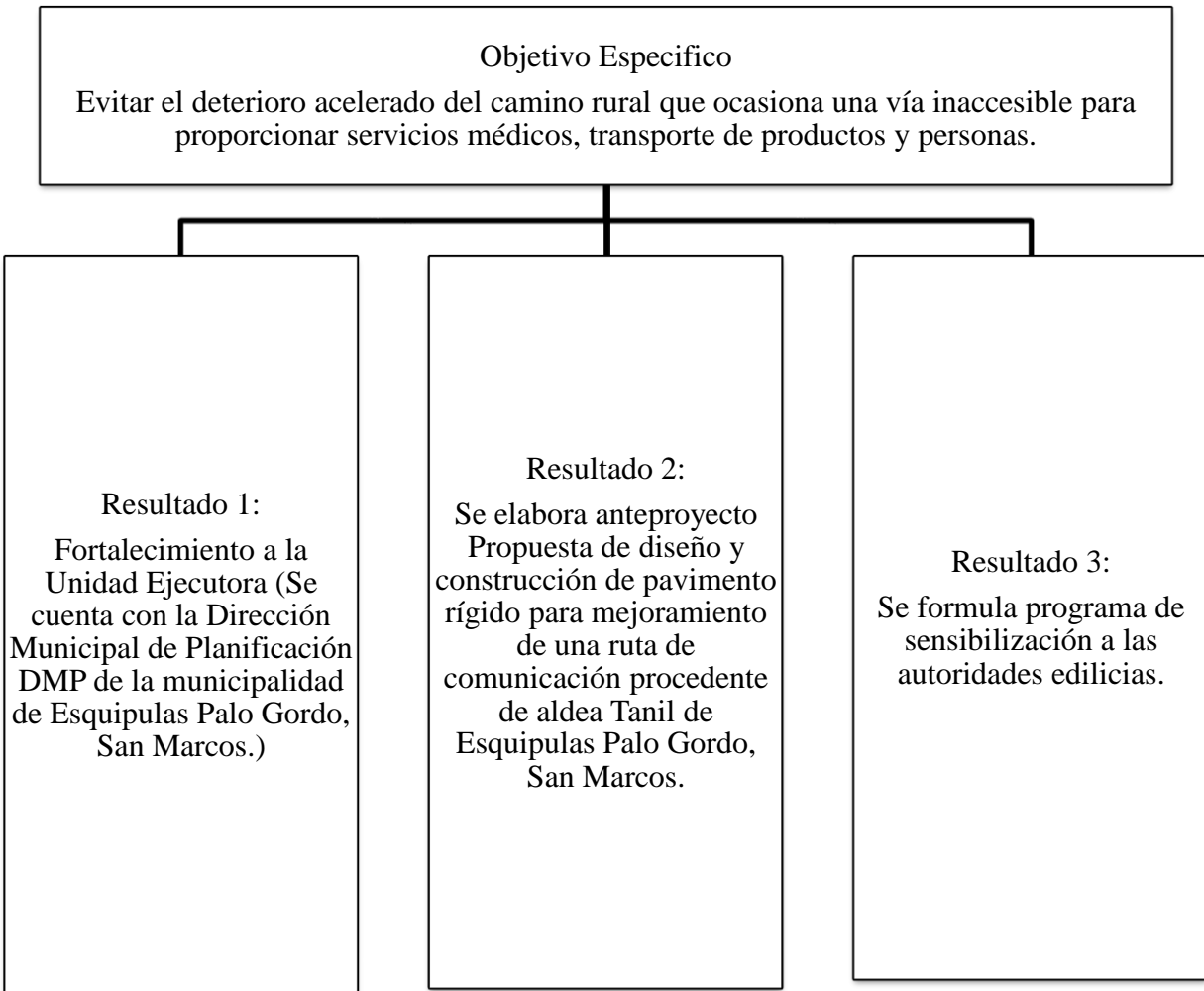
Hipótesis causal: El incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años se debe al deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas por falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil.

Hipótesis interrogativa: ¿Es la falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil por deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas la causante del incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años?

Anexo 3. Árbol de objetivos y medios de solución de la problemática.



Anexo 4. Medio para solucionar la problemática.



Anexo 5. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar el efecto variable dependiente “Y”: Incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años.

Boleta de investigación dirigida a los habitantes de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 90% del nivel de confianza y el 10% de margen de error de muestreo, por el sistema de población infinita cualitativa.

Instrucciones: se presenta una serie de preguntas, las cuales deberá responder y marcar con una x la respuesta según su criterio, razónela si es necesario.

1) ¿Ha notado usted incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

Si___ No___

2) ¿Desde hace cuánto tiempo ha notado usted dificultad en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

0-1 año_____1-5 años_____ más de 5 años_____

3) ¿Considera usted que se hace más tiempo de lo normal al transportarse de aldea Tanil a la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos por mal estado de la carretera?

Si___ No___

4) ¿Cree usted necesario reducir el de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

Si___ No___

Lugar y fecha. _____

Observaciones.

Anexo 6. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la causa variable independiente “X”: Falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Boleta censal dirigida a profesionales de la DMP, miembros del Concejo municipal y alcalde de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.; en el presente caso no se realizó cálculo de muestra porque la población fue de 13 personas, y según lo indicado por la Universidad cuando la población es menor a 35 no se aplica la fórmula del cálculo de la muestra. Indicaciones: a continuación, se presenta una serie de preguntas, las cuales deberá y marcar con una X la respuesta según sea su criterio, razone si lo considera.

1) ¿Cuentan con una planificación para el diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

Si___ No___

2) ¿Cuenta la municipalidad con el recurso financiero para poder llevar a cabo el diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

Si___ No___

3) ¿Existe actualmente solicitudes del COCODE de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos para el diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, ¿San Marcos?

Si___ No_____

4) ¿Considera usted importante el diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos?

Si___ No_____

Lugar y fecha. _____

Observaciones.

Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra.

Para la población efecto se trabajó la técnica del muestreo a habitantes de la Aldea Tanil del municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, por medio de la población infinita cualitativa, con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error y se obtuvo 68 personas para la muestra a encuestar.

Para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico numérico, mediante la fórmula Taro Yamane.

		$Z^2 p(1-p)$	
	$n =$	$\frac{\quad}{\quad}$	
		e^2	
Z =	1.645	Valor de Z en la tabla	
Z ² =	2.706025		
p =	0.5	% de éxito	
1-p	0.5		
e =	0.1		
e ² =	0.01		
Z ² p (1-p) =	0.6765063		
n =	67.650625	Muestra	

Para la población causa, se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que todas son poblaciones finitas cualitativas menores a 35 personas; de 07 colaboradores de la Dirección Municipal de Planificación y 06 miembros de Concejo Municipal de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Anexo 8. Coeficiente de correlación

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2017 a 2021); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas.

Requisito. $+>0.80$ y $+<1$

Año	X (años)	Y (Tiempo de incremento por el mal estado de la carretera)	XY	X ²	Y ²
2017	1	10.00 minutos	10	1	100
2018	2	25.00 minutos	50	4	625
2019	3	125.00 minutos	375	9	15625
2020	4	160.00 minutos	640	16	25600
2021	5	215.00 minutos	1075	25	46225
Totales	15	535 minutos	2150	55	88175

Los datos que se observan en la variable “Y”, son cantidades proporcionadas por miembros del COCODE.

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	2150
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	88175
$\sum Y=$	535
$n\sum XY=$	10750
$\sum X*\sum Y=$	8025
Numerador=	2725
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	440875
$(\sum Y)^2=$	286225
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	182448.75
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-(\sum Y)^2)=$	9122437.5
Denominador:	3020.337316
r=	0.902217109

Fórmula:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Análisis:

Debido a que el resultado del coeficiente de correlación $r = 0.9022$, se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

Anexo 9. Proyección de la línea recta

$$y = a + bx$$

Año	X (años)	Y (Tiempo de incremento por el mal estado de la carretera)	XY	X ²	Y ²
2017	1	10.00 minutos	10	1	100
2018	2	25.00 minutos	50	4	625
2019	3	125.00 minutos	375	9	15625
2020	4	160.00 minutos	640	16	25600
2021	5	215.00 minutos	1075	25	46225
Totales	15	535 minutos	2150	55	88175

$$n = 5$$

$$\sum X = 15$$

$$\sum XY = 2150$$

$$\sum X^2 = 55$$

$$\sum Y^2 = 88175$$

$$\sum Y = 535$$

$$n \sum XY = 10750$$

$$\sum X * \sum Y = 8025$$

$$\text{Numerador de } b = 2725$$

b:

.

$$n \sum X^2 = 275$$

$$(\sum X)^2 = 225$$

$$n \sum X^2 - (\sum X)^2 = 50$$

=

$$b = 54.5$$

Numerador de a:

$$\sum Y = 535$$

$$b * \sum X = 817.5$$

$$\text{Numerador de } a = -282.5$$

a:

$$a = -56.5$$

Fórmulas:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X * \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Fórmulas:

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

Proyección sin proyecto

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2022)=	a	+	(b	* X)
Y(2022)=	-56.5	+	54.5	X
Y(2022)=	-56.5	+	54.5	6
Y(2022)=	270.5			
Y(2022)=	270.50 minutos			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	-56.5	+	54.5	X
Y(2023)=	-56.5	+	54.5	7
Y(2023)=	325			
Y(2023)=	325.00 minutos			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2024)=	a	+	(b	* X)
Y(2024)=	-56.5	+	54.5	X
Y(2024)=	-56.5	+	54.5	8
Y(2024)=	379.5			
Y(2024)=	379.50 minutos			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2025)=	a	+	(b	* X)
Y(2025)=	-56.5	+	54.5	X
Y(2025)=	-56.5	+	54.5	9
Y(2025)=	434			
Y(2025)=	434.00 minutos			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2026)=	a	+	(b	* X)
Y(2026)=	-56.5	+	54.5	X
Y(2026)=	-56.5	+	54.5	10
Y(2026)=	488.5			
Y(2026)=	488.50 minutos			

Proyección con proyecto.

Año a proyectar	=	Año anterior		Porcentaje propuesto	
Y (2022)	=	Y (2021)	-	10%	=
Y (2022)	=	215.00 minutos	-	21.50	193.50
Y (2022)	=	193.50	Minutos		

Y (2023)	=	Y (2022)	-	15%	=
Y (2023)	=	193.50	-	29.03	164.48
Y (2023)	=	164.48	Minutos		

Y (2024)	=	Y (2023)	-	20%	=
Y (2024)	=	164.48	-	32.90	131.58
Y (2024)	=	131.58	Minutos		

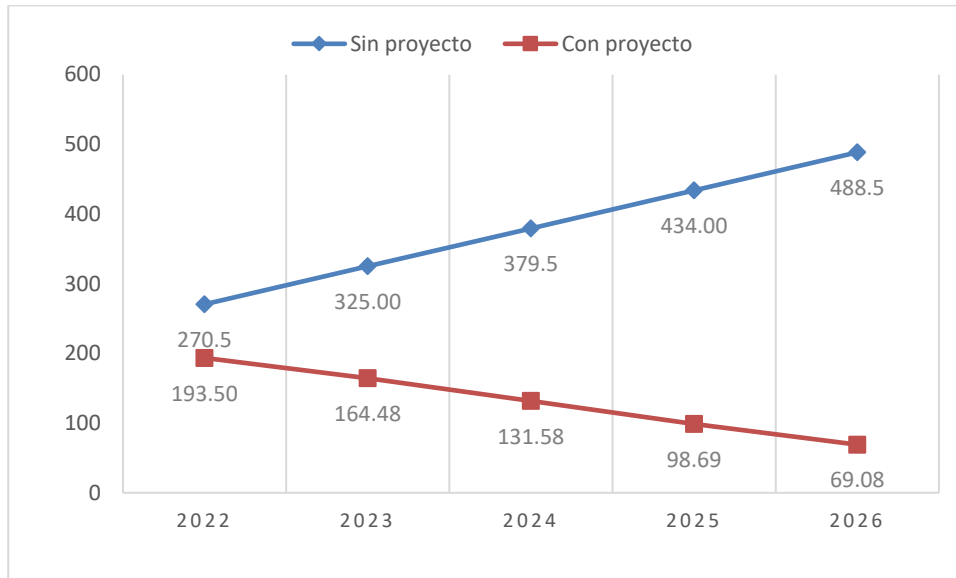
Y (2025)	=	Y (2024)	-	25%	=
Y (2025)	=	131.58	-	32.90	98.69
Y (2025)	=	98.69	Minutos		

Y (2026)	=	Y (2025)	-	30%	=
Y (2026)	=	98.69	-	29.61	69.08
Y (2026)	=	69.08	Minutos		

Cuadro comparativo sin y con proyecto

Año	Tiempo de incremento sin proyecto	Tiempo de incremento con proyecto
2022	270.50 minutos	193.50 minutos
2023	325.00 minutos	164.48 minutos
2024	379.50 minutos	131.58 minutos
2025	434.00 minutos	98.69 minutos
2026	488.50 minutos	69.08 minutos

Gráfica No. 9 Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



Fuente: Elaboración propia. Marzo de 2022

Análisis:

Como se puede notar en la comparación anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado, seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación de la propuesta, para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Rolfi José Fuentes Fuentes

TOMO II

PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO
PARA MEJORAMIENTO DE UNA RUTA DE COMUNICACIÓN
PROCEDENTE DE ALDEA TANIL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN
MARCOS.



