

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**TESIS:**

“CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN.”

**PRESENTA:**

ACEVEDO FERMÁN, IRAYDA MILENA.

CASTRO VIERA, VÍCTOR MANUEL.

HERNÁNDEZ SORTO, KEVIN RUTILIO.

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

INGENIERO CIVIL

AGOSTO DE 2021

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

Ms. ROGER ARMANDO ARIAS

VICERECTOR ACADÉMICO:

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ALARCÓN

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

DECANO:

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

VICEDECANO:

Dr. OSCAR VILLALOBOS

SECRETARIO:

Ms. ISRAEL LÓPEZ MIRANDA

JEFE DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA:

ING. RIGOBERTO LÓPEZ

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL:

Ms. GUILLERMO MOYA TURCIOS

COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
Y ARQUITECTURA:

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA.

## Agradecimientos.

Agradezco a **Dios** por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, por brindarme salud, paciencia, sabiduría y sobre todo fortaleza para poder disfrutar de los logros que con esfuerzo voy acumulando bajo su bendición.

A **mi Madre Lorena Ferman** por todo su amor, comprensión, y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones, y por siempre llevarme en tus oraciones.

A **mis Hermanas Ingrid Ferman y Connie Ferman**, por ser mi pilar fundamental, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, por sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A **mis amigos y Compañeros de tesis Víctor Castro y Kevin Hernández**, por nunca darnos por vencidos, por apoyarnos en todo el transcurso de nuestra formación académica y laboral.

**¡Gracias a Todos!**

**Acevedo Fermán, Irayda Milena.**

## Agradecimientos.

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar nuestros padres son los estudios, y yo no soy la excepción, agradezco Primeramente a Dios por permitirme llegar hasta este momento de mi vida y culminar mis estudios, por darme unos padres tan maravillosos, Papá José y Mamá Ruty, quiero que sepan que los amo, y que son un gran ejemplo para Mi.

También quiero agradecerles a mis abuelos, a mis tíos, tías, Sarita quien me motivaba y Denia, a mi prima Reina que me apoyo, y aconsejo durante toda mi carrera y que estuvo al pendiente de mí en todos los aspectos.

También quiero agradecer a Erika, por todas esas veces que me motivo a hacer tareas y estudiar para exámenes, por último, pero no menos importante a mis compañeros y amigos, con los que compartí discusiones, debates, etc., con el mismo objetivo en común de salir adelante.

Sé que no se puede cuantificar todo lo que se hace por una persona, y por eso solo me resta decir....

**¡GRACIAS!**

**Castro Viera, Víctor Manuel.**

## Agradecimientos.

**A Dios**, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

**A mi madre** por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida.

**A mi padre** quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

**A mis amigos** que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que, hasta el momento, seguimos amigos.

**¡Gracias!**

**Hernández Sorto, Kevin Rutilio.**

## Índice.

<b>Agradecimientos.....</b>	<b>3</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>4</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>5</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>14</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>15</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO I. Planteamiento del problema.....</b>	<b>17</b>
1.1 Descripción del Problema.....	17
1.2 Delimitación de la Investigación.....	18
1.2.1 Delimitación Geográfica.....	18
1.2.2 Delimitación Temporal.....	18
1.3 Justificación.....	19
1.4 Objetivos.....	20
1.4.1 Objetivo General.....	20
1.4.2 Objetivos Específicos.....	20
1.5 Alcances y Limitaciones.....	20
1.5.1 Alcances.....	20
1.5.2 Limitaciones.....	20
<b>CAPITULO II. Fundamentación teórica.....</b>	<b>21</b>
2.1 Marco Histórico.....	21
2.1.1 Historia de las Carreteras.....	21
2.1.2 Primeros Vehículos.....	21
2.1.3 Primeros Caminos.....	22
2.1.4 Carreteras Romanas.....	23
2.1.5 Carreteras Antes del Siglo XIX.....	25
2.1.6 Carreteras Después del Siglo XIX.....	27
2.1.7 Importancia de las Carreteras en la Actualidad.....	28
2.2 Marco teórico.....	28
2.2.1 La Carretera.....	28
2.2.2 El Pavimento.....	33
2.2.3 Capas de un Pavimento.....	34

2.2.4 Sistema de gestión de Pavimentos.....	36
2.2.5 Nivel de Serviabilidad. ....	37
2.2.6 Rugosidad de los Pavimentos.....	38
2.2.7 El Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	39
2.2.8 Conteo y Caracterización Vehicular. ....	40
2.2.9 Índices de Rentabilidad. ....	41
2.2.10 Relación Beneficio Costo. ....	44
2.2.11 Definiciones. ....	44
2.2.12 Clasificación de Viajes. ....	47
2.3 Marco Normativo.....	50
2.3.1 Ley de Carreteras y Caminos Vecinales.....	50
<b>CAPITULO III. Metodología.</b> .....	<b>52</b>
3.1 Tipo de Investigación. ....	52
3.2 Unidades de Análisis. ....	52
<b>CAPITULO IV. Recolección de datos.</b> .....	<b>53</b>
4.1 Recolección De Datos Para Población y Muestra. ....	53
4.4.1 Población.....	53
4.4.2 Muestra.....	53
4.2 Recolección De Datos Para La Encuesta Domiciliar. ....	53
4.3 Recolección De Datos Para El Estudio De Tránsito. ....	55
4.3.1 Definición De Rutas. ....	55
4.3.2 Clasificación Vehicular. ....	55
4.3.3 Conteos Para El Volumen De Tránsito.....	56
4.4 Recolección De Datos Para Las Características De La Carretera.....	68
4.4.1 Geometría de la Carretera. ....	68
4.4.2 Serviabilidad. ....	90
4.4.3 Rugosidad de Pavimentos. ....	91
4.4.4 Índice de Rugosidad Internacional (IRI). ....	92
4.5 Recolección De Datos Para El Análisis Del Proyecto. ....	92
4.5.1 HDM4. ....	92
4.5.2 Selección De La Alternativa. ....	127
<b>CAPITULO V. Análisis e interpretación de resultados.</b> .....	<b>128</b>

5.1 Análisis y Procedimiento De Población y Muestra. ....	128
5.1.1 Población.....	128
5.1.2 Muestra.....	128
5.2 Análisis y Procedimiento De La Encuesta Domiciliar. ....	130
5.3 Análisis y Procedimiento Del Estudio De Tránsito. ....	144
5.3.1 Definición de Rutas. ....	144
5.3.2 conteos Para El Volumen De Tránsito.....	145
5.3.3 Transito Promedio Diario Anual (TPDA).....	146
5.3.4 Proyección de Trafico. ....	150
5.4 Análisis y Procedimiento Del Programa HDM-4 .....	153
<b>CAPITULO VI. Conclusión y recomendaciones.</b> .....	159
6.1 Conclusiones.....	159
6.2 Recomendaciones.....	159
<b>CAPITULO VII. Referencias y Anexos.</b> .....	161
7.1 Referencias.....	161
7.2 Anexos.....	161

## Figuras.

Figura1. Imagen Satelital de la zona de estudio. (Google maps).....	18
Figura2. Carretera procesional en el templo de Ishtar. ....	23
Figura3. Sección de la vía Apia .....	25
Figura4. Comparación de firme de Mc Adam (Arriba), y Telford (Abajo).....	27
Figura5. Estructura Típica de Pavimentos Asfálticos.....	36
Figura 6. Esquema de viajes .....	44
Figura 7. Esquema de viajes basados en el hogar .....	45
Figura 8. Esquema de viajes no basados en el hogar .....	45
Figura 9. Esquema de producción de viajes.....	45
Figura 10. Esquema de atracción de viajes. ....	46
Figura 11. Esquema de Generación de viajes. ....	46
Figura 12: Clasificación de viajes por propósito .....	48
Figura 13. Esquema de frecuencia de viajes respecto al día.....	49

Figura 14. Interface google earth pro (1/8).....	68
Figura 15. Interface google earth pro (2/8).....	69
Figura 16. Interface google earth pro (3/8).....	69
Figura 17. Interface google earth pro (4/8).....	70
Figura 18. Interface google earth pro (5/8).....	70
Figura 19. Interface google earth pro (6/8).....	71
Figura 20. Interface google earth pro (7/8).....	71
Figura 21. Interface google earth pro (8/8).....	72
Figura 22. Interface global mapper (1/7) .....	72
Figura 23. Interface global mapper (2/7) .....	73
Figura 24. Interface global mapper (3/7) .....	73
Figura 25. Interface global mapper (4/7) .....	74
Figura 26. Interface global mapper (5/7) .....	74
Figura 27. Interface global mapper (6/7) .....	75
Figura 28. Interface global mapper (7/7) .....	75
Figura 29. Interface AutoCad Civil3D (1/18).....	76
Figura 30. Interface AutoCad Civil3D (2/18).....	76
Figura 31. Interface AutoCad Civil3D (3/18).....	77
Figura 32. Interface AutoCad Civil3D (4/18).....	77
Figura 33. Interface AutoCad Civil3D (5/18).....	78
Figura 34. Interface AutoCad Civil3D (6/18).....	78
Figura 35. Interface AutoCad Civil3D (7/18).....	79
Figura 36. Interface AutoCad Civil3D (8/18).....	79
Figura 37. Interface AutoCad Civil3D (9/18).....	80
Figura 38. Interface AutoCad Civil3D (10/18).....	80
Figura 39. Interface AutoCad Civil3D (11/18).....	81
Figura 40. Interface AutoCad Civil3D (12/18).....	81
Figura 41. Interface AutoCad Civil3D (13/18).....	82
Figura 42. Interface AutoCad Civil3D (14/18).....	82
Figura 43. Interface AutoCad Civil3D (15/18).....	83
Figura 44. Interface AutoCad Civil3D (16/18).....	83
Figura 45. Interface AutoCad Civil3D (17/18).....	84

Figura 46. Interface AutoCad Civil3D (18/18).....	84
Figura 47. Icono del programa SASPlanet. ....	85
Figura 48. Interfaz general de SASPALNET. ....	86
Figura 49. Descarga de mosaicos satelitales SASPlanet. ....	86
Figura 50. Combinación y exportación de mosaicos a formato de imagen requerido.....	87
Figura 51. Elaboración de perfil de superficie (1/3).....	88
Figura 52. Elaboración de perfil de superficie (2/3).....	88
Figura 53. Elaboración de perfil de superficie (3/3).....	89
Figura 54. Creación de visualizaciones de perfil. ....	89
Figura 55. Valores recomendados por la AASHTO. (Manual de Pavimentos SIECA). ....	91
Figura 56. Imagen de la aplicación telefónica para calcular el IRI. ....	92
Figura 57. Ingreso de datos para la zona climática. ....	95
Figura 58. Zona climática ya creada. ....	96
Figura 59. Ingreso de nombre de la Red de Carretera. ....	98
Figura 60. Creación de red de carretera. ....	98
Figura 61. Ingreso de datos para la Red de Carretera. ....	99
Figura 62. Red de carretera ya creada.....	100
Figura 63. Verificación de Red de carretera creada.....	100
Figura 64. Creación de Parque Vehicular. ....	105
Figura 65. Selección de Vehículo para creación de Parque vehicular.....	106
Figura 66. Ingreso de datos para el Parque Vehicular. ....	107
Figura 67. Ingreso de Vehículos para el Parque Vehicular. ....	107
Figura 68. Parque Vehicular ya creado.....	108
Figura 69. Creación de Estándar de Conservación del pavimento Asfaltico con sus respectivas tareas. ....	110
Figura 70. Ingreso de datos del Estándar de Conservación alternativa pavimento Asfaltico (1/3). .....	111
Figura 71. Ingreso de Estándar de Conservación del pavimento Asfaltico (2/3). ....	112
Figura 72. Ingreso de Estándar de Conservación del pavimento Asfaltico. (3/3) ....	113
Figura 73. Estándar de Conservación del pavimento Asfaltico con sus respectivas tareas.....	113
Figura 74. Ingreso de Estándar de Conservación de la Base Granular. (1/3).....	114
Figura 75. Ingreso de Estándar de Conservación de la Base Granular. (2/3).....	115

Figura 76. Ingreso de Estándar de Conservación de la Base Granular. (3/3) .....	116
Figura 77. Ingreso de Estándar de Conservación de Concreto Hidráulico. (1/3) .....	116
Figura 78. Ingreso de Estándar de Conservación de Concreto Hidráulico. (2/3) .....	117
Figura 79. Ingreso de Estándar de Conservación de Concreto Hidráulico. (3/3) .....	118
Figura 80. Ingreso de Estándar de Mejora de Pavimento Asfáltico. ....	120
Figura 81. Ingreso de Estándar de mejora de Base.....	121
Figura 82. Ingreso de Estándar de mejora de Concreto Hidráulico.....	122
Figura 83. Creación del proyecto.....	123
Figura 84. Ingreso de datos para la definición del análisis del proyecto.....	124
Figura 85. Especificación de Alternativas.....	125
Figura 86. Ingreso de año en la que empieza la mejora de la alternativa asignada.....	125
Figura 87. Ingreso de año en la que se empezara a hacer los mantenimientos de la alternativa asignada.....	126
Figura 88. Pantalla de datos guardados.....	126
Figura 89. Ventana para el análisis del proyecto.....	127
Figura 90. Gráfico de Resultados de información Propiedad de Vivienda General.....	130
Figura 91. Gráfico de Resultados de información Propiedad de Vivienda por Ubicación.....	131
Figura 92. Gráfico de Resultados de información de los Servicios Básicos de la población.....	132
Figura 93. Gráfico de Resultados de información de los Servicios Básicos por Ubicación.....	132
Figura 94. Gráfico de Resultados de información de Edades de la población en general.....	133
Figura 95. Gráfico de Resultados de información de Edades de la población por Comunidad.....	134
Figura 96. Gráfico de Resultados de información de Sexo de la población.....	135
Figura 97. Gráfico de Resultados de información de Sexo por ubicación.....	135
Figura 98. Gráfico de Resultados de información de Ocupación de la población.....	136
Figura 99. Gráfico de Resultados de información de Ocupación por ubicación.....	137
Figura 100. Gráfico de Resultados de la clasificación socio-económica de la población.....	138
Figura 101. Gráfico de Resultados de la clasificación socio-económica por ubicación.....	139
Figura 102. Gráfico de Resultados de Viajes por Hora de la población.....	140
Figura 103. Gráfico de Resultados de Viajes por tipo de transporte.....	141
Figura 104. Gráfico de Resultados de Viajes por Motivo.....	142
Figura 105. Gráfico de Resultados de la Composición Vehicular que pertenece a la zona de los habitantes de la zona de estudio.....	144

Anexo 1. Resultados obtenidos del programa HDM4. ....	161
Anexo 2. Planos de la Topografía de la zona de estudio. ....	161
Anexo 3. Mapa de ubicación del estudio. ....	162
Anexo 4. Imagen presentativa de las dos rutas del Municipio de San Alejo hacia La Unión. ...	162
MEMORIA FOTOGRAFICA. ....	163
MEMORIA FOTOGRAFICA DE LA REALIZACION DE ENCUESTAS. ....	163
MEMORIA FOTOGRAFIA DE LA REALIZACION DE CONTEO VELICULAR (AFORO). .....	166
MEMORIA FOTOGRAFICA DEL ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA EN ESTUDIO. .....	167

### **Tablas.**

Tabla1. Leyes de Carreteras y Caminos. ....	50
Tabla2. Clasificación Vehicular. ....	55
Tabla3. Conteo manual del tráfico del día 17 de febrero de 2020. ....	58
Tabla4. Conteo manual del tráfico del día 18 de febrero de 2020. ....	59
Tabla5. Conteo manual del tráfico del día 19 de febrero de 2020. ....	60
Tabla6. Conteo manual del tráfico del día 20 de febrero de 2020. ....	61
Tabla7. Conteo manual del tráfico del día 21 de febrero de 2020. ....	62
Tabla8. Conteo manual del tráfico del día 22 de febrero de 2020. ....	63
Tabla9. Conteo manual del tráfico del día 23 de febrero de 2020. ....	64
Tabla10. Conteo manual del tráfico del día 24 de febrero de 2020. ....	65
Tabla11. Conteo manual del tráfico del día 25 de febrero de 2020. ....	66
Tabla12. Conteo manual del tráfico del día 26 de febrero de 2020. ....	67
Tabla13. Datos de la Geometría de la Carretera. ....	90
Tabla14. Parámetros de la zona climática de estudio. ....	93
Tabla15. Parámetros para la red de carretera. ....	96
Tabla16. Parámetros de la Flota Vehicular: Definición. ....	102
Fuente. Elaboración Propia. ....	102
Tabla17. Parámetros de la Flota Vehicular: Características Básicas. ....	103
Tabla18. Parámetros de la Flota Vehicular: Costos Económicos Unitarios. ....	104
Fuente. Elaboración Propia. ....	104

Tabla19. Parámetros de Costos de Mantenimiento para un Pavimento Asfáltico.....	109
Tabla20. Parámetros de Costos de Mantenimiento para Base Granular.....	109
Tabla21. Parámetros de Costos de Mantenimiento para Pavimento de Concreto Hidráulico....	109
Tabla22. Parámetros de Costos de Mantenimiento para un Pavimento Asfáltico.....	119
Tabla23. Parámetros de Costos de Mantenimiento para Base Granular.....	119
Tabla24. Parámetros de Costos de Mantenimiento para un Pavimento de Concreto Hidráulico. .....	119
Tabla25. Resultados de información de la Población por Comunidad.....	128
Tabla26. Total de viviendas por comunidad.....	129
Tabla27. Análisis de la Muestra del Estudio. ....	129
Tabla28. Resultados de información de Propiedad de Vivienda.....	130
Tabla29. Resultados de información de Servicios Básicos. ....	131
Tabla30. Resultados de información de edades.....	133
Tabla31. Resultados de información de sexo. ....	134
Tabla32. Resultados de información de Ocupación de la población.....	136
Tabla33. Resultados de la clasificación socio-económica de la población. ....	138
Tabla34. Resultados de la clasificación socio-económica por ubicación.....	138
Tabla35. Resultados de Viajes por Hora.....	139
Tabla36. Resultados de Viajes por tipo de transporte.....	141
Tabla37. Resultados de Viajes por motivo .....	142
Tabla38. Resultados de la composición vehicular.....	143
Tabla39. Tabla resumen por día de los conteos vehicular.....	145
Tabla40. Resultados de la resta de tránsito diario menos el tránsito promedio diario semanal.	147
Tabla41. Parqueo Vehicular de El Salvador del año 2017. ....	150
Tabla42. Parqueo Vehicular de El Salvador del año 2018 .....	151
Tabla43. Cuadro comparativo de los parqueos vehiculares de las tablas 41 y 42.....	152
Tabla44. Cuadro resumen de gastos y costos de inversión.....	158

## Resumen.

El presente trabajo se basa en la evaluación de alternativas para la mejora de las carreteras en áreas rurales, para nuestro estudio fue aplicado en la carretera que conduce del municipio de San Alejo hacia la ciudad de La Unión. La recolección de datos sobre el estudio de una carretera, el cual ofrece diferentes alternativas para la mejora de la misma, las cuales son pavimento rígido, pavimento flexible y mejora con base. Para ello es muy importante la recolección de datos, esta se hizo en 2 partes, la primera parte se toma en campo que van desde las encuestas sobre las muestras de las poblaciones afectadas, tránsito promedio diario anual, condiciones climáticas, y la segunda parte que son las que se obtienen por medio de un tipo de software, las cuales son la geometría de la carretera, rampas, pendientes y curvas para las cuales se utilizó SASPlanet, Global Mapper, Google Earth Pro y Civil3D. Con los datos obtenidos se procede al uso del programa HDM-4 que es el programa que con el cual se hace la estimación de costos, beneficios económicos, y demás resultados sobre las alternativas estudiadas. Una vez se obteniendo los resultados pudimos elegir entre las alternativas estudiadas sobre la carretera que conduce del municipio de San Alejo hacia la ciudad de La Unión.

*Palabras Claves: Costos, Beneficios, La Unión, San Alejo, HDM-4, Alternativas.*

## Abstract.

The present work is based on the evaluation of alternatives for the improvement of roads in rural areas, for our study it was applied on the road that leads from the municipality of San Alejo to the city of La Unión. The data collection on the study of a road, which offers different alternatives for the improvement of the same, which are rigid pavement, flexible pavement and improvement with base. For this, the data collection is very important, this was done in two parts, the first part is taken in the field ranging from surveys on the samples of the affected populations, annual average daily traffic, climatic conditions, and the second part that are those obtained by means of a type of software, which are the geometry of the road, ramps, slopes and curves for which SASplanet, Global Mapper, Google Earth Pro and Civil3D were used. With the data obtained, the HDM-4 program is used, which is the program that estimates costs, economic benefits, and other results on the alternatives studied. Once the results were obtained, we were able to choose between the alternatives studied on the road that leads from the municipality of San Alejo to the city of La Unión.

***Keywords:*** *Costs, Benefits, La Union, San Alejo, HDM-4, Alternatives.*

## Introducción.

Las carreteras son un factor importante para el crecimiento físico, social y económico de una comunidad, ya que permiten la conectividad entre comunidades como parte de su convivencia, ayudando en su progreso y facilitando el transporte (personal, público y de comercio) y de bienes y servicios.

La importancia de esta investigación es conocer los beneficios que se obtendrían si se mejorara la carretera en estudio con alguna de las alternativas que se plantean.

En el capítulo uno hablamos sobre la problemática de nuestro lugar de estudio, como también especificamos la delimitación de nuestra investigación y justificamos la razón del porque hacemos este estudio, luego pasamos a definir los objetivos a lograr, nuestros alcances y limitaciones.

En el capítulo dos presentamos una serie de fundamentos teóricos la cual es referente a nuestros términos a implementar. En el capítulo tres presentamos nuestra metodología a seguir para poder lograr nuestros objetivos planteados.

Capitulo cuatro expresamos todos los resultados resultantes de la realización de nuestra metodología planteada en el capítulo anterior. En el capítulo cinco encontraremos las conclusiones y recomendaciones acerca de nuestra investigación.

En el capítulo seis citamos algunas referencias bibliográficas en las cuales nos apoyamos para poder llevar a cabo nuestra investigación, igualmente en este capítulo se representan algunos anexos que son parte de nuestro estudio.

## CAPITULO I. Planteamiento del problema.

### 1.1 Descripción del Problema.

La Ciudad de San Alejo cuenta con dos vías de acceso que conducen hacia la Ciudad de la Unión, La carretera principal de este Municipio actualmente es de una superficie de tierra, la cual conecta a seis cantones y varios caseríos, los cuales se ven afectados por el gran deterioro de esta, la carretera principal no cuenta con una buena transitabilidad para los usuarios, ya que no se le da un buen mantenimiento, por lo tanto los usuarios optan por transitar por la ruta más larga (Carretera Secundaria) (Ver Anexo 2), incrementando sus gastos, como (pasajes, gasolina, tiempo, etc.).

La importancia de esta investigación es dar a conocer la los beneficios económicos que se obtendrían si se mejorara la carretera en estudio con alguna de las alternativas que se plantearan las cuales son:

- Pavimento Asfáltico.
- Concreto Hidráulico.
- Mantenerla en las mismas condiciones.

Dada esta problemática es donde surge la pregunta ¿Cuál sería la mejor alternativa de mejoramiento de la carretera en estudio?

## 1.2 Delimitación de la Investigación.

### 1.2.1 Delimitación Geográfica.

El estudio se limitará a los 10.42 km de carretera que se dirige desde el Municipio de San Alejo hasta el desvío “Palo Blanco”. Ya que es la zona más afectada por la problemática. (Ver Figura 1).

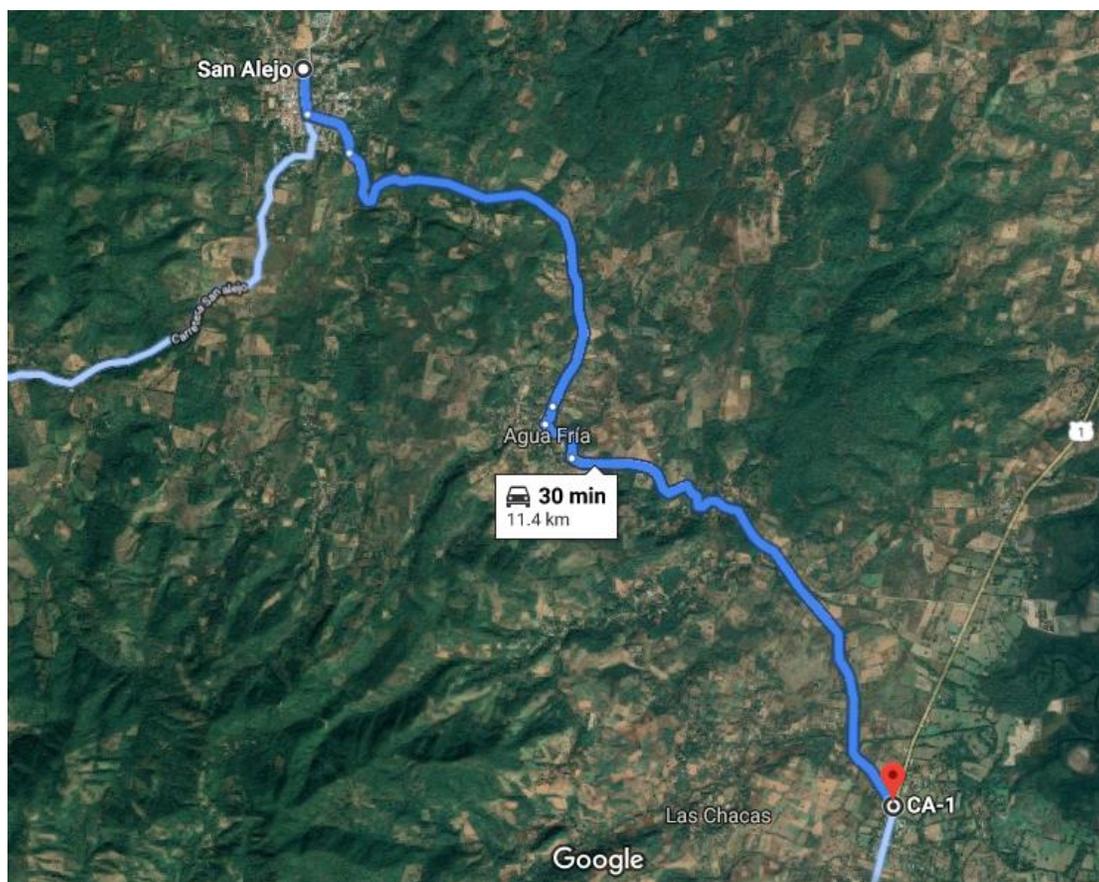


Figura1. Imagen Satelital de la zona de estudio. (Google maps)

### 1.2.2 Delimitación Temporal.

Este estudio cubrirá un periodo de tiempo de 22 meses. Desde febrero del 2019 hasta diciembre del 2020.

### **1.3 Justificación.**

Nuestro país pese a su tamaño posee una gran cantidad de carreteras, podemos otorgar esto a la densidad poblacional y a la necesidad de comercio exterior al no producir alimentos. Los costos de conservación y apertura de estas redes representan una cantidad significativa del presupuesto y por tanto la optimización de estos recursos es una necesidad por parte del gobierno. Muchas carreteras se encuentran en mal estado, esto nos ofrece un campo donde la optimización de recursos no es prioridad pues se necesita que las carreteras estén en condiciones transitables.

Dado el caso, realizamos esta investigación utilizando como ejemplo una carretera que conecta el municipio de San Alejo con el desvío “Palo Blanco”, sobre esta se llevara a cabo un estudio utilizando herramientas diversas para la recolección de la información que necesitamos para realizar un análisis de los costos que conlleva reparar esta carretera. Los softwares de imágenes satelitales otorgan una alternativa a la medición topográfica de alineamientos que sacrifica precisión por tiempo, la encuesta domiciliar nos ofrece información demográfica y comportamiento de los viajes de los habitantes de la zona y la utilización de aforos vehiculares en puntos de interés.

La utilización de software hace posible que con una cantidad limitada de fondos se pueda realizar una valoración preliminar de estos costos, en comparación a antaño la disponibilidad de estos y su practicidad nos hacen aplicarlos cada vez más a la ingeniería, donde el ingeniero más bien debe preocuparse de utilizar métodos de recolección de datos y pruebas adecuadas al objetivo de sus proyectos, haciendo más bien de nuestra investigación un ejercicio práctico de utilización de herramientas según nuestras posibilidades.

## **1.4 Objetivos.**

### ***1.4.1 Objetivo General.***

Analizar la rentabilidad de una valoración económica para justificar una inversión futura en la carretera que conecta El Municipio de San Alejo con la Ciudad de La Unión.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos.***

Estimar los beneficios económicos para los usuarios de manera general, por medio de los resultados de un estudio sobre la mejora de la carretera.

Demostrar que una futura inversión en la carretera, mejorará y producirá diversos beneficios a los usuarios.

## **1.5 Alcances y Limitaciones.**

### ***1.5.1 Alcances.***

- Este estudio solo abarco las comunidades rurales por las que pasa la carretera principal.
- Se utilizo el programa HDM-4, para estimar costos de operación.

### ***1.5.2 Limitaciones.***

- Solo se realizó la evaluación económica.
- No existe valor de crecimiento vehicular de los años anteriores por lo cual utilizamos el Parqueo Vehicular.
- El tiempo de viaje se estimó de acuerdo al resultado de nuestro recorrido en la carretera.
- No se realizaron Estudio Hidrológico ni Estudio de Suelos, por cuestiones económicas y de tiempo.

## CAPITULO II. Fundamentación teórica.

### **2.1 Marco Histórico.**

#### ***2.1.1 Historia de las Carreteras.***

El aumento de tamaño y densidad de las poblaciones en las ciudades de las primeras civilizaciones y la necesidad de comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores, es allí donde surgen las carreteras.

V.Z. Blanco público en la revista de obras públicas, (1987) lo siguiente:

“Las primeras calzadas modernas de la historia de la civilización fueron las construidas por los romanos cuya técnica perduro hasta el siglo XVIII en que Gautier y Tresaguet en Francia introducen variaciones, continuadas en el siglo XIX por Telford y McAdam, ambos escoceses. Estos cuatro hombres pueden ser considerados como los padres de la moderna técnica de construcción de calzadas. Exponemos a continuación una panorámica breve de los caminos en la historia y la constitución de algunas de las calzadas.

#### ***2.1.2 Primeros Vehículos.***

Los restos que se han encontrado en excavaciones hacen suponer que unos 3.000 años antes de J. C. existían vehículos con ruedas en la región situada entre los mares Negro, Caspio y golfo Pérsico cuyo centro es el lago Van (fig. 1) situado en la parte oriental de Turquía. Es muy posible que los Sumerios inventaran la rueda hacia el año 3,500 antes de J. C. en la región comprendida entre los ríos Tigris y Eúfrates. Hay carros sumerios de dos ruedas fabricado en madera que se han encontrado en las regiones forestales de las montañas del Cáucaso y en Tarse en los montes Tauro. Han aparecido

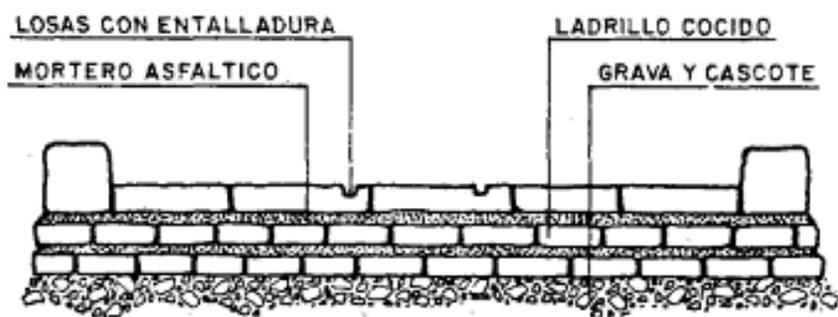
carros de cuatro ruedas al norte de las montañas del Cáucaso en la URSS que datan de 2.400 años a. J. C.

Es lógico que haya sido en la primera civilización urbana, en Mesopotamia, donde apareció la rueda, ante la necesidad del transporte de las cosechas desde el campo a los principales centros de consumo, las ciudades. El descubrimiento de la rueda iría parejo con la doma de los animales de tiro. Desde esta región los vehículos de ruedas se introducían hacia Europa siguiendo el curso del río Danubio, y también hacia el norte de los Balcanes han aparecido vehículo del año 2000 antes de J. C.

### ***2.1.3 Primeros Caminos.***

“Los primeros constructores de caminos aplicaron su técnica probablemente en la misma región del Oriente medio donde apareció la rueda y el animal de tiro” de acuerdo a Zorio Blanco (1987). Es de suponer que sintieran la necesidad de allanar el terreno efectuando pequeños desmontes y rellenando hondonadas. La carretera más antigua de larga distancia fue la Carretera Real Persa que estuvo en explotación desde aproximadamente el año 3500 al 300 antes de J. C. Esta carretera (Ver figura 2) empezaba en Susa, cerca del golfo Pérsico torcía hacia el noroeste de Arbela y de allí hacia el oeste a través de Nínive a Harran, un centro importante de enlace de caravanas y carreteras. La carretera principal continuaba hacia el noroeste a Samosata donde cruzaba el río Éufrates y hacia el oeste llega a Boghas-koei (Hattusas) capital del reino Hitita y más al oeste, pasando por Ankara (Ancyra) llega a Sardis donde se bifurca a Efeso y Esmirna. En Harran empezaba un ramal que conducía a Menfis (El Cairo) pasando por Palmira, Damasco, Tiro y Jerusalén. Desde Susa a Esmirna la distancia era de 2.957 km y según Herodoto (en el año 475 a de J. C.) se tardaba 93 días en recorrerla. Antiguas

carreteras, pero más modernas que la anterior (700-600 a de J. C.), unían palacios y templos en las ciudades de Assur, Babilonia, eran las carreteras procesionales (Ver Figura. 2). Estas carreteras estaban construidas con ladrillo cocido y piedra unidos por mortero bituminoso. Aunque no servían al tráfico normal de caravanas, es posible que sean precursoras de las calzadas romanas.



*Figura2. Carretera procesional en el templo de Ishtar.*

#### **2.1.4 Carreteras Romanas.**

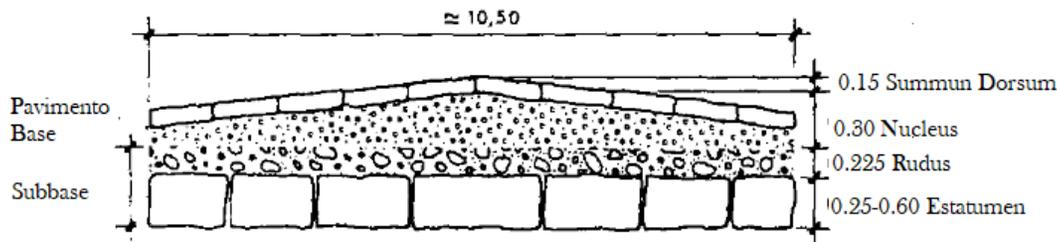
Los romanos fueron los primeros que construyeron científicamente carreteras, llamadas comúnmente calzadas (de calx, calcis piedra caliza) por la utilización de caliza en su construcción. Su técnica fue muy elaborada y su modelo de calzada adoptado hacia el año 300 A.C. fue el tipo estándar para los siguientes 2 000 años. Hay diferencias de opinión respecto al origen de los métodos de construcción, pero parece ser que los principales maestros de roma en la técnica de construcción, pero parece ser que los principales maestros de Roma en la técnica de construcción de carreteras fueron los Etruscos establecidos en el norte de Italia, aunque probablemente también contribuyeron cretenses, cartagineses, fenicios y egipcios. El imperio romano necesito construir una amplia red de calzada para comunicar las provincias entre sí y con la capital que estaba unida con el vasto imperio por unos 85 000 km de carreteras. Desde Roma salían

veintinueve grandes vías militares. Las calzadas romanas fueron notables por su trazado rectilíneo, de punto a punto, sin reparar en obstáculos (pantanos, lagos, barrancos o montañas). Su atrevida concepción sigue provocando admiración en la ingeniería moderna. El trazado tenía un número de curvas mínimo lo que precisaba importantes obras de fábrica ejemplo de las cuales son los magníficos puentes romanos que todavía podemos contemplar. Conocían la técnica de pilotes de madera para atravesar terrenos pantanosos.

La técnica romana fue muy depurada; por ejemplo, la vía Apia se construyó excavando zanjas paralelas para marcar su localización exacta e indicar la naturaleza del subsuelo.

La sección de la vía Apia puede ser considerada el tipo de calzada de máxima calidad, y pasamos a describirlo. Constaba de las siguientes partes:

- 1) Sobre el terreno natural una capa de piedras planas que llamaban “estatumen” (de 25 a 60 cm de espesor), sobre la cual se extendía una capa de detritus de cantera mezclado con cal que llamaba “rudus” (de 22.5 cm de espesor).
- 2) Una capa de piedra partida aglomerada por cal grasa (es decir cal con pequeña cantidad de óxido de magnesio, aproximadamente 5%). Esta capa se llama “nucleus” y hacia el efecto de lo que hoy se denomina base. Su espesor era de 30 cm.
- 3) Un enlosado con mortero de cal que denominaban “summun dorsum” o “suma crusta” de 15 cm de espesor que es lo que actualmente se denomina pavimento (que incluye la capa de rodadura). La palabra “dorsum” significa cresta. Los enlosados eran o bien cantos planos acoplados con martillo o bien piedra labrada.



*Figura3. Sección de la vía Apia*

Incluyendo todas las calzadas romanas se llegaba a los 140 000 km las cuales variaban entre 0.9 y 1.5 m de espesor lo cual requería mucha mano de obra para su construcción además de su conservación. La caída del imperio romano provoca en parte que se deje de utilizar el carro como medio de transporte por el pésimo estado de estas carreteras sin el mantenimiento, además con la reducción de comercio consecuente las recuas de animales de carga eran suficientes para las necesidades de transporte.

### ***2.1.5 Carreteras Antes del Siglo XIX.***

En Europa después de la caída del imperio romano la gente vivía aislada en sus feudos y se viajaba solo para guerrear o peregrinar, ya sea a pie o a caballo. Algunas calzadas romanas incluso fueron destruidas para utilizarlas como canteras. Algunos monasterios y señores feudales conservaban puentes y tramos de calzada cobrando el derecho de paso, sin embargo, estas con el tiempo llegaron a ser intransitables. El interés por los viajes terrestres no había mermado y fue durante el siglo XV y XVI la pavimentación de calles se hace popular, el primer documento técnico que se conoce sobre la construcción viaria es una ordenanza policial de Julich-Berg en 1554 y regula la reparación de caminos con piedras, maderas y haces encontrados en la proximidad.

El historiógrafo francés Nicolas Bergier (1567-1623) natural de Reims, que dejó una historia inacabada sobre su ciudad natal, publicó en 1622 “histoire des grands chemins de l’Empire romain”. Esta historia está dedicada al rey y en ella el autor expresa la esperanza de que las obras viales proporcionen trabajo a los pobres y sean de utilidad en tiempo de guerra como de la paz. Estas propuestas fueron aplicadas mucho tiempo después de su muerte. Para el año 1670 se introducen los vehículos de suspensión aumentando la necesidad de mejorar la calidad de los caminos.

Entrados en el siglo XVIII se crea la “Escuela de Ponts et Chaussées”, la primera escuela de ingeniería del mundo, y con esto se incluyen los gastos de conservación de carreteras en el presupuesto del Estado. Su aporte a la técnica de la infraestructura vial fue:

Hubert Gautier escribiendo el tratado de puentes y el tratado de caminos en 1715, en su tratado aconsejaba estabilizar el suelo arcilloso mezclándolo con grava (sin compactar el terraplén) y sobre esta extender un enlosado. Jean-Rodolphe Perronet en la construcción de arcos de piedra. Pierre-Marie-Jerome Tresaguet preparó una memoria en 1775 que codifica la construcción de carreteras reduciendo espesores construyéndola por capas sucesivas de piedra partida con superficie dura (base de piedras gruesas hincadas a mano, capa de regulación con fragmentos de piedra y capa de rodadura de 3 pulgadas formadas por piedras pequeñas) este suprimiendo el enlosado de las calzadas.

Contemporáneo a Tresaguet, Jhon Metcalf en Inglaterra quien construyó más de 290 km de carreteras y puentes, sentó las bases de que carreteras con buenos desagües era condición indispensable para que estas sean durables.

### 2.1.6 Carreteras Después del Siglo XIX.

Aquí ya se aprecia la técnica de construcción de carreteras modernas como exponentes de este comienzo están los escoceses Thomas Telford y Jhon Loudon McAdam con sus diferencias en la elaboración de firmes.

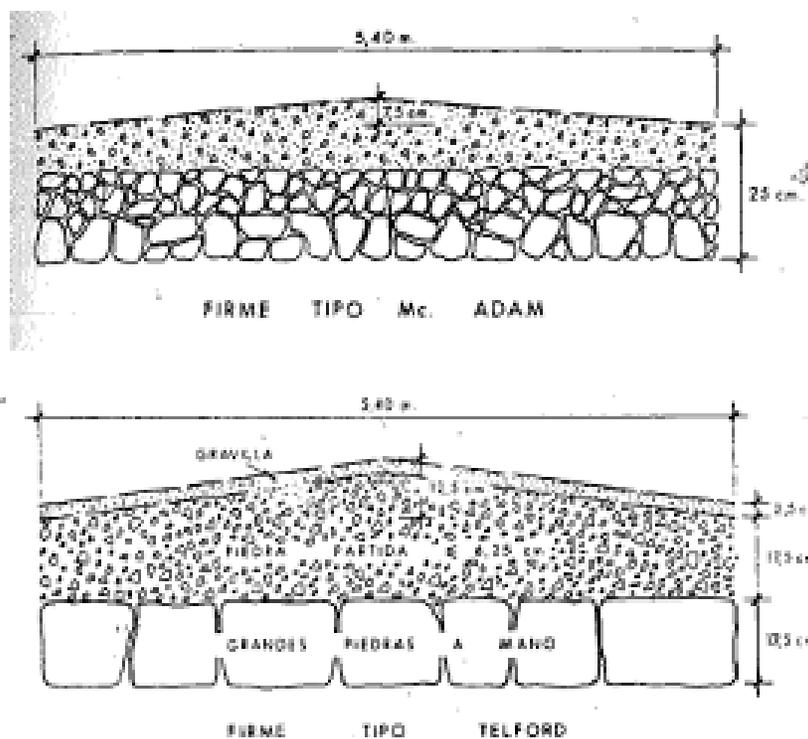


Figura4. Comparación de firme de Mc Adam (Arriba), y Telford (Abajo)

Telford construyó más de 1 500 km de carreteras (incluyendo muchos puentes). McAdam como inspector general de las carreteras del ayuntamiento de Bristol, donde puso sus teorías en práctica documentó su trabajo escribiendo “Remarks of the present system of road-making” en 1816 y “Practical Essay on the Scientific Repair and preservation of roads” en 1819. Como resultado de un informe en el Parlamento sus puntos de vista fueron adaptados por el gobierno. El uso de estos facilita viajes y se adopta en otros países, incluyendo Estados Unidos. Para todo tipo de carga de aquel

tiempo se consideró adecuado un espesor de 25 cm. La capa superficial estaba formada por piedras sueltas de un tamaño máximo de 5 cm compactado aceptablemente por la acción del tráfico, recomendando elevar las carreteras sobre el terreno adyacente para facilitar la evacuación de agua.” (p. 27 a 38)

### ***2.1.7 Importancia de las Carreteras en la Actualidad.***

Con el tiempo se ha hecho notar que la buena gestión de infraestructura es indispensable para el desarrollo económico y social de las regiones, debido a esto se le ha dado tanta importancia a esta operación que se han desarrollado varios sistemas que tienen como objetivo optimizar los recursos para lograr que los caminos cumplan su función adecuadamente.

## **2.2 Marco teórico.**

### ***2.2.1 La Carretera.***

Una carretera es una vía de acceso y transporte de uso público, construida principalmente para la circulación de todo tipo de automóviles vehículos, fáciles accesos en las ciudades, además de conectar ciudades y países. Estas se clasifican de la siguiente manera.

**2.2.1.1 Según la SIECA. Autopistas Regionales:** El volumen de tránsito de diseño para hacer una autopista resultan mayores a 20,000 vehículos, promedio diario. La demanda de este tipo de instalaciones de primera categoría en exigencias de calidad y elevación de costos por kilómetro, se encuentran usualmente situadas en un entorno suburbano a las salidas de las ciudades principales de centroamericanas, o como soluciones para circunvalar con anillos perimetrales las mismas.

**Troncales Suburbanas:** Las carreteras dentro de esta clasificación esta concebidas fundamentalmente para atender demandas de tránsito que al término de periodo de diseño

alcanzaran volúmenes comprendidos desde 10,000 y 20,000 vehículos promedio diarios, se encuentran entre ciudades dormitorio y capitales de las cuales las primeras son tributarias o entre áreas proyectadas para alcanzar un llamativo desarrollo económico

**Troncales rurales:** Carreteras clasificadas en esta categoría, constituyen los ejes principales y de mayor significación en la estructura de la red centroamericana. Se desarrollan con recorridos que se extiende a lo largo y ancho de todos los países del área, por lo que el entorno que les corresponde es variable, así como también son variables los rangos de volúmenes de tránsito que podrían llegar hasta los 20,000 y un mínimo de hasta 500 vehículos promedio diario.

**Colectoras Suburbanas:** Este tipo de carreteras mantiene un sensible balance entre su función de acceso a las propiedades colindantes y su importante función de movilidad. Atiende por consiguiente una demanda de tránsito similar a la de las troncales rurales, ya que por el límite superior puede alcanzar hasta 10,000 vehículos promedio diario. Este tipo de vías estará dotado de una sección transversal provista de dos a cuatro carriles de circulación, para la atención del tránsito en ambos sentidos.

**Colectoras rurales:** Este tipo de carreteras generalmente sirve al tránsito con recorridos de menores distancias relativas, que se mueve entre ciudades, pueblos y villas, sirve asimismo como alimentador de las arterias troncales y las colectoras suburbanas. La velocidad en estas vías es moderada, comparada con las arterias de tránsito mayor. Las colectoras amplían la zona de influencia en la red principal, por cuanto mueven el tránsito que se originan en zonas agrícolas y ganaderas importantes, puertos o embarcaderos, centro de educación con significativo movimiento de estudiantes y áreas industriales. Sus volúmenes de tránsito para diseño se ubican entre los 10,000 y 500 vehículos promedio diario.

2.2.1.2 Según Ley de Carreteras y Caminos Vecinales. **Art. 1.**-Las vías terrestres de comunicación y transporte de la República se clasifican en carreteras, caminos vecinales o municipales y calles. La presente Ley tiene por objeto regular lo relativo a la planificación, construcción y mantenimiento de las carreteras y caminos, así como su uso y el de las superficies inmediatas de las vías públicas. La Ley de Carreteras y Caminos Vecinales es la más explícita en definir y clasificar las vías terrestres de comunicación.

**Art. 3** define que, atendiendo a su importancia y características geométricas, las carreteras se subdividen en:

**Especiales:** son todas aquellas que reúnen características superiores a las primarias.

**Primarias:** las capacitadas para intensidades de tránsito superiores a dos mil vehículos promedio por día, con doce metros de plataforma, siete metros treinta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros noventa centímetros de rodaje en los puentes.

**Secundarias:** las capacitadas para intensidades de tránsito comprendidas entre quinientos y dos mil vehículos promedio por día, con nueve metros cincuenta centímetros de plataforma, seis metros cincuenta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros cuarenta centímetros de rodaje en los puentes.

**Terciaria:** aquellas cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de plataforma, revestimiento de materiales locales selectos y rodaje mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes.

**Rurales:** con capacidad para una intensidad de tránsito de cien vehículos promedio por día, con cinco metros de plataforma y un mínimo de tres metros de rodaje en los puentes o que, sin llenar tales características, dichas carreteras hayan sido construidas por el Gobierno Central.

**Art. 5.** Para los fines perseguidos por esta ley deben entenderse por:

- a) Derecho de vía, el área destinada al uso de una vía pública comprendida entre los límites que le sirven de linderos o con las propiedades adyacentes.
- b) Límite de propiedad, la línea que separa el área sobre la que se ejerce el derecho de vía, con los fundos adyacentes.
- c) Zona de retiro, el espacio abierto no edificable comprendido entre el límite de propiedad frente a la vía pública y a la línea de construcción;
- d) Línea de construcción, es la que limita la zona de retiro con el área a partir de la cual es permitido construir.

2.2.1.3 Según Ley de FOVIAL. Asume estas definiciones, y añade otros conceptos:

En el Art. 3 numeral 2 sobre “definiciones” dice:

**Red Vial Nacional Prioritaria:** Conjunto de carreteras pavimentadas y caminos no pavimentados bajo la competencia del Gobierno Nacional, cuyo propósito fundamental es comunicar adecuadamente a los municipios del país y éste con el resto de la región centroamericana. La red vial nacional prioritaria se integra de la siguiente manera:

1. **Carreteras pavimentadas**, las cuales se subdividen en especiales, primarias y secundarias, de conformidad a lo que establece la ley de la materia;
2. **Camino principal no pavimentado**, el cual conecta el municipio con la principal carretera pavimentada o municipios entre sí, así como otros tramos de prioridad nacional esenciales para el desarrollo agropecuario, turístico y económico del país.
3. El conjunto de puentes y obras de paso comprendidos en las referidas carreteras y caminos.

**El Ministerio de Obras Públicas, MOP**, agrega calificativos a las definiciones anteriores, de acuerdo al tipo de superficie, inclinación y otros. En este sentido, se habla de **terciaria mejorada**, si la vía posee una capa delgada de asfalto y **rural mejorada**, las que según sea la superficie de rodaje o pendiente de la vía, se clasifican en rural A o rural B. Por otro lado, el **Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET**, dependencia del gobierno central adscrita al Ministerio de Medio Ambiente, tiene su propia clasificación.

#### 2.2.1.4 Según SNET. La red vial comprende:

1. Camino pavimentado principal.
2. Camino mejorado.
3. De tránsito verano.
4. Huella o herradura.

Con relación a las anteriores categorías, el SNET se refiere al Instituto Geográfico Nacional (IGN), como la fuente de la información calificada para ello. La información del SNET, sin embargo, tiene la ventaja de tener cuantificada esta clasificación. Por ello, se han establecido como definiciones operativas las siguientes:

- a) Camino Pavimentado principal: Esta categoría abarca las definiciones de la LCCV y del MOP/FOVIAL determinadas anteriormente: vía especial, vía primaria y vía secundaria. Por lo que consideraremos que “camino pavimentado principal” es la suma de las vías especiales más las primarias y las secundarias.
- b) Camino mejorado: Son las vías no pavimentadas establecidas en la ley del FOVIAL, (terciarias y rurales) que conectan al municipio con la principal carretera pavimentada o municipios entre sí.

- c) Caminos de verano: Son los establecidos en la ley como caminos vecinales, que debido a las condiciones de la superficie de rodaje son intransitables durante la estación lluviosa
- d) Caminos de huella: Siempre son caminos vecinales y son los que solo pueden circularse a pie, o en animales de tracción o montura.

### ***2.2.2 El Pavimento.***

La función que realiza el pavimento dentro de la operación de caminos es brindar la superficie requerida para el desplazamiento de los diferentes medios de transporte; de esta manera de la calidad de este dependen la mayoría de los costos de usuario, asimismo es el pavimento el que requiere la mayor cantidad de recursos económicos y financieros tanto para su construcción como para su mantenimiento y por esto el desarrollo de tecnologías en la infraestructura vial tiene como objetivo primordial el comportamiento del pavimento.

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Esta descansa sobre el terreno de fundación.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, adecuada adherencia entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas, presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, además de tener una adecuada visibilidad y contar con un pasaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en los rellenos además de que son los materiales que comúnmente se encuentran en la naturaleza y por consecuencia resultan más económicos. La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando se determina el espesor de una capa el objetivo es minimizar el grosor que reduzca los esfuerzos sobre la capa inferior. La resistencia de las capas además depender del material que la constituye se ve afectada por el proceso constructivo, principalmente la compactación y la humedad pues de no acomodarse de manera adecuada queda expuesto a que se produzcan deformaciones permanentes por el efecto de las cargas.

### ***2.2.3 Capas de un Pavimento.***

**2.2.3.1 Terreno de Fundación.** Aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que, una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

De su capacidad depende, en gran parte, el espesor que tenga el pavimento, de manera breve:

- 1) Si el terreno de fundación es pésimo (alto contenido de materia orgánica), debe desecharse el material que lo compone, siempre que sea posible, y sustituirse este por un suelo de mayor calidad.
- 2) Si el terreno de fundación es malo (suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible a la saturación.), habrá que colocar una subbase granular de material seleccionado antes de colocar la base.

- 3) Si el terreno es regular o bueno (suelo bien graduado, sin peligro de saturación) puede prescindir de la subbase.
- 4) Si el terreno de fundación es excelente (soporte elevado y sin saturación) bastaría colocar la capa de rodamiento.

**2.2.3.2 Subbase.** Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante. Tiene por objeto:

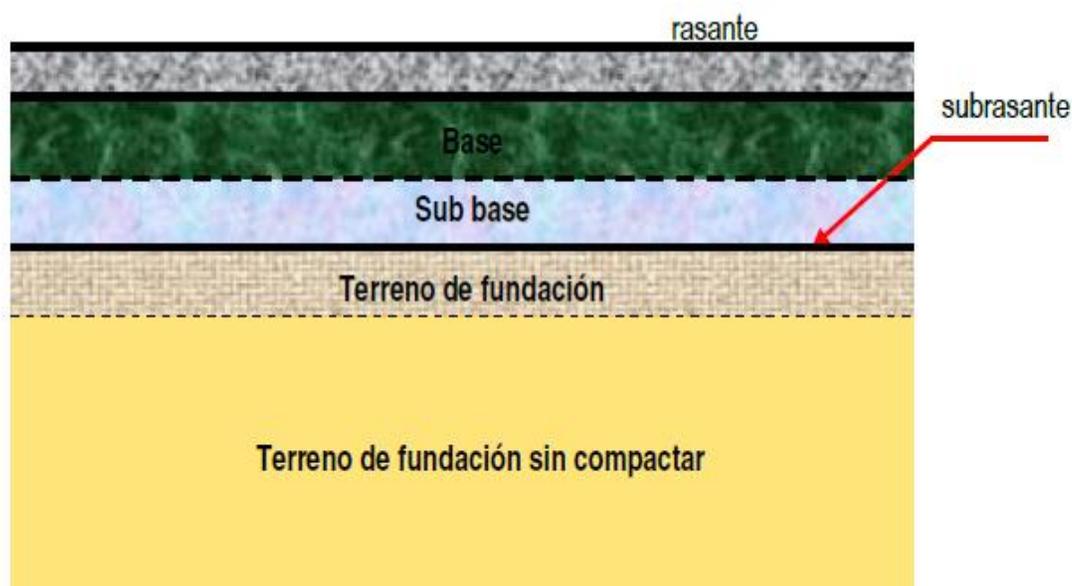
- 1) Servir de capa de drenaje al pavimento.
- 2) Controlar, o eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.
- 3) Controlar la ascensión capilar de agua proveniente de las napas freáticas cercanas o de otras fuentes, protegiendo así el pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de helada.

El material de la subbase, debe ser seleccionado y tener mayor capacidad que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser: arena, grava, escoria de altos hornos, o residuos de material de cantera. En algunos casos, es posible emplear para subbase el material de la subrasante mezclado con cemento.

**2.2.3.3 Base.** Esta capa se coloca por encima de la subbase, tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y, además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la subbase y al terreno de fundación.

Las bases pueden ser granulares, o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento y otro material ligante. Por lo general se utiliza piedra triturada, grava o mezclas estabilizadas por suelo cemento, etc.

**2.2.3.4 Capa de Rodamiento.** Su función primordial será la de proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones de agua lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos. Asimismo, la capacidad de rodamiento contribuye, en cierto modo, a aumentar la capacidad de carga del pavimento, especialmente si su espesor es apreciable (mayor a 3”).



*Figura5. Estructura Típica de Pavimentos Asfálticos.*

#### **2.2.4 Sistema de gestión de Pavimentos.**

Los que reconocemos como pioneros en los sistemas de gestión de pavimentos son el imperio romano, la administraban los gobernadores y magistrados locales, la conservación era permanente y además controlaban la circulación, dimensión y forma de vehículos y número de animales de tiro. Un sistema muy adecuado a la época y necesidades de mantener en óptimas condiciones la red vial. En tiempos modernos Tresaguet como Inspector General de Caminos de Francia desde 1775, reconoció la necesidad de mantenimiento permanente para un servicio apropiado.

En Estados Unidos durante 1920, se inició la organización de un esfuerzo de investigación en el área de pavimentos, con el fin de mejorar el diseño, el mantenimiento y construcción de caminos. Al desarrollo aportaron varios estudios tanto empíricos y teóricos, principalmente los desarrollados por la American Association of State Highway Official (AASHO) en 1950 y 1960. A partir de esa investigación se han desarrollado programas de mantenimiento, lo que con el tiempo se siguen ejecutando, incorporando avances en detalle, formalidad, nivel de la tecnología y por supuesto el procesamiento de datos y simulaciones de las computadoras.

El termino se acuño en la ingeniería vial por Haas y Hudson en su libro “Pavement Management System” publicado en 1978.

#### ***2.2.5 Nivel de Serviciabilidad.***

Se entiende como nivel de serviciabilidad el grado en el cual un pavimento logra cumplir con su función de permitir la circulación de vehículos de una forma fácil, cómoda, rápida y segura. El nivel de serviciabilidad disminuye a través del tiempo una vez puesto en servicio el pavimento, debido a las sollicitaciones sobre éste, ya sea de las cargas circulantes como de los agentes meteorológicos.

Aunque en un principio la apreciación de la serviciabilidad del pavimento es subjetiva y depende de la opinión de los usuarios, ha sido posible establecer una relación entre la calidad del servicio del pavimento y una serie de indicadores del deterioro de éstos, los cuales sí pueden ser cuantificados de manera objetiva.

De esta forma, actualmente la serviciabilidad de un pavimento está expresada por el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual se obtiene de las medidas de rugosidad y

distintos tipos de deterioro para un período determinado. El rango de variación del PSI va de 5.0 (muy bueno) a 0.0 (muy malo), y es por eso que para realizar el diseño estructural de un pavimento es necesario seleccionar un índice inicial y final dentro de este rango, tomando en cuenta las condiciones particulares del lugar de la obra, así como los procesos constructivos y solicitaciones a que estará sometida la estructura.

En la práctica, generalmente el Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_i$ ) para los pavimentos rígidos toma un valor de 4.5, mientras que el Índice de Serviciabilidad Final ( $P_f$ ) conserva un valor de 2.5. Asimismo, para los pavimentos flexibles el  $P_i$  usado comúnmente tiene un valor de 4.2, y el  $P_f$  un valor de 2.5. Estos valores son los recomendados por la AASHTO para el diseño de pavimento.

### ***2.2.6 Rugosidad de los Pavimentos.***

Las irregularidades en la superficie de los pavimentos que afectan a la calidad del rodado, seguridad, y costos de operación vehicular se denominan rugosidad. En las ecuaciones para obtener el PSI, la medida de la rugosidad es la que más influye en la serviciabilidad, esto quiere decir que la rugosidad tiene la mayor intervención en la percepción de confort de los usuarios. Debido a la diversidad de indicadores, técnicas e instrumentos para medir las irregularidades de los pavimentos que han existido en diferentes países, se planteó la necesidad de contar con un índice único, al cual pudiera hacerse referencia para comparar experiencias y especificaciones a nivel internacional. Esto dio lugar al experimento internacional llamado IRRE (Internacional Road Roughness Experiment), a partir del cual surgió el concepto, definición y método de cálculo del IRI (Internacional Roughness Index).

### ***2.2.7 El Índice de Rugosidad Internacional (IRI).***

El IRI es un indicador de la irregularidad superficial de un pavimento, representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta,  $IRI = (0)$ ) y el perfil longitudinal real existente cuando se efectúa la medición, su principal ventaja es que es un modelo matemático cuyo resultado no depende de la técnica o el equipo utilizado. Sin embargo, es importante considerar siempre la confiabilidad de las técnicas y el equipo usado para obtener el perfil, la precisión de los equipos debe ser debidamente valorada antes de decidir cuales utilizar.

El IRI debe cumplir con las siguientes 5 condiciones:

1. Ser calculado a partir de un solo perfil. Para lograr precisión en los cálculos, el intervalo de muestreo debe ser menor a 300 mm, y una resolución de 0.50 mm en la obtención del perfil se considera como apropiada para cualquier condición del pavimento.
2. Entre puntos contiguos de elevación, se asume que la pendiente del perfil trazado es constante.
3. Como primer paso, el perfil obtenido se suaviza usando medias móviles con un largo base de 250 mm. Esto se hace con el objetivo de simular el comportamiento de la envolvente de los neumáticos, y reducir la sensibilidad de la simulación del cuarto de carro al espaciamiento de muestreo del perfil longitudinal.
4. Una vez suavizado el perfil, éste es filtrado mediante la simulación del cuarto de carro, RQCS (Reference Quarter Car Simulation), con sus parámetros específicos, a una velocidad de 80 km/h.

5. El movimiento de la suspensión simulada se acumula y se divide entre la longitud del perfil para obtener el valor de IRI en ese tramo, de allí que el IRI se expresa comúnmente en m/km o pulg/km.

### ***2.2.8 Conteo y Caracterización Vehicular.***

2.2.8.1 Determinación de Puntos de Observación. La carretera en estudio está ubicada en una zona rural por lo tanto los viajes que en esta se generan suelen ser de caserío en caserío, para simplificar el conteo vehicular estos se ubicarían en las salidas de cada comunidad, el acceso a desvíos y además el acceso a la ciudad. Lugares de destino de viajes frecuentes.

2.2.8.2 Condiciones de Observación. Se utiliza la observación temporal como método de recolección de datos, en este se registrará las unidades vehiculares que transcurren la vía y el lapso entre estas, al ser una zona rural el registro de esta observación se realizara en un periodo semanal.

2.2.8.3 Composición Vehicular. Se caracterizarán de la manera tradicional vehículo particular, pick ups, microbuses, buses y camiones. Y de ser posible una secundaria la cual sería: vendedores, trabajadores y estudiantes.

2.2.8.4 Agrupamiento en Horarios. Se utilizarán horarios por lo principal más transcurridos, donde los ingresos a zonas de estudio y trabajo concuerdan generando mayor cantidad de viaje y se separara de las horas de poca afluencia: 6:00 am hasta 8:00 am, 12:00 mediodía hasta 1:30 pm, y 3:00 pm hasta 5:00pm; las horas intermedias se consideran “horas valle”.

2.2.8.5 Tiempo de Viaje. Dado que este depende de las condiciones de la vía, resulta conveniente consultar a los usuarios del transporte público y a los conductores de estas comunidades.

2.2.8.6 Unidad de volumen: Tránsito Promedio Diario Anual. La unidad general de medida del tránsito sobre una carretera es el volumen del tránsito promedio diario anual (TPDA). El TPDA se define como el volumen total durante un período determinado de tiempo (en general días), mayor que un día y menor o igual que un año, dividido por el número de días comprendido en ese período de tiempo.

2.2.8.7 Distribución Direccional del Tránsito (D). La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles, muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación, de ahí que resulte necesario afectarlo por un factor adicional, que refleje la desigual distribución a lo largo del día de las corrientes del tránsito en ambas direcciones.