Asesor general metodológico:

Ingeniero Civil. Jairo Francisco Rodríguez Arévalo

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, Diciembre de 2022

Este documento fue presentado por el autor, previo a obtener el título universitario de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales. en el grado académico de Licenciatura.

Prologo

El presente documento tiene como objetivo brindar los elementos necesarios para el diseño y construcción de un pavimento rígido para el mejoramiento de la ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, para ello se ha realizado una revisión de la teoría que apoya la importancia de contar con vías de comunicación en óptimas condiciones, así como la revisión de las bases y normas necesarias para la construcción de proyectos de infraestructura específicamente carreteras de tipo II.

En este enfoque, se consideró necesario analizar las bases normativas para la construcción de pavimentos rígidos, el resultado fue la propuesta de un proyecto de pavimentación para el mejoramiento de la ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, mismo que se ha considerado como una de las alternativas para abordar la problemática actual de esta comunidad.

Esta propuesta contiene en primer lugar el fortalecimiento de la unidad ejecutora, para ello se propone fortalecer la participación de la población en el COCODE para tener una mejor representación ante las autoridades municipales, quienes llevaran a cabo los procesos correspondientes para la aprobación del proyecto; por otra parte, se presentan los resultados técnicos del proyecto como lo es su planificación, especificaciones técnicas y presupuesto; por último, se incluye el diagnóstico de la problemática, la cual servirá para sensibilizar a las autoridades sobre el origen, los efectos y la necesidad de abordar el problema presentado.

Presentación

Actualmente se ha podido observar que la carretera que comunica la Aldea Tanil con el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, no se encuentra en condiciones óptimas y las lluvias generan baches y derrumbes que hacen casi imposible el tránsito por dicho lugar, e incomunica a las personas de esta comunidad, además de dificultar el acceso de servicios básicos como salud, educación, alimentación, seguridad y comercio.

Hoy en día, a esta problemática no se le ha prestado la atención debida, esto se debe a la falta de un diseño y planificación de un proyecto de mejoramiento, como también se presume que la falta de acciones por parte de las autoridades para solucionar este fenómeno, ha permitido que esta problemática se mantenga.

La propuesta de diseño y construcción del pavimento rígido para mejoramiento de la ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, está basada en el análisis del contexto actual del municipio, que demanda una mayor atención para mejorar la intercomunicación entre los pobladores de esta aldea y su cabecera municipal.

Esta propuesta abarca el fortalecimiento del COCODE de la comunidad para un mejor acompañamiento a los representantes de la Dirección Municipal de Planificación, quienes serán los encargados de impulsar el proyecto, asimismo, se describe la planificación y aspectos técnicos del proyecto, acompañado de su presupuesto y cronograma de trabajo; además de un diagnóstico específico de la problemática a manera de sensibilizar a las autoridades sobre la importancia del proyecto pavimento rígido para mejoramiento de la ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Índice

I. RESUMEN.....	1
II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	9
ANEXOS	1

I. RESUMEN

El presente resumen, abarca una introducción general de las actividades a desarrollar a manera de propuesta en cuanto a la falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una de las rutas de comunicación procedentes de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, que tiene como principal consecuencia el incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población, que afecta a la economía local y el acceso a los servicios básicos como salud, educación, alimentación, seguridad, entre otros.

En este sentido, la propuesta del diseño y construcción de pavimento rígido que beneficie a esta comunidad y la cabecera municipal, puede contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de dicho sector y al desarrollo de este municipio.

En anexos se detalla la propuesta de solución de la problemática investigada, de igual manera se incluye la Matriz de la Estructura Lógica para evaluar el trabajo después de desarrollar la propuesta.

I.1. Planteamiento del problema

La propuesta planteada se basa en la solución a los múltiples problemas que generan el mal estado de la ruta de comunicación de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, uno de ellos sería la falta de mantenimiento que no se le proporciona a una ruta tan importante para esta comunidad y que se incluye un incremento del tiempo en la intercomunicación terrestre de la población entre otras aldeas y la cabecera municipal de este municipio y retrasos en la prestación de los servicios médicos transporte de productos y personas, además de una constante inversión de los fondos propios de la Municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, para la reparación de este tramo carretero.

La falta de un diseño y construcción de un pavimento rígido para mejoramiento de esta ruta, ha limitado las oportunidades de los vecinos de esta comunidad poniendo en riesgo la calidad de vida de cada uno y del municipio, al no tener acceso rápido a los servicios básicos de salud, alimentación, educación, además de limitar el desarrollo comercial, lo cual ha sido una constante a la fecha.

Al realizar el proyecto, se mejoraría en los aspectos mencionados, además de evitar el malestar sufrido por la población para movilizarse en épocas lluviosas, donde la formación de baches por la acumulación de agua y lodo es constante y las corrientes de agua que corren a flor de tierra donde este problema provoca el deterioro de los automóviles; también se evitará la formación de partículas producidas por el balasto que se levantan con el aire, y que afectan la salud de las personas.

Para la realización del proyecto se tomaron en cuenta varios factores que han afectado a la población en general, asimismo, se incluyen los elementos y normas de construcción, como también las recomendaciones para garantizar de esta forma la vida útil y duración del mismo. En este enfoque, se busca analizar dichos factores a fin de proponer un proyecto que beneficie a la Aldea de Tanil, comunidades aledañas y a la población de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

I.2. Hipótesis

I.2.1 Hipótesis causal. El incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años, se debe al deterioro acelerado del camino rural lo que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas por falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil.

I.2.2 Hipótesis interrogativa. ¿Es la falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil por deterioro acelerado del camino rural y genera una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas la causante del incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años?

I.3. Objetivos

I.3.1. Objetivo general.

Reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

I.3.2 Objetivo específico.

Evitar el deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas.

I.4 Justificación

El municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, se ha constituido como un sector significativo para el comercio y la agricultura, exportando con ello todas las riquezas que proviene de las tierras que cultivan y de los cerros que son explotados en la calidad de materiales que de ellos provienen, por lo que la conexión que representa para diferentes municipios y comunidades es un factor importante. Actualmente existen limitantes en cuanto a la comunicación terrestre entre este municipio y la Aldea Tanil, lo que representa grandes dificultades para los pobladores, quienes tienen complicaciones con la ruta de acceso a servicios de salud, educación y comercio, lo cual genera un estancamiento en el desarrollo de esta comunidad y su municipio.

La falta de una carretera en óptimas condiciones para el desarrollo de las actividades cotidianas de la población, conlleva a diversos problemas entre los cuales se puede mencionar una deficiente cobertura de servicios de salud y educación, estancamiento comercial, enfermedades infecciosas producto del polvo que se genera, además de la exposición a lluvias en tiempo de invierno.

En este enfoque, la decisión para la realización del proyecto fue la simple observación directa de la movilidad del tránsito en esta comunidad, ante la presencia de un tramo que dificulta el acceso peatonal y vehicular y que además empeora en tiempos de lluvia, por lo que una vez intervenida contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del sector en razón de la facilidad para el acceso a los servicios públicos y básicos; la disminución de la vulnerabilidad al deslizamiento de la zona al tener una buena superficie para la evacuación de las aguas de lluvia, entre otros aspectos.

Es por ello, que se desarrolla el presente tema de investigación: “Propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. ”

I.5. Metodología

En el desarrollo de esta investigación se emplearon distintos métodos y técnicas, los cuales variaron en relación a la formulación y comprobación de la hipótesis. A continuación, se presentan los métodos y técnicas utilizados.

I.5.1 Métodos.

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación y comprobación de la hipótesis; para la formulación de la hipótesis y los objetivos se utilizó el método deductivo, auxiliado por el marco lógico, diagramados en el árbol de problemas y objetivos, anexo 1 y 2 correspondientemente; para la comprobación de la hipótesis se utilizó el método inductivo y procedimientos de tabulación, análisis y síntesis.

I.5.1.1 Métodos utilizados en la formulación de la hipótesis.

a. Método Deductivo. Para la formulación de la hipótesis, se usó el método deductivo, que parte de lo general a lo específico, donde se determinó en primer lugar la problemática existente en el sector de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos seguidamente se dedujo la causa inmediata de dicho problema.

b. Método Analítico. Por medio del método analítico se pudo observar e interpretar los datos obtenidos antes de la formulación de la hipótesis, en donde se estudiaron las causas y efectos que se generan por la falta de mejoramiento de la ruta de comunicación procedente de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo. Este método permitió conocer más del objeto de estudio, con lo cual se pudo explicar, hacer analogías y comprender mejor la problemática.

c. Método Marco Lógico. Con una visión amplia de la problemática, se formuló la hipótesis por medio del método del marco lógico, que permitió encontrar las variables dependiente e independiente, además de definir el área y el tiempo para desarrollar la investigación.

De igual forma, el marco lógico permitió encontrar el objetivo general y específico de la investigación, lo que facilitó la denominación del proyecto.

I.5.1.2 Métodos utilizados para comprobar la hipótesis.

a. Método Inductivo. Se utilizó el método inductivo para obtener los resultados específicos o particulares de la problemática identificada, lo que sirvió para diseñar conclusiones y proposiciones generales.

b. Método Estadístico. Este método permitió la obtención, representación, análisis, interpretación y proyección de las variables y valores numéricos de la investigación para una mejor comprensión de la realidad y la toma de decisiones.

c. Método Sintético. Se utilizó la síntesis a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones de la investigación. Este método sirvió para hacer congruente la totalidad de la información con los resultados obtenidos del trabajo de campo.

I.5.2 Técnicas.

I.5.2.1 Técnicas empleadas para la formulación de la hipótesis.

a. Lluvia de Ideas. Utilizar esta técnica permitió la recopilación de diversas ideas, que tuvieran relación con los problemas que aquejan a los habitantes de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, los cuales describen una serie de conflictos donde sobresale el incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal.

b. Observación Directa. Se realizó una visita de campo para determinar el grado de deterioro de la ruta que comunica a la Aldea Tanil con otros sectores y la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, y obtener una aproximación real de la problemática.

c. Investigación Documental. Esta técnica sirvió para determinar la existencia de información relacionada con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico y para obtener diferentes puntos de vista. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía.

I.5.2.2 Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

a. Encuesta. La realización de la encuesta sirvió para la recopilación de información de fuentes primarias, donde se utilizó una muestra de la población representativa, la cual se tomó de manera científica para validar la hipótesis planteada y que cada persona tuviera la oportunidad medible para ser seleccionada. Previo al desarrollo de la encuesta, se procedió al diseño de las boletas de investigación con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis formulada.

a. Muestreo. El cálculo de la muestra se hizo con un 90% de confiabilidad con base, aplicado a la población de Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

I.6 Propuesta de solución

En el presente apartado se sintetiza los resultados propuestos que darán solución a la problemática principal que afecta a la Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

1.6.1 Resultado 1:

Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos como Unidad Ejecutora.

Actividad 1: Espacio físico.

Actividad 2: Material y equipo.

Actividad 3: Personal técnico.

Actividad 4: Recursos financieros.

1.6.2 Resultado 2:

Se elabora anteproyecto de propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Actividad 1: Inspección visual.

Actividad 2: Levantamiento topográfico.

Actividad 3: Diseño del espesor de la pastilla de concreto

Actividad 4: Elaboración de planos.

Actividad 5: Elaboración de presupuesto.

Actividad 6: Elaboración de renglones de trabajo.

Actividad 7: Elaboración de cronograma de inversión y ejecución.

Actividad 8: Elaboración de especificaciones técnicas.