2.2.8.8 Costo generalizado de viaje "CGV". En economía del transporte, el costo generalizado es la suma de los costos monetarios y no-monetarios de un viaje. Los costos monetarios (o costos que salen del bolsillo) es la tarifa para viajes en transporte público y el combustible, estacionamiento, uso y desgaste (por ejemplo llantas) y peajes, si los hubiera para viajes en transporte privado. Los costos no-monetarios hacen referencia al tiempo gastado llevando a cabo el viaje.

### ***2.2.9 Índices de Rentabilidad.***

Existen varios indicadores financieros que permiten medir la rentabilidad de un proyecto a partir del flujo de caja.

**2.2.9.1 Valor Actual Neto.** Si se aplica el valor presente a los beneficios y los costos, se obtiene el valor presente neto o valor actual neto, VAN. Este método tiene la ventaja que puede aplicarse a proyectos con distintas vidas de servicio, o con etapas ya desarrolladas. Además, los costos y beneficios se representan en términos actuales. Este método se aplica entre alternativas distintas. Cada alternativa se compara con otra denominada “base”, la que puede ser la alternativa sin proyecto. Una inversión es rentable cuando el valor actual neto es positivo, a una tasa de interés conveniente para el inversionista. Mide en moneda actual cuanto más rico es el inversionista por invertir en el proyecto, en lugar de hacerlo en otra alternativa.

Entre las ventajas se pueden enumerar las siguientes:

- a) Los beneficios y costos pueden expresarse por un solo número.
- b) Proyectos de diferentes vidas de servicio y con etapas en desarrollo son directa y fácilmente comparables.
- c) Los costos y beneficios son expresados en términos presentes.
- d) El método es computacionalmente simple.

Dentro de las desventajas se puede mencionar:

- a) El método no se puede aplicar a alternativas únicas, donde no se pueden evaluar beneficios.
- b) El resultado no es tan fácil de comprender como lo sería una tasa interna de retorno o el costo anual.

Este método puede considerar solo los costos, los beneficios, y también los costos junto con los beneficios. Este involucra traer al Valor presente el costo de futuras erogaciones, mediante una tasa de descuento apropiada.

$$VAN = \sum_{i=1}^n (b_i - c_i) \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Donde:

$VAN = Valor\ Presente$

$b_1 = Beneficio\ Futuro$

$c_1 = Costo\ Futuro$

$i = Tasa\ de\ Descuento$

$n = Año\ en\ el\ que\ se\ realiza\ el\ gasto\ o\ se\ obtiene\ el\ beneficio.$

2.2.9.2 Tasa Interna de Retorno. Corresponde a la tasa de descuento bajo la cual el valor presente neto definido anteriormente es igual a cero, representa la tasa de interés a partir de la cual podría ser interesante invertir en el proyecto.

Si la tasa interna de retorno de la estrategia evaluada es mayor que la tasa mínima especificada para los proyectos de caminos, dicha estrategia será una de las posibles de implementar. La estrategia con mayor tasa interna de retorno será la mejor a seleccionar.

$$0 = \sum_{i=1}^n (b_i - c_i) \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]; TIR = i$$

### **2.2.10 Relación Beneficio Costo.**

Acá se plantea el cociente entre los Beneficios y los Costos, siendo un proyecto rentable, cuando este valor es mayor que uno, o sea cuando los beneficios son mayores a los costos. Es perfectamente equivalente al VAN. Es correcto para determinar la deseabilidad de un proyecto, pero no para elegir entre proyectos alternativos. Cuando hay más no permite determinar cuál es el mejor.

### **2.2.11 Definiciones.**

**Viaje:** Representa un desplazamiento en una sola dirección de un punto de origen a un punto de destino. Generalmente existirá interés por todos los desplazamientos efectuados en vehículo, aunque muchas veces se consideran también los viajes efectuados a pie, más largos que un cierto umbral definido para cada estudio (p. ej., 300 metros o tres calles). Finalmente, con frecuencia se ignoran en el análisis los viajes efectuados por niños de edad inferior a los cinco años.



*Figura 6. Esquema de viajes*

**Viajes basados en el Hogar (HB):** Son aquellos que tienen un extremo en el hogar de la persona que efectúa el viaje, independientemente de si éste es el origen o el destino del viaje. Por ejemplo, salir de la casa al trabajo tanto como regresar del trabajo al hogar son considerados viajes basados en el hogar.



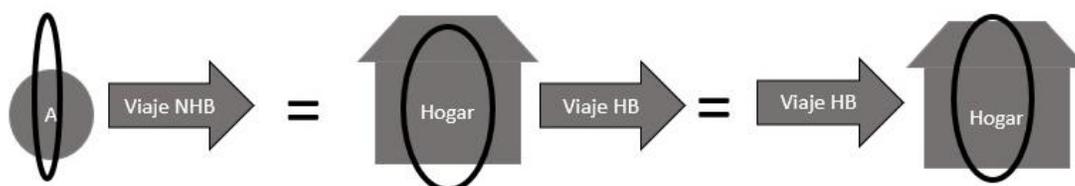
*Figura 7. Esquema de viajes basados en el hogar*

**Viajes No basados en el Hogar (NHB):** Son los viajes en los que ni el origen ni el destino del viaje es el hogar. Por ejemplo, viaje de la iglesia hacia el supermercado.



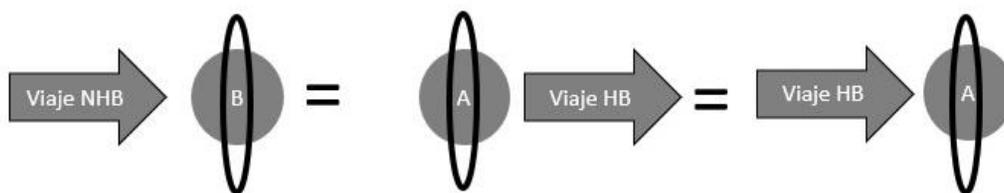
*Figura 8. Esquema de viajes no basados en el hogar*

**Producciones de viajes:** Se definen como el extremo hogar en un viaje HB, o el origen de un viaje NHB.



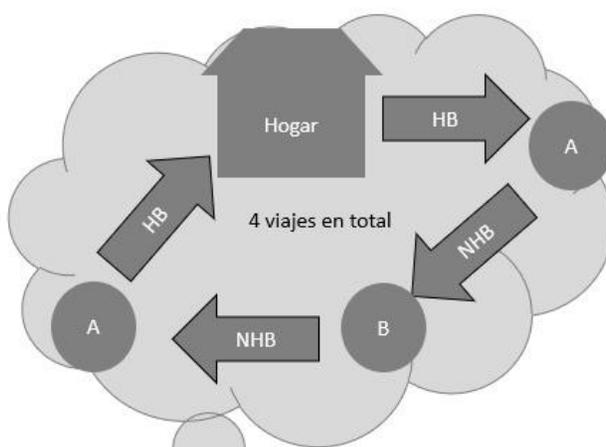
*Figura 9. Esquema de producción de viajes*

**Atracción de viaje:** Se define como el extremo no-hogar en un viaje HB o el destino de un viaje NHB.



*Figura 10. Esquema de atracción de viajes.*

**Generación de viajes:** Se entiende como el número total de viajes, sean HB sean NHB, generados por los hogares (familias) de cierta zona. Éste es el valor que proporcionan la mayor parte de los modelos, y por ende resta el problema de asignar los viajes NHB a otras zonas como producciones de viaje.



*Figura 11. Esquema de Generación de viajes.*

J. D. Ortuzar (2008) expreso en su libro que:

**“Factores que afectan a la generación de viajes:** En la modelización de la generación de viajes generalmente interesan no sólo los viajes realizados por las personas sino también los viajes de mercancías. Por ello es por lo que normalmente se utilizan modelos para cuatro grupos principales (es decir, personas y mercancías, producciones y

atracciones). A continuación, se analizan brevemente algunos factores particularmente importantes a la luz de la experiencia adquirida en estudios reales.

**Producciones de viajes de personas:** Los siguientes factores se han considerado en muchos estudios prácticos:

- Renta.
- Posesión de coche.
- Tamaño del hogar.
- Estructura del hogar.

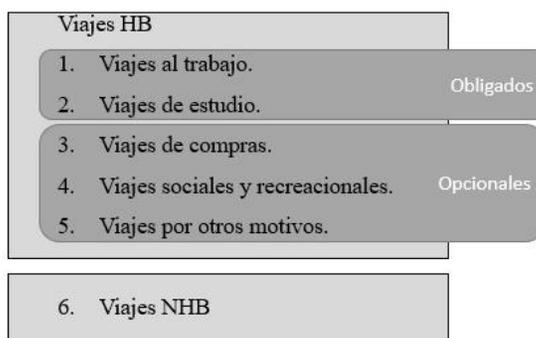
**Atracciones de viajes de personas:** Los factores más utilizados para describir la atracción de viajes de personas son la superficie cubierta disponible para la industria, el comercio y otros servicios. Otro factor generalmente utilizado es el número de empleos en cada zona.

**Producciones y atracciones de viajes de mercancías:** Las producciones y atracciones de viajes de mercancías generalmente sólo constituyen una pequeña parte de los viajes –en el caso de las naciones industrializadas llegan a lo sumo al 20% del total de los viajes realizados en un área determinada”. (p. 201-202)

### ***2.2.12 Clasificación de Viajes.***

- **Por propósito del viaje.**

Está demostrado que en la práctica se consiguen mejores modelos de generación si se modelizan separadamente los viajes por motivo o propósito. En el caso de viajes HB, se utilizan generalmente las siguientes cinco categorías:



*Figura 12: Clasificación de viajes por propósito*

Los dos primeros generalmente se denominan viajes obligados, mientras que todos los demás se llaman viajes discrecionales (u opcionales). En particular, la última categoría encierra todos los viajes efectuados por motivos menos rutinarios como, por ejemplo: salud, trámites burocráticos (viajes para conseguir un pasaporte o un certificado), acompañar a una persona, etc. Los viajes NHB, en cambio, generalmente no se subdividen en categorías ya que sólo representan el 15-20% del total de los viajes.

- **Según la hora del día.**

Los desplazamientos, usualmente, se clasifican en viajes efectuados en el período de hora punta o fuera de punta, ya que la proporción de viajes, con diferentes motivos, varía enormemente según la hora del día.

Ante todo, hay que destacar que, mientras la mayor parte de los viajes en la hora punta de la mañana son obligatorios, es decir, realizados por trabajo o estudio, no sucede lo mismo en el período fuera de punta. En segundo lugar, llama la atención la gran proporción de viajes por motivos burocráticos en ambos períodos, que es típica de países en desarrollo.

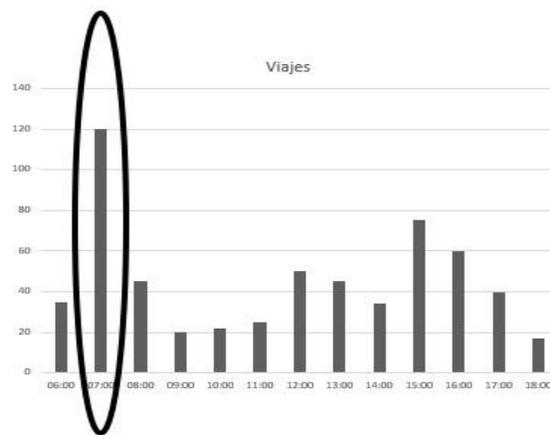


Figura 13. Esquema de frecuencia de viajes respecto al día.

- **Por tipo de persona**

Ésta es otra clasificación importante ya que las características socio-económicas influyen fuertemente en el comportamiento de viaje de los individuos. Normalmente se utilizan las siguientes categorías:

- Nivel de renta
- Posesión de coche
- Tamaño y estructura del hogar.

Es importante resaltar que el número total de estratos puede aumentar rápidamente, y esto puede tener fuertes implicaciones en términos de la cantidad de datos necesarios y la calibración y utilización de los modelos. Por esta razón, a menudo son necesarios compromisos, adaptaciones y agregaciones.

## 2.3 Marco Normativo.

### 2.3.1 Ley de Carreteras y Caminos Vecinales.

Esta ley se basa en algunos conceptos, clasificación de las carreteras, en base a la geometría, importancia y densidad vehicular (Art.3). Como también definiciones de elementos que componen una carretera (Art. 5). Algunos de los artículos que rigen en el proceso de formulación y ejecución de este tipo de proyecto con las siguientes:

Tabla1. Leyes de Carreteras y Caminos.

<b>ARTÍCULO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Art. 4.</b>	Es absolutamente prohibido cerrar, cultivar, obstruir o desviar toda clase de caminos o carreteras abiertas al servicio público, lo mismo que levantar obras o estrechar la vía; hacer excavaciones, etc. El que infringiere esta disposición está obligado a reparar el daño causado o a pagar el costo de dicha reparación y se le impondrá, además, una multa ( <i>Que consta desde los \$11.43 hasta \$571.43</i> ) según la gravedad de la infracción, reincidencia y la capacidad económica del infractor, la que ingresará al fondo municipal correspondiente
<b>Art.10.</b>	El Ministerio de Obras Públicas, por medio de sus oficinas respectivas tendrá a su cargo la planificación diseño, construcción, mejoramiento, conservación y señalamiento adecuado de las carreteras.

- Art. 24.** En las señales de tránsito no podrán colocarse anuncios o rótulos. Se prohíbe la instalación de los mismos cuando puedan confundirse con postes marcadores, avisos, placas de prevención y otras señales de tránsito colocadas a lo largo de las vías.
- Art. 27** Prohibiciones en el derecho de vía, como por ejemplo botar basura, depositar materiales de construcción o hacer mezclas de concreto (excepto si es para reparación), es decir, ejecutar todo acto que pueda originar o construir un estorbo para el libre tránsito.
- Art. 30** Cuando para construir, ampliar, rectificar, o reparar una vía pública fuere necesario demoler una edificación, adquirir la totalidad o alguna parte de un predio, bancos de piedra, balastro, arena u otro material de propiedad particular, se obtendrá previamente la anuencia del propietario o se adquirirán las cosas de acuerdo con lo establecido en la Ley de Expropiación y de Ocupación de Bienes por el Estado
- Art. 34.** Los postes utilizados en la transmisión de energía eléctrica y los que soporten hilos telegráficos o telefónicos, no podrán colocarse a más de dos metros de distancia de la línea de propiedad, dentro del derecho de vía. Cuando las condiciones topográficas del terreno no permitan colocarlos dentro de la distancia indicada deberá oírse previamente a la oficina respectiva la cual resolverá lo conveniente.

## **CAPITULO III. Metodología.**

### **3.1 Tipo de Investigación.**

La investigación es de tipo cuantitativa, que es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes. El propósito de este método es estimar los beneficios económicos de la población con el fin de establecer los beneficios económicos que se obtendrían con una mejora a la carretera en estudio. Se calcularán los beneficios obtenidos de cada alternativa propuesta para la mejora de la calle. Si se mejorara la carretera producirá una reducción en el costo tanto de combustible, tiempo de viaje, y costo de mantenimiento vehicular.

La realización de esta investigación traerá una contribución a la hora de evaluar las alternativas y poder elegir la alternativa que nos genere más beneficios para la población de la localidad, como para los usuarios que transitar por la carretera.

### **3.2 Unidades de Análisis.**

La unidad de análisis será la carretera principal de El Municipio de San Alejo hasta el Desvío “El Palo Blanco”, que conecta a la Carretera Panamericana (CA-1).

## **CAPITULO IV. Recolección de datos.**

En este apartado se presenta toda la información recolectada necesaria para la realización de esta investigación.

### **4.1 Recolección De Datos Para Población y Muestra.**

#### ***4.4.1 Población.***

La población en estudio se ha extrapolado usando de base la encuesta realizada, considerando el total de viviendas que existen en cada caserío y multiplicando por las personas que habitan cada vivienda en el mismo caserío, obtenido así un estimado de 3000 habitantes.

#### ***4.4.2 Muestra.***

Para determinar la muestra se utilizó el método de transporte, el cual sugiere que 1 de cada 5 viviendas sea encuestada cuando la población total sea menor a 50,000 habitantes.

Se contabilizarán el número de viviendas a través de una imagen satelital.

### **4.2 Recolección De Datos Para La Encuesta Domiciliar.**

Se selección el método de las encuestas domiciliarias, ya que son las más idóneas para obtener una imagen completa de la situación socioeconómica, movilidad del sistema, y las mejores condiciones posibles para el calibrado de los modelos de transporte necesarios, para la evaluación de estrategias consideradas a futuro. (ver anexo de tipo de encuesta)

La información a recoger se estructura en tres partes:

- Datos del hogar
- Datos del individuo
- Datos de los viajes.

Como característica de las viviendas:

- Número de miembros totales.
- Número de miembros mayores de edad
- Número de viajes
- Tipo de vivienda

De estos se pretende obtener las siguientes características:

- Tamaño medio familiar
- Índice de motorización familiar
- Viaje por habitante.

Como característica del individuo:

- Sexo/edad
- Nivel de estudio
- Ocupación/actividad
- Ubicación de zona de lugar de trabajo
- Disponibilidad de vehículo propio

De estos se quiere obtener el número de empleo, número de plazas escolares y dependencia del transporte público.

Características de los viajes, estos son:

- Origen
- Destino

- Hora
- Medio de transporte.

De estos se quiere obtener una estimación de hora pico y la cantidad de viajes totales.

### 4.3 Recolección De Datos Para El Estudio De Tránsito.

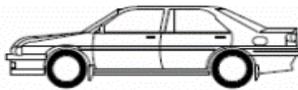
El aforo vehicular es el conteo de vehículos, es una muestra de los volúmenes para el periodo en que se realizan y tiene como objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o a una intersección. El número de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo específico de tiempo se le conoce como volúmenes de tránsito, este se expresa en unidades y depende del tiempo de observación. Al finalizar el conteo se rellenará una tabla con las categorías antes mencionadas, estos datos servirán para calcular el volumen de tránsito, el índice de crecimiento y el tránsito promedio diario futuro.

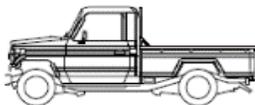
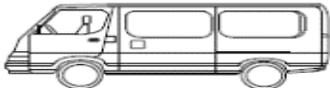
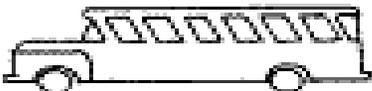
#### 4.3.1 Definición De Rutas.

Se determinarán varios puntos estratégicos sobre la carretera en estudio, esto con el fin de llevar un mejor control de los conteos vehiculares.

#### 4.3.2 Clasificación Vehicular.

*Tabla 2. Clasificación Vehicular.*

<b>CLASIFICACION VEHICULAR</b>	
<b>TIPO</b>	<b>ESQUEMA</b>
<b>AUTOMÓVIL</b>	

<b>PICK UP</b>	
<b>MICROBÚS</b>	
<b>BUS</b>	
<b>C2P</b>	
<b>C2G</b>	
<b>BICICLETA</b>	
<b>CABALLO</b>	
<b>PEATÓN</b>	
<b>MOTOCICLETA</b>	

*Fuente. Elaboración Propia.*

#### **4.3.3 Conteos Para El Volumen De Tránsito.**

Para determinar el volumen de tránsito se utilizó el método manual (aforo manual) el cual permite clasificar los vehículos por tipo, estos conteos se realizaron para ambos sentidos de la

calle en estudio. Estos conteos se realizaron durante un día para cada punto estratégico definido (Se empezó el conteo el 17 de febrero de 2020 y se finalizó el 26 de febrero de 2020). El horario establecido para realizar estos conteos fue de 6:00am hasta las 6:00pm. En total se realizaron 12horas. Los resultados fueron digitados en una hoja de cálculo diseñada para llevar un mejor orden de los datos.

Tabla3. Conteo manual del tráfico del día 17 de febrero de 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN							
Fecha: <u>17 de Febrero de 2020</u>											
Estación de aforo: <u>Entrada de San Alejo</u>				AFORO VEHICULAR							
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones
6:00am –	+	5	7	2	4	1	5	2	3	1	1
7:00am	-	7	6	5		2	4	1	2	2	
7:00am –	+	3	5	1	2	1		1	1	1	1
8:00am	-	5	3	3		1	3	2	4		
8:00am –	+	2	5	5		1	1	3	3		
9:00am	-	1		5	3	1		1	2		1
9:00am –	+	2	3	5		1	1	2	3		
10:00am	-	4	2	5	4	1	2	2	1		
10:00am –	+		4	3		1	2	3	4		1
11:00am	-	6	5	4		1	1	1	1	1	
11:00am –	+	7	4	4	4	1	2	2	2	1	
12:00pm	-	4	2	3		1		1	1		
12:00pm –	+	5	3	2	1	1	3	1	1		
1:00pm	-	1	4	4		1	1	1	1		
1:00pm –	+	3	4	5	3	1	2	2	2		
2:00pm	-	2		7		1	1		3		1
2:00pm –	+		4	6	2	1			3		
3:00pm	-	4	3	3		1	1		2		
3:00pm –	+	4	4	4		1			4		
4:00pm	-	2	2	4	1	1	2	1			1
4:00pm –	+	6	5	5		1		1	3	1	
5:00pm	-	2	5	5	3	1	3	2	2	1	1
5:00pm –	+	7	4	4		1	1	2	1	1	
6:00pm	-	5	4	4	2	1		2	1		

NOTA:  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 4. Conteo manual del tráfico del día 18 de febrero de 2020

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN							
Fecha: <b>18 de Febrero de 2020</b>											
Estación de aforo: <b>Caserío El Lagartón</b>				AFORO VEHICULAR							
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones
6:00am – 7:00am	+	4	3	2	1	1	2	1	2	1	
	-	2	2	3	3	1	3	1	2	1	1
7:00am – 8:00am	+	3	4		1	1	1	1	3		
	-		3		1	1	1	2	1	1	
8:00am – 9:00am	+	1	2	2	1	1	1	1			
	-	2	3	1		1	1	1	1	1	
9:00am – 10:00am	+	1	4		1	1	2	1	1		1
	-	2	2		1	1	3				
10:00am – 11:00am	+		1		1	1	1				
	-	2	3	1		1	1		1		
11:00am – 12:00pm	+	1	4			1	2	1			
	-	2	2		2	1	1				
12:00pm – 1:00pm	+	2	4	1	1	1	2	1			1
	-	1	3	1		1	2				1
1:00pm – 2:00pm	+	3	2			1	2		1		
	-	2	4		1	1	2		1		1
2:00pm – 3:00pm	+	4	5		1	1	1	1	1		
	-	1	2		1	1	1	1	1		1
3:00pm – 4:00pm	+	2	4			1	1		1		1
	-	2	3	2		1			1		1
4:00pm – 5:00pm	+	3	2	3	1	1				1	1
	-	2	2	1	3	1	1				1
5:00pm – 6:00pm	+	3	3	1	1	1	2		1		1
	-	1	4	1	1	1	1	1			1

**NOTA:**  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla5. Conteo manual del tráfico del día 19 de febrero de 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN								
Fecha: <u>19 de Febrero de 2020</u>												
Estación de aforo: Caserio Piedra Gorda				AFORO VEHICULAR								
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones	
6:00am - 7:00am	+	2	3	1	2	1	1	1	1	2	1	
	-	3	5	1	2	1	2	1	1	1	1	
7:00am - 8:00am	+		3	1		1	2	1	2	1	1	
	-		2	1	2	1	1		2	1	1	
8:00am - 9:00am	+	2			1	1	1		2	1	1	
	-	4	1		1	1	1		3		1	
9:00am - 10:00am	+		1		1	1	1		4		1	
	-		1		1	1			1		2	
10:00am - 11:00am	+		2			1		1	1	1	2	
	-		2		1	1			1	1	3	
11:00am - 12:00pm	+	1	3		1	1	1		1	1	4	
	-	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	
12:00pm - 1:00pm	+	4	2	1		1	1		1	1	1	
	-	3	3	2		1	1		1			
1:00pm - 2:00pm	+	2	4	2		1	1		1			
	-	1	3	1		1	1		1		1	
2:00pm - 3:00pm	+		3	1		1	2		2		1	
	-		3	1		1	1		3	1	1	
3:00pm - 4:00pm	+		1	1		1	1	1	2		2	
	-	2	1	1		1	1	1	1		2	
4:00pm - 5:00pm	+	2	1	1		1	2	1	4	1		
	-	1	2	2	1	1	2	1	2		2	
5:00pm - 6:00pm	+	1	1	1	1	1	1	1	3			
	-	2	1	1	1	1	2		1	1	1	

NOTA:  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 6. Conteo manual del tráfico del día 20 de febrero de 2020

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN								
Fecha: 20 de Febrero de 2020												
Estación de aforo: Entrada del Canton Agua Fría				AFORO VEHICULAR								
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones	
6:00am – 7:00am	+	3	1	2	3	1	2	1	4		2	
	-	3	3	1	2	1	2	1	2	1	2	
7:00am – 8:00am	+	2	1	1	2	1	2	1	3	1	2	
	-	2		2	2	1	2	1	2	1	3	
8:00am – 9:00am	+		1	3	1	1	1	1	1	1	1	
	-		1	1	3	1	1	1	1	1	1	
9:00am – 10:00am	+		1	1	1	1	1	1	1		1	
	-		2	1	1	1	1	1	1		1	
10:00am – 11:00am	+	1	3	1	1	1	1		1		1	
	-	1	1	1	2	1	2		1	2	2	
11:00am – 12:00pm	+	1	3	2	2	1	2	2	2	2	2	
	-	1	4	2		1	2	1		1	3	
12:00pm – 1:00pm	+	2	3	2	1	1	2	1		1	6	
	-	2	2	4	1	1	2	1			3	
1:00pm – 2:00pm	+	3	3	4	1	1	1				4	
	-	3	2	2	2	1	1				5	
2:00pm – 3:00pm	+	4	2	2		1	1		1		7	
	-	1	2	1		1	1		1		6	
3:00pm – 4:00pm	+	1	4	1		1			1		1	
	-	2	1	1	1	1			1	1	1	
4:00pm – 5:00pm	+	2	1	1	1	1	1			1	1	
	-	1	2	3	1	1	1		2	1	1	
5:00pm – 6:00pm	+	2	2	3	1	1	2	1	2	1	3	
	-	1	3	2	1	1	2	1	2	1	2	

NOTA:  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 7. Conteo manual del tráfico del día 21 de febrero de 2020

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR			CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN								
Fecha: <b>21 de Febrero de 2020</b>											
Estación de aforo: <b>Salida del Canton Agua Fria</b>			AFORO VEHICULAR								
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones
6:00am – 7:00am	+	4	4	2	2	1	2	1	2		5
	-	4	3	2	1	1	1	2	2	1	6
7:00am – 8:00am	+	3	2	1	2	1	1	2		1	7
	-	3	1	1	1	1	1	1			2
8:00am – 9:00am	+	1	3		1	1			1		1
	-	2	3	1	1	1	1		1		3
9:00am – 10:00am	+	3	2		2	1	1		2	1	1
	-	4	3			1	1				1
10:00am – 11:00am	+	3	3	1		1					6
	-	2	4	1		1	1			1	6
11:00am – 12:00pm	+	2	4			1				1	5
	-	2	5		2	1	2	2	2	1	7
12:00pm – 1:00pm	+	4	3	2	2	1	1	1	2		11
	-	2	1	1	1	1	2	1	3		5
1:00pm – 2:00pm	+	2	2	1	1	1	2		1		6
	-	2	2			1	2		1		7
2:00pm – 3:00pm	+	2	1			1		1	1		3
	-	2				1	1			1	2
3:00pm – 4:00pm	+	3	1	1		1	1	1			1
	-	3	2	2		1		1			5
4:00pm – 5:00pm	+	3	2	2	1	1		1	1	1	4
	-	3	4	1	2	1	1	2	1		2
5:00pm – 6:00pm	+	3	3	1	2	1	1	1		1	7
	-	4	4	2	1	1	2	2	1	1	3

**NOTA:**  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 8. Conteo manual del tráfico del día 22 de febrero de 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN							
Fecha: <u>22 de Febrero de 2020</u>											
Estación de aforo: <u>Entrada del Canton Trinchera</u>				AFORO VEHICULAR							
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones
6:00am -	+	4	5	2	2	1	2	2	2		3
7:00am	-	3	7	3	2	1	2	2	2	2	2
7:00am -	+	2	5	3	1	1	1	1	1	2	1
8:00am	-	1	4	2	2	1	2		2	1	3
8:00am -	+	2	3	1	2	1	2	1	2		3
9:00am	-	1	2	2	1	1	1	1	1		2
9:00am -	+	1	1	3		1	2	1	1		2
10:00am	-	2	1	3		1	1	1	2		2
10:00am -	+	1	2	2		1	1	2	1		1
11:00am	-	2	3	2	1	1	1	1	1		1
11:00am -	+	2	2	1	1	1	1	1	2		1
12:00pm	-	4	3	2	2	1	2	2	2	2	3
12:00pm -	+	4	4	4	3	1	3	2	3	1	4
1:00pm	-	3	4	3	1	1	3	3	2	1	4
1:00pm -	+	2	3	2		1	1	1	2		3
2:00pm	-	1	7	2		1	2	1	2	1	2
2:00pm -	+	1	6	2		1			1		2
3:00pm	-	1	4	3		1		1	1	1	4
3:00pm -	+	3	3		1	1	1		1		3
4:00pm	-	3	1		1	1	2		2	1	2
4:00pm -	+	2	3	2	3	1	1	1	2	1	2
5:00pm	-	4	4	4	2	1	3	1	1	1	4
5:00pm -	+	3	4	2	1	1	2	2	2	1	4
6:00pm	-	5	3	1	2	1	1	1	1	1	3

NOTA:  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla9. Conteo manual del tráfico del día 23 de febrero de 2020

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN							
Fecha: <u>23 de Febrero de 2020</u>											
Estación de aforo: <u>Salida del Canton Trinchera</u>				AFORO VEHICULAR							
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones
6:00am -	+	4	4	2	1	1	3	1	2	1	2
7:00am	-	3	2	1	1	1	2	2	1	2	3
7:00am -	+	2	1	1	2	1	1	1	2	1	3
8:00am	-	2	3	1	1	1	1		3	1	5
8:00am -	+	2	4	1	1	1	2		1		3
9:00am	-	2	2	2	1	1	3	1	1		2
9:00am -	+	2	3	1		1		1		1	3
10:00am	-	1	1	1		1	1		1		4
10:00am -	+	3	4	2		1	2	1	1		2
11:00am	-	3	2	1		1	1		2	2	3
11:00am -	+	3	4	1		1	2	1	1	2	2
12:00pm	-	4	3	2	2	1	2	2	2	1	2
12:00pm -	+	2	4	2	1	1	1	1	2	1	2
1:00pm	-	2	3	1		1	1		1	1	4
1:00pm -	+	2	4	1		1	1			1	4
2:00pm	-	1	4	2	1	1	1		1	1	3
2:00pm -	+	1	2	1	1	1	2		1		4
3:00pm	-	1	4	2	1	1	1				2
3:00pm -	+	1	3	1		1	2		1	1	4
4:00pm	-	2	1	1		1	2				3
4:00pm -	+	2	2	2		1	1	1	1	1	2
5:00pm	-	3	2	2		1		1	2	1	3
5:00pm -	+	3	3	1	1	1		1	2	1	2
6:00pm	-	4	3	2	1	1	2		2	1	3

**NOTA:**  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 10. Conteo manual del tráfico del día 24 de febrero de 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN							
Fecha: 24 de Febrero de 2020											
Estación de aforo: Canton Bobadilla				AFORO VEHICULAR							
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones
6:00am -	+	3	4	2	2	2	2	1	2	1	2
7:00am	-	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7:00am -	+	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2
8:00am	-	3	3	1	1	1	1	1	2	2	3
8:00am -	+	4	3	1	2	1	2	2	1		1
9:00am	-	2	3	1	1	1	2				2
9:00am -	+	2	2	1	2	2	1				2
10:00am	-	1	3	1	1	1	1				3
10:00am -	+	2	2	1	1	2	1		2	1	3
11:00am	-	3	3		1	1	2	1	2	2	4
11:00am -	+	2	4		1	1	2	1	2	1	3
12:00pm	-	2	4	1		1	2	1	2	2	1
12:00pm -	+	3	3	2	2	2	2	1	3		1
1:00pm	-	3	2	2	2	2	1	1	1		2
1:00pm -	+	1	1	1	1	1	2		1		4
2:00pm	-	2	1	1		1	2		2		1
2:00pm -	+	2	2	1		1	1		1		
3:00pm	-	3	2			1	1		2		1
3:00pm -	+	3	3			1	2		1	1	1
4:00pm	-	1	4		1	1	1	1		1	1
4:00pm -	+	3	2	2	1	1	1	1		1	1
5:00pm	-	2	3	2	2	2	1	1	2	1	2
5:00pm -	+	2	4	1	1	1	1	1	1	1	2
6:00pm	-	3	4	1	2	1	1	1	3	1	2

**NOTA:**  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 11. Conteo manual del tráfico del día 25 de febrero de 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN							
Fecha: <b>25 de Febrero de 2020</b>											
Estación de aforo: <b>Caserío El Querque</b>				AFORO VEHICULAR							
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones
6:00am – 7:00am	+	3	3	1	2	2	2	1	2	1	2
	-	2	3	2	2	1	3	1	2	1	
7:00am – 8:00am	+		2	1	1	1	2	2	2	1	
	-	2	3	1	1	1	1	2	3	1	
8:00am – 9:00am	+	3	2	1		1	1	1	1	1	
	-	2	3	1		1	1		4	1	3
9:00am – 10:00am	+	4	4	1		1	1	1		1	1
	-	3	4	1		1	1	1			1
10:00am – 11:00am	+	1	2	2		2	2				1
	-	2	4		1	1	3	2			
11:00am – 12:00pm	+	3	3		1	1	1	1	3	1	2
	-	4	4	2	1	1	1	2	2	1	
12:00pm – 1:00pm	+	3	4	3	1	2	2	2	4		
	-	2	4	2	1	2	3	1	4		1
1:00pm – 2:00pm	+	1	3	1	2	2	1	1	3		
	-	1	3	1	1	1	2		3		1
2:00pm – 3:00pm	+	1	2	1	1	1	2	1	2	1	
	-	2	1	1	1	1	3		2		1
3:00pm – 4:00pm	+	2	1			1	1	1	1		
	-	2	2	1	1	1	1		1		1
4:00pm – 5:00pm	+	3	2	1		1	1				
	-	3	3	1	1	2	1				1
5:00pm – 6:00pm	+	2	3			1	1	1	2		1
	-	2	2		1	1	1	1	2		1

NOTA:  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 12. Conteo manual del tráfico del día 26 de febrero de 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN							
Fecha: <u>26 de Febrero de 2020</u>											
Estación de aforo: <u>Entrada El Palo Blanco</u>				AFORO VEHICULAR							
Hora	Sentido	Moto	Pick up	Sedan	Microbús	Bus	c2-p	c2-g	Bicicletas	Caballos	Peatones
6:00am -	+	3	3	2	1	2	3	1	2		2
7:00am	-	2	3	3	2	1	3	1	1	1	1
7:00am -	+	2	4	3	2	1	1	1	1	1	3
8:00am	-	1	3	2	2	1	2	1	2		4
8:00am -	+	3	2	1	1	1	1				2
9:00am	-	3	2	2	1	2	1				3
9:00am -	+	4	2	1	1	2	2		3		1
10:00am	-	3	2	1	2	1	2		1	1	2
10:00am -	+	1	3	1	1	1	1		2		4
11:00am	-	3	3	1	1	1	1	1		1	1
11:00am -	+	4	4	1		1	1			1	2
12:00pm	-	4	4	2	2	2	1	1	2	1	2
12:00pm -	+	3	3	3	1	2	2		2	1	1
1:00pm	-	2	4	1	2	1	1	1	1		2
1:00pm -	+	3	3	2	1	1	2	1	2		3
2:00pm	-	2	3	2	1	1	2		3		4
2:00pm -	+	4	4	1	1	1	1				2
3:00pm	-	2	3	1	1	1	1		1		4
3:00pm -	+	2	2	1		1	1	1	1		2
4:00pm	-	3	2	1		2	1	1			3
4:00pm -	+	3	2	1		2	1	1		1	4
5:00pm	-	2	3	1	1	1	2	1	1	1	2
5:00pm -	+	4	3	1	1	1	1		1	1	2
6:00pm	-	4	1	2	1	1	1		1	1	3

NOTA:  
Sentido: Hacia La Unión (+)  
Hacia San Alejo (-)

Fuente. Elaboración Propia.

## 4.4 Recolección De Datos Para Las Características De La Carretera.

### 4.4.1 Geometría de la Carretera.

Para recolectar los datos de la geometría de la carretera se realizó el plano topográfico correspondiente del terreno, en el cual se representa la superficie del terreno, las curvas de nivel y las pendientes.

4.4.1.1 Creación de Superficie. Para la realización de la superficie de la zona estudiada, se necesitaron 3 programas y un proceso bastante minucioso, ya que es un proceso nuevo y no muy conocido, del cual se explicará a continuación cada paso y para que el uso de los programas.

El primero de ellos es **GOOGLE EARTH PRO**: Este programa se utilizó con el fin de delimitar la zona, de la que se pretende obtener la superficie. Y también de obtener la dirección de la carretera sobre la que se hará el estudio. Para comenzar el proceso, abrimos el programa de Google Earth Pro, y nos abrirá la interfaz del programa.

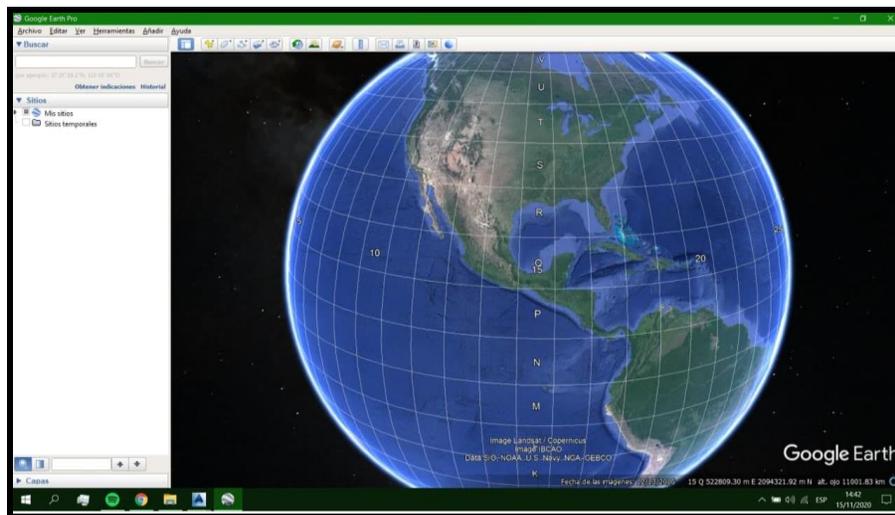


Figura 14. Interface google earth pro (1/8)

luego procedemos a ubicar la zona de la que se desea obtener la superficie, para lo que en este case seria parte del municipio de San Alejo.

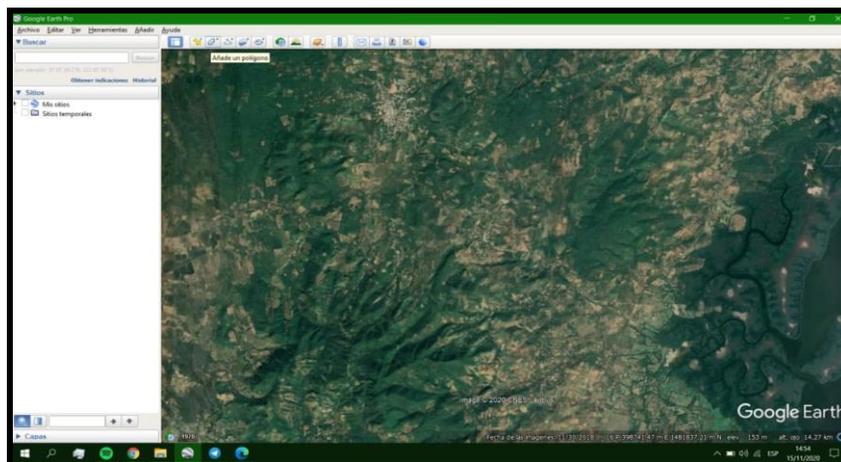


Figura 15. Interface google earth pro (2/8)

Luego seleccionamos la opción que está en el cuadro rojo para crear un nuevo polígono, posteriormente le ponemos nombre al polígono.

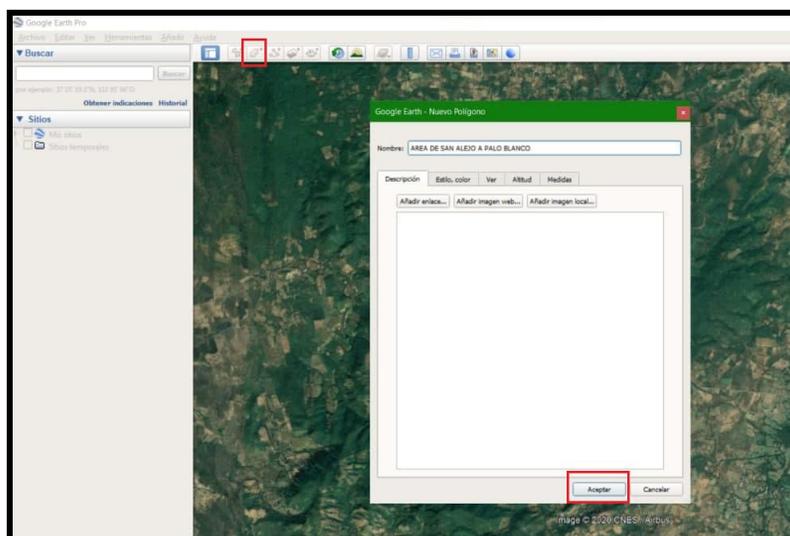
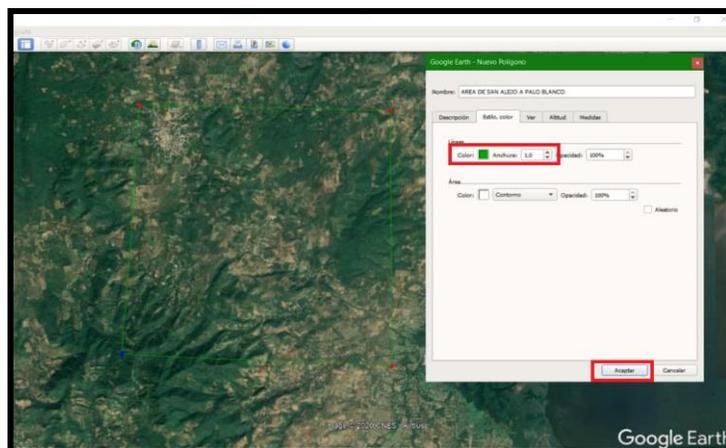


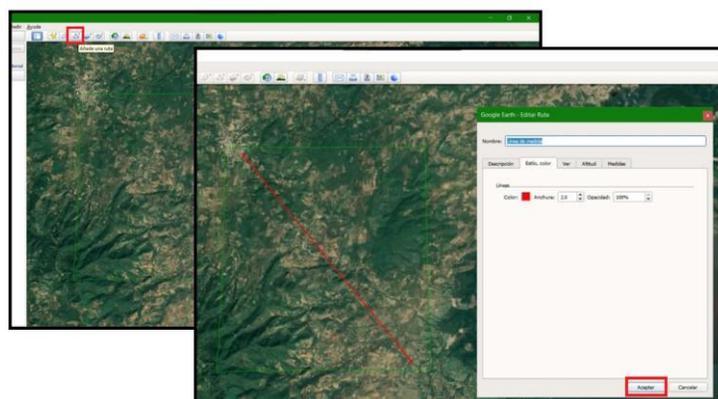
Figura 16. Interface google earth pro (3/8)

Una vez se hallamos colocado el nombre al polígono que crearemos lo delimitamos en la zona que deseamos, y se verá como en la imagen siguiente, y le colocamos un color, en este caso es verde,



*Figura 17. Interface google earth pro (4/8)*

Una vez creado el polígono, creamos una línea de ruta, seleccionamos la opción, se le asigna nombre, de igual manera lo delimitamos, para que nos sirva de referencia en el mapa cuando ya tengamos las superficies.



*Figura 18. Interface google earth pro (5/8)*

Una vez tengamos el polígono, guardaremos el archivo, yendo a la pestaña Archivo/ Guardar/ Guardar Sitio Como. Ubicamos donde queremos guardar el archivo, y lo guardamos en formato. KMS. Una vez guardado el archivo en formato KMS, guardamos la superficie como imagen en la mejor calidad que se pueda. Lo guardamos yendo a la pestaña Archivo/Guardar/Guardar Imagen.

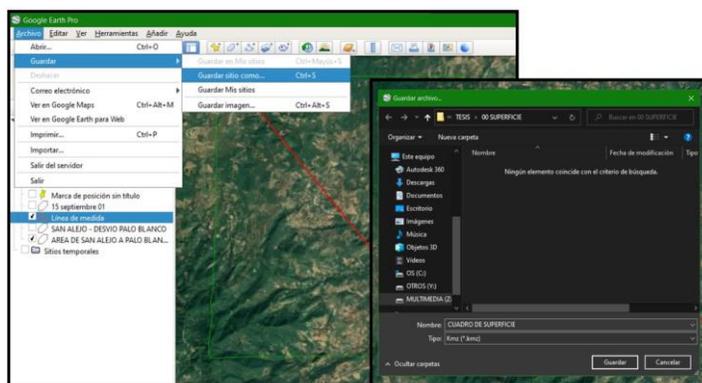


Figura 19. Interface google earth pro (6/8)

Seleccionamos la ubicación donde lo queremos y la demos guardar.

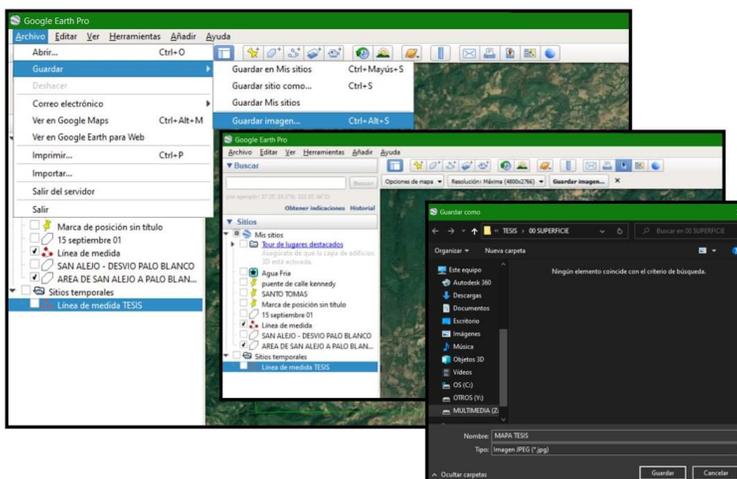


Figura 20. Interface google earth pro (7/8)

Una vez guardamos los archivos nos quedara lo siguiente.

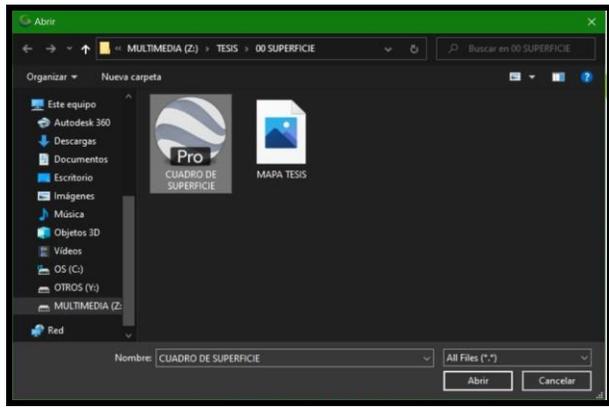


Figura 21. Interface google earth pro (8/8)

El programa numero 2 es **GLOBAL MAPPER 19** es el programa que crea una superficie con polilíneas sin escalas, la cual nos ayuda a obtener un archivo CAD, para crear la superficie en base a las polilíneas obtenidas. El proceso se detalla a continuación.

Abrimos la interfaz del programa, seleccionamos la opción 1 y seleccionamos los componentes para nuestra área que están detallados en la imagen, Después damos Clic en Open Data files y seleccionamos el archivo KSM.

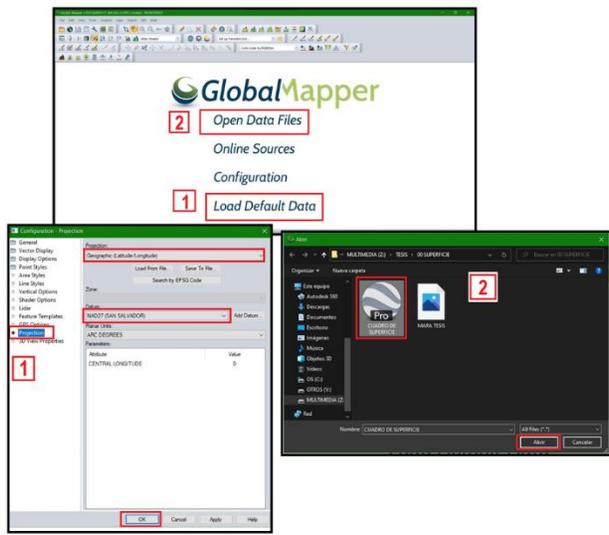


Figura 22. Interface global mapper (1/7)

El programa nos abrirá una interfaz diferente con una polilínea, esa polilínea es la que dibujamos en el programa Google Earth Pro, y seguimos los pasos siguientes.

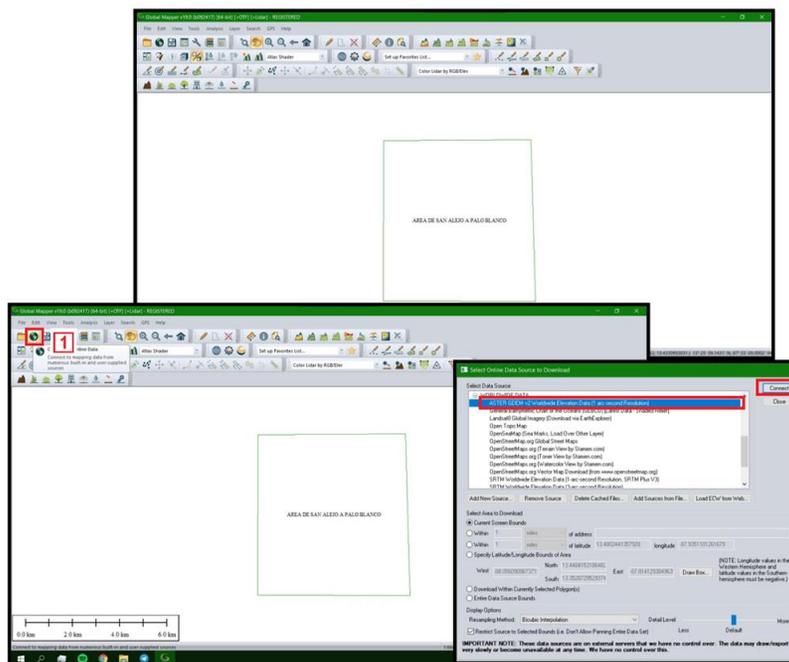


Figura 23. Interface global mapper (2/7)

Como Resultado obtendremos una superficie que crea el programa de la siguiente manera.

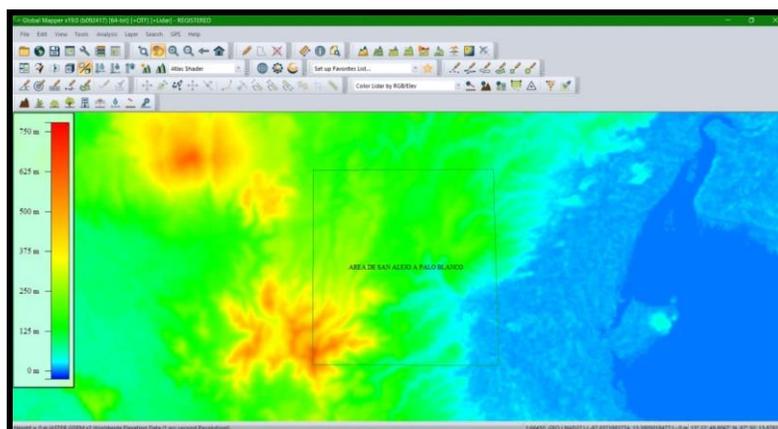


Figura 24. Interface global mapper (3/7)

Teniendo la superficie, generaremos las curvas de nivel en forma de polilíneas, de la siguiente manera.

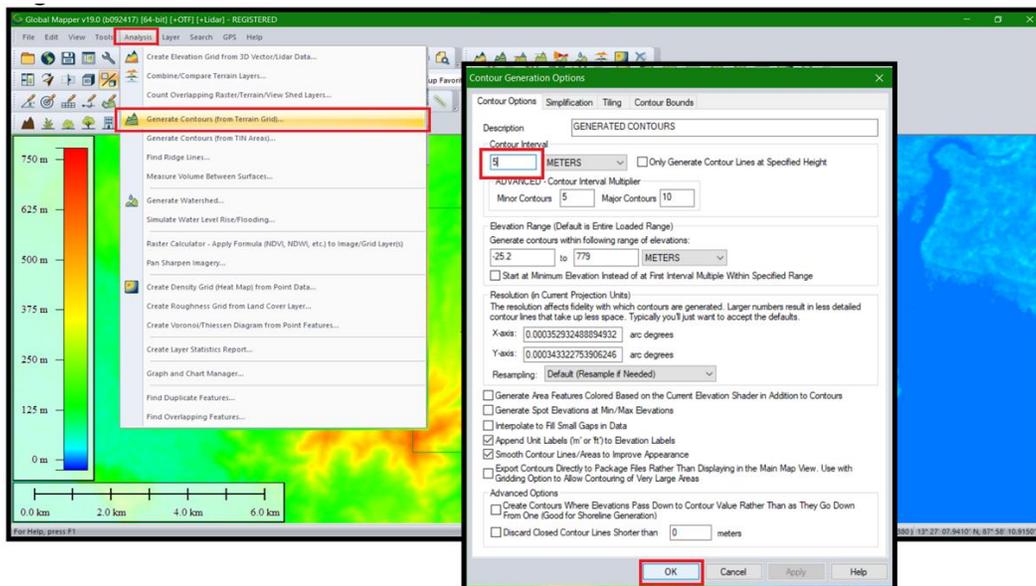


Figura 25. Interface global mapper (4/7)

Como resultado tendremos una superficie generada con polilíneas de las cuales nos apoyaremos para crear la superficie en Civil3D.

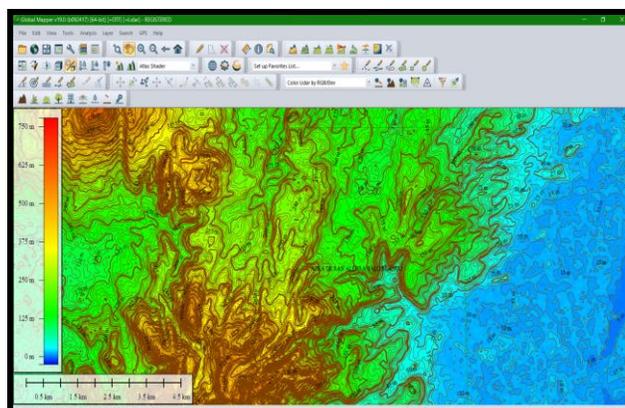


Figura 26. Interface global mapper (5/7)

Ya teniendo la superficie, exportamos el archivo de la siguiente manera.

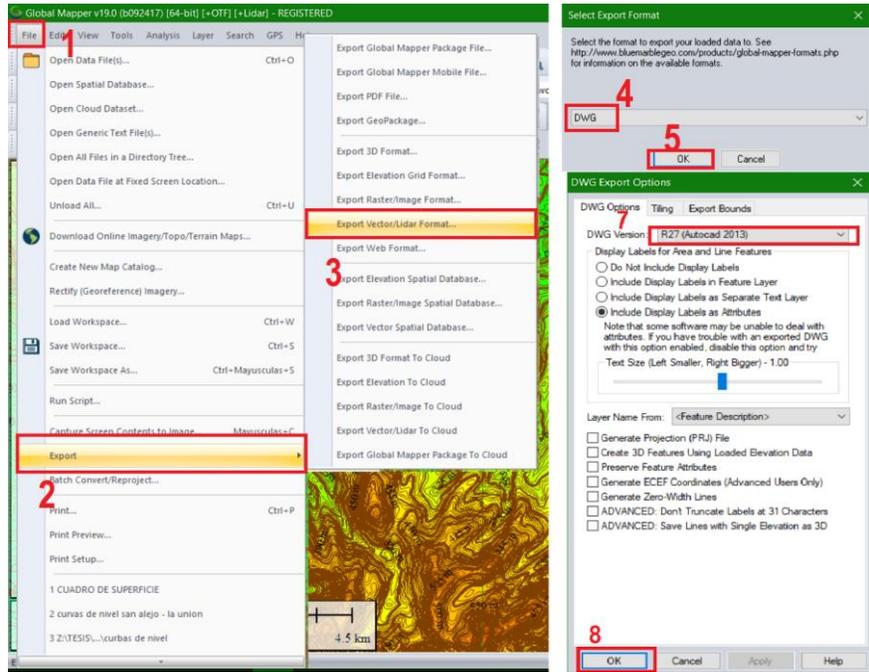


Figura 27. Interface global mapper (6/7)

Si seguimos los pasos bien tendremos la superficie en el archivo DWG para usarlo en Civil3D.

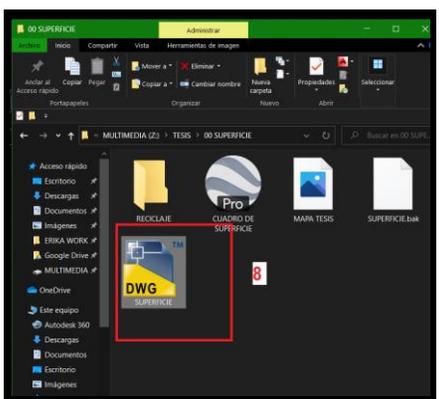


Figura 28. Interface global mapper (7/7)

Una vez tenemos el archivo DWG, usaremos el programa numero 3 el cual Civil3D, para este caso usamos la versión del 2014, y este programa lo usaremos para crear la superficie de la

zona que en la que se hará el estudio, y para posteriormente sacar el perfil de la carretera para obtener los datos para el HDM-4

Continuando con el procedimiento, se le dará doble clic al archivo DWG, y se abrirá la interfaz del programa y se verá de como en la imagen siguiente.

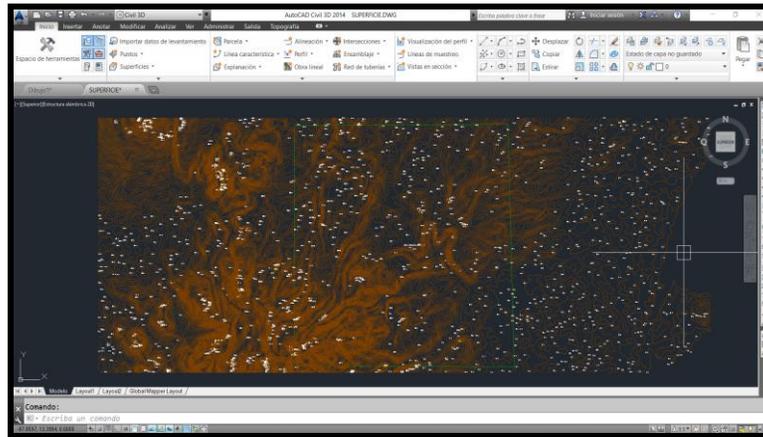


Figura 29. Interface AutoCad Civil3D (1/18)

Luego para mejor manejabilidad del programa, recortaremos todas las polinias que sobre salen del polígono delimitado en color verde, y quedaría como en la siguiente imagen.

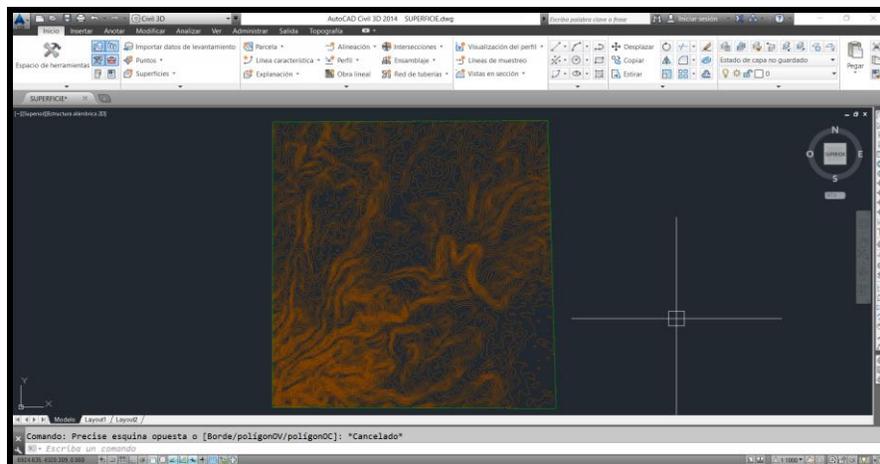


Figura 30. Interface AutoCad Civil3D (2/18)

Una vez tenemos ya cortadas las polilíneas, para trabajar las capas de mejor manera seleccionamos las capas nosotros, y le ponemos el color que les guste.

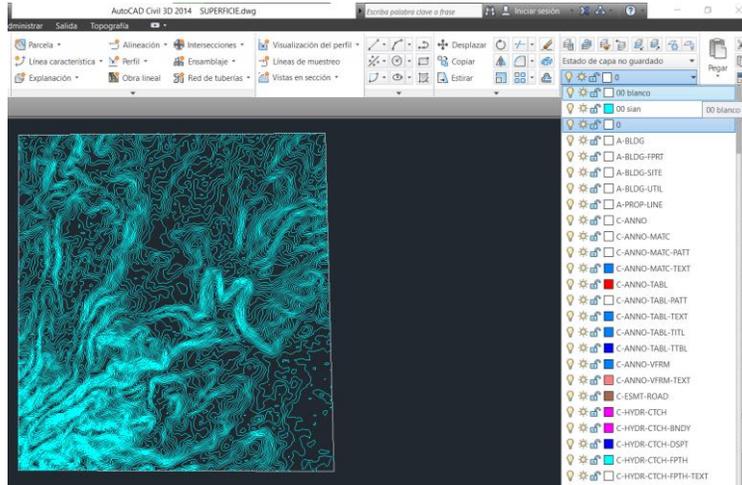


Figura 31. Interface AutoCad Civil3D (3/18)

Luego para darle escala a la superficie mediremos con una línea recta en el programa Google Earth Pro, y conoceremos la distancia real del polígono desde la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha, como se muestra a continuación.