1.6.3 Resultado 3:

Se formula programa de capacitación al personal involucrado

Actividad 1: Convocatoria.

Actividad 2: Metodología.

Actividad 3: Temas.

Actividad 4: Cronograma de capacitación.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

II.1 Conclusiones

Se comprueba la hipótesis que indica que el incremento de tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos durante los últimos 5 años, se debe al deterioro acelerado del camino rural lo que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas por falta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil.

II.2 Recomendaciones

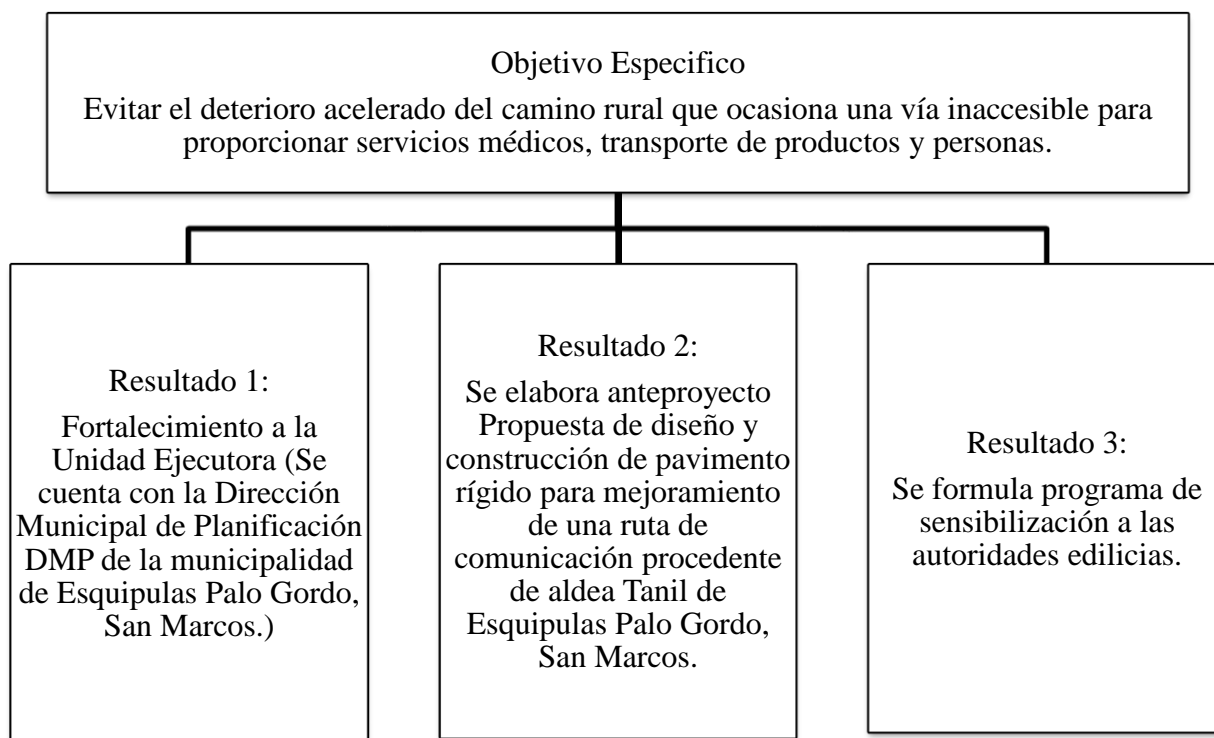
Operativizar la propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de este tramo carretero, el cual proporcionaría una vía accesible para la prestación de servicios médicos, transporte de productos y personas.

ANEXOS

Anexo 1.- Propuesta para solucionar la problemática

A continuación, se presentan los resultados para desarrollar la propuesta de solución de la problemática, que consiste en el diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. El contenido de esta propuesta contiene el desarrollo de los resultados siguientes.

Diagrama del medio de solución de la problemática.



Resultado 1:

Actualmente se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos como Unidad Ejecutora.

Actividad 1: Espacio físico.

El espacio físico permite al personal realizar las tareas asignadas, por lo que es necesario contar con espacio de trabajo u oficina de 20 m², o sea de 4.00 metros de ancho por 5.00 metros largo.

Actividad 2: Material y equipo.

El equipo de oficina mínimo:

3 escritorios ejecutivos.

3 sillas secretariales.

1 archivo de 5 gavetas.

3 computadoras de gama alta.

1 plotter.

1 estación total

2 impresora.

10 resmas de papel bond.

6 lapiceros.

3 calculadoras.

Actividad 3: Personal técnico.

1 ingeniero civil.

1 dibujante con conocimientos en el programa AutoCAD.

1 secretaria

Actividad 4: Recursos Financieros.

La Municipalidad como ente encargado de velar por el desarrollo del municipio, será quien proporcione los recursos necesarios a través de la Dirección de Administración Financiera Integrada Municipal (DAFIM)

Resultado 2: Desarrollo del plan

Se elabora anteproyecto de propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Actividad 1: Inspección Visual.

Se visitó el lugar donde se desarrolla el proyecto para realizar una inspección visual, con el propósito de determinar sus características y accesos. (En el apartado “otros anexos”, anexo No. 1, se describen las coordenadas geográficas de la ubicación del proyecto).

Actividad 2: Levantamiento Topográfico.

Para el levantamiento topográfico se utilizó un teodolito digital con su respectivo estadal y accesorios, para obtener toda la información y datos necesarios para la elaboración de los planos. (La libreta topográfica se presenta en el apartado “otros anexos”, anexo No. 2).

Los datos que se pretenden obtener con el levantamiento topográfico son:

- Planimetría y
- Altimetría.

Se realizó el trazo del eje principal o eje central, en la medición se incluye parte de la carretera, tanto de entrada como de salida, donde se pretende desarrollar el pavimento rígido. Los datos que se obtienen con el levantamiento topográfico son:

- Estaciones
- Puntos observados
- Ángulos o azimut, horizontales y verticales
- Distancias entre puntos del eje principal, como de las secciones transversales.
- Niveles del terreno

De igual forma se desarrolla un croquis, donde se anota información relevante con respecto al lugar, como puntos de referencia, árboles o arbustos existentes, ubicación de postes de alumbrado eléctrico, casas, cercos, entre otros.

Tabla No. 1: Libreta topográfica utilizada.

Libreta Topográfica

Proyecto:

Ubicación:

Estación	P.O.	Distancia	Azimut	Cota

Fuente: Fuentes R. Enero 2022

Actividad 3: Diseño del espesor de la pastilla de concreto

Para el desarrollo del diseño de espesor de la pastilla de concreto, se realizó un estudio de suelos, el cual determina la calidad de los materiales a utilizar. (El presupuesto se presenta en el apartado “otros anexos”, anexo No. 3).

Actividad 4: Elaboración de planos.

Para la elaboración de los planos, se utilizó un programa llamado AutoCAD, donde se dibujó cada uno de los elementos que componen el proyecto. Para describir a detalle todos los componentes se elaboraron 3 planos, los cuales se describen a continuación:

Plano No. 1

El primer plano indica la ubicación y localización geográfica del proyecto, así como las coordenadas geográficas de la ubicación del proyecto, incluye fotografía satelital.

Plano No. 2

Contiene la planta de curvas de nivel, donde se ubican otros elementos indispensables, así como su medida en planta y longitud del tramo carretero.

Plano No. 3

Contiene detalles estructurales, al indicar sus dimensiones y estructura del proyecto.

(Los planos se presentan en el apartado “otros anexos”, anexo No. 7).

Actividad 5: Elaboración de presupuesto.

El presupuesto contiene las dimensiones y longitudes del tramo carretero que componen el proyecto, para obtener los metros cuadrados y metros cúbicos de dichos elementos, y así determinar la cantidad de material necesaria para la ejecución del proyecto.

Algunos de los materiales que se consideran en el cálculo de materiales son:

- Cemento
- Arena de río
- Piedrín
- Material granular (selecto)
- Alambre de amarre
- Costaneras
- Etc.

En el presupuesto se detalla la cantidad de material a utilizar, así también el valor unitario de cada uno de los renglones que permitirán establecer el costo de cada renglón de material. El presupuesto también se compone del costo de la mano de obra a emplear para la construcción de dicho proyecto.

Se realizan todas las operaciones de multiplicación del costo unitario y la cantidad de material para obtener un sub total de cada renglón de materiales, luego sumar todos los renglones de trabajo y así obtener el costo total del proyecto.

(El presupuesto se presenta en el apartado “otros anexos”, anexo No. 4).

Actividad 6: Elaboración de renglones de trabajo.

En el presupuesto por renglones de trabajo se indica de forma resumida el costo que tendrá cada elemento estructural del tramo carretero. En los renglones de trabajo también se indica la cantidad unitaria, el costo unitario y el costo total del proyecto.

(Los renglones de trabajo, se presenta en el apartado “otros anexos”, anexo No. 5).

Actividad 7: Elaboración de cronograma de inversión y ejecución.

En el cronograma de inversión y ejecución se indica el tiempo que llevara ejecutar o construir cada renglón de trabajo, al detallar las actividades por semana, mes o años y así determinar el tiempo que llevara la construcción del proyecto. En el cronograma de inversión y ejecución también se indica el costo de inversión por mes, el porcentaje de inversión y el costo total del proyecto. Dicha información le servirá a la unidad ejecutora para determinar la inversión que tendrá que hacer por mes, para poder ejecutar la obra.

(El cronograma se presenta en el apartado “otros anexos”, anexo No. 6).

Actividad 8: Elaboración de especificaciones técnicas.

En las especificaciones técnicas se anotan datos importantes para la construcción del tramo carretero, como:

- Descripción del proyecto
- Requisitos de construcción

- Descripción de los materiales de construcción a utilizar
- Normas a utilizar
- Descripción de la calidad del concreto
- Entre otros.

También se realiza una descripción de los renglones trabajo, al anotar las dimensiones, los metros lineales, cuadrados o cúbicos, de cada elemento estructural, así mismo anotar la resistencia del concreto a la compresión. (Las especificaciones se presentan en el apartado “otros anexos”, anexo No. 8).

Resultado 3: Capacitación

Se formula programa de capacitación al personal involucrado

Actividad 1: Convocatoria.

- Ingeniero Civil
- Dibujante
- Secretaria.

Actividad 2: Metodología.

- Exposición.
- Proyección de diapositivas.
- Aclarar dudas.

Actividad 3: Temas.

- Uso del programa AutoCAD para elaboración de planos.
- Utilización de estación total.
- Uso del programa Excel para elaboración de Presupuesto y Cronogramas.
- Uso del programa Word para elaboración de Especificaciones Técnicas.
- Impresión de planos en plotter.

Actividad 4: Cronograma de capacitación

La capacitación se realizará una vez al año, en el mes de enero.

.

Anexo 2. Matriz de Estructura Lógica.

Componentes	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Objetivo general:	En el primer año de ejecutada la propuesta se logra reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos en 99%	Por parte de profesionales de la Dirección Municipal de Planificación DMP.	Se cuenta con el Concejo Comunitario de Desarrollo COCODE de la aldea como apoyo en el control y seguimiento al proyecto.
Reducir el tiempo en la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.			
Objetivo específico:	Al transcurrir el primer año de ejecutada la propuesta se logra evitar el deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas en 99%.	Reportes presentados por el COCODE.	Miembros del concejo comunitario de desarrollo COCODE del sector Apoyan con informes sobre la situación y problemática actual que relaciona la intercomunicación terrestre de la población de aldea Tanil con otras aldeas y cabecera municipal
Evitar el deterioro acelerado del camino rural que ocasiona una vía inaccesible para proporcionar servicios médicos, transporte de productos y personas.			

Resultado 1:			
Fortalecimiento a la Unidad Ejecutora (Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación DMP de la municipalidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.)			
Resultado 2:			
Se elabora anteproyecto Propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos			
Resultado 3:			
Se formula programa de sensibilización a las autoridades edilicias			

Anexo 3. Otros anexos

Anexo No. 1. Actividad 1

Nombre del Proyecto:

Propuesta de diseño y construcción de pavimento rígido para mejoramiento de una ruta de comunicación procedente de aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Ubicación del Proyecto:

Aldea Tanil de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, se encuentra ubicada a 6km de la cabecera departamental de San Marcos.

Coordenadas Geográficas:

Latitud = $15^{\circ}55'33.60''$ N

Longitud = $91^{\circ}49'4.98''$ O



Anexo No. 2 Actividad 2

Libreta Topografía

LIBRETA TOPOGRAFICA

PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO PARA MEJORAMIENTO DE UNA RUTA DE COMUNICACION PROCEDENTE DE ALDEA TANIL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS.