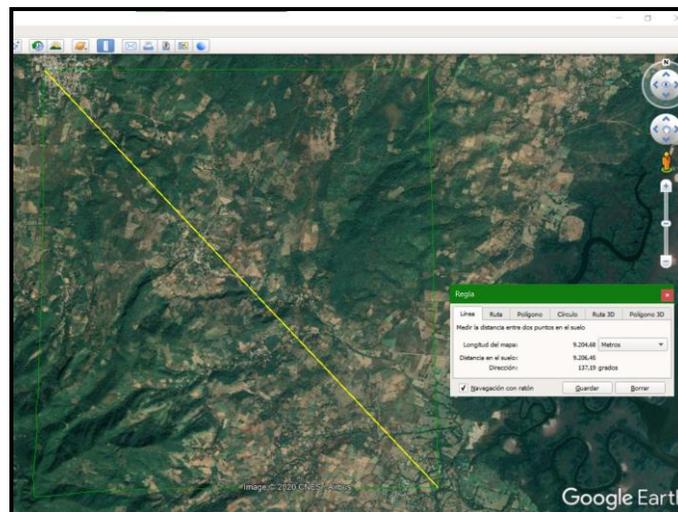
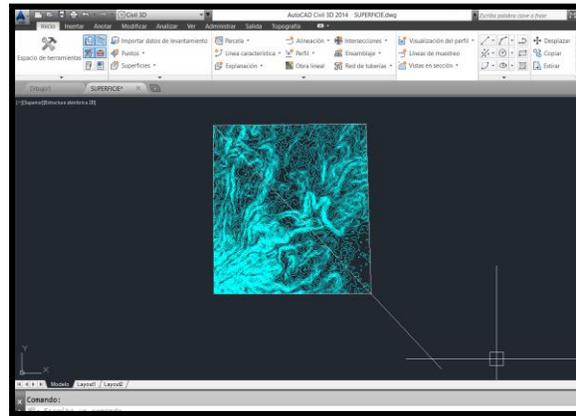


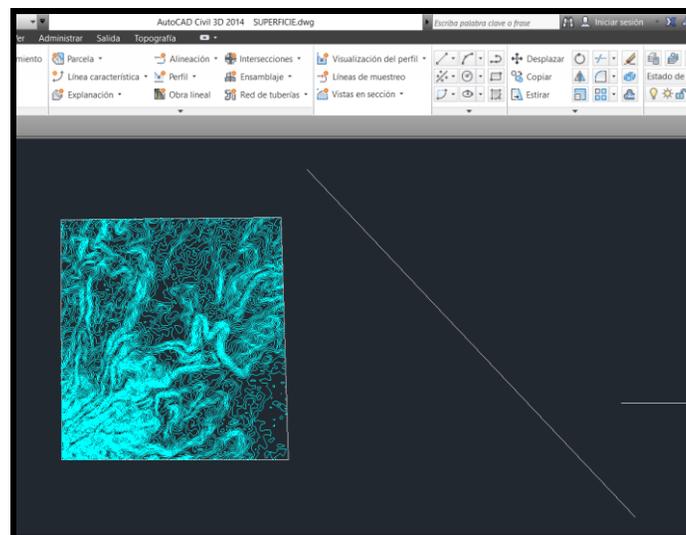
Figura 32. Interface AutoCad Civil3D (4/18)

Teniendo la distancia de entre las esquinas del polígono, dibujaremos una línea con las distancias que obtuvimos del programa en Civil3D, en dirección de las esquinas.



*Figura 33. Interface AutoCad Civil3D (5/18)*

Luego la veremos moveremos para posteriormente darle la escala a la superficie que deseamos, como se muestra a continuación.



*Figura 34. Interface AutoCad Civil3D (6/18)*

Una vez dibujemos la línea, usaremos el comando de Alinear, para alinearlo y darle la escala que ya hemos dibujado, afectando la escala para que quede ya en la escala que deseamos.

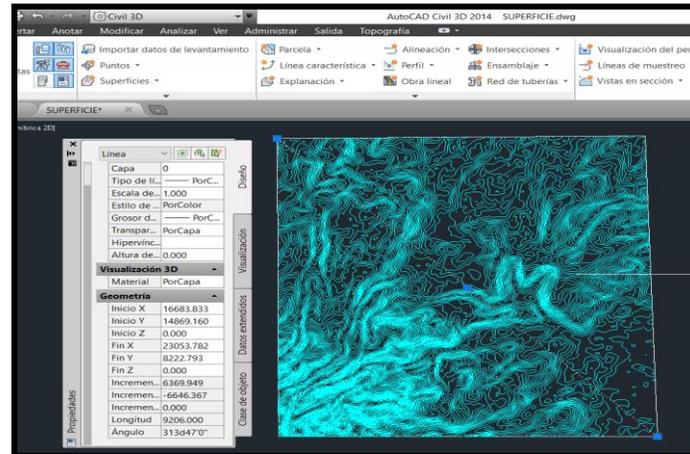


Figura 35. Interface AutoCad Civil3D (7/18)

Una vez tenemos la zona a escala, insertaremos la imagen que sacamos de Google Earth Pro, y los insertaremos en Civil3D, con el objetivo de dibujar una polilínea en dirección de la calle.

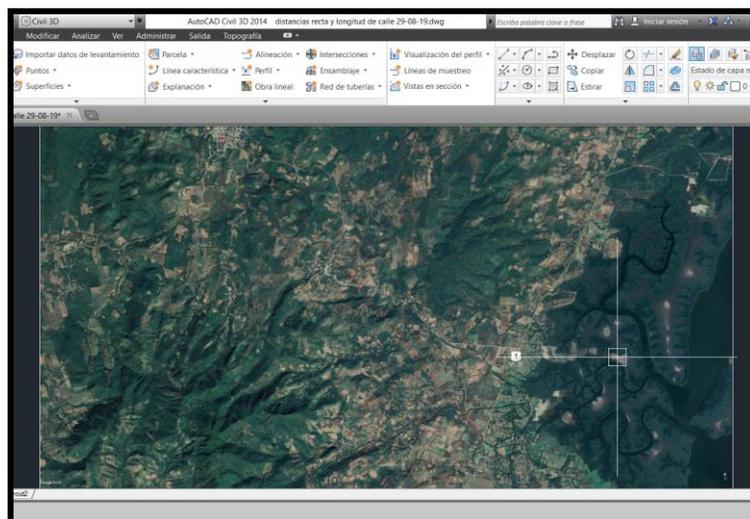


Figura 36. Interface AutoCad Civil3D (8/18)

Una vez tenemos la imagen insertada, dibujaremos una línea guía para no perdernos, como se muestra a continuación.

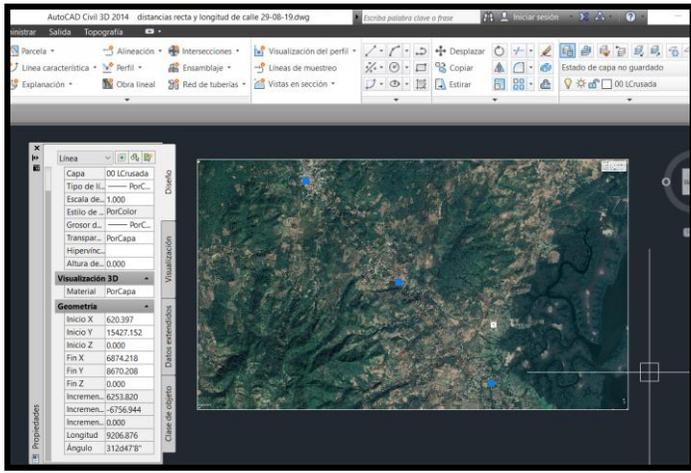


Figura 37. Interface AutoCad Civil3D (9/18)

Luego dibujamos una polilínea por toda la carretera en la que se basa el estudio sobre la imagen del mapa que insertamos en Civil3D.

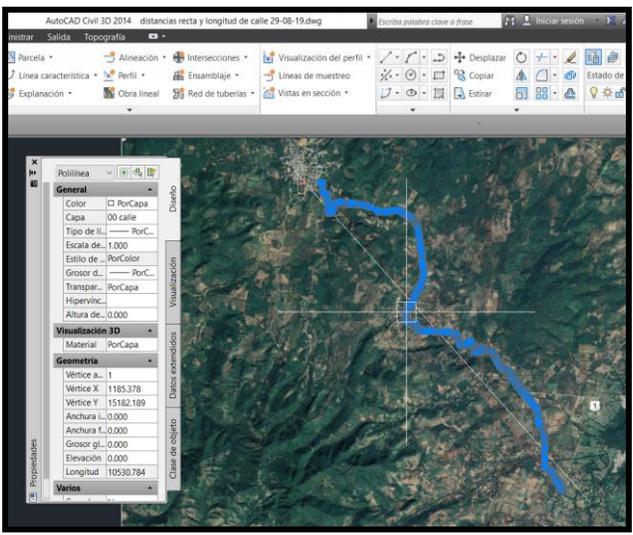


Figura 38. Interface AutoCad Civil3D (10/18)

Una vez dibujemos las líneas que necesitamos, las copiaremos en el archivo donde tenemos la superficie usando el comando copiar, y las insertaremos usando el comando pegar, y quedara lo siguiente.

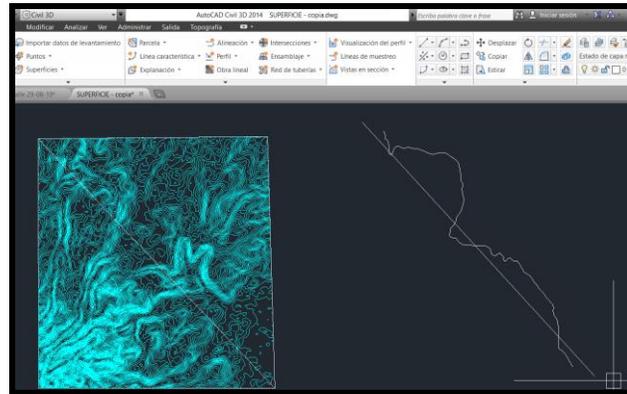


Figura 39. Interface AutoCad Civil3D (11/18)

Una vez tengamos las líneas insertadas en el documento de superficie, las moveremos a la superficie para que la línea de la carretera quede alineada con las superficies, como se muestra a continuación.

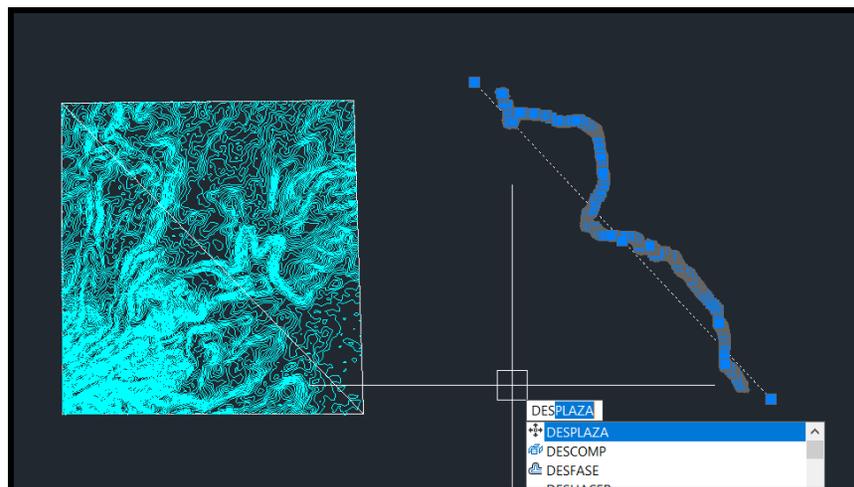


Figura 40. Interface AutoCad Civil3D (12/18)

Una vez que coloquemos las líneas guías en la superficie quedara de la siguiente manera, y para que sean más notorias se le coloca una capa de distinto color, para este caso sería el rojo. Como se muestra a continuación.

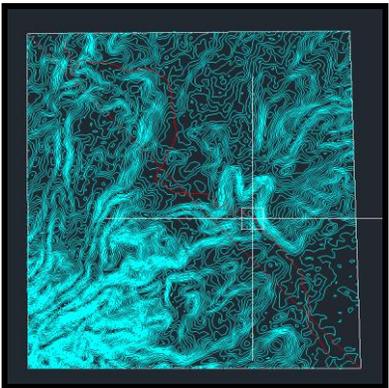


Figura 41. Interface AutoCad Civil3D (13/18)

Una vez se tiene unidas las polilíneas junto a las superficies, crearemos una superficie que nos ayudara a crear el perfil de la carretera para obtener los datos que se necesitan.

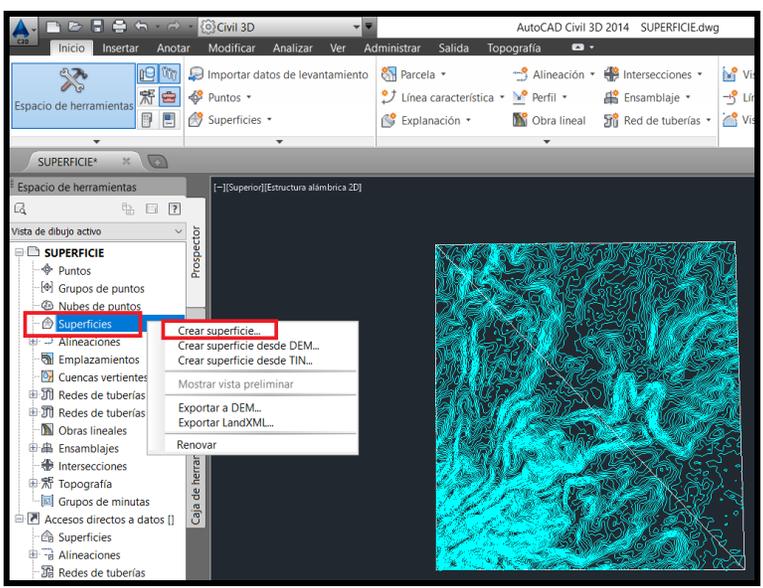


Figura 42. Interface AutoCad Civil3D (14/18)

Una vez seleccionamos el comando de “Superficies” crearemos la superficie, colocándole nombre y descripción, y el estilo, como se muestra a continuación.

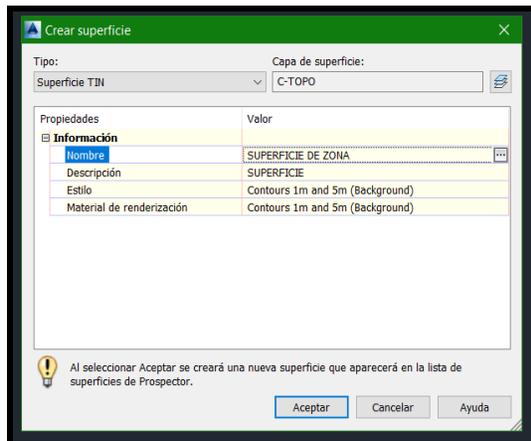


Figura 43. Interface AutoCad Civil3D (15/18)

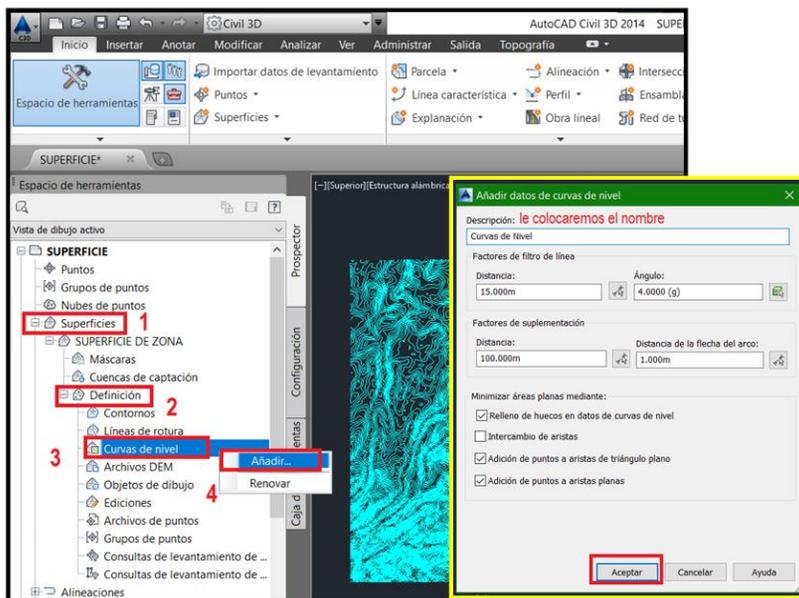


Figura 44. Interface AutoCad Civil3D (16/18)

Seleccionamos la superficie, y le damos clic. Y obtendremos la superficie para poder crear el perfil de la carretera.

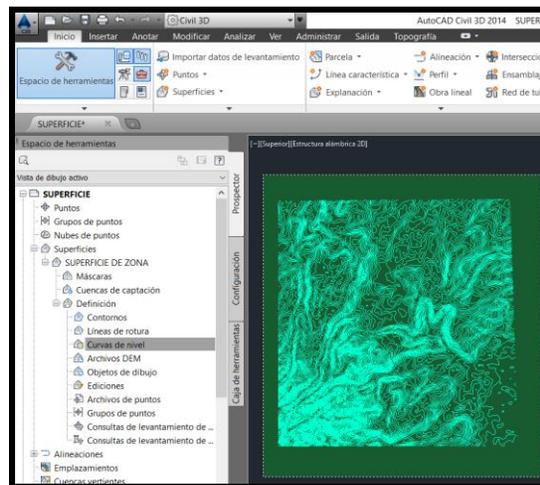


Figura 45. Interface AutoCad Civil3D (17/18)

Le damos clic y ya tendremos la superficie creada.

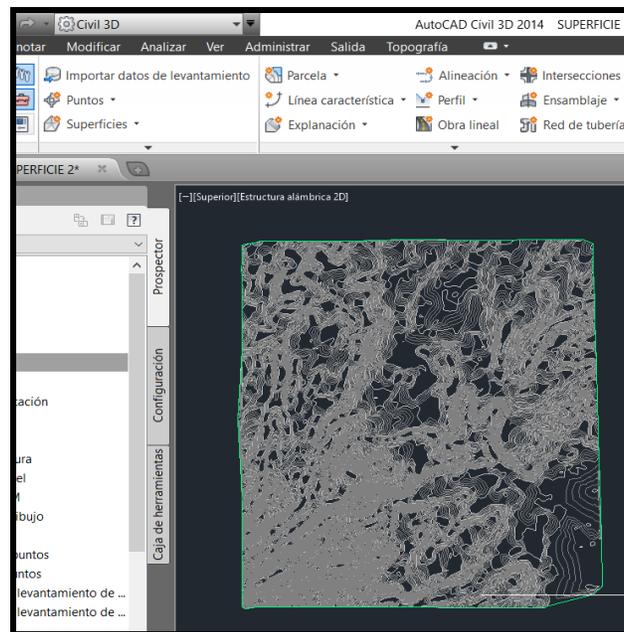


Figura 46. Interface AutoCad Civil3D (18/18)

4.4.1.2 Creación De Planos De Detalle y Perfil Topográfico De La Carretera. Con la superficie y las coordenadas previamente obtenidas y procesadas al programa de civil 3d, se requiere

identificar el alineamiento horizontal de la carretera y distribución de las viviendas en las comunidades. Esto con el fin de presentar planos que faciliten la comprensión y presentación de la información.

Nos asistiremos de las imágenes satelitales, para obtener las imágenes en la mejor calidad posible y sin errores de fotografía por el enfoque vertical en la curvatura de la tierra usaremos el software SASPlanet, este es un software libre que está diseñado para obtener imágenes satelitales de alta resolución o mapas de los servicios como Google, Yahoo!, Yandex, etc. En nuestro caso usaremos el de Google pues presenta las fotos más actualizadas.



*Figura 47. Icono del programa SASPlanet.*

La interfaz de este programa puede resultar intimidante de primera mano, sin embargo, el uso que se le dará en esta ocasión será práctico.

1. Con el programa abierto nos dirigiremos a las coordenadas deseadas, y utilizar la herramienta “Selección rectangular”.

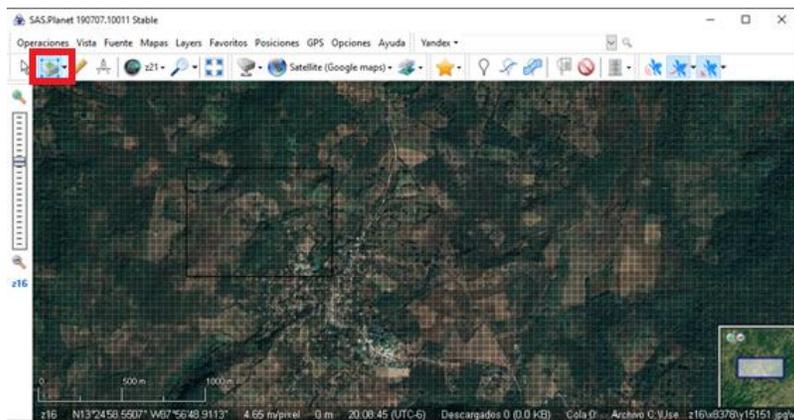


Figura 48. Interfaz general de SASPALNET.

2. Se abre una ventana, donde a descargar las imágenes, para esto se selecciona el zoom para esta ocasión usaremos el que nos da mejor definición que sería el z22 y así a mayor zoom más serán la cantidad de mosaicos que descargara el programa.

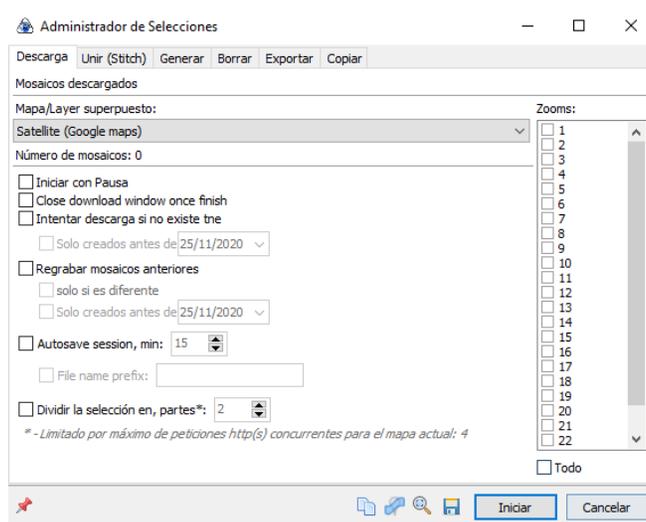
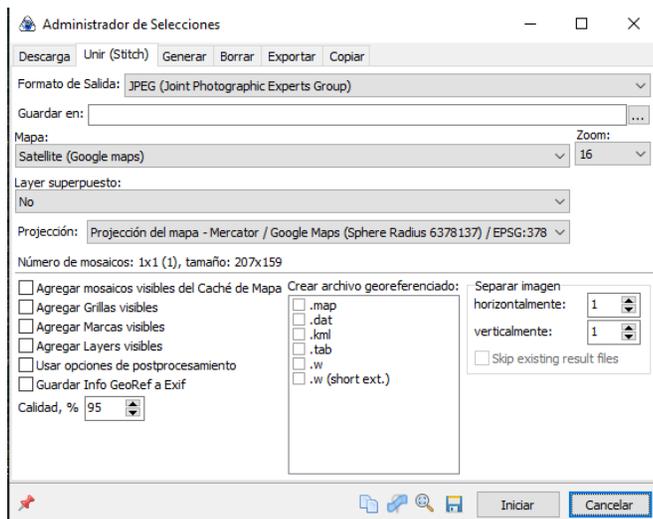


Figura 49. Descarga de mosaicos satelitales SASPlanet.

3. Luego de descargados seleccionamos la pestaña unir, en esta se selecciona el formato de salida de las imágenes, la ruta de guardado, el mapa de origen, el zoom, entre otras cosas,

además nos da la opción de separar la imagen según nuestras necesidades, vertical y horizontalmente, así no resulta demasiado pesado los archivos.



*Figura 50. Combinación y exportación de mosaicos a formato de imagen requerido.*

4. Y así obtenemos nuestra imagen sin cortes y a la mejor resolución posible de manera gratuita, esta se utilizará en el archivo de dibujo de la superficie, asegurándose de que las coordenadas y la escala sean la adecuada.

Estas imágenes se usarán para identificar la alineación horizontal de la carretera en la superficie y consecuentemente la obtención de los perfiles de esta, además de apoyarnos para la creación de los croquis de las comunidades, la identificación de puntos de interés en las comunidades.

**4.4.1.3 Creación De Perfil.** Con la imagen correctamente ubicada y escalada en el archivo de la superficie procedemos a trazar una polilínea por el eje central de la carretera.

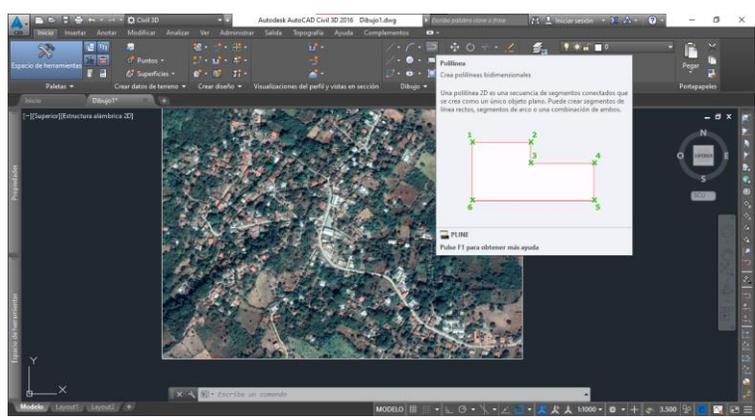


Figura 51. Elaboración de perfil de superficie (1/3)

Con la polilínea creada tenemos que ir a la función crear alineación a partir de objeto y luego seleccionar la polilínea de nuestra carretera. Salta una ventana para agregar las características de esta alineación, nombre, etiquetas, radio de giro entre tangentes y capa en el dibujo entre otras.

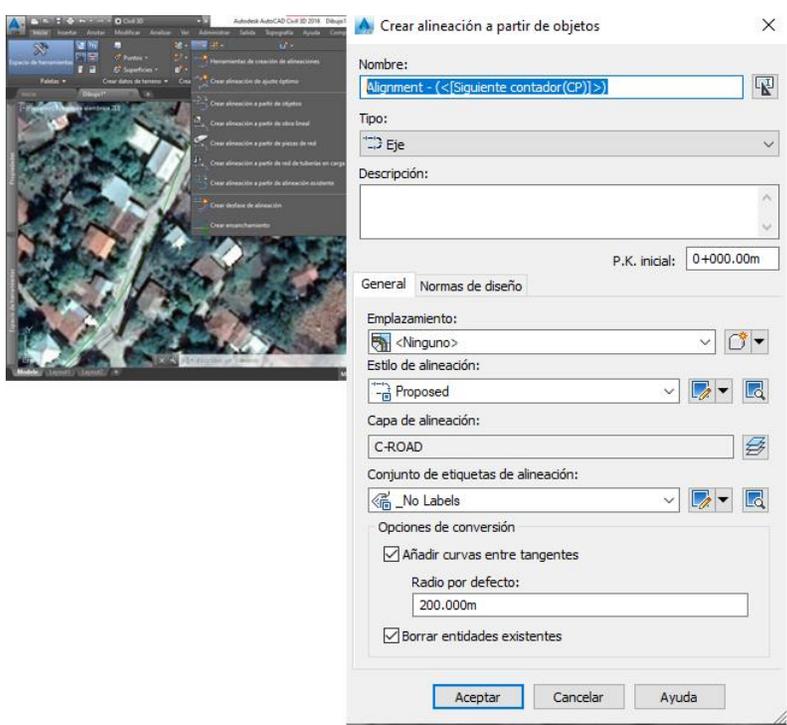


Figura 52. Elaboración de perfil de superficie (2/3)

Luego creamos a un perfil de la superficie, para esto nos aparecerá una ventana donde seleccionaremos, el alineamiento y la superficie que previamente hayamos creado en nuestro dibujo.

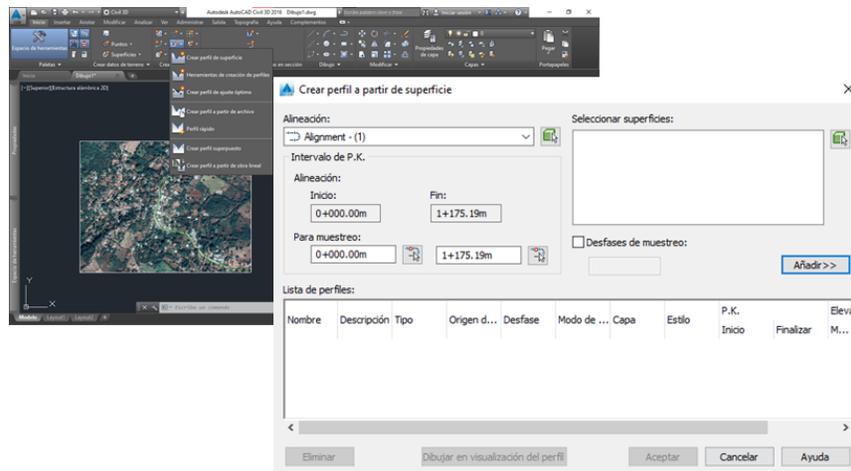


Figura 53. Elaboración de perfil de superficie (3/3)

Ahora solo resta la elaboración de la visualización de donde se reflejará la proyección de nuestro alineamiento horizontal sobre la superficie del terreno. Se abrirá una ventana con diferentes instancias a modificar para la presentación y estilo del gráfico

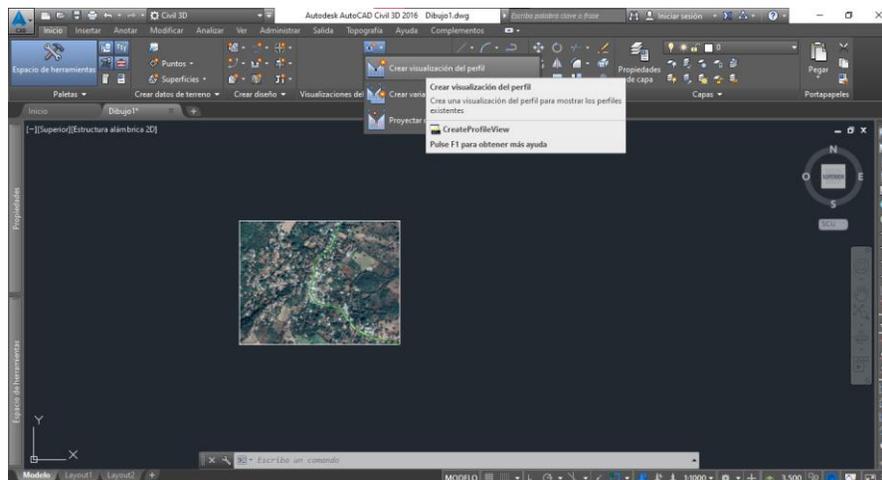


Figura 54. Creación de visualizaciones de perfil.

En la siguiente tabla se representan los diferentes datos que se obtuvieron mediante los planos de la zona de estudio.

*Tabla 13. Datos de la Geometría de la Carretera.*

<b>DATOS DE GEOMETRIA DE LA CARRETERA</b>	
<b>LONGITUD DE LA VIA</b>	10.42 KM
<b>NUMERO DE CARRILES</b>	2
<b>ANCHO DE CARRIL</b>	3.5M
<b>CURVATURA HORIZONTAL</b>	56.70°/KM
<b>SUBIDAS + BAJADAS</b>	38.38M/KM
<b>PENDIENTE TRANSVERSAL (BOMBEO)</b>	2%
<b>CBR DE LA SUBRASANTE</b>	80%
<b>AÑO DE CONSTRUCCION</b>	2020
<b>PERIODO DE DISEÑO</b>	5 AÑOS

*Fuente. Elaboración Propia.*

#### **4.4.2 Serviciabilidad.**

El Índice de Serviciabilidad es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo. Actualmente la serviciabilidad de un pavimento está expresada por el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual se obtiene de las medidas de rugosidad y distintos tipos de deterioro para un período determinado.

El rango de variación de la PSI va de 5.0 (muy bueno) a 0.0 (muy malo), y es por eso que para realizar el diseño estructural de un pavimento es necesario seleccionar un índice inicial y

final dentro de este rango, tomando en cuenta las condiciones particulares del lugar de la obra, así como los procesos constructivos y solicitudes a que estará sometida la estructura.