Punto	X	Y	Cota
0	1000	1000	100
1	1000	1000	100
2	989.941	1002.576	101.813
3	989.886	1005.81	101.763
4	988.365	1009.58	101.976
5	995.969	1001.292	100.598
6	994.216	1006.952	101.28
7	991.643	1012.239	101.286
8	996.188	1011.519	100.963
9	1000.122	1011.315	100.676
10	997.509	1000.343	100.306
11	999.826	1003.212	100.499
12	1002.304	1005.629	100.917
13	1002.934	993.711	98.815
14	1005.429	995.198	98.861
15	1008.057	996.886	99.088
16	1008.46	983.011	97.06
17	1011.457	984.383	97.065
18	1013.977	986.057	96.997

19	1013.184	973.955	95.919
20	1015.678	975.334	95.92
21	1018.11	976.78	95.825
22	1017.945	964.279	94.987
23	1020.48	965.789	94.946
24	1022.733	967.364	94.94
25	1023.939	953.157	94.236
26	1026.205	954.507	94.195
27	1028.676	956.063	94.112
28	1028.952	943.693	93.777
29	1031.346	945.074	93.796
30	1033.952	946.56	93.664
31	1033.624	935.518	93.475
32	1035.858	937.121	93.467
33	1038.488	938.52	93.351
34	1039.317	925.29	93.133
35	1041.678	926.676	93.139
36	1044.096	927.882	92.99
37	1044.477	915.697	92.79
38	1046.816	916.897	92.825
39	1049.32	918.236	92.764
40	1050.145	905.212	92.468
41	1052.25	906.587	92.535
42	1054.778	908.175	92.535
43	1054.85	896.953	92.37
44	1056.951	898.278	92.389
45	1059.892	899.743	92.252
46	1060.474	886.52	92.6
47	1062.941	888.156	92.584
48	1065.645	889.95	92.436

49	1065.675	878.081	92.624
50	1068.353	879.674	92.594
51	1070.674	881.078	92.534
52	1071.461	868.162	92.425
53	1074	869.957	92.462
54	1076.467	871.473	92.421
55	1076.674	859.389	92.295
56	1079.197	861.04	92.337
57	1082.938	851.641	92.168
58	1082.912	851.631	92.173
59	1085.609	845.121	92.112
60	1088.075	846.682	92.12
61	1090.57	848.26	92.119
62	1093.296	834.798	91.885
63	1095.483	836.672	91.645
64	1097.636	838.479	91.737
65	1102.291	825.01	92.049
66	1104.39	827.138	92.019
67	1106.126	828.804	91.96
68	1110.675	815.43	92.36
69	1112.92	817.807	92.26
70	1114.812	819.74	92.211
71	1119.552	805.814	93.018
72	1121.823	807.674	92.693
73	1123.906	809.503	92.749
74	1126.778	805.549	92.686
75	1124.207	800.022	92.435
76	1126.662	801.394	92.502
77	1129.696	802.254	92.381

Anexo No. 3. Actividad 3. Diseño del espesor de la pastilla de concreto.

DISEÑO DEL ESPESOR DE LA PASTILLA DE CONCRETO

Ubicación:	Camino RURAL		
Tipo de carretera:			
Número de carriles por sentido:	1		
Barras pasajuntas:	Si		
Tipo de subbase:	Granular		
Observaciones adicionales:	Utilizar concreto 4000 PSI para las carrileras		
Periodo de diseño:	20	años	
Tipo de distribución de cargas de tráfico:	Mediano		
% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:Factor de seguridad de cargas:	6	% (Método PCA considera el 6%)	
	1		
T.P.D.A. (incluye vehículos livianos) = Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:	75	vehículos/día	
Tasa de crecimiento anual:	7.50	%	
Factor de distribución por carril:	1		
Factor direccional:	50%		

Tráfico de diseño (solo camiones pesados): 294,231 (vehículos de más de cuatro llantas)

PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES				
Valor CBR subrasante:	13.1%			
Modulo k de subrasante:	46.5	MPa/m	169.72	pci
Modulo k combinado:	53.1	MPa/m	193.81	pci
Modulo de rotura:	4.1361	Mpa	600.0	psi
Varianza de Resistencia:	15%	(Método considera 15%)		
			Espesor losa de Hormigón:	17.60 cm
			Espesor subbase:	17.82 cm

Anexo No. 4. Actividad 6. Elaboración de renglones de trabajo.

PRESUPUESTO INTEGRADO	
PROYECTO:	PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO PARA MEJORAMIENTO DE UNA RUTA DE COMUNICACION PROCEDENTE DE ALDEA TANIL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS
MUNICIPIO:	ESQUIPULAS PALO GORDO
DEPARTAMENTO:	SAN MARCOS

No.	Descripción del Renglón	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
1	REPLANTEO	252.00	m	Q 20.95	Q 5,279.40
2	CORTE DE CAJUELA (e = 0.38 m)	566.00	m ³	Q 58.70	Q 33,224.20
3	CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE	1490.00	m ²	Q 28.95	Q 43,135.50
4	PREPARACIÓN DE LA BASE (e = 0.20 m)	1438.00	m ²	Q 83.95	Q 120,720.10
5	BORDILLOS LATERALES	503.00	m	Q 121.00	Q 60,863.00
6	PAVIMENTO (e = 0.18 m)	1438.00	m ²	Q 435.70	Q 626,536.60
7	LOSETA DE REMATE	15.00	m	Q 220.00	Q 3,300.00
8	MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL	900.00	unidad	Q 6.00	Q 5,400.00
9	LIMPIEZA GENERAL	1.00	Unidad	Q 1,541.20	Q 1,541.20
COSTO TOTAL				Q	900,000.00

Anexo No. 5. Actividad 5. Presupuesto desglosado.

INTEGRACION DE COSTOS	
PROYECTO:	PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO PARA MEJORAMIENTO DE UNA RUTA DE COMUNICACION PROCEDENTE DE ALDEA TANIL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS.
MUNICIPIO:	ESQUIPULAS PALO GORDO
DEPARTAMENTO:	SAN MARCOS.

I	Renglón:		Cantidad		Unidad de medida
		REPLANTEO		252	
No.	MATERIALES	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
	TOTAL DE MATERIALES				Q 537.50
No.	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
	TOTAL DE MANO DE OBRA				Q 3,528.00
	COSTO DIRECTO				Q 4,065.50
	COSTO INDIRECTO				Q 1,213.90
	COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q 5,279.40
	PRECIO UNITARIO				Q 20.95

2	Renglón:			Cantidad	Unidad de medida
		CORTE DE CAJUELA (e = 0.38 m)		566	m ³
No.	MAQUINARIA Y EQUIPO	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA					Q 7,350.00
No.	FLETE	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA					Q 14,250.00
No.	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MANO DE OBRA					Q 3,962.00
COSTO DIRECTO					Q 25,562.00
COSTO INDIRECTO					Q 7,662.20
COSTO TOTAL DEL RENGLON					Q 33,224.20
PRECIO UNITARIO					Q 58.70

3	Renglón:			Cantidad	Unidad de medida
		CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE		1490	m ²
No.	MAQUINARIA Y EQUIPO	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA					Q 19,800.00
No.	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MANO DE OBRA					Q 13,410.00
COSTO DIRECTO					Q 33,210.00
COSTO INDIRECTO					Q 9,925.50
COSTO TOTAL DEL RENGLON					Q 43,135.50
PRECIO UNITARIO					Q 28.95

4	Renglón:			Cantidad	Unidad de medida
	PREPARACIÓN DE LA BASE (e = 0.20 m)			1438	m²
No.	MATERIALES	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MATERIALES					Q 39,000.00
No.	MAQUINARIA Y EQUIPO	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA					Q 42,400.00
No.	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MANO DE OBRA					Q 11,504.00
COSTO DIRECTO					Q 92,904.00
COSTO INDIRECTO					Q 27,816.10
COSTO TOTAL DEL RENGLON					Q 120,720.10
PRECIO UNITARIO					Q 83.95

5	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	BORDILLOS LATERALES	503		m	
No.	MATERIALES	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MATERIALES					Q 23,285.00
No.	MAQUINARIA Y EQUIPO	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE TRANSPORTE Y COMBUSTIBLE					Q 6,000.00
No.	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MANO DE OBRA					Q 17,605.00
COSTO DIRECTO					Q 46,890.00
COSTO INDIRECTO					Q 13,973.00
COSTO TOTAL DEL RENGLON					Q 60,863.00
PRECIO UNITARIO					Q 121.00

6	Renglón:				Cantidad	Unidad de medida	
		PAVIMENTO (e = 0.18 m)				1438	m ²
No.	MATERIALES	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total		
						TOTAL DE MATERIALES	Q 342,215.00
No.	MAQUINARIA Y EQUIPO	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total		
						TOTAL DE MANO DE OBRA	Q 24,755.00
No.	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total		
						TOTAL DE MANO DE OBRA	Q 115,040.00
						COSTO DIRECTO	Q 482,010.00
						COSTO INDIRECTO	Q 144,526.60
						COSTO TOTAL DEL RENGLON	Q 626,536.60
						PRECIO UNITARIO	Q 435.70

7	Renglón:				Cantidad	Unidad de medida	
		LOSETA DE REMATE				15	m
No.	MATERIALES	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total		
						TOTAL DE MATERIALES	Q 1,539.00
No.	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total		
						TOTAL DE MANO DE OBRA	Q 1,050.00
						COSTO DIRECTO	Q 2,589.00
						COSTO INDIRECTO	Q 711.00
						COSTO TOTAL DEL RENGLON	Q 3,300.00
						PRECIO UNITARIO	Q 220.00

8	Renglón:				Cantidad	Unidad de medida
----------	----------	--	--	--	----------	------------------

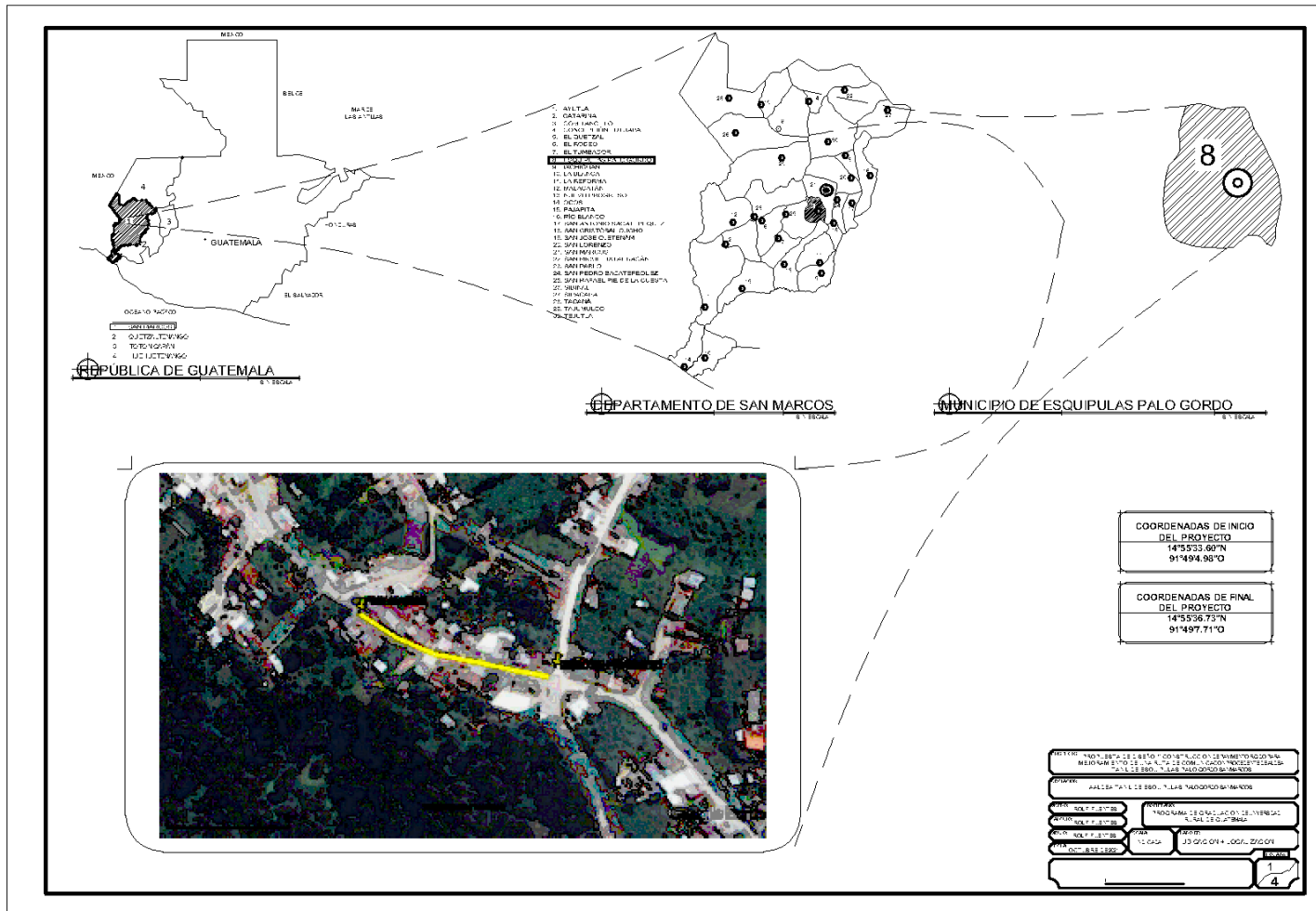
MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL		900		unidad	
No.	MATERIALES	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MATERIALES					Q 2,250.00
No.	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MANO DE OBRA					Q 1,980.00
COSTO DIRECTO				Q	4,230.00
COSTO INDIRECTO				Q	1,170.00
COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q	5,400.00
PRECIO UNITARIO				Q	6.00
9	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	LIMPIEZA GENERAL	1		Unidad	
No.	TRANSPORTE Y COMBUSTIBLE	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE TRANSPORTE Y COMBUSTIBLE					Q 400.00
No.	MANO DE OBRA	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL DE MANO DE OBRA					Q 790.00
COSTO DIRECTO				Q	1,190.00
COSTO INDIRECTO				Q	351.20
COSTO TOTAL DEL RENGLON				Q	1,541.20
PRECIO UNITARIO				Q	1,541.20