Los valores utilizados para este estudio son los recomendados por la AASHTO, los cuales se representan a continuación:

Índice de serviciabilidad inicial:

Po= 4.5 para pavimentos rígidos  
Po= 4.2 para pavimentos flexibles

Índice de serviciabilidad final:

Pt= 2.5 o más para caminos muy importantes  
Pt= 2.0 para caminos de tránsito menor

*Figura 55. Valores recomendados por la AASHTO. (Manual de Pavimentos SIECA).*

#### **4.4.3 Rugosidad de Pavimentos.**

Las irregularidades en la superficie de los pavimentos que afectan a la calidad del rodado, seguridad, y costos de operación vehicular se denominan rugosidad. En las ecuaciones para obtener la PSI, la medida de la rugosidad es la que más influye en la serviciabilidad, esto quiere decir que la rugosidad tiene la mayor intervención en la percepción de confort de los usuarios.

Debido a la diversidad de indicadores, técnicas e instrumentos para medir las irregularidades de los pavimentos que han existido en diferentes países, se planteó la necesidad de contar con un índice único, al cual pudiera hacerse referencia para comparar experiencias y especificaciones a nivel internacional. Esto dio lugar al experimento internacional llamado IRRE

(International Road Roughness Experiment), a partir del cual surgió el concepto, definición y método de cálculo del IRI (Internacional Roughness Index).

#### ***4.4.4 Índice de Rugosidad Internacional (IRI).***

El IRI se obtendrá de un cálculo por medio de una aplicación de teléfono llamada IRI.

Este programa permite calcular el IRI con los sensores de vibración y el GPS de Android. Realiza graficas e informe además de permitir su calibración. Y se utiliza con un automóvil, colocándolo en el parabrisa o en el tablero de automóvil de la siguiente manera.



*Figura 56. Imagen de la aplicación telefónica para calcular el IRI.*

De esta manera se obtiene las tablas de evaluación de las condiciones de la carretera. De esa manera se espera obtener el IRI que utilizaremos para determinar la Serviciabilidad actual de la carretera.

### **4.5 Recolección De Datos Para El Análisis Del Proyecto.**

#### ***4.5.1 HDM4.***

El uso del este programa es muy importante para nuestra investigación, ya que una parte se basa en el cálculo de beneficios de costo inversión que hace el hdm-4. El desarrollo de este se tomó en cuenta los siguientes factores:

- Geometría de la carretera.
- Volumen del tráfico de la vía en estudio.
- Condiciones Climáticas en la zona de estudio.
- Alternativas de Pavimentación.
- Estrategia de Mantenimiento.

EL HDM-4 realiza sus procesos de cálculo tomando como insumos la información contenida en cuatro bases o administradores de datos, las cuales deben alimentarse con la información requerida por los diversos tipos de análisis. El tipo nivel de detalle de muchos de los datos necesarios serán diferentes dependiendo del estudio que se pretenda efectuar, sin embargo, toda la información está contenida siempre dentro de los cuatro campos que se describen a continuación:

4.5.1.1 Condiciones Climáticas. Los parámetros para las condiciones climáticas de la zona de estudio, para ellos se utilizaron los registros del clima que se encuentran en el sitio web del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET):

*Tabla 14. Parámetros de la zona climática de estudio.*

<b>CONDICIONES CLIMÁTICAS</b>	
<b>CLASIFICACION POR UNIDAD</b>	Subhúmedo
<b>INDICE DE HUMEDAD</b>	0
<b>DURACION ESTACION SECA</b>	0.5
<b>PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL</b>	132 mm

<b>CLASIFICACION DE TEMPERATURA</b>	Tropical
<b>TEMPERATURA MEDIA</b>	28°C
<b>RANGO DE TEMPERATURAS MEDIAS</b>	7°C
<b>DIAS T&gt;32°C</b>	90Dias
<b>INDICE DE HELADA</b>	0°C-dia
<b>CARRETERAS CUBIERTAS CON NIEVE</b>	0
<b>CARRETERAS CUBIERTAS CON AGUA</b>	2

*Fuente. Elaboración Propia.*

Con los parámetros anteriores se procedió a ingresar los datos de la siguiente manera: En la pantalla de inicio del programa seleccionamos “Nuevo”, Luego se abrirá una nueva ventana en la cual seleccionamos “zona climática” y le damos “Aceptar”. Se nos abrirá una ventana nueva en el cual llenamos con los datos de la tabla de parámetros de la zona climática como lo muestra la imagen siguiente, luego damos “Aceptar”

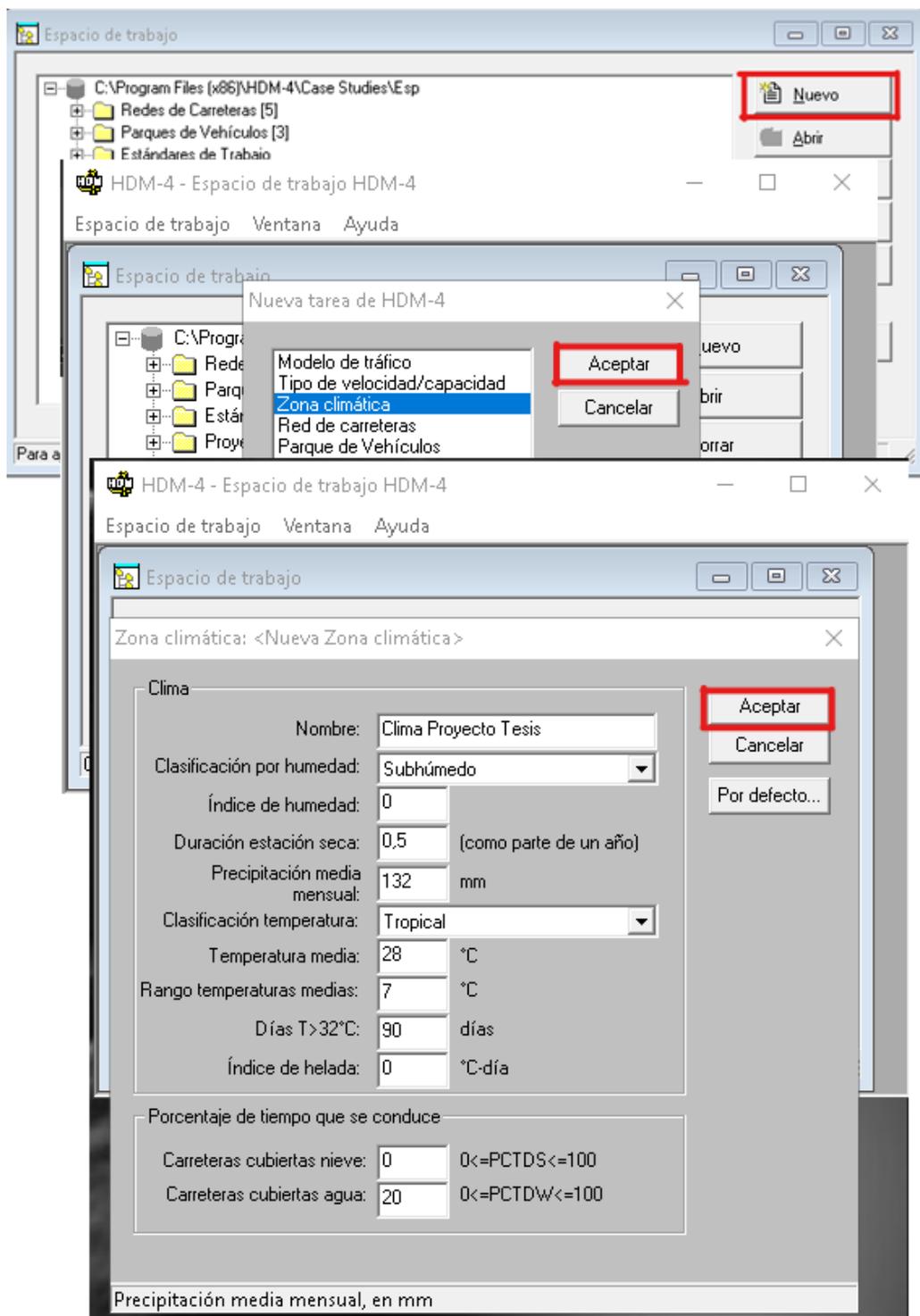


Figura 57. Ingreso de datos para la zona climática.

Por último, se verifico la creación de nuestra base de datos de la zona climática.

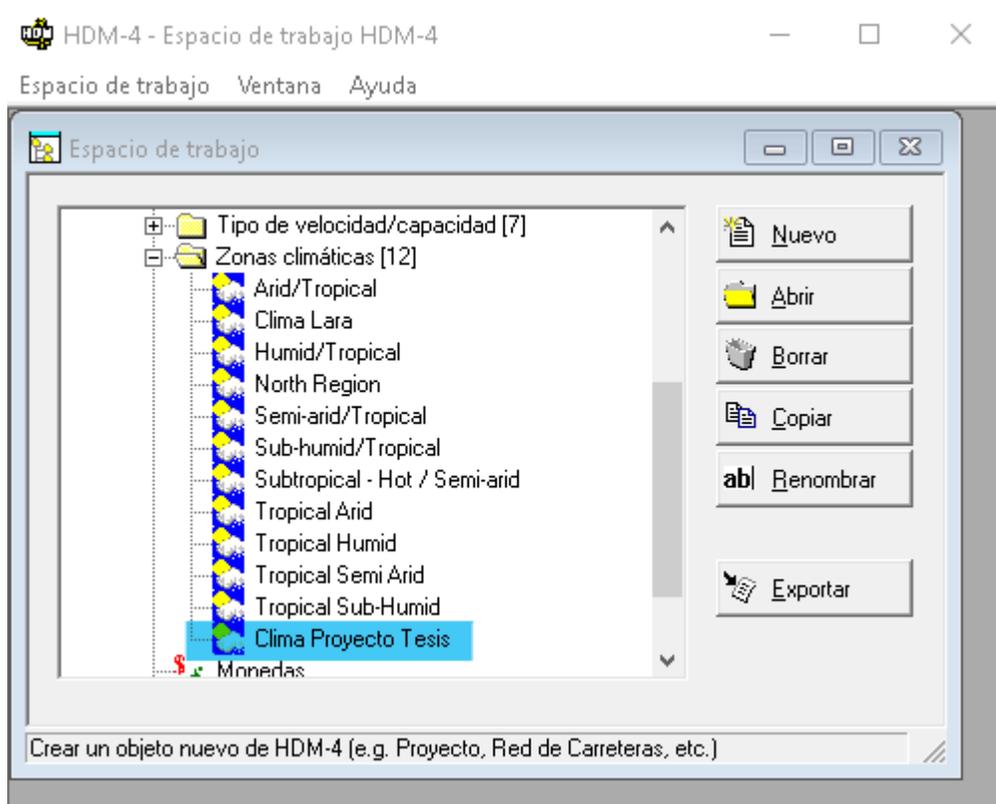


Figura 58. Zona climática ya creada.

4.5.1.2 Redes de Carreteras. Aquí se establece toda la información acerca de las propiedades y características de los pavimentos que conforman la red a analizar. Los datos representados en la tabla a continuación fueron obtenidos por los trabajos en campo, y algunos datos fueron obtenidos del plano de la zona de estudio.

Tabla 15. Parámetros para la red de carretera.

No.	Parámetro	Valor	No.	Parámetro	Valor
1	Nombre de la sección	CA de san alejo a la Unión	12	Ancho de calzada	7.4m

2	ID de sección	SU	13	Ancho de hombros	1.5
3	Nombre de ruta	Nueva Ruta	14	Dirección del flujo de tránsito	Dos sentidos
4	ID de ruta	NR	15	Número de carriles	2
5	Tipo de vel. /cap.	DOS carriles	16	Año de última modificación	2020
6	Modelo de trafico	Principal	17	Tipo de superficie	Sin pavimentar
7	Zona climática	Según el clima que se cree	18	Tipo de pavimento	Tierra
8	Tipo de carretera	Primaria o troncal	19	Material de la superficie	Grava Laterítica
9	Trafico	Bajo	20	Material de subrasante	SF
10	Geometría	Recto y nivelado	21	Calidad de rodadura	Mala
11	Longitud	11.3km	22	Condición de la superficie	Pobre

*Fuente. Elaboración Propia.*

Para insertar los datos de la tabla 15, en el programa se hace de la siguiente manera:

En el espacio de trabajo se presiona el botón “Nuevo”. Luego se selecciona la opción de “Red de carreteras” se le damos “Aceptar” Después nos aparecerá otra ventana en el cual

debemos asignarle un nombre a la red de carretera, nosotros le asignamos el nombre de (TESIS RED VIAL) como se muestra en siguiente imagen, aceptamos.

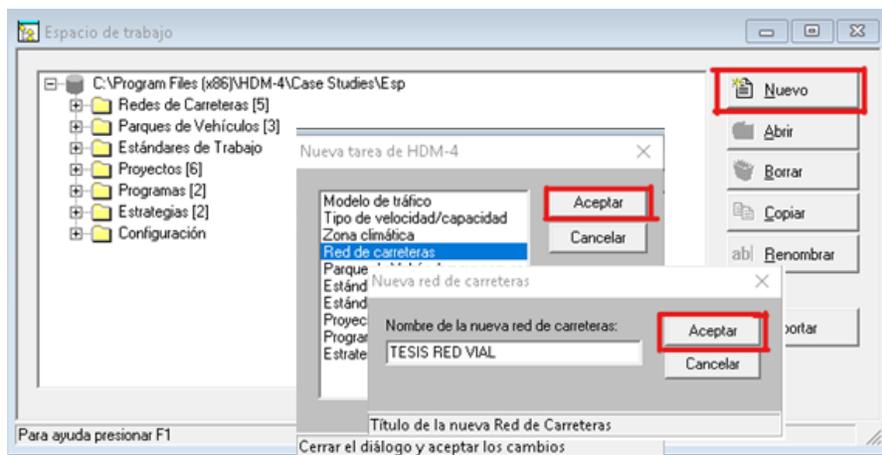


Figura 59. Ingreso de nombre de la Red de Carretera.

Luego nos aparecerá otro cuadro de dialogo en el cual podemos ingresar las secciones, seleccionaremos “Añadir nuevo”, nos saldrá otro cuadro de dialogo en el cual por default ya viene marcado “Basado en datos globales” le damos “Aceptar”.

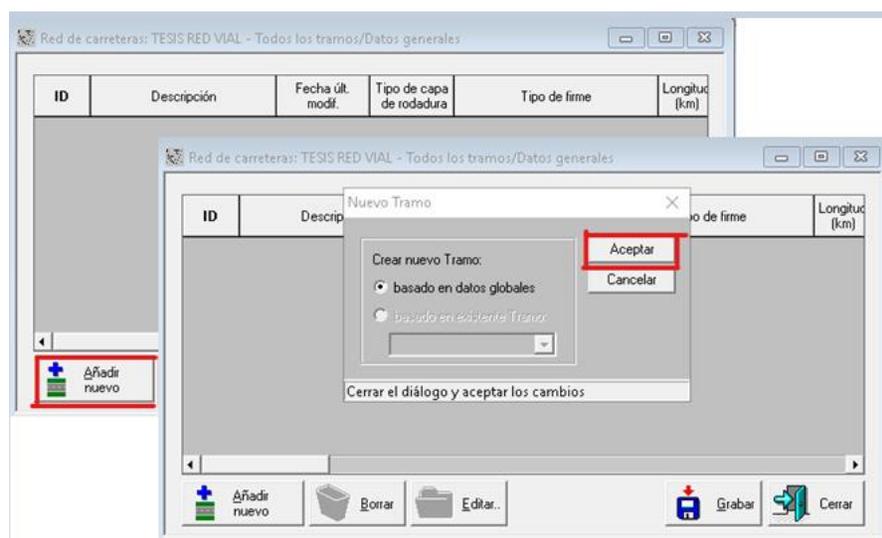


Figura 60. Creación de red de carretera.

Asignamos los datos de la tabla 15. Le damos aceptar y nos aparecerá otro cuadro de dialogo con las opciones, “Definición” “Geometría” “Firme” “Estado”, el cual nos permite insertar más información sobre la carretera.

En la pestaña de (Definición) ingresamos los datos cual ingresaremos los datos del TPDA, los motorizados y los no motorizados, también el año en el cual se realizó el TPDA, como se muestra en la imagen anterior:

Tramo: CA de san alejo a la Union

Definición | Geometría | Firme | Estado

Nombre del tramo: CA de san alejo a la Union  
 ID del tramo: SU  
 Nombre ruta: Nueva Ruta  
 ID de ruta: NR  
 Tipo de vel/cap: Single Lane Road  
 Modelo de tráfico: Free-Flow  
 Zona climática: Clima Proyecto Tesis  
 Clase carretera: Primary or Trunk  
 Tipo c.rodadura: Sin pavimentar  
 Tipo firme: Tierra

Longitud: 11.3 km  
 Ancho de calzada: 7.4 m  
 Ancho de arcén: 1.5 m  
 Número de carriles: 2

Trafico  
 Motorizado: 263 IMD  
 No motorizado: 93 IMD  
 Año: 2020  
 Sentido: Ambos sentidos

Tramo: CA de san alejo a la Union

Definición | Geometría | Firme | Estado

Rampas + pendientes: 38,38 m/km  
 Curvatura horizontal media: 56,7 #/km  
 Velocidad límite: 70 km/h  
 Altitud: 189 m

Material c.rodadura: Grava laterítica Por defecto  
 Material explanada: Arena con exceso de finos, SF Por defecto  
 Método compactación: Mecánica  
 Año último recago: 2020

Tramo: CA de san alejo a la Union

Definición | Geometría | Firme | Estado

Estado a final de año	2019
Espesor de grava (mm)	100.00
Regularidad (IRI - m/km)	8.00

Nuevo año  
 Borrar año  
 Ordenar años

Altitud sobre el nivel del mar del tramo (en m)

Detalles... Detalles... Detalles de construcción del firme

Detalles... **Aceptar** Cancelar

Añadir una columna para un nuevo año de datos de estado

Figura 61. Ingreso de datos para la Red de Carretera.

Luego de darle “Aceptar”, nos muestra la sección que ingresamos anteriormente, y le damos “Grabar” y luego “Cerrar”.

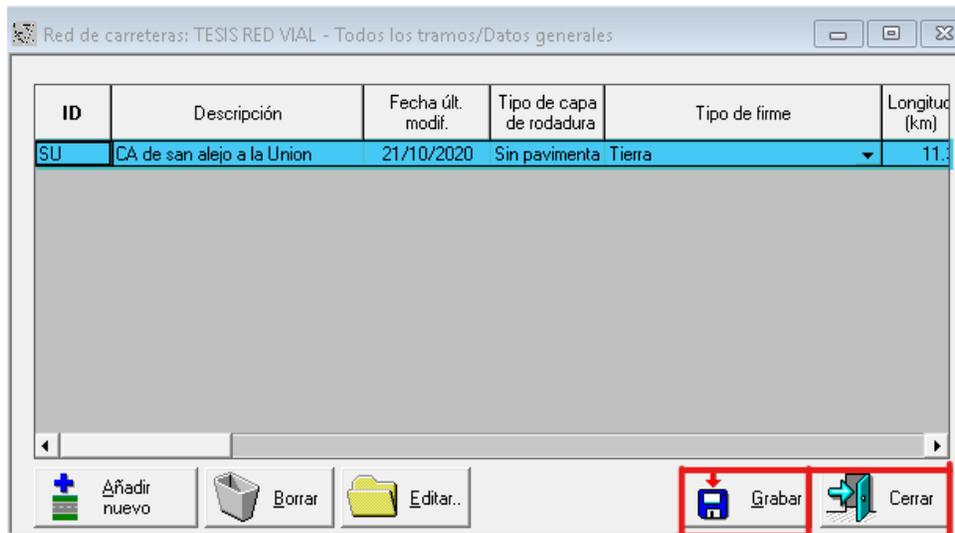


Figura 62. Red de carretera ya creada.

Verificamos que nuestra Red de carretera se creó satisfactoriamente

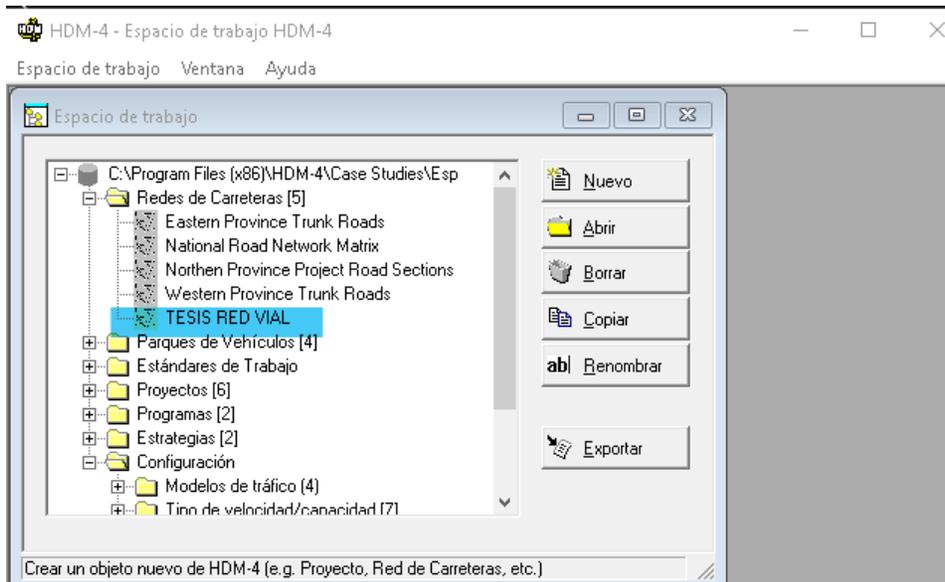


Figura 63. Verificación de Red de carretera creada.

4.5.1.3 Flota Vehicular. La Flota vehicular se definió a partir del aforo vehicular realizado para el cálculo del TPDA. La Flota Vehicular es el conjunto conteniendo un número determinado de diferentes vehículos con atributos particulares como:

- Peso
- Numero de ejes
- Longitud
- Ancho. Etc.

Los cuales, a través de un trabajo de campo, se ha comprobado que son los que circulan en la red vial en estudio. La base de datos de la flota vehicular dispone de dos tipos:

- Motorizado
- No Motorizado

Estos datos son necesarios para obtener un mejor calculo económico de los mantenimientos con respectos al deterioro de los vehículos. Para ello utilizaremos los datos de la tabla 16, que se muestran a continuación.

Tabla 16. Parámetros de la Flota Vehicular: Definición.

DEFINICION										
NOMBRE	SEDAN	MOTO	PEATON	CABALLO	BICICLETA	BUS	MICROBÚS	PICK UP	C2-P	C2-G
<b>Tipo Base</b>	Coche medio	Motocicleta	Peaton	Peaton	Bicicleta	Bus mediano	Autobús de largo recorrido	Coche Grande	Camion ligero	Todo Terreno
<b>Clase</b>	Coche de pasajeros	Motocicletas	Peaton	Peaton	Bicicleta	Autobuses	Autobuses	Coche de Pasajeros	Camiones	Vehículo de Reparto
<b>Categoría</b>	Motorizado	Motorizado	No Motorizado	No Motorizado	No Motorizado	Motorizado	Motorizado	Motorizado	Motorizado	Motorizado
<b>Descripción</b>	Vehículos de pasajeros medios	Motocicletas	Peatón	Peatón	Bicicleta	Bus interurbano 50 pasajeros	Microbús para transporte colectivo	Vehículo particular grande	Pequeño Camión de dos ejes (aprox. <3.5toneladas)	Vehículo de mediana capacidad de carga

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 17. Parámetros de la Flota Vehicular: Características Básicas.

CARACTERISTICAS BASICAS										
NOMBRE	SEDAN	MOTO	PEATON	CABALLO	BICICLETA	BUS	MICROBÚS	PICK UP	C2-P	C2-G
PCE	1	0.5	-	-	-	1.50	1.20	1	1.3	1.40
Diámetro de Rueda	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-
Numero de Ruedas	4	2	-	-	2	6	4	4	4	6
Numero de Ejes	2	2	-	-	-	2	2	2	2	2
Tipo de Neumático	Radial	Diagonal	-	-	Neumático	Diagonal	Diagonal	Radial	Diagonal	Diagonal
Numero de Reencauches	1.3	1.3	-	-	-	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Costo de Reencauche	15%	15%	-	-	-	15%	15%	15%	15%	15%
Kilómetros Anuales	23,000	10,000	-	-	2500	70,000	30,000	30,000	50,000	40,000
Horas Trabajo	550	400	-	-	150	1,750	750	1,300	1,300	1,200
Vida Media (años)	10	10	-	-	10	7	8	8	8	7
Uso Privado	100%	100%	-	-	-	0	5%	30%	0%	0%
Pasajeros	2	1	-	-	1	50	12	0	1	0
Viajes de Trabajo	40%	75%	-	-	-	95%	90%	70%	95%	95%
ESAL's	0.0004	0.0002	-	-	-	1.202	0.0022	0.0062	0.2	2.64
Peso en Marcha	2 Ton	0.2 Ton	80 Kg	260 Kg	100 Kg	10 Ton	3 Ton	3 Ton	3 Ton	15 Ton
Carga útil	-	-	15 Kg	60 Kg	35 Kg	-	-	-	-	-
Vida Media (años)	10	10	-	-	10	7	8	8	8	7
Uso Privado	100%	100%	-	-	-	0	5%	30%	0%	0%
Pasajeros	2	1	-	-	1	50	12	0	1	0
Viajes de Trabajo	40%	75%	-	-	-	95%	90%	70%	95%	95%
ESAL's	0.0004	0.0002	-	-	-	1.202	0.0022	0.0062	0.2	2.64
Peso en Marcha	2 Ton	0.2 Ton	80 Kg	260 Kg	100 Kg	10 Ton	3 Ton	3 Ton	3 Ton	15 Ton
Carga útil	-	-	15 Kg	60 Kg	35 Kg	-	-	-	-	-

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 18. Parámetros de la Flota Vehicular: Costos Económicos Unitarios.

COSTOS ECONOMICOS UNITARIOS										
NOMBRE	SEDAN	MOTO	PEATON	CABALLO	BICICLETA	BUS	MICROBÚS	PICKUP	C2-P	C2-G
Vehículo Nuevo (\$)	24,000	2,300	-	-	150	55,000	18,000	16,000	17,000	25,000
Neumático de Repuesto (\$)	70	60	-	-	-	160	60	60	120	160
Combustible (\$/l)	0.74	0.74	-	-	-	0.72	0.74	0.74	0.74	0.72
Aceite lubricante (\$/l)	6	16	-	-	-	2.35	2.35	2.35	6	2.35
Mantenimiento (\$/h)	6	1	-	-	-	3.50	3	3	6	3.50
Tripulación (\$/h)	2	1	-	-	2	2.40	2	3.40	4	2.84
Gastos Generales (\$/año)	45.00	35	-	-	-	100	60	60	120	100
Interés Anual (%)	9%	9%	-	-	3%	9%	9%	9%	9%	9%
Pasajero:	3.70	1	-	-	-	1.70	1.70	0	3	0
Tiempo de Trabajo (\$/h)										
Pasajero: Tiempo de Ocio (\$/h)	0.50	1	-	-	-	0.50	0.50	0	3	0
Tiempo del Pasajero (h)	-	-	1	2	2	-	-	-	-	-
Retraso de carga (\$/h)	3	3	3	6	4	-	0	3	6	3
Energía Utilizada (por MJ)	-	-	4	2	5	-	-	-	-	-

Fuente. Elaboración Propia.

Para crear una flota vehicular regresaremos al espacio de trabajo seleccionamos “Nuevo”, y luego elegimos la opción de “Parque Vehicular”, Aceptamos y nos saldrá otro cuadro de dialogo donde introduciremos el nombre que le deseamos poner, en nuestro caso “Tesis Parque Vehicular”, en la misma ventana nos pide definir la moneda a utilizar el cual se eligió dólares estadounidenses (\$).

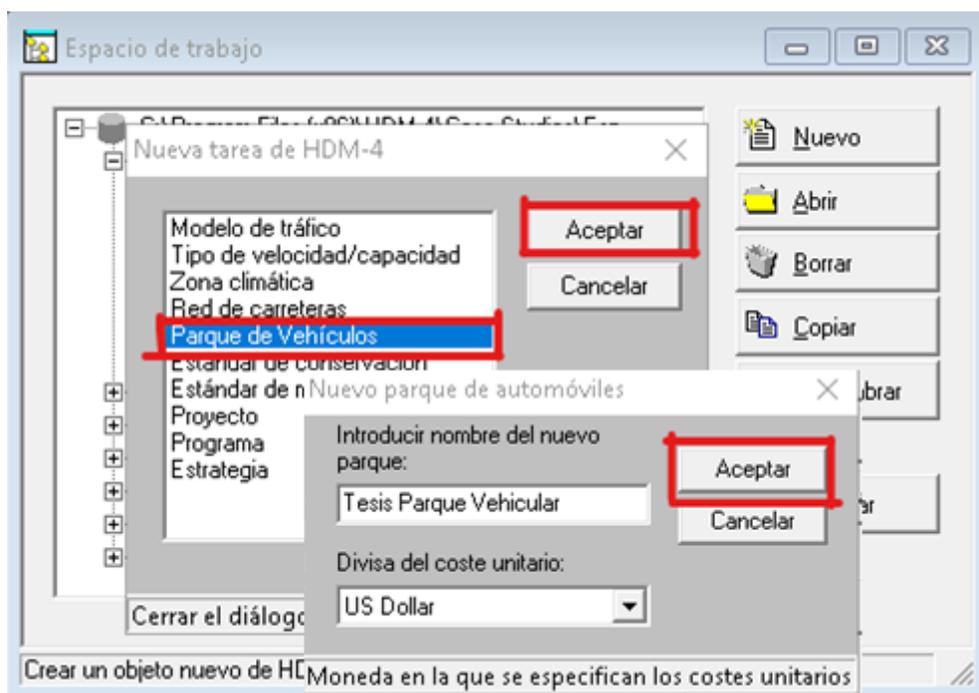


Figura 64. Creación de Parque Vehicular.

Una vez introducidos esos datos aparecerá la pantalla principal para empezar a ingresar uno por uno los vehículos motorizados y no motorizados que forman parte de nuestro conteo vehicular.

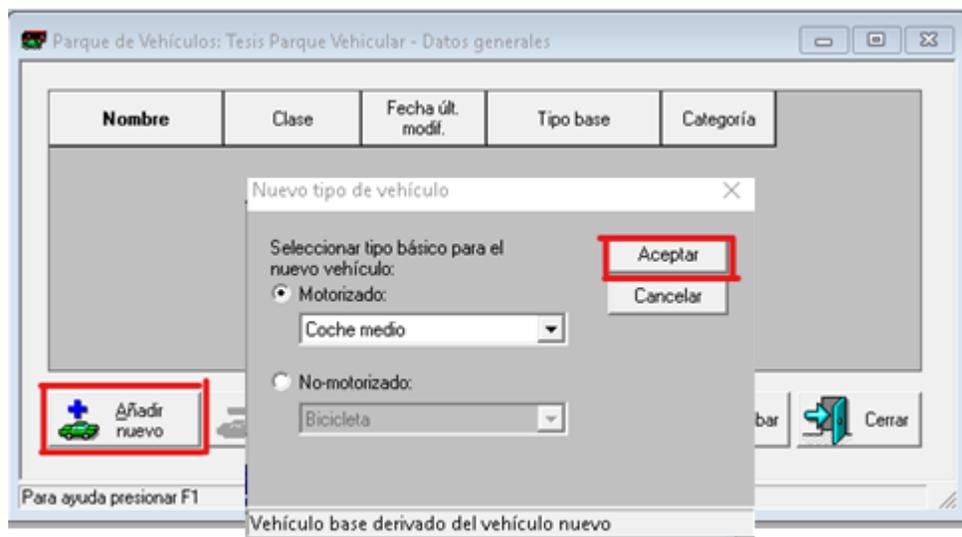


Figura 65. Selección de Vehículo para creación de Parque vehicular.

Se nos abrirá una nueva ventana en el cual debemos llenarlo de acuerdo a la información de la tabla 16. En la pestaña de “Definición”, le colocamos el nombre del vehículo y definimos el método de vida del mismo, si es vida constante es porque es de uso público o de trabajo y si es vida optima es porque es de uso familiar. Luego llenamos la pestaña de “Características básicas” y “Costos económicos unitarios” con los datos de la tabla 16 correspondientes al vehículo que estemos ingresando. Luego “Aceptar”.

Características del vehículo: Sedan

Definición | Características básicas | Costes económicos unitarios

Nombre: Sedan

Tipo base: Coche medio

Clase: Coche de pasajeros

Categoría: Motorizado

Descripción: vehiculos de pasajeros medios

Método de vida:  Vida constante  Vida óptima

Realizar el análisis RUE con el modelo de duración de l

Características del vehículo: Sedan

Definición | Características básicas | Costes económicos unitarios

Fricas

Espacio eqv. en vehículo de pasajeros: 1

Nº de ruedas: 4

Nº de ejes: 2

Neumáticos

Tipo neumático: Radial

Nº de recauchutados: 1,3

Coste recauchutado: 15 %

Utilización

Km anuales: 23000 km

Horas trabajo: 550 h

Vida media: 10 años

Uso privado: 100 %

Pasajeros: 2 persona

Viajes de trabajo: 40 %

Carga

ESALF: 0,0004

Peso en marcha: 2 toneladas

Calibración...  
Valores por Defecto

Calibración...  
Valores por Defecto

Calibración...  
Valores por Defecto

Recursos del vehículo

Vehículo nuevo: 24000

Neumático repuesto: 70

Combustible: 0,74 por litro

Aceite lubricante: 6 por litro

Mantenimiento: 6 por hora

Tripulación: 2 por hora

Gastos Generales: 45

Interés anual: 9 %

Valor del tiempo

Pasajero: tiempo de trabajo: 3,7 por hora

Pasajero: tiempo de ocio: 0,5 por hora

Retraso carga: 3 por hora

Todos los costes deben expresarse en la moneda del parque - US Dollar

Calibración...  
Valores por Defecto

Aceptar  
Cancelar

Coste promedio del tiempo de pasajero por ocio (por hora)

Figura 66. Ingreso de datos para el Parque Vehicular.

Espacio de trabajo

Parque de Vehículos: Tesis Parque Vehicular - Datos generales

Nombre	Clase	Fecha últ. modif.	Tipo base	Categoría
Sedan	Coche de pasajero	03/11/2020	Coche medio	Motorizado

Abre

Añadir un nuevo tipo de vehículo a la flota de vehículos

Figura 67. Ingreso de Vehículos para el Parque Vehicular.

Ya que nuestro primer vehículo está ingresado, procedemos a realizar el mismo procedimiento para cada uno de los vehículos dándole en “Añadir nuevo”. Luego de ingresar todos nuestros vehículos de le damos en “Grabar” y “Cerrar”.

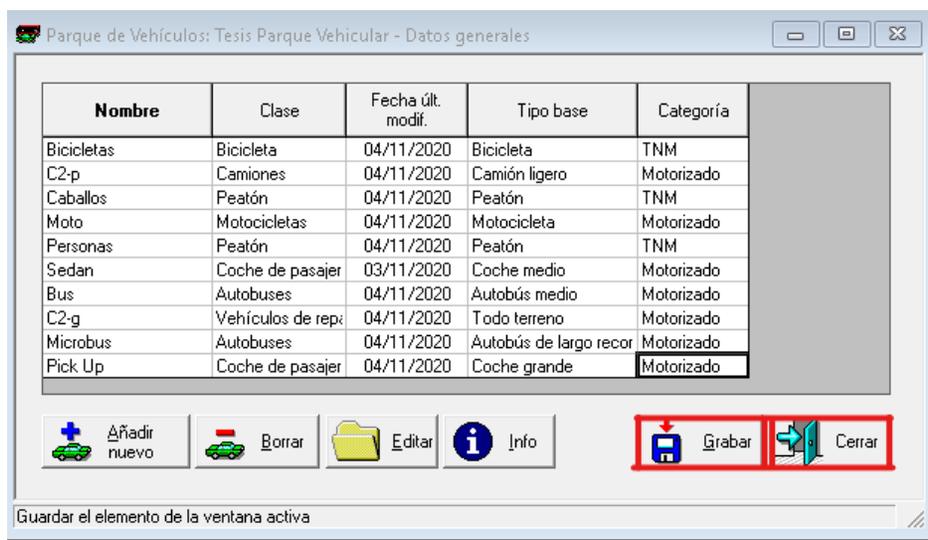


Figura 68. Parque Vehicular ya creado.

**4.5.1.4 Estándares de Trabajo.** Los Estándares de Trabajo comprenden los diferentes estándares de conservación y de mejora a utilizarse en diversos tipos de pavimentos, de acuerdo a la importancia y características de la vía.

**4.5.1.4.1 Estándares de Conservación (de mantenimiento).** Está compuesto por una o más tareas, que han de llevarse a cabo ya sea periódicamente o al cumplirse determinadas condiciones establecidas. Se definen las estrategias de mantenimiento para la carretera por ejemplo tener una carretera de tierra, asfaltada o una de concreto, y cuál sería el costo de mantenimiento de dichas carreteras.

Costos de mantenimiento a utilizar.

- Pavimentos Asfálticos.

Se utilizaron los costos de las actividades siguientes:

*Tabla19. Parámetros de Costos de Mantenimiento para un Pavimento Asfáltico.*

<b>TAREA A REALIZAR</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Recarpeteo (4cm)</b>	\$327 Por m <sup>2</sup>
<b>Bacheo</b>	\$40.25 Por m <sup>2</sup>
<b>Limpieza</b>	\$3,000 Por Km y por año

*Fuente. Elaboración Propia.*

- Base Granular.

Se utilizaron los costos de las actividades siguientes:

*Tabla20. Parámetros de Costos de Mantenimiento para Base Granular.*

<b>TAREA A REALIZAR</b>	<b>COSTO FINANCIERO</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Restitución de grava</b>	\$6	\$40.25 Por m <sup>3</sup>
<b>Grading</b>	-	\$25 Por km
<b>Limpieza</b>	-	\$3,000 Por Km y por año

*Fuente. Elaboración Propia.*

- Pavimentos de Concreto Hidráulico.

Se utilizaron los costos de las actividades siguientes:

*Tabla21. Parámetros de Costos de Mantenimiento para Pavimento de Concreto Hidráulico.*

<b>TAREA A REALIZAR</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Sello de Juntas</b>	\$50 Por m
<b>Escalonamiento</b>	\$50 Por m <sup>2</sup>
<b>Limpieza</b>	\$3,000 Por Km y por año

*Fuente. Elaboración Propia.*

Ingresaremos los datos de acuerdo a las alternativas las cuales utilizaremos:

### PAVIMENTO ASFALTICO.

Aquí utilizaremos las tareas de recarpeteo, bacheo y limpieza. En la pantalla principal seleccionamos “Nuevo”, Seleccionamos “Estándar de conservación”, Luego “Aceptar”, se nos abrirá una nueva pestaña de dialogo en el cual nos pedirá llenar el nombre, asignar un código y tipo de capa de rodadura, luego seleccionamos “Nueva Tarea”. Se nos abrirá una nueva ventana en la cual definimos la actividad a realizar, y le damos “Aceptar”.

- Recarpeteo.

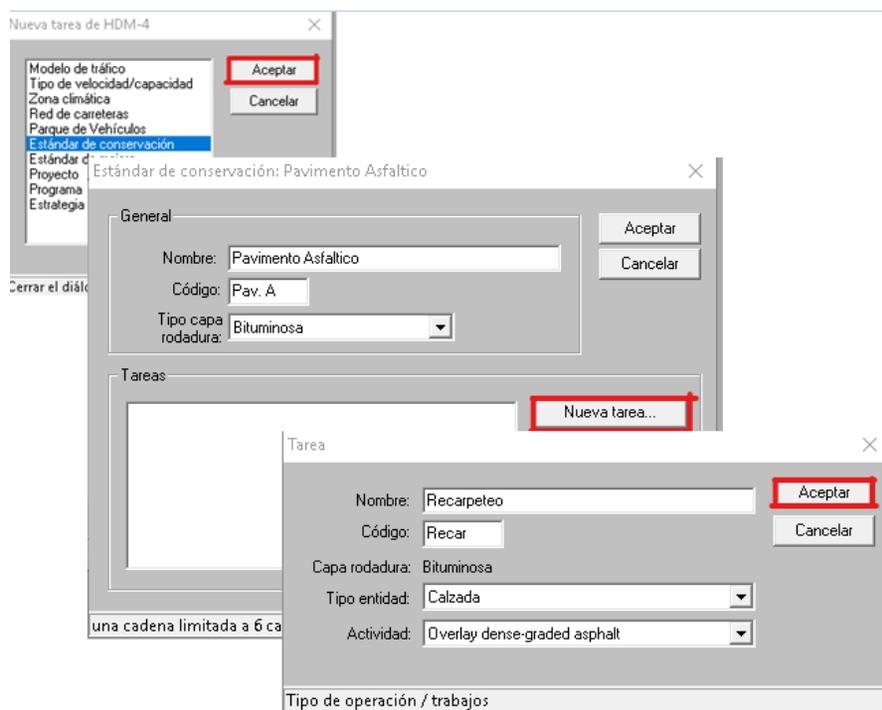


Figura 69. Creación de Estándar de Conservación del pavimento Asfaltico con sus respectivas tareas.

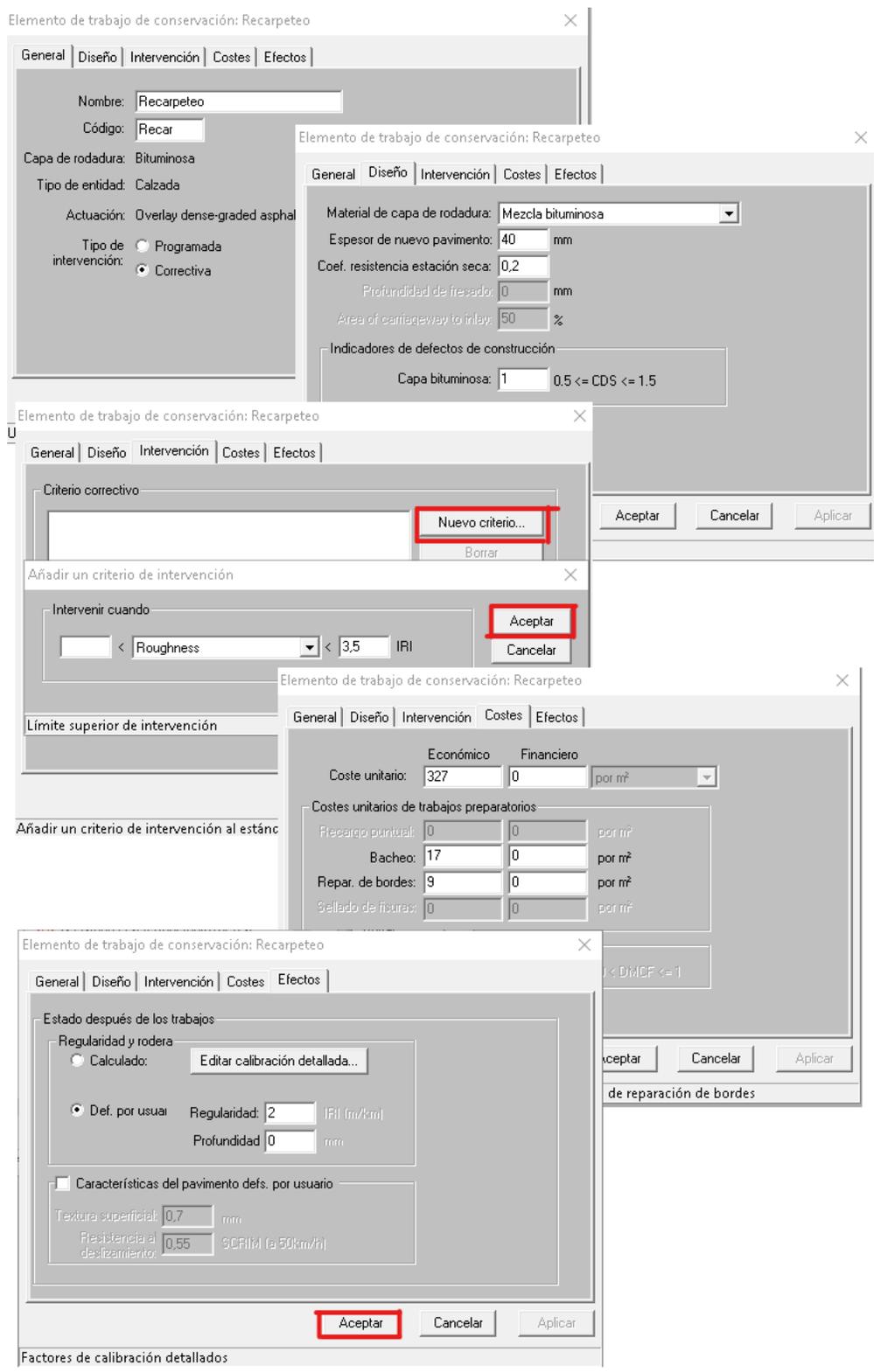


Figura 70. Ingreso de datos del Estándar de Conservación alternativa pavimento Asfaltico (1/3).

- Bacheo.



Figura 71. Ingreso de Estándar de Conservación del pavimento Asfáltico (2/3).

- Limpieza.

Figura 72. Ingreso de Estándar de Conservación del pavimento Asfáltico. (3/3)

Luego de ingresar las tareas de conservación para el pavimento Asfáltico le damos en “Aceptar”

Tareas	
Recarpeteo	Recar
Bacheo	Bach
Limpieza	Lim

Figura 73. Estándar de Conservación del pavimento Asfáltico con sus respectivas tareas.

## BASE GRANULAR.

Aquí utilizaremos las tareas de restitución de grava, grading y limpieza

- Restitución de grava

The image shows a series of overlapping windows from a software application for road maintenance. The main window is titled 'Elemento de trabajo de conservación: Restitucion de Grava' and has tabs for 'General', 'Diseño', 'Intervención', 'Costes', and 'Efectos'. The 'General' tab is active, showing fields for 'Nombre: Restitucion de Grava', 'Código: ResGr', 'Capa de rodadura: Sin pavimentar', 'Tipo de entidad: Calzada', 'Actuación: Regravelling/Resurfacing', and 'Tipo de intervención: Programada' (selected) and 'Correctiva' (radio button).

A second window, also titled 'Elemento de trabajo de conservación: Restitucion de Grava', shows the 'Propiedades del material' tab. It includes a dropdown for 'Material c.rodadura', and input fields for 'Max tamaño partícula: 21,9 mm', 'Ind. plasticidad: 10,1 %', '% que pasa por tamiz 2,00: 51,1 %', '% que pasa por tamiz 0,425mm: 41,6 %', and '% que pasa por tamiz 0,075mm: 25,5 %'. It also has fields for 'Recargo puntual' (0 m³/km/año) and 'Pérdida anual de material a reparar' (100 %).

A third window shows the 'Intervención' tab with a 'Criterio correctivo' field containing 'Gravel thickness <= 50 mm'. Below this are 'Límites' fields: 'Último año: 2099', 'Regularidad max: 30 IRI (m/km)', 'Intervalo: 1', 'Máximo: 9999 año(s)', and 'IMD: 0'.

A fourth window shows the 'Costes' tab with 'Económico' and 'Financiero' cost unitary values (40,25 and 6 respectively) and a table for 'Costes unitarios de trabajos preparatorios' with columns for 'Recargo puntual', 'Bacheo', 'Repar. de bordes', and 'Sellado de fisuras'.

A fifth window shows the 'Efectos' tab with 'Estado después de la actuación' options: 'Def. por usuario' (selected) and 'Calculado'. It has a 'Regularidad inicial: 6 IRI (m/km)' field and an 'Aceptar' button highlighted with a red box.

Figura 74. Ingreso de Estándar de Conservación de la Base Granular. (1/3)

- Grading.

Elemento de trabajo de conservación: Grading

General | Diseño | Intervención | Costes | Efectos

Nombre: Grading  
Código: Grand

Capa de rodadura: Sin pavimentar  
Tipo de entidad: Calzada  
Actuación: Grading  
Tipo de intervención:  Programada  Correctiva

Nombre de este elemento de trabajo:

Elemento de trabajo de conservación: Grading

General | Diseño | Intervención | Costes | Efectos

Propiedades del material:  
Material c.rodadura: Seleccionar un material de rodadura para obtener los parámetro pred  
Max tamaño particular: 0 mm Ind. plasticidad: 0 %  
% que pasa por tamiz 2,00: 0 % % que pasa por tamiz 0,425mm: 0 % % que pasa por tamiz 0,075mm: 0 %

Recargo puntual:  
 Volumen material a añadir: 0 m³/km/año  Pérdida anual de material a reponer: 100 %

Espesor de gravas:  
 Espesor final de grava: 25 mm Método de compactación: Mecánica  
 Incremento espesor gravas: 0

Elemento de trabajo de conservación: Grading

General | Diseño | Intervención | Costes | Efectos

Criterio de intervención:  
 Intervalo de tiempo: 180 Días  
 Intervalo de tráfico: 0 vehículos

Límites:  
Último año: 2099 Mínimo: 1 Máximo: 9999 días  
Regularidad max: 30 IRI (m/km) IMD: 0 100000  
Capacidad max: 5000 m³/km/año

Aceptar Cancelar Aplicar

de intervención programada

Elemento de trabajo de conservación: Grading

General | Diseño | Intervención | Costes | Efectos

Coste unitario: Económico: 25 Financiero: 0 por km

Costes unitarios de trabajos preparatorios:  
Recargo puntual: 0 0 por m²  
Bacheo: 0 0 por m²  
Repar. de bordes: 0 0 por m²  
Sellado de fisuras: 0 0 por m²

Drenaje:  
Factor coste mantenimiento drenaje: 1 0 < DMCE <

Aceptar

Coste económico unitario de los trabajos

Elemento de trabajo de conservación: Grading

General | Diseño | Intervención | Costes | Efectos

Estado después de la actuación:  
 Def. por usuario  Calculado  
Regularidad inicial: 6 IRI (m/km)

Editar calibración detallada...

Aceptar Cancelar Aplicar

Regularidad Inicial del tramo después de la conservación

Figura 75. Ingreso de Estándar de Conservación de la Base Granular. (2/3)

- Limpieza.

Elemento de trabajo de conservación: Limpieza

General | Intervención | Costes

Nombre: Limpieza  
Código: Lim

Capa de rodadura: Sin pavimento  
Tipo de entidad: Misceláneos  
Actuación: Misceláneos  
Tipo de intervención: Programada

Elemento de trabajo de conservación: Limpieza

General | Intervención | Costes

Criterio de intervención  
Intervalo de tiempo: 1 Años

Límites  
Último año: 2055  
Regulador: 00 IRI (m/ha)  
Cantidad máx.: 2000 m³/m²/año

Intervalo: 1 9999 años  
Mínimo: 0  
Máximo: 100000

Elemento de trabajo de conservación: Limpieza

General | Intervención | Costes

Coste unitario: Económico: 2000 Financiero: 0 (por m² y por año)

Costes unitarios de materiales por m²/m²/año		
Gravilla	0	0

Botones: Aceptar, Cancelar, Aplicar

Coste económico unitario de los trabajos

Figura 76. Ingreso de Estándar de Conservación de la Base Granular. (3/3)

## CONCRETO HIDRAULICO.

Aquí utilizaremos las tareas de sello de Juntas, Escalonamiento y limpieza.

- Sello de Juntas.

Elemento de trabajo de conservación: Sello de Juntas

General | Intervención | Costes | Efectos

Nombre: Sello de Juntas  
Código: S. Jun

Capa de rodadura: Homogén  
Tipo de entidad: Cabada  
Actuación: Joint sealing  
Tipo de intervención: Programada

Elemento de trabajo de conservación: Sello de Juntas

General | Intervención | Costes | Efectos

Criterio de intervención  
Intervalo de tiempo: 3 Años

Límites  
Último año: 2055  
Regulador máx.: 16 IRI (m/ha)  
Cantidad máx.: 2000 m³/m²/año

Intervalo: 1 9999 años  
Mínimo: 0  
Máximo: 100000

Elemento de trabajo de conservación: Sello de Juntas

General | Intervención | Costes | Efectos

Coste unitario: Económico: 50 Financiero: 0 (por m)

Costes unitarios de materiales por m²/m²/año		
Gravilla	0	0

Botones: Aceptar, Cancelar, Aplicar

Costes de los elementos de trabajo de conservación

Figura 77. Ingreso de Estándar de Conservación de Concreto Hidráulico. (1/3)

- Escalonamiento.

Elemento de trabajo de conservación: Escalonamiento

General | Intervención | Costes | Efectos

Nombre: Escalonamiento  
Código: Esc.

Capa de rodadura: Hormigón  
Tipo de entidad: Calzada  
Actuación: Slab replaceme  
Tipo de intervención:  Programada  Correctiva

Nombre de este elemento de trabajo

Elemento de trabajo de conservación: Escalonamiento

General | Intervención | Costes | Efectos

Criterio correctivo  
Total carriageway cracked >= 20 %  
Nuevo criterio...  
Borrar  
Editar...

Límites  
Último año: 2099  
Regularidad max: 16 IRI (m/km)  
Mínimo: 1 Máximo: 9999 año(s)  
Intervalo: 1  
IMD: 0  
Max. cantidad: 5000 m<sup>2</sup>/km/año

Elemento de trabajo de conservación: Escalonamiento

General | Intervención | Costes | Efectos

Coste unitario: Económico: 50 Financiero: 0 por m<sup>2</sup>

Costes unitarios de trabajos preparatorios:

Recargo puntual:	0	0
Bacheo:	0	0
Repar. de bordes:	0	0
Sellado de fisuras:	0	0

Drenaje:  
Factor coste mantenimiento drenaje: 1

Coste económico unitario de los trabajos

Elemento de trabajo de conservación: Escalonamiento

General | Intervención | Costes | Efectos

Estado después de la actuación

Espesor:	0 mm	Losas repuestas:	0 %
Regularidad:	2 IRI (m/km)	Fisuras reparadas:	0 %
Sellado de juntas:	Silicona	Anchura reparación fisuras:	0 m
Coefficiente de drenaje:	0	Juntas reparadas:	0 %
Diámetro de pasadores:	0 mm	Ancho de junta reparada:	0 m
Eficiencia transmisión cargas:	0 %	Defectos reparados:	0 %
Coef. transmisión de cargas:	0 %	Fallos de área reparados:	0 m <sup>2</sup>
Revest. anticorrosión:	<input type="checkbox"/>		

Aceptar Cancelar Aplicar

Porcentaje de losas fisuradas a reemplazar

Figura 78. Ingreso de Estándar de Conservación de Concreto Hidráulico. (2/3)

- Limpieza.

Elemento de trabajo de conservación: Limpieza

General Intervención Costes

Nombre: Limpieza

Código: Lim

Capa de rodadura: Hormigón

Tipo de entidad: Misceláneos

Actuación: Miscellaneous

Tipo de intervención:  Programada  Correctiva

Nombre de este elemento de trabajo

Intervalo entre elementos de trabajo

Elemento de trabajo de conservación: Limpieza

General Intervención Costes

Criterio de intervención

Intervalo de tiempo: 1 Años

Límites

Último año: 2099

Irregularidad max: 16 IRI (m/km)

Cantidad max: 5000 m<sup>2</sup>/km/año

Mínimo Máximo

Intervalo: 1 9999 año(s)

IMD: 0 100000

Elemento de trabajo de conservación: Limpieza

General Intervención Costes

Coste unitario: Económico 3000 Financiero 0 por km y por año

Costes unitarios de trabajos preparatorios:

Reparación puntual:	0	0	por m <sup>2</sup>
Bacheo:	0	0	por m <sup>2</sup>
Repar. de bordes:	0	0	por m <sup>2</sup>
Sellado de fisuras:	0	0	por m <sup>2</sup>

Drenaje:

Factor coste mantenimiento drenaje: 1 0 < DMCF <= 1

Aceptar Cancelar Aplicar

Coste económico unitario de los trabajos

Figura 79. Ingreso de Estándar de Conservación de Concreto Hidráulico. (3/3)

**4.5.1.4.2 Estándares de Mejora.** En esta se incluyen aquellas intervenciones cuya finalidad es expandir la capacidad de una red vial, mejorar características geométricas o aumentar la capacidad estructural de los pavimentos. Se define la pavimentación como alternativa para una carretera sin pavimentar, esta puede ser asfáltica o de concreto hidráulico.

**4.5.1.4.3 Costos de Mejora a Utilizar.**

- Pavimentos Asfálticos.

Se utilizaron los costos de las actividades siguientes:

*Tabla22. Parámetros de Costos de Mantenimiento para un Pavimento Asfáltico.*

<b>TAREA A REALIZAR</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Mezcla bituminosa (5cm)</b>	\$314,400 Por km

*Fuente. Elaboración Propia.*

- Base.

Se utilizaron los costos de las actividades siguientes:

*Tabla23. Parámetros de Costos de Mantenimiento para Base Granular.*

<b>TAREA A REALIZAR</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Grava (5cm)</b>	\$46,287.5 Por km

*Fuente. Elaboración Propia.*

- Pavimentos de Concreto Hidráulico.

Se utilizaron los costos de las actividades siguientes:

*Tabla24. Parámetros de Costos de Mantenimiento para un Pavimento de Concreto Hidráulico.*

<b>TAREA A REALIZAR</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Pavimento de hormigón armado (15cm)</b>	\$340,000 Por km

*Fuente. Elaboración Propia.*

## PAVIMENTO ASFALTICO.

Estándar de mejora: Pavimento Asfáltico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Nombre: Pavimento Asfáltico  
 Código: p.Asf  
 Tipo de entidad: Calzada  
 Tipo capa de rodadura: Sin pavimentar  
 Tipo de mejora: Upgrading  
 Duración: 1 años  
 Tipo de Intervención:  Programada  Correctiva

Nombre de este estándar de mejora

---

Estándar de mejora: Pavimento Asfáltico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Nuevos atributos

Tipo de tráfico: Two Lane Standard  
 Tipo de carretera: Tertiary or Local  
 Nuevo tipo de pavimento: Mezcla bituminosa sobre base granular  
 Factor ajuste de longitud: 1  
 Incremento en anchura: 0 m   
 Número carriles adicional: 2  
 Proporción nueva construcción: 0,5 0 < Pconue < 1

Tipo de velocidad

---

Estándar de mejora: Pavimento Asfáltico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Programación

Empezar en año: 2020  
 Límites  
 Último año aplicable: 2039

---

Estándar de mejora: Pavimento Asfáltico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Económico Financiero  
 Coste unitario: 40000 0 por km  
 Coste anual tráfico: 100 0 0 0 0  
 Valor residual: 0 %

Costes unitarios de los trabajos preparatorio

	Económico	Financiero	
Renov. superficial carretera existente	0	0	P
Bacheos	0	0	P
Rep. de bordes	0	0	P
Sellado de fisuras	0	0	P

El coste económico unitario del estándar de mejora

---

Estándar de mejora: Pavimento Asfáltico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Material capa rodadura: Mezcla bituminosa  
 Número estructural estación seca: 6,42  
 Espesor de capa rodadura: 50 mm  
 Compactación relativa: 97 %

Base (sólo para base estabilizada)

Espesor Base: 25 mm  
 Módulo Resiliente: 15 GPa

---

Estándar de mejora: Pavimento Asfáltico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Clase geometría: Seleccionar una clase de geometría para obtener los valores geometría

Detalles

Rampa + pendiente:	38,38	m/km
Nº rampas + pendientes:	77	nº/km
Curvatura horizontal media:	56,7	º/km
Peralte:	2,5	%
adral:	0,1	m/º²
Límite de velocidad:	70	km/h
Cumplimiento de vel. límite:	1,1	

Factores de reducción de velocidad

XTNM:	1	0.4 <= XTNM <= 1
XTM:	1	0.4 <= XTM <= 1
Fricción lateral:	1	0.4 <= XFRI <= 1

Rampa más pendiente media de la carretera (en m/km)

---

Estándar de mejora: Pavimento Asfáltico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Estado después de las actuaciones

Modelo de tráfico: Free-Flow

Regularidad y rodera definida por usuario

Regularidad: 2 IRI (m/km)  
 Profundidad media de rodadura: 0 mm

Caract. superficiales definidas por usuario

Resistencia al deslizamiento: 0,55 SCRIM (at 50km/h)  
 Textura superficial: 0,7 mm

Modelo de tráfico

Figura 80. Ingreso de Estándar de Mejora de Pavimento Asfáltico.

## BASE.

Estándar de mejora: Base

General | Diseño | Intervención | Costes | Firme | Geometría | Efectos

Nombre: Base  
 Código: Bas  
 Tipo de entidad: Calzada  
 Tipo capa de rodadura: Sin pavimentar  
 Tipo de mejora: Upgrading  
 Duración: 1 años  
 Tipo de Intervención: Programada  
 Correctiva

Estándar de mejora: Base

General | Diseño | Intervención | Costes | Firme | Geometría | Efectos

Nuevos atributos

Tipo de tráfico: Two Lane Standard  
 Tipo de carretera: Tertiary or Local  
 Nuevo tipo de pavimento: Grava  
 Factor ajuste de longitud: 1  
 Incremento en anchura: 0 m  
 Número carriles adicional: 2  
 Proporción nueva construcción: 0,5  $0 < P_{conue} < 1$

Estándar de mejora: Base

General | Diseño | Intervención | Costes | Firme | Geometría | Efectos

Programación

Empezar en año: 2020  
 Límites  
 Último año aplicable: 2039

Estándar de mejora: Base

General | Diseño | Intervención | Costes | Firme | Geometría | Efectos

Económico Financiero  
 Coste unitario: 46287,5 0 por km  
 Coste anual tráfico: 100 0 0 0 0 %  
 Valor residual: 0 %

Estándar de mejora: Base

General | Diseño | Intervención | Costes | Firme | Geometría | Efectos

Capa de rodadura

Material: Grava laterítica Por defecto

Max tamaño partícula:	21,9 mm	Índice Plasticidad:	10,1 %	Espesor:	50 mm
% pasa tamiz 2,00 mm:	51,1 %	% pasa tamiz 0,425mm:	41,6 %	% pasa tamiz 0,075mm:	25,5 %

Explicado:

Material: Gravas y arenas bien graduadas con bajo contenido en arcilla. G Por defecto

Max tamaño partícula:	0 mm	Índice Plasticidad:	0 %	% pasa tamiz 0,425mm:	0 %	% pasa tamiz 0,075mm:	0 %
% pasa tamiz 2,00 mm:	0 %	% pasa tamiz 0,425mm:	0 %	% pasa tamiz 0,075mm:	0 %		

Método compactación: Mecánica

Estándar de mejora: Base

General | Diseño | Intervención | Costes | Firme | Geometría | Efectos

Clase geometría: Seleccionar una clase de geometría para obtener los valores geométricos

Detalles

Rampa + pendiente:	38,38 m/km
Nº rampas + pendientes:	77 n/km
Curvatura horizontal media:	56,7 %/km
Peralte:	2,5 %
adral:	0,1 m/s²
Límite de velocidad:	70 km/h
Cumplimiento de vel. límite:	1,1

Factores de reducción de velocidad

XTNM:	1	$0,4 \leq XTNM < 1$
XTM:	1	$0,4 \leq XTM < 1$
Fricción lateral:	1	$0,4 \leq XFRI < 1$

Estándar de mejora: Base

General | Diseño | Intervención | Costes | Firme | Geometría | Efectos

Estado después de las actuaciones

Modelo de tráfico: Free-Flow Editar calibración detallada...