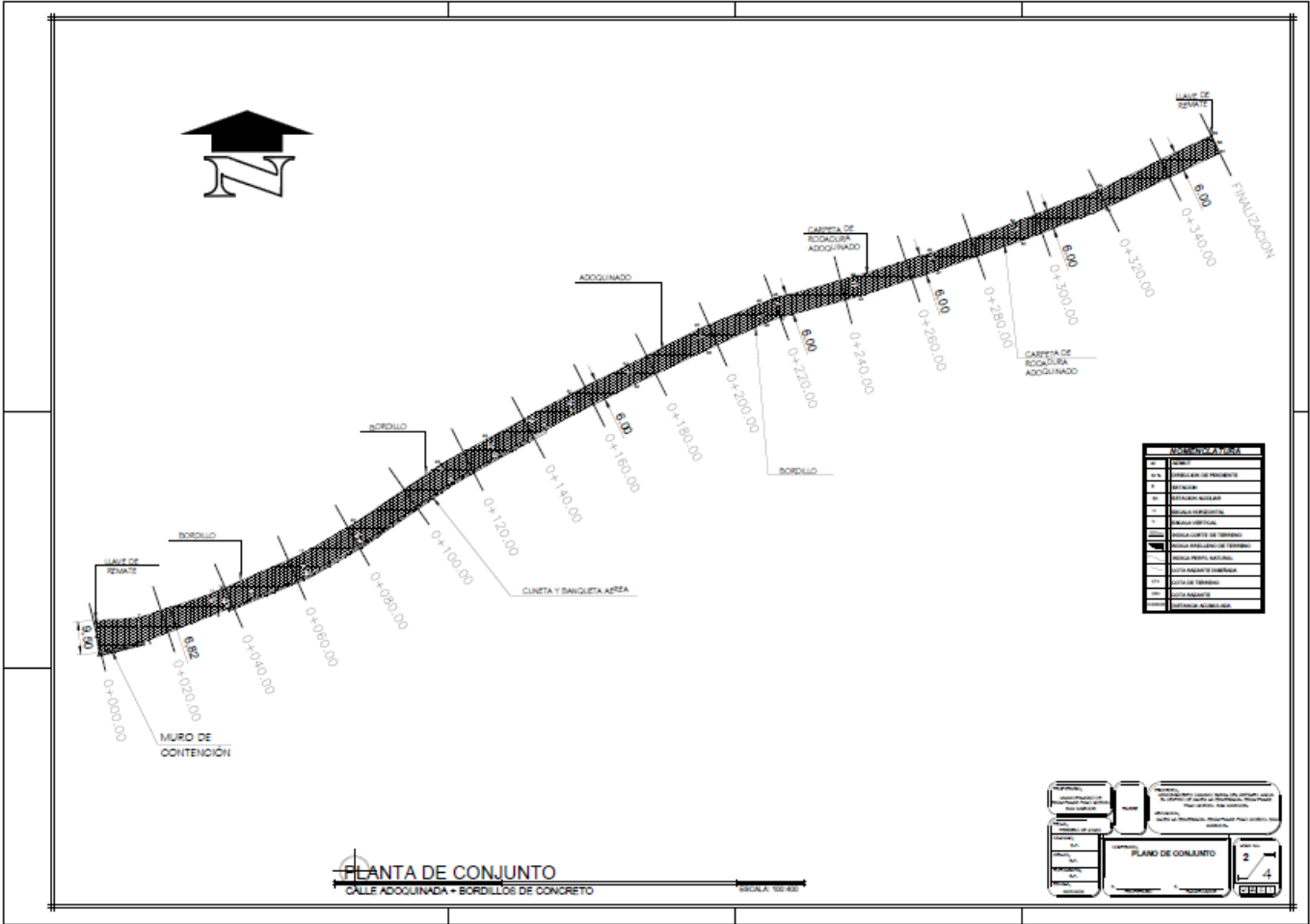
COSTO TOTAL DEL PROYECTO: Q 900,000.00

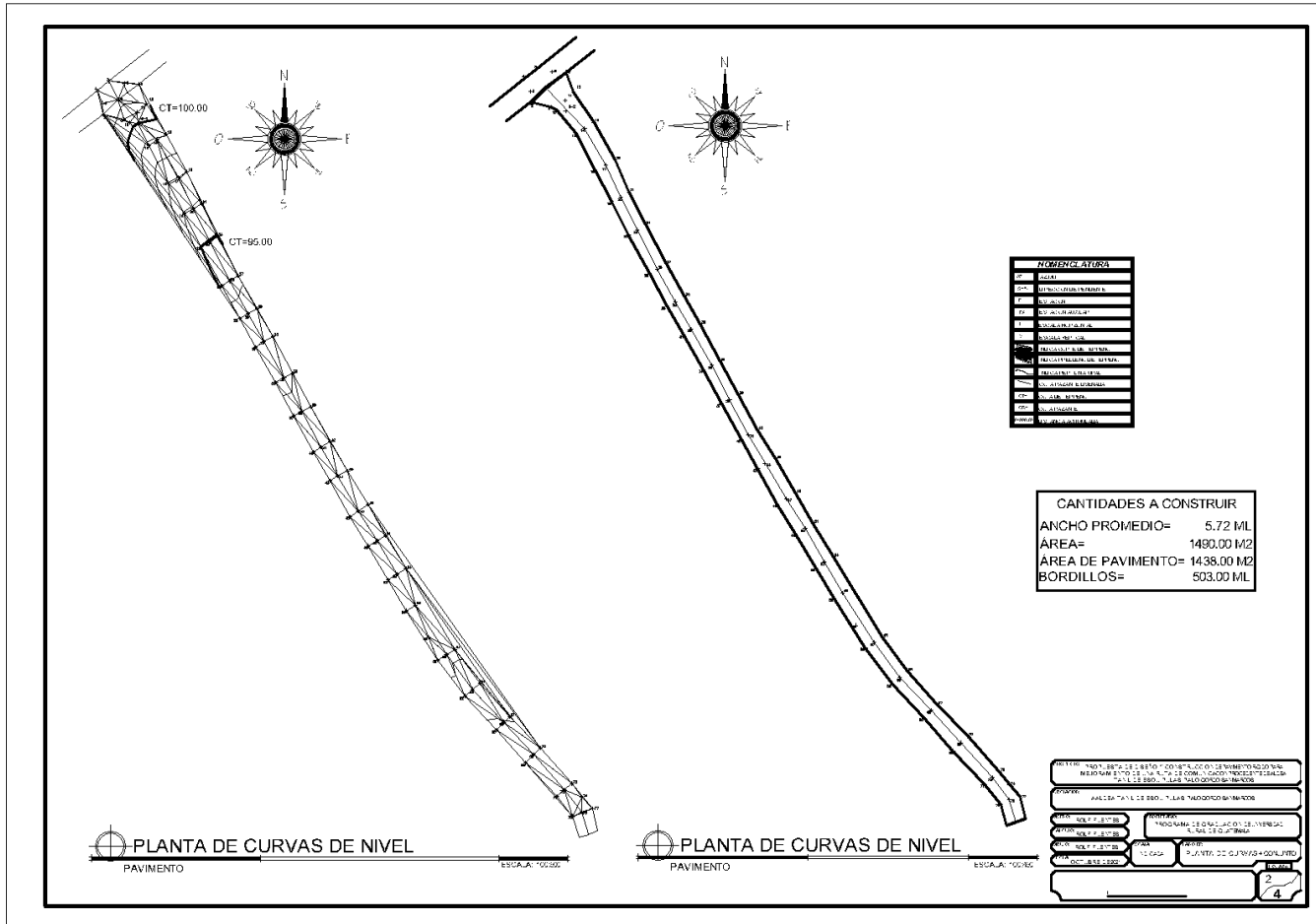
Anexo No. 6. Actividad 7. Elaboración de cronograma de inversión y ejecución.

CRONOGRAMA DE INVERSIÓN FÍSICO Y FINANCIERO																									
PROYECTO:		CAMINO RURAL, ALDEA TANIL, ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS.																							
MUNICIPIO:		ESQUIPULAS PALO GORDO																							
DEPARTAMENTO:		SAN MARCOS.																							
No.	Descripción del Renglón	Cantidad	Unidad	Costo Total	%	1				2				3				4				5			
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	REPLANTEO	252.00	m	Q 5,279.40	0.59	■	■	■	■																
2	CORTE DE CAJUELA (e = 0.38 m)	566.00	m²	Q 33,224.20	3.69		■	■	■	■															
3	CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE	1490.00	m²	Q 43,135.50	4.79					■	■	■	■												
4	PREPARACIÓN DE LA BASE (e = 0.20 m)	1438.00	m²	Q 120,720.10	13.41						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
5	BORDILLOS LATERALES	503.00	m	Q 60,863.00	6.76									■	■	■	■	■	■	■					
6	PAVIMENTO (e = 0.18 m)	1438.00	m²	Q 626,536.60	69.62							■	■	■	■	■	■	■	■	■					
7	LOSETA DE REMATE	15.00	m	Q 3,300.00	0.37							■	■					■	■	■					
8	MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL	900.00	unidad	Q 5,400.00	0.60															■					
9	LIMPIEZA GENERAL	1.00	Unidad	Q 1,541.20	0.17															■					
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		Q	900,000.00	100.00																					
INVERSIÓN MENSUAL ESTIMADA EN %						25%				25%				20%				20%				10%			
INVERSIÓN ACUMULADA EN %						25%				50%				70%				90%				100%			
INVERSIÓN MENSUAL ESTIMADA EN Q.						Q 225,000.00				Q 225,000.00				Q 180,000.00				Q 180,000.00				Q 90,000.00			
INVERSIÓN ACUMULADA EN Q.						Q 225,000.00				Q 450,000.00				Q 630,000.00				Q 810,000.00				Q 900,000.00			

Anexo No. 7. Actividad 4. Elaboración de planos.







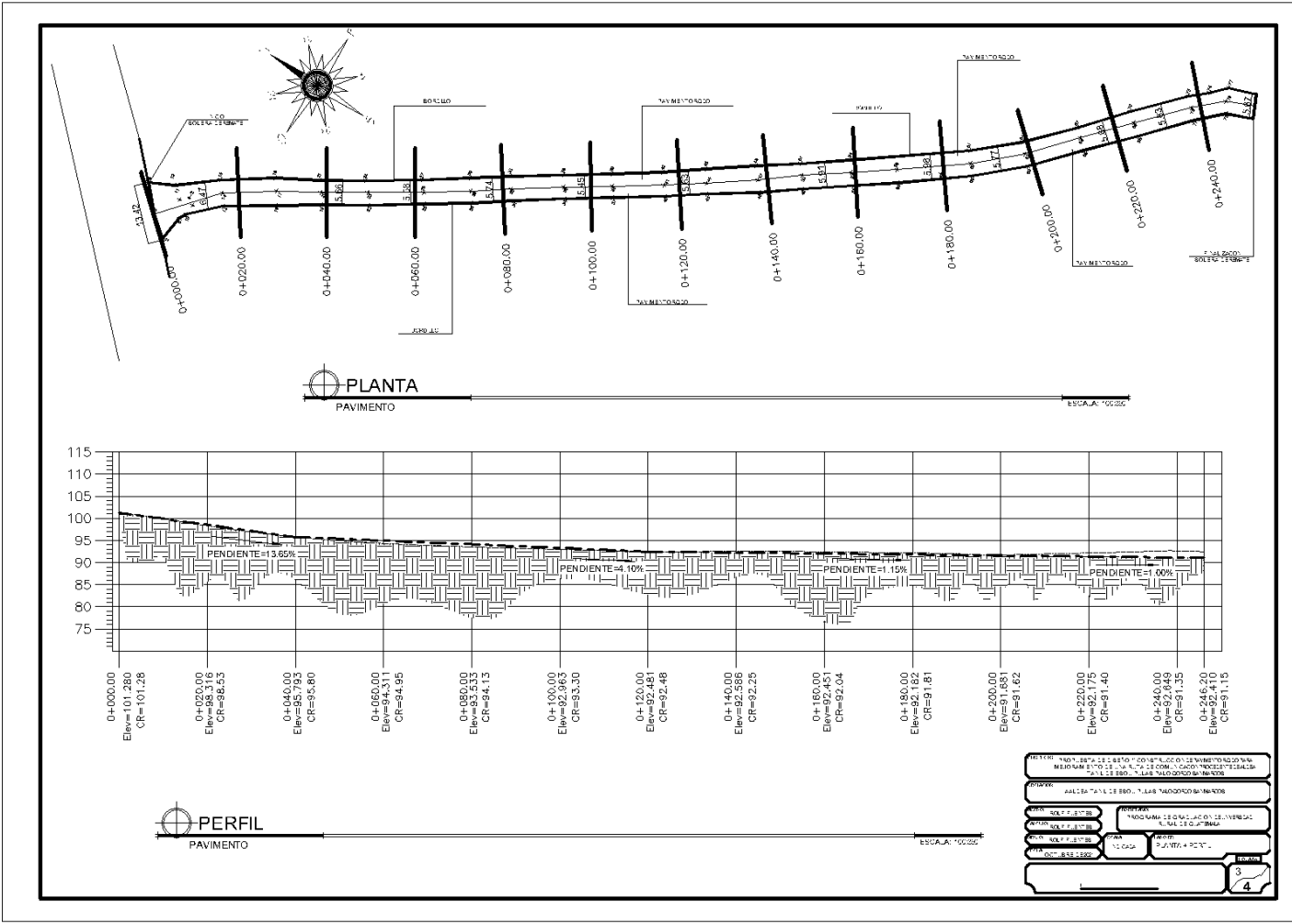
NORMAS ADOPTADAS	
1	ASfalto
2	Substrato de arena
3	Substrato de grava
4	Substrato de piedra
5	Substrato de concreto
6	Substrato de cemento
7	Substrato de cemento
8	Substrato de cemento
9	Substrato de cemento
10	Substrato de cemento
11	Substrato de cemento
12	Substrato de cemento
13	Substrato de cemento
14	Substrato de cemento
15	Substrato de cemento
16	Substrato de cemento
17	Substrato de cemento
18	Substrato de cemento
19	Substrato de cemento
20	Substrato de cemento
21	Substrato de cemento
22	Substrato de cemento
23	Substrato de cemento
24	Substrato de cemento
25	Substrato de cemento
26	Substrato de cemento
27	Substrato de cemento
28	Substrato de cemento
29	Substrato de cemento
30	Substrato de cemento

CANTIDADES A CONSTRUIR	
ANCHO PROMEDIO=	5.72 ML
AREA=	1438.00 M2
AREA DE PAVIMENTO=	1438.00 M2
BORDILLOS=	503.00 ML

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
 PAVIMENTO
 ESCALA: 1:5000

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
 PAVIMENTO
 ESCALA: 1:5000

PROYECTO: "CALLE 12 DE SEPTIEMBRE"	
AREA: 12.500 M2	PERIMETRO: 125.00 M
ESCALA: 1:5000	FECHA: 12/01/2010
PROYECTISTA:	CLIENTE:
DISEÑADOR:	APROBADO:
VERIFICADOR:	FECHA:
COPIAS:	PLANOS:
2	4



Anexo No. 8. Actividad 8. Elaboración de especificaciones técnicas.

CAMINO RURAL, ALDEA TANIL, ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

INTRODUCCIÓN

Las presentes especificaciones técnicas, tienen como objeto dar los lineamientos generales a seguir, en cuanto a calidades de materiales, procedimientos constructivos y acabados durante la ejecución de la obra, como complemento de los planos.

REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

Todos los materiales que suministre el constructor, serán nuevos y deberán llenar los requisitos y condiciones que se señalan en las especificaciones y planos.

MATERIALES DEFECTUOSOS

Todos los materiales que no llenen los requisitos de las especificaciones, los que hayan sido en cualquier forma dañados, o los que se hayan mezclado con material nocivo, serán considerados defectuosos. Los que así fueren considerados, podrán ser corregidos por el constructor, solamente mediante una autorización previa del supervisor o bien exigirse su retiro inmediato de la obra.

GENERALIDADES

SUJECION A ESPECIFICACIONES TECNICAS Y PLANOS

El proyecto de mejoramiento con pavimento se construirá de conformidad con las Especificaciones Técnicas de Construcción y planos respectivos del proyecto. El ejecutor no podrá variar las Especificaciones Técnicas sin previa autorización por escrito del supervisor.

TRABAJOS PRELIMINARES

BODEGA

Se deberá contar con una bodega para almacenar adecuadamente los materiales de construcción que, por sus características, no puedan permanecer a la intemperie. La localización no debería interferir en el desarrollo de las actividades de la construcción.

1. REPLANTEO (252.00 m)

El contratista tendrá a su cargo el replanteo de toda la obra, cuya exactitud será comprobada por el ingeniero supervisor de la municipalidad, antes de dar comienzo a los trabajos. Realizará la medición del perímetro y la verificación de los ángulos del terreno y cualquier diferencia ponerla a conocimiento del ingeniero supervisor.

2. CORTE DE CAJUELA (e=0.38) (566.00 m³)

Este renglón consiste en cortar el área de la calle existente, el cual será sustituido por la capa de base y carpeta de rodadura. Cuando dentro de los límites de la vía principal se encuentre fango u otro material inapropiado para la sub-rasante u otras partes de la carretera, el contratista debe excavar tal material, por lo menos a 30 centímetros debajo de la cota de la sub-rasante o a la profundidad que indique el supervisor. El contratista debe rellenar la excavación efectuada, con el material apropiado, el cual debe ser debidamente conformado y compactado.

El material inapropiado debe ser retirado por el ejecutor y depositarlo donde indique el supervisor.

3. CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE (1490.00 m²)

Sub-Rasante: Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Reacondicionamiento de Sub-Rasantes Existentes. Es la operación que consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la sub-rasante de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente, lo que afecta los cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros, con el objeto de regularizar y mejorar, mediante estas operaciones, las condiciones de la sub-rasante como cimiento de la estructura del pavimento.

(d) Escarificación, Tendido y Conformación. En las áreas que necesiten reacondicionamiento, el Contratista debe proceder a escarificar el suelo de sub-rasante hasta una profundidad de 200 milímetros, y elimina las rocas mayores de 100 milímetros, acondicionándolas fuera del lecho del camino; seguidamente debe proceder a ajustar y conformar la superficie al realizar cortes y rellenos en un espesor no mayor de 200 milímetros.

El suelo de sub-rasante en toda el área a reacondicionarse debe humedecerse adecuadamente, antes de la compactación. El control de humedad puede efectuarse al secar el material, o por el método con carburo, AASHTO T 217.

(f) Compactación. La sub-rasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de ± 3 por ciento de la humedad óptima, hasta lograr el 95 por ciento de compactación respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T 191; con la aprobación escrita del Ingeniero, se pueden usar otros métodos técnicos, que incluyen los no destructivos. Para el caso de sub-rasantes arcillosas con un límite líquido superior al 45 por ciento y un índice plástico superior al 15 por ciento, se requerirá su compactación a una densidad del 90 por ciento respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180 y con un contenido de humedad mayor, por lo menos en un 3 por ciento, que su correspondiente humedad óptima siempre que no exceda en más de un 4 por ciento al valor correspondiente a su límite plástico.

(g) Deflexión. Se establece una deflexión máxima para la capa de sub-rasante reacondicionada de 3.0 milímetros. El delegado Residente deberá ordenar los vaciados que sean necesarios y su reemplazo con material de préstamo o de sub-base y, en caso necesario, complementar estos trabajos con la construcción de sub-drenaje adecuado.

(a) Tolerancias en Compactación. Se establece una tolerancia en menos del 2%, respecto al porcentaje de compactación especificado en 301.03 (f) para la sub-rasante reacondicionada. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados o fracción de sub-rasante reacondicionada.

(b) Tolerancia de Superficie. Se establece una tolerancia de 20 milímetros, en más o en menos, para los trabajos efectuados por el equipo de construcción, respecto al nivel de conformación de superficie definido en la obra mediante marcas topográficas colocadas de conformidad con las elevaciones indicadas en los planos u ordenadas por el delegado Residente.

4. PREPARACIÓN DE LA BASE (e=0.20) (1438.00 m²)

Base Granular. Es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento.

Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración y/o clasificación cuando sean necesarias, de piedra o grava, combinándolas con material de relleno para formar un agregado clasificado; el apilamiento y almacenamiento, transporte, colocación, tendido, mezcla, humedecimiento, conformación y compactación del material de sub-base o base granular; la regulación del tránsito; así como el control de laboratorio de todas las operaciones necesarias para construir la sub-base o base granular en una o varias capas, conforme lo indicado en los planos, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación correspondientes, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

REQUISITOS PARA LOS MATERIALES. El material de sub-base o base granular debe consistir de preferencia en piedra o grava clasificadas sin triturar, o solamente con trituración parcial cuando sea necesario para cumplir con los requisitos de graduación establecidos en esta Sección, combinadas con arena y material de relleno para formar un material de sub-base o base granular que llene los requisitos siguientes:

(a) Valor Soporte. Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193, mínimo de 40 para la sub-base y de 70 para la base, efectuado sobre muestra saturada, a 95% de compactación determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 0.5% en el ensayo efectuado según AASHTO T 193.

(b) Abrasión. La porción de agregado retenida en el Tamiz 4.75 mm (N° 4), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 50 a 500 revoluciones.

(c) Partículas Planas o Alargadas. No más del 25% en peso del material retenido en el Tamiz 4.75 mm (N° 4), pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

(d) Impurezas. El material de sub-base o base granular debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub-base o base granular puedan causar fallas en el pavimento.

(e) Graduación. El material para capa de sub-base o base granular debe llenar los requisitos de graduación, determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, para el tipo que se indique en las Disposiciones Especiales, de los que se estipulan en la Tabla 304-1.

Tabla 304-1 Tipos de Graduación para material de Sub-base o Base Granular

Standard mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 27)					
		TIPO "A" (Sub-base) 50 mm (2") máximo	TIPO "A" (Base) 50 mm (2") máximo		TIPO "B" (Sub-base y Base) 38.1 mm (1 ½") máximo		TIPO "C" (Sub-base y Base) 25 mm (1") máximo
		<u>A-1</u>	<u>A-1</u>	<u>A-2</u>	<u>B-1</u>	<u>B-2</u>	<u>C-1</u>
50.0	2"	100	100	100			
38.1	1 ½"	-	-	-	100	100	
25.0	1"	60-90	65-90	60-85	-	-	100
19.0	¾"	-	-	-	60-90	-	-
9.5	⅜"	-	-	-	-	-	50-85
4.75	N° 4	20-60	25-60	20-50	30-60	20-50	35-65
2.00	N° 10	-	-	-	-	-	25-50
0.425	N° 40	-	-	-	-	-	12-30
0.075	N° 200	3-12	3-12	3-10	5-15	3-10	5-15

El porcentaje que pasa el Tamiz 0.075 mm (N° 200), debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el Tamiz 0.425 mm (N° 40).

(f) Plasticidad y Cohesión. El material de la capa de sub-base o base granular, en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener en la fracción que pasa el Tamiz 0.425 mm (N° 40), que incluye el material de relleno, un índice de plasticidad mayor de 6 para la sub-base y la base, determinado por el método AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 25 tanto para la sub-base como para la base, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146.

(g) Equivalente de Arena. El equivalente de arena no debe ser menor de 30 tanto para sub-base como para base, según AASHTO T 176.

(h) Material de Relleno. Cuando se necesite agregar material de relleno, en adición al que se encuentra naturalmente en el material, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, éste debe estar libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, polvo de roca, limo inorgánico u otro material con alto porcentaje de partículas que pasan el Tamiz 2.00 mm (N° 10).

COLOCACION Y TENDIDO. El material de sub-base y base granular debe ser depositado sobre la sub-rasante o sub-base, respectivamente, previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camiones de volteo, tendiéndolo con motoniveladora o por medio de equipo especial que asegure su distribución en una capa de material uniforme y sin segregación en una sola operación y que lo acondicione en un ancho no menor de 3 metros. El espesor de la capa a tenderse, no debe ser mayor de 300 milímetros ni menor de 100 milímetros. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de sub-base o base granular, medida desde el extremo anterior de la capa terminada, en ningún caso debe ser mayor de 2 kilómetros para la sub-base y de 4 kilómetros para la base.

MEZCLA. Después de haberse colocado y tendido el material de sub-base o base granular, debe procederse a su homogeneización con la humedad adecuada, al mezclar el material en todo el espesor de la capa, mediante la utilización de maquinaria y equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora o cualquier equipo que asegure una mezcla homogénea. En caso de utilizarse equipo especial de tendido, que permita esparcir el material previamente humedecido y sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

RIEGO DE AGUA. Previamente a la compactación de la capa de sub-base o base granular, se debe humedecer adecuadamente el material para lograr la densidad especificada. La humedad de campo se debe determinar al secar el material o por el método con carburo, según AASHTO T 217. El humedecimiento del material se puede efectuar en la planta, antes de ser acarreado y tendido, pudiéndose en este caso, proceder a su compactación inmediata. En el caso de que el material se humedezca

después de tendido, debe mezclarse mecánicamente para lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación especificada. El riego de agua se puede efectuar simultáneamente con la operación de mezcla.

CONFORMACION Y COMPACTACION. La capa de sub-base o base granular se debe conformar ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180, debiéndose efectuar ambas operaciones, dentro de las tolerancias establecidas en 304.09 (c).

La determinación de la densidad máxima, se debe efectuar una vez por cada 40 m³ de material de sub-base o base granular o cuando haya evidencia que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191; con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, que incluye los no destructivos.

(a) Control de Calidad de los Materiales.

(1) Valor Soporte. Se debe efectuar un ensayo por cada 500 metros cúbicos producidos, al iniciar la explotación de un banco, hasta llegar a 3,000 metros cúbicos y seguidamente un ensayo cada 5,000 metros cúbicos colocados.

(2) Abrasión. Se debe efectuar un ensayo por cada 10,000 metros cúbicos de material en su estado original y por cada 20,000 metros cúbicos de material producido.

(c) Control de Calidad y Tolerancias en los Requisitos de Construcción.

(1) Compactación. El Contratista debe de controlar, por medio de ensayos de laboratorio y de campo, la compactación que debe dar al material según la maquinaria y equipo de que dispone para lograr la densidad especificada en 304.08. Se establece una tolerancia en menos, del 3% respecto al porcentaje de compactación especificado, para aceptación de la capa de sub-base o base granular. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de cada una de las capas que se compacten. Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una

distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté en control, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones. De preferencia el control de compactación se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y por medio de un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

(2) Superficie. La conformación de la superficie terminada de la capa de sub-base o base granular, debe ser verificada mediante la utilización de un cordel delgado, atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente; a continuación con una regla graduada, se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la sub-base o base, en sentidos transversal y longitudinal.

5. BORDILLOS LATERALES (503.00 m)

Son las estructuras de concreto simple, que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera para el encauzamiento de las aguas, sobre todo en las secciones en relleno, así como para el ordenamiento del tráfico y seguridad del usuario.

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción. También se incluye en este trabajo, la formaleta, excavación si la hay y todas las operaciones necesarias para la correcta construcción de los bordillos, de acuerdo con los planos.

El bordillo debe ser de concreto clase 17.5 MPa (2,500 psi) como mínimo a los 28 días.

Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de los bordillos, deben ser los indicados en los planos (0.10m x 0.35m), los bordillos servirán como tope de cuneta en los tramos en donde está se coloque y deberán de sobre salir 0.10 m del nivel de cuneta.

6. PAVIMENTO (e=0.18 m) (1438.00 m²)

Es un pavimento rígido, de concreto de cemento hidráulico, con o sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito.

Este trabajo consiste en la construcción sobre sub-rasante, sub-base o base preparada y aceptada previamente, de la carpeta o losa de pavimento de concreto, de acuerdo con los planos, que incluye la fabricación y suministro del concreto estructural, conforme se indica en la sección 551 (Libro Azul) y el manejo, colocación, compactación, acabado, curado y protección del concreto de acuerdo con la sección 553 (Libro Azul) y lo indicado en esta sección, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical, espesores y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

Requisitos para los materiales

Los materiales para pavimentos de concreto de cemento hidráulico, a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales, deben llenar los requisitos siguientes:

Cementos Hidráulicos.

Estos cementos deben ajustarse a las Normas AASHTO M 85, ASTM C 150 ó COGUANOR NG 41005 para los Cementos Portland ordinarios y a las normas AASHTO M 240, ASTM C 595 ó COGUANOR NG 41001 y ASTM C 1157, para Cementos Hidráulicos Mezclados y al indicarse su clase de resistencia en MPa o en lb/pulg². En Guatemala se comercializan los Cementos Hidráulicos asignándoles una clase de resistencia de 21, 28, 35 y 42 MPa (3000, 4000, 5000 y 6000 lb/pulg²), que

corresponde a una resistencia mínima a 28 días en morteros de cemento normalizados AASHTO T 106, ASTM C 109 y COGUANOR NG 41003.h10.

Cuando no se especifique el cemento a usar, pueden emplearse indistintamente los siguientes cementos: El Cemento Portland ordinario tipo I ó II, el Cemento Portland Modificado con Puzolanas IPM, el Cemento Portland Puzolánico IP, el Cemento Portland Modificado con escorias de alto horno ISM y el Cemento Portland de escorias de alto hornos IS. Todos deberán tener una clase de resistencia de 28 MPa (4000 lb/pulg²) o mayor.

Agregado Fino.

De acuerdo a AASHTO M 6, Clase B, incluye el requisito suplementario de reactividad potencial del agregado, excepto lo siguiente: No se aplicará el ensayo de congelamiento y deshielo alternados y que en el ensayo de desintegración al sulfato de sodio la pérdida de masa será no mayor del 15% después de cinco ciclos conforme AASHTO T 104. Las cantidades de sustancias perjudiciales permisibles serán las establecidas para Clase B y cuando el caso lo amerite, serán fijados en las Disposiciones Especiales. El porcentaje permisible en masa de material de baja densidad constituido por pómez y otros materiales piroclásticos debe ser fijado por el delegado Residente, para cada caso particular. Cuando el material de baja densidad sea carbón, lignito o mica u otro mineral liviano no piroclástico, el porcentaje máximo permisible en masa será de 1.0. La arena de mar, podrá usarse únicamente en concreto no reforzado, cuando además de llenar los requisitos aquí establecidos, no produzca un cambio de más de 25% del tiempo de fraguado del cemento, o una reducción de más del 10% de la resistencia a compresión en morteros de cemento hidráulico a 7 y 28 días, en relación a la resistencia obtenida de morteros hechos con arena normalizada, de acuerdo a AASHTO T 106 (ASTM C 109).

La graduación del agregado debe estar dentro de los límites de la Tabla 551-02:

TABLA 551-02 Graduación de los agregados

TAMICES AASHTO M 92		PORCENTAJE EN MASA QUE PASA
9.500 mm	3/8"	100
4.750 mm	No.4	95-100
2.360 mm	No.8	80-100
1.180 mm	16	50-85
0.600 mm	30	25-60
0.300 mm	50	10-30 ⁽¹⁾
0.150 mm	100	2-10 ⁽¹⁾
0.075 mm	200	0- 5 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Para concreto de pavimentos estos límites pueden quedar: de 5-30 para Tamiz 0.300 mm (No. 50), y de 0-10 para Tamiz 0.150 mm (No. 100).

⁽²⁾ Para concreto sujeto a desgaste superficial, estos límites se reducen a 0-3.

Para arena triturada, si el material que pasa por el tamiz 0.075 mm (No.200) consiste en el polvo de la trituración, libre de arcilla o esquistos arcillosos, el límite de material que pasa por el tamiz 0.075 mm (No. 200) puede ser elevado a 5 por ciento, en concretos sujetos a desgaste superficial y a 7 por ciento en otros concretos.

El módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 ni variar en más de 0.20 del valor asumido al seleccionar las proporciones del concreto. El agregado fino deberá tener un equivalente de arena mínimo de 75 cuando sea ensayado de acuerdo con lo establecido en AASHTO T 176, alternativa 2. El módulo de finura de un agregado se determina, de la suma de los porcentajes por masa acumulados retenidos en los siguientes tamices de malla cuadrada, dividida entre 100: 75mm (3"), 38.1 mm

(1½”), 19 mm (¾”), 9.5 mm (⅜”), 4.75 mm (No.4), 2.36 mm (No.8), 1.18mm (No.16), 0.600 mm (No.30), 0.300 mm (No.50), 0.150 mm (No.100).

Agregado Grueso. Debe cumplir con los requisitos de AASHTO M 80 y ASTM C 33; excepto que no se aplicará el ensayo de congelamiento y deshielo alternados y que en el ensayo de desintegración al sulfato de sodio, la pérdida de masa debe ser no mayor de 15% después de cinco ciclos, conforme AASHTO T 104 ó ASTM C 88. Además, el porcentaje de desgaste debe ser no mayor de 40% en masa después de 500 revoluciones en el ensayo de abrasión, AASHTO T 96 ó ASTM C 131 y ASTM C 535.

El porcentaje de partículas planas (relación de ancho a espesor mayor de 3) y de partículas alargadas (relación de largo a ancho mayor de 3) o alternativamente, el porcentaje de partículas planas y alargadas (largo a espesor mayor de 3), según se establezca en las Disposiciones Especiales, no debe sobrepasar de 15% en masa.

El porcentaje de partículas friables (o desmenuzables) y/o de terrones de arcilla no debe exceder del 5% en masa, pero el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0.25 % en masa. Los límites para otras sustancias perjudiciales serán fijados para cada caso en las Disposiciones Especiales.

La graduación del agregado grueso según se especifique en los planos o Disposiciones Especiales, o sea aprobada por el delegado Residente, con base en el tamaño máximo de agregado a usar, de acuerdo a la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

Agua. El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. El agua de mar o aguas salobres y de pantanos no deben usarse para concreto reforzado. El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos

previos. Donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse en forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.

El Contratista debe diseñar sus mezclas preferentemente por el Método de Proporcionamiento por Volumen Absoluto de los Componentes del Concreto del ACI (American Concrete Institute) 211-1 u otro similar.

Las proporciones del concreto, incluye la relación agua/cemento o agua/materiales cementantes, deben establecerse con base en la experiencia de campo o por mezclas de prueba en el laboratorio con los materiales que hayan de utilizarse de acuerdo con 551.11 (c). A menos que en las Disposiciones Especiales se autorice el proporcionamiento basado en relaciones agua/cemento máximas y en contenidos de cemento mínimos como se indica en 551.11 (d), o en lo requerido en 551.11 (e) (2) del Libro Azul para concreto sujeto a condiciones especiales de exposición cuando se empleen materiales diferentes para distintas partes de una obra, se deberá evaluar cada una de las combinaciones propuestas.

Las mezclas de concreto a utilizar en la obra, deben ser verificadas por medio de mezclas de prueba en la obra o en laboratorio y deben ser sometidas a la aprobación del delegado Residente por lo menos 30 días antes de su empleo en la obra. Al efecto el Contratista debe suministrar información sobre los materiales a usar, sus proporciones en masa, registros de ensayos de resistencia del concreto a 7 y 28 días y muestras de los materiales. Una mezcla podrá ser aprobada cuando esté pendiente de resultados de ensayos de resistencia a 28 días sobre la base de los resultados de resistencia a 7 días, siempre que éstos sean iguales o excedan el 85% de la resistencia requerida a 28 días, sin usar acelerantes ni cementos de alta resistencia.

Equipo para Esparcir, Compactar y dar el Acabado Final del Concreto. Se preferirá el empleo de equipo móvil adecuado para esparcir, compactar y dar el acabado final del concreto con un mínimo de trabajo manual posterior, en todo el

ancho del pavimento. No se permitirá el uso de máquinas que causen desplazamiento de las formaletas, tal como se indica en 553.04 (c) y (d) y 553.17 (f) del Libro Azul. La capacidad de las máquinas de esparcimiento del concreto debe ser la adecuada para ejecutar el trabajo requerido a una razón igual al de llegada del concreto.

Equipos de Producción y Suministro del Concreto. Los equipos para producción y suministro de concreto indicados en 551.14 (Libro Azul) deben ser de la capacidad suficiente para suministrar adecuadamente y en forma continua, las cantidades de concreto requeridas en la obra, para el rendimiento previsto de los equipos de pavimentación.

Vibradores. Pueden usarse como complemento a los equipos anteriormente mencionados, vibradores de inmersión manual o vibradora de placa.

Equipo para Texturizado y Ranurado. Debe ser de diseño aprobado y capaz de producir el tipo de ranurado o la textura superficial indicada en los planos o en las Disposiciones Especiales y en 553.17 (f) (5) del Libro Azul.

Curado. Inmediatamente después del texturizado y ranurado y tan pronto sea posible sin causar daño a la superficie del concreto, se debe proceder al curado del concreto por alguno de los siguientes métodos:

a) Aplicación de compuestos líquidos formadores de membrana de curado. El Contratista debe aplicar un compuesto líquido de curado con pigmento blanco que llene los requisitos de 551.08 (f) y en la forma como se indica en 553.18 (b) del Libro Azul.

El compuesto de curado, se aplicará a presión en la proporción de un litro por 3.0 metros cuadrados de pavimento de concreto hidráulico, mediante distribuidores mecánicos. El compuesto de curado tendrá características tales, que la película debe endurecer dentro de los 30 minutos siguientes a la aplicación.

Todo equipo de distribución debe ser del tipo atomizador, equipado con agitador de tanque y una protección contra el viento. Se debe mezclar el compuesto con el

pigmento antes de su uso. La mezcla debe agitarse continuamente durante la aplicación por medio de medios mecánicos efectivos.

Se emplearán medios aprobados, para asegurar el curado adecuado de las juntas cortadas con sierra durante por lo menos 72 horas y para evitar la penetración de material extraño en la junta antes de terminar el sellado. Si la película se dañara debido a cualquier causa dentro de las 72 horas del período de curado, el Contratista debe reparar las partes dañadas inmediatamente por medio de un compuesto adicional.

CONTROL DE CALIDAD, TOLERANCIAS Y ACEPTACION.

EVALUACION Y ACEPTACION DEL CONCRETO.

(a) **Número y frecuencia de las muestras.** Las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto producido por la planta mezcladora, deben tomarse como mínimo una vez por cada cien metros cúbicos (100 m³) o fracción de concreto colocado diariamente en una estructura y de cargas de concreto diferentes, a menos que por el grado de supervisión y de control de las operaciones, el Delegado Residente autorice un muestreo más espaciado. En ningún caso, el número de muestras será menor que una (1) por día o una por cada ciento veinte metros cúbicos (120 m³) de concreto colocado diariamente y no menos de una (1) por cada 500 m² de superficie de losa y muros.

Cuando en un proyecto dado, el volumen total del concreto sea tal que la frecuencia de muestreo indicada anteriormente proporcione menos de cinco (5), resultados de ensayos de resistencia para una clase dada de concreto, los ensayos se deben realizar en muestras representativas de cuando menos cinco (5) cargas de concreto seleccionadas al azar, o en una (1) por cada carga cuando se emplee menos de cinco (5) cargas.

(b) **Toma de las muestras, fabricación y ensayo de los especímenes de prueba en el laboratorio.** Las muestras para los ensayos de resistencia deberán tomarse de acuerdo a AASHTO T 141, ASTM C1 72 ó COGUANOR NGO 41057.

Normalmente, se debe hacer un muestreo del concreto al ser recibido en la obra, de la descarga de las mezcladoras o agitadores de camión, de la descarga de las mezcladoras en el sitio de la obra o de la descarga de las tuberías del equipo de bombeo, según el caso. Los cilindros y/o viguetas para los ensayos de aceptación deben moldearse y curarse bajo condiciones de humedad y temperatura en el laboratorio de acuerdo con AASHTO T 23, ASTM C 31 ó COGUANOR NGO 41061. Los cilindros deben ensayarse de acuerdo a AASHTO T 22, ASTM C 39 ó COGUANOR NGO 41017h y las viguetas conforme a AASHTO T 97 ó ASTM C 78. Los cilindros para tracción indirecta deberán ensayarse de acuerdo a AASHTO T 198 ó ASTM C 496.

Un “resultado de ensayo” o “un ensayo de resistencia” será el promedio de por lo menos dos (2) especímenes obtenidos de la misma muestra de concreto y ensayados a la edad especificada. Se deberá realizar ensayos a los 7 ó a 28 días, o a la edad establecida en las Disposiciones Especiales.

(c) **Criterios de aceptación de la calidad del concreto suministrado en la obra, con base en los ensayos de resistencia.** El nivel de resistencia requerida (f'_{cr}) de una clase dada de concreto será considerado satisfactorio cuando cumpla con los requisitos de aceptación establecidos en los planos o fijados en las Disposiciones Especiales. Cuando el concreto no cumpla con dichos requisitos, el Contratista deberá tomar las medidas necesarias para incrementar el valor promedio de los ensayos de resistencia subsiguientes.

Formaletas:

Deberán colocarse en cantidad suficiente delante de las operaciones de la colocación del concreto y debe ser asentada sobre la superficie sin dejar espacio libre entre los pernos de fijación de formaleta no debe ser mayor de 1.00 m. Debe limpiarse y engrasarse previamente a la colocación del concreto.

7. LOSETA DE REMATE (15.00 m)

Las dimensiones de este elemento serán de 0.20 m X 0.25m. Armada con 4 Hierros No. 3 + estribos No. 2 @ 0.15 m. Con una resistencia de 4,000 PSI.

8. MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL (900.00 Unidad)

Estas medidas de compensación ambiental tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado como puede ser el manejo de terrenos en peligro de derrumbes o deslaves, dichas medidas constan en siembra de árboles en áreas cercanas al proyecto en este caso serán arboles pequeños de Ciprés nativos de la región o cualquier otra especie nativa que nos garantice realizar la conservación del suelo o reforestación, el que incluirá el reemplazo o sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados.

Las medidas de reparación y compensación ambiental sólo se llevarán a cabo en las áreas o lugares en que los efectos adversos significativos que resulten de la ejecución o modificación del proyecto, se presenten o generen; también puede ser los efectos existentes como deslaves o derrumbes.

En este proyecto el constructor tendrá la responsabilidad de adquirir las plantas o arboles pequeños de Ciprés o especies nativas de la región que nos ayudará a realizar la conservación del suelo o reforestar un área determinada y la comunidad será la encargada de conseguir el área donde se realizará este trabajo al igual que se encargará del acarreo de las plantas.

9. LIMPIEZA GENERAL (1.00 Unidad)

Al terminar el trabajo, el contratista debe dejar la estructura, lugar de la obra y las áreas adyacentes que hayan sido afectadas por sus operaciones **COMPLETAMENTE LIMPIAS** y en condiciones presentables, retirar todas las

estructuras provisionales, escombros, basura y material sobrante; y no dejar obstrucciones que puedan ocasionar la acumulación del material arrastrado o socavaciones.

Todo el material procedente de las estructuras existentes que retire el contratista, deberá apilarlo en los lugares más cercanos, sin causar obstrucciones ni afectar a la apariencia de la obra, toda la madera de la obra falsa utilizada, deberá de ser retirada cuidadosamente.

ESPECIFICACIONES ESPECIALES

CONCRETO

El concreto utilizado para la carpeta de rodadura deberá de tener una resistencia no menor a 28 MPa a los 28 días, lo cual deberá de ser demostrado al realizar las evaluaciones y aceptación del concreto según los especificado en el Libro Azul sección 551.12, debe de tomar muestras mínimo 1 vez cada 100 m³ o no más de 500 m², y deberá de entregar los resultados de laboratorio de las pruebas hechas a los testigos que se tomaron durante la fundición, dichos resultados deberán de ser entregados al supervisor para su aprobación.

CEMENTO

El cemento a utilizarse será tipo Portland, modificado con puzolana tipo 1 (PM), y deberá cumplir con las Especificaciones para cemento Portland` (ASTM C-595).

AGREGADOS

Los agregados del cemento deberán cumplir las Especificaciones Estándar para agregados utilizados en el concreto (ASTM C-33).

ARENA

Se utilizará arena de grano duro y anguloso, libre de arcilla, limo, álcalis, mica, materiales orgánicos u otras sustancias perjudiciales. No deberá contener fragmentos blandos, finos des mesurables o material orgánico en un porcentaje mayor del 1%.

AGREGADO GRUESO

El agregado grueso consiste en grava o roca triturada y deberá estar formado de partículas duras, resistentes, duraderas, limpias y sin recubrimiento de materiales extraños. El agregado grueso debe estar libre de partículas delgadas, planas o alargadas. El tamaño del agregado grueso no será mayor a una quinta parte de la separación menor entre los lados de la formaleta, tres cuartas partes del espaciamiento libre entre las barras de refuerzo.

AGUA

El agua empleada en el mezclado del concreto deberá ser limpia y estar libres de cantidades perjudiciales de material orgánico, elementos en suspensión y turbidez excesiva.

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

ENCOFRADOS:

Todos los encofrados serán de madera o metálicos (costaneras), de espesor suficiente y colocación firme, y adecuado para no permitir deformación ni desplomes antes o durante la fundición, debe tomarse las medidas para su fácil remoción a fin de evitar daños en la estructura. Los encofrados deberán hacerse y usarse en menor tiempo posible para evitar deformaciones causadas por la intemperie.

FUNDICIONES:

Previo a cualquier fundición:

- 1) Los encofrados deberán ser mojados y verificados en su correcta colocación y disposición para la cual serán utilizados.
- 2) Se retiran los restos de cemento y deberán ser removidos los restos de concreto que pudiesen estar adheridos al encofrado.
- 3) Se verificará que la superficie en la que se realizará la fundición esté libre de elementos que afecten a la misma.

Para el transporte de concreto y colocación se utilizan métodos que eviten la disgregación de la revoltura. No se permitirá el remolcado o uso de concreto que este fraguado ni el material derramado. El concreto deberá ser propiamente mezclado, y curado con agua.

Todos los acabados a realizarse en las llaves de confinamiento y bordillo deberán hacerse al siguiente día después de haber fundido los elementos anteriores mencionados.

El tipo de acabado que se aplicará será cernido tipo remolineado.

NOTA 1: El contratista, deberá presentar su diseño de mezcla, para cumplir con la resistencia del concreto, que se solicita en los renglones, mencionados en las presentes especificaciones técnicas y especiales.

NOTA 2: Los materiales que el contratista deba de comprar y se encuentren ya fabricados para su colocación o sean prefabricados, el contratista deberá de presentar las respectivas certificaciones de calidad.

Anexo No. 9. Actividad 9. Criterios de diseño

PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO PARA MEJORAMIENTO DE UNA RUTA DE COMUNICACION PROCEDENTE DE ALDEA TANIL DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS.

UBICACIÓN: ALDEA TANIL, ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS.

El proyecto consiste en el diseño geométrico del tramo de carretera, que consiste en el mejoramiento camino rural, Aldea Tanil, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

- Longitud del Proyecto: 252.00 ml
Rural
- Tipo de Carretera: 5.78 ml
- Ancho de calzada promedio: 1490.00 M2
- Area total del Proyecto:
- Promedio de tráfico diario (T. P. D.): 75 vehículos diarios
- Pendiente de bombeo: 3.00 %
- Velocidad de Diseño: 30 km/h.
- Tipo de region: Montañosa-Ondulada
- Periodo de Diseño: 20 años