Regularidad y rodadura definida por usuario

Regularidad: 5 IRI (m/km)  
 Profundidad media de rodadura: 0 mm

Características superficiales definidas por usuario

Resistencia al rozamiento: 0,55 SCRIM (at 50km/h)  
 Textura superficial: 0,7 mm

Aceptar Cancelar

Modelo de tráfico

Figura 81. Ingreso de Estándar de mejora de Base.

## CONCRETO HIDRAULICO.

Estándar de mejora: Concreto hidráulico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Nombre: Concreto hidráulico  
 Código: C. Hid  
 Tipo de entidad: Calzada  
 Tipo capa de rodadura: Sin pavimentar  
 Tipo de mejora: Upgrading  
 Duración: 1 años  
 Tipo de Intervención:  Programada  Correctiva

Estándar de mejora: Concreto hidráulico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Nuevos atributos

Tipo de tráfico: Two Lane Standard  
 Tipo de carretera: Tertiary or Local  
 Nuevo tipo de pavimento: JPCP con pasadores (Jointed Plain Concre  
 Factor ajuste de longitud: 1  
 Incremento en anchura: 0 m   
 Número carriles adicional: 0  
 Proporción nueva construcción: 0,5 0 < Poonue < 1

Nombre de este estándar de mejora

Estándar de mejora: Concreto hidráulico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Programación

Empezar en año: 2020  
 Límites  
 Último año aplicable: 2099

Estándar de mejora: Concreto hidráulico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Económico Financiero  
 Coste unitario: 340000 0 por km  
 Coste anual: 100 0 0 0 0 %  
 Valor residual: 0 %

Estándar de mejora: Concreto hidráulico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Pavimento

Espesor: 150 mm

Capa de base

Tipo de base: Tratada con cer  
 Espesor: 150 mm  
 Módulo: 5000 MPa  
 Permeable:

Temperat Medid N°

Estándar de mejora: Concreto hidráulico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Clase geometría: Seleccionar una clase de geometría para obtener los valores geométri...

Detalles

Rampa + pendiente:	56,7	m/km	
Nº rampas + pendientes:	77	nº/km	
Curvatura horizontal media:	38,38	º/km	
Peralte:	2,5	%	
adral:	0,1	m/s²	
Límite de velocidad:	70	km/h	
Cumplimiento de vel. límite:	1,1		

Factores de reducción de velocidad

XTNM: 1 0.4 <= XTNM <= 1  
 XTM: 1 0.4 <= XTM <= 1  
 Fricción lateral: 1 0.4 <= XFR <= 1

Estándar de mejora: Concreto hidráulico

General | Diseño | Intervención | Costes | Pavimento | Geometría | Efectos

Estado después de las actuaciones:

Modelo de tráfico: Free-Flow

Regularidad y rodadura definida por usuario

Regularidad: 2 IRI (m/km)  
 Profundidad media de rodadura: 0 mm

Características superficiales definidas por usuario

Resistencia del pavimento: 0,55 SCRIM (at 50km/h)  
 Textura superficial: 0,7 mm

Figura 82. Ingreso de Estándar de mejora de Concreto Hidráulico.

4.5.1.5 Análisis Del Proyecto. El HDM-4 realiza tres tipos de análisis diferentes, estas son Análisis de Proyecto, Análisis de Estrategia y Análisis de Programa.

Para este trabajo se utilizó el Análisis de proyecto, ya que esta se concentra en la evaluación de opciones de inversión para la construcción y/o mantenimiento de un camino dentro de la red vial. También sirve para estimar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Para obtener el análisis del proyecto seleccionamos “Nuevo”, “Proyecto” “Aceptar”. Luego le asignamos un nombre y seleccionamos la red de carreteras que ya habíamos creado como también el parque vehicular y le damos en “Aceptar”

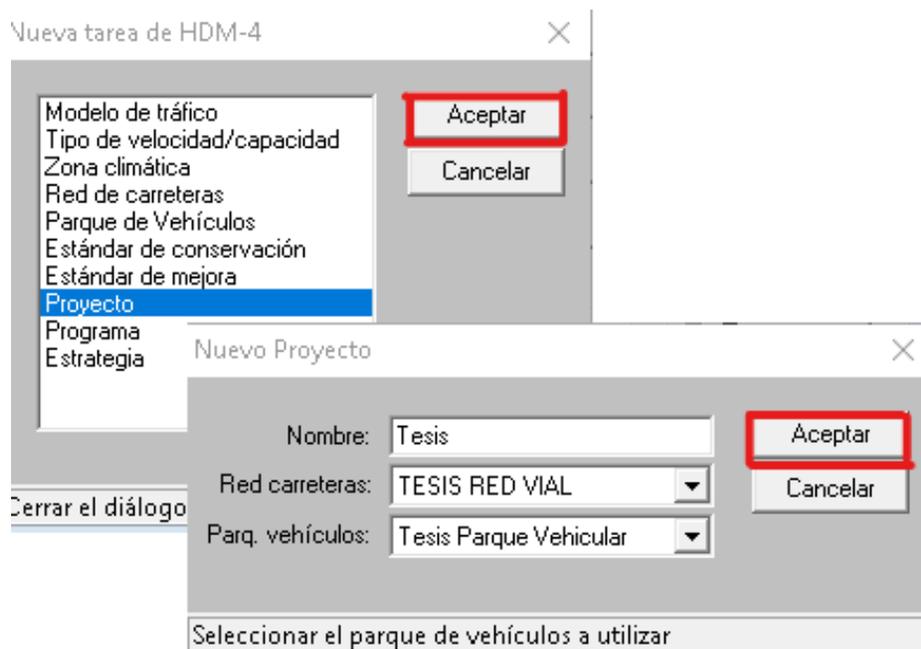


Figura 83. Creación del proyecto.

Se nos abrirá una ventana nueva

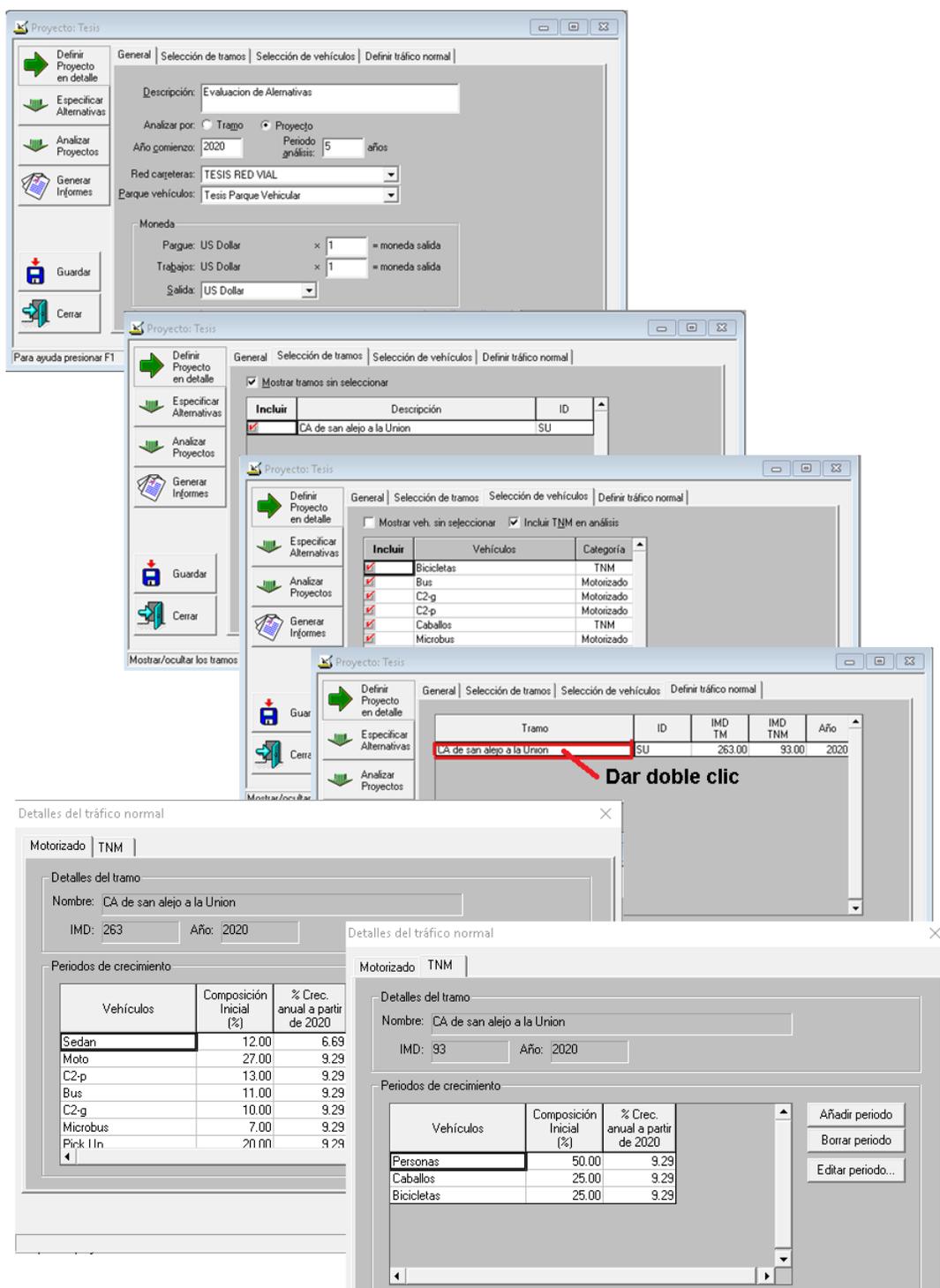


Figura 84. Ingreso de datos para la definición del análisis del proyecto.

En la pestaña de “Especificar Alternativas” procedemos a ingresar cada una de las alternativas.

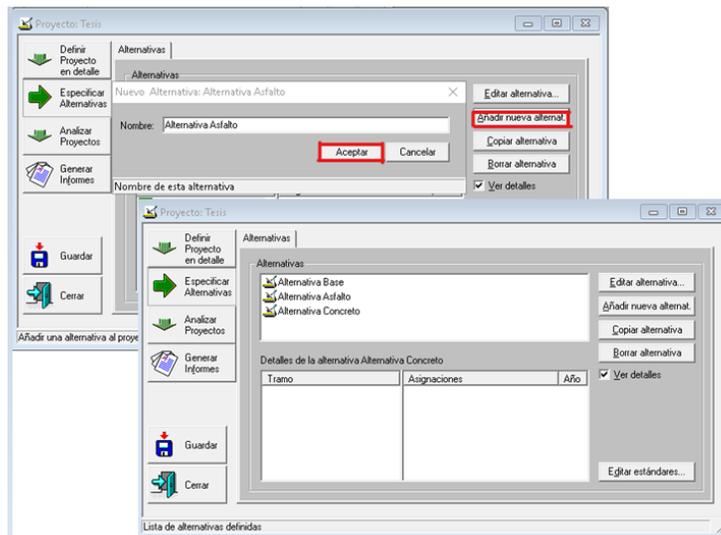


Figura 85. Especificación de Alternativas.

Luego de tener nuestras alternativas le damos doble clic sobre una alternativa, Se nos abre una ventana nueva en la cual seleccionamos la mejora de conservación ya hecha anteriormente y asignamos un año en el cual se empezará a hacer dicha mejora.

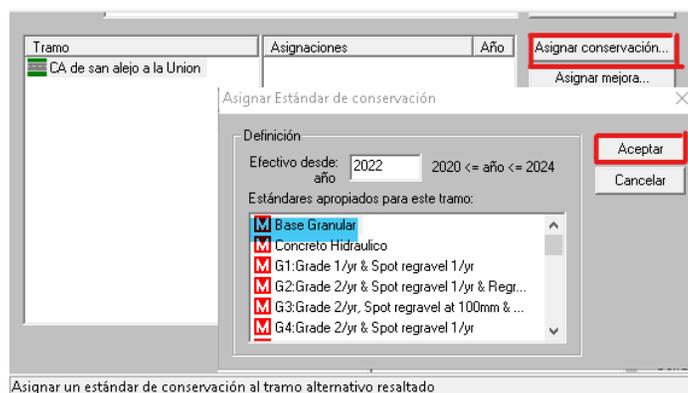


Figura 86. Ingreso de año en la que empieza la mejora de la alternativa asignada.

Así mismo como ingresamos el “Estándar de Conservación”, así mismo ingresaremos los “Estándares de Mejora”

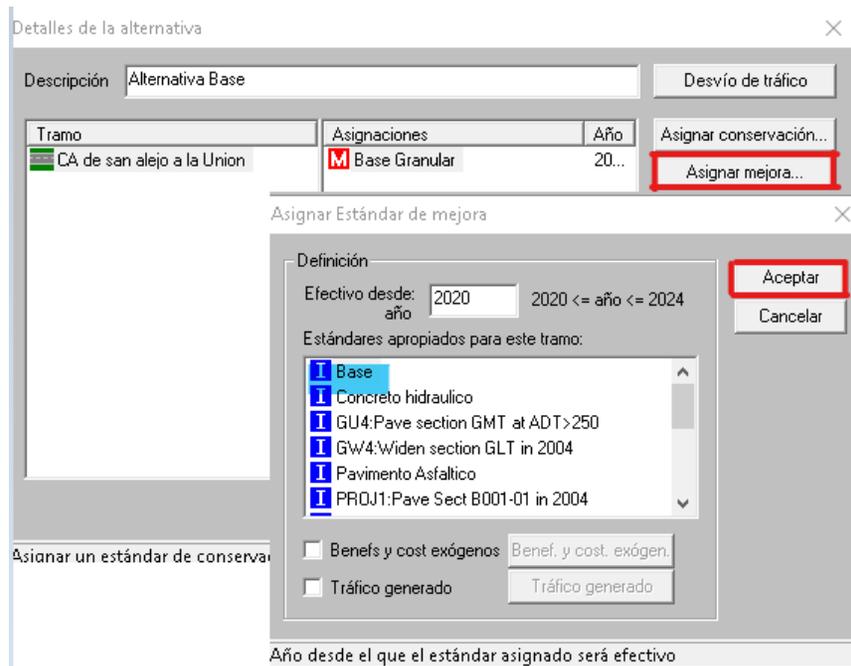


Figura 87. Ingreso de año en la que se empezara a hacer los mantenimientos de la alternativa asignada.

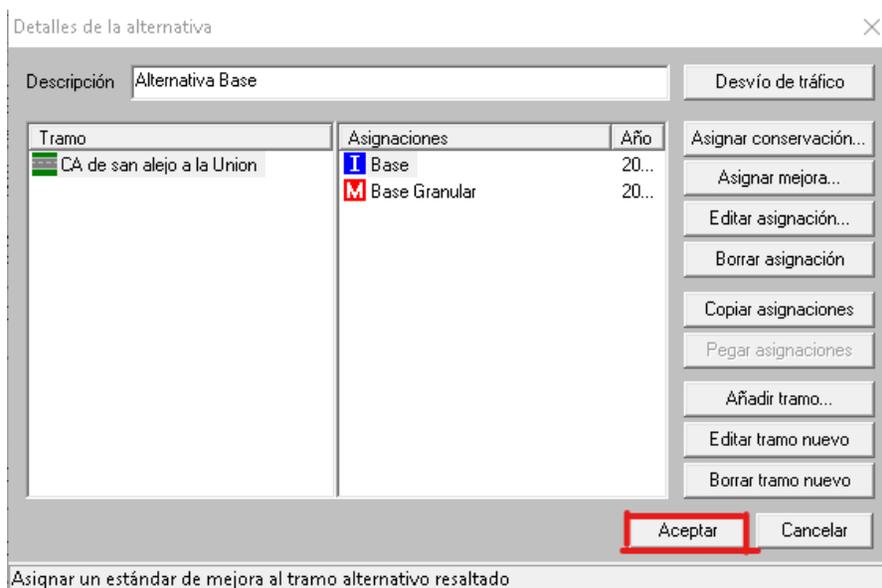


Figura 88. Pantalla de datos guardados.

Repetimos los pasos para el caso de la alternativa de asfalto y de concreto. Luego pasamos la pestaña de “Analizar Proyecto”, seleccionamos la alternativa que queremos analizar y en la pestaña de “Ejecutar Análisis” le damos clic en el semáforo “Comenzar”

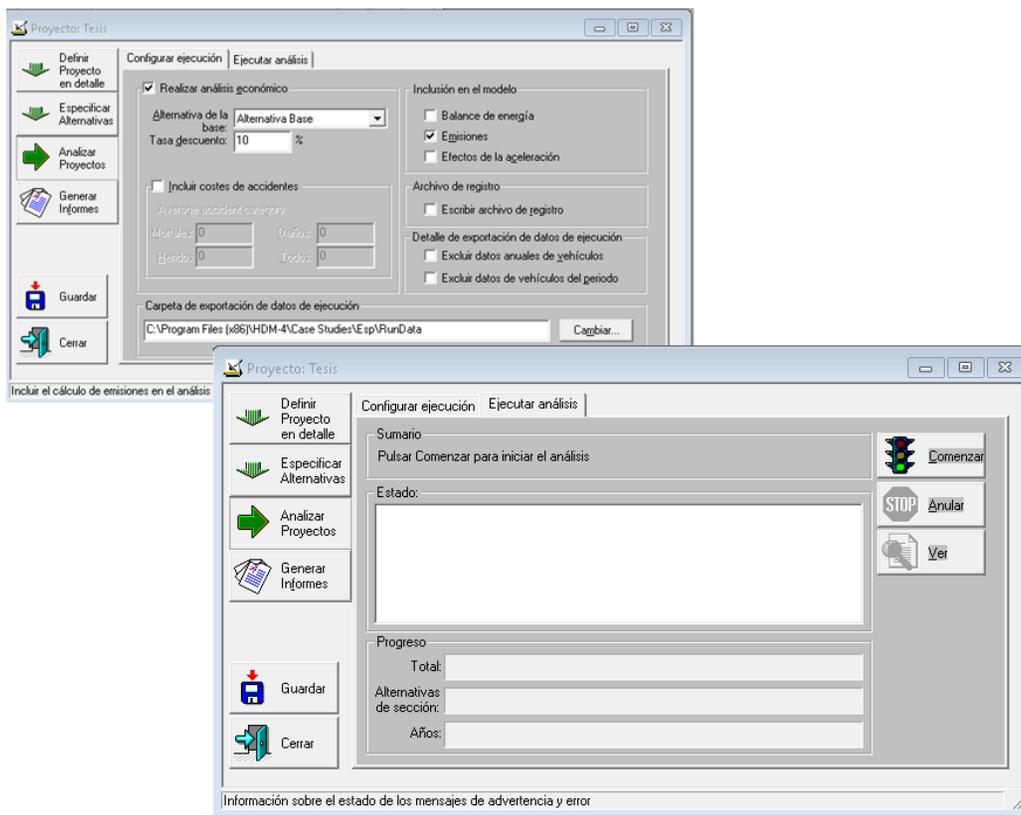


Figura 89. Ventana para el análisis del proyecto.

Luego de eso, solo nos queda revisar los reportes que se nos guardaran en la carpeta que nosotros elegimos.

#### 4.5.2 Selección De La Alternativa.

Basándonos en los reportes se decidirá cuales alternativas resultan las más optimas de esto se obtendrá los indicadores económicos: valor actual neto, tasa interna de retorno y costo beneficio como herramientas para seleccionar las alternativas más adecuadas.

## CAPITULO V. Análisis e interpretación de resultados.

A continuación, realizamos el análisis e interpretación de la información que obtuvimos a través de las entrevistas realizadas a los habitantes de la zona de estudio, junto con conteos vehiculares ubicados en distintos puntos de la carretera.

El análisis que realizamos es para poder presentar con más detalle un valor monetario de las diferentes alternativas propuestas y poder obtener la mayor cantidad de beneficios para la población.

### 5.1 Análisis y Procedimiento De Población y Muestra.

#### 5.1.1 Población.

*Tabla 25. Resultados de información de la Población por Comunidad.*

Comunidad	Habitantes de la Muestra	Muestra	Promedio	Total	Extrapolación
El Querque	62	20	3,1	54	167
Bobadilla	156	55	2,8	162	454
Trinchera	95	36	2,7	107	289
Agua Fría	291	96	3,25	522	1697
Piedra Gorda	42	14	3	90	270
El Lagartón	25	9	2,8	40	112
Total	671	230		975	2989

*Fuente. Elaboración Propia.*

#### 5.1.2 Muestra.

El número de viviendas se contabilizaron mediante una vista satelital, el cual nos dieron los siguientes datos:

*Tabla26. Total de viviendas por comunidad.*

Comunidad	Total de viviendas por comunidad
<b>El Querque</b>	54
<b>Bobadilla</b>	162
<b>Trinchera</b>	107
<b>Agua Fría</b>	522
<b>Piedra Gorda</b>	90
<b>El Lagartón</b>	40
<b>Total</b>	<b>975</b>

*Fuente. Elaboración Propia.*

Con lo cual se cuenta con un total de 975 viviendas en las comunidades estudiadas. Considerando la teoría presentada en el resultado de datos para la muestra el total final de muestras a realizadas fue de 230 viviendas. Utilizamos el número total de vivienda por comunidad para determinar el número de muestra por comunidad el cual se desglosa de la siguiente manera:

*Tabla27. Análisis de la Muestra del Estudio.*

Comunidad	Total de viviendas por comunidad	Muestra
<b>El Querque</b>	54	20
<b>Bobadilla</b>	162	55
<b>Trinchera</b>	107	36
<b>Agua Fría</b>	522	96
<b>Piedra Gorda</b>	90	14
<b>El Lagartón</b>	40	9
<b>Total</b>	<b>975</b>	<b>230</b>

*Fuente. Elaboración Propia.*

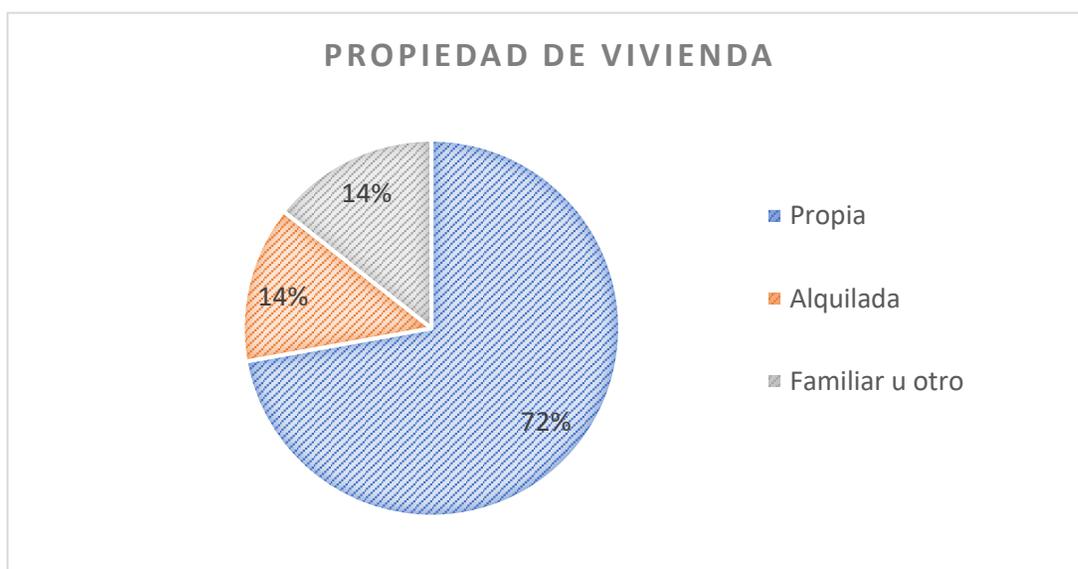
## 5.2 Análisis y Procedimiento De La Encuesta Domiciliar.

- **Información de la vivienda.**

*Tabla 28. Resultados de información de Propiedad de Vivienda.*

Comunidad	Propia	Alquilada	Familiar u otro	Total Por Ubicación
<b>El Querque</b>	15	0	5	20
<b>Bobadilla</b>	44	4	7	55
<b>Trinchera</b>	29	1	6	36
<b>Agua Fría</b>	62	20	14	96
<b>Piedra Gorda</b>	9	4	1	14
<b>El Lagartón</b>	7	2	0	9
<b>Total General</b>	166	31	33	

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 90. Gráfico de Resultados de información Propiedad de Vivienda General.*

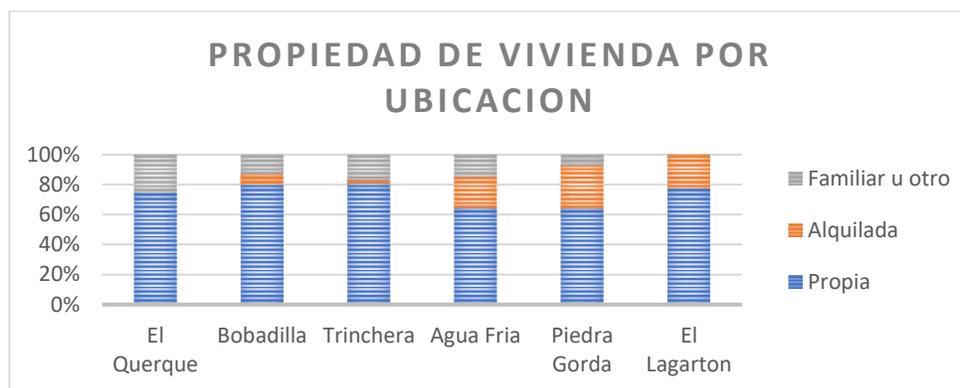


Figura 91. Gráfico de Resultados de información Propiedad de Vivienda por Ubicación.

## INTERPRETACION DE DATOS.

En la gráfica general destaca que la mayoría de familias poseen legítimamente las viviendas en cuales habitan, seguidas en partes iguales por alquileres y dejadas por familiares o amistades; las comunidades con mayor presencia de alquiler son Agua Fría, Piedra Gorda y El Lagartón, caso contrario es El Querque que no presento alquileres.

- **Servicios Básicos.**

Tabla 29. Resultados de información de Servicios Básicos.

Comunidad	Uno	Dos	Tres o mas
<b>El Querque</b>	1	7	12
<b>Bobadilla</b>	0	18	37
<b>Trinchera</b>	0	6	30
<b>Agua Fría</b>	2	32	62
<b>Piedra Gorda</b>	0	3	11
<b>El Lagartón</b>	0	0	9
<b>Total</b>	3	66	161

*Fuente. Elaboración Propia.*

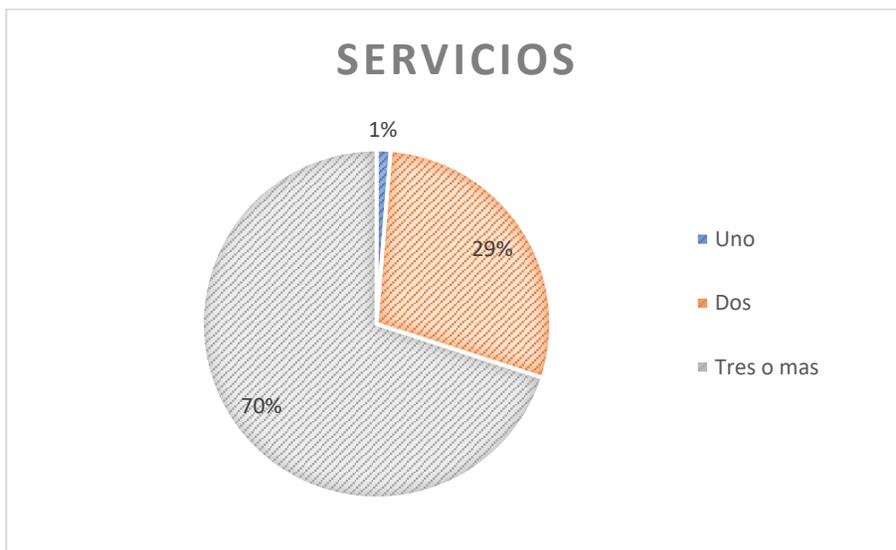


Figura 92. Gráfico de Resultados de información de los Servicios Básicos de la población.

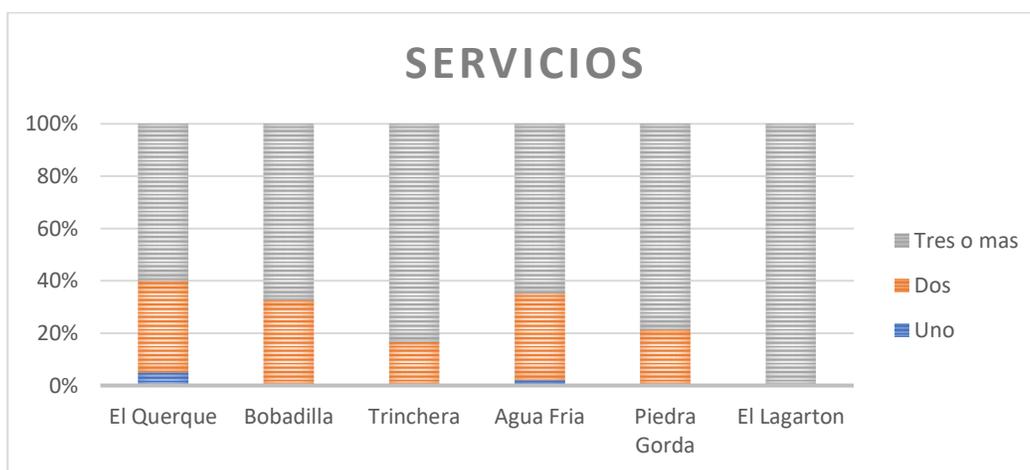


Figura 93. Gráfico de Resultados de información de los Servicios Básicos por Ubicación.

## INTERPRETACION DE DATOS.

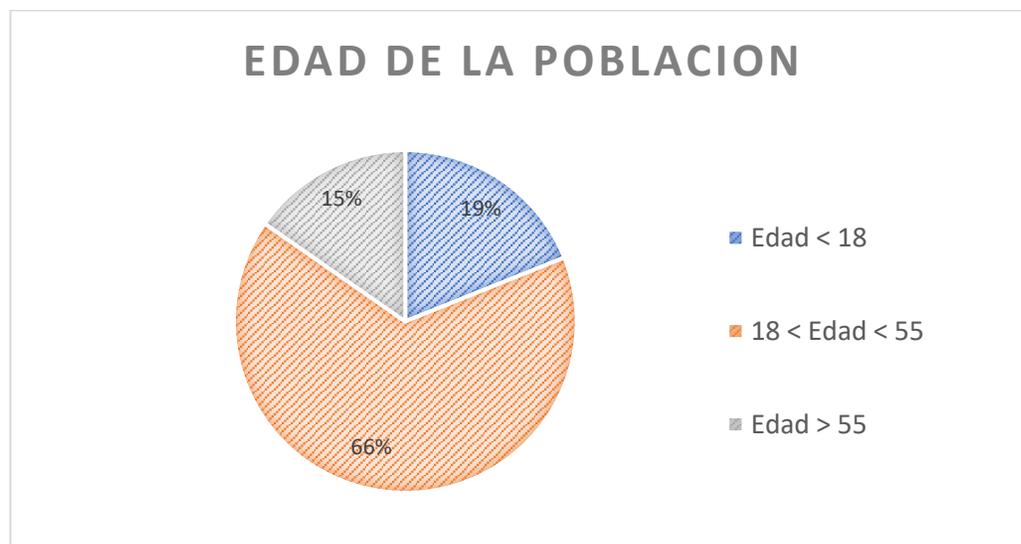
La mayoría de los habitantes poseen tres o más servicios básicos, lo cual nos indica su nivel económico. Dando como resultado que existe más nivel alto y nivel medio económico en toda la zona de estudio.

- **Edad.**

*Tabla 30. Resultados de información de edades.*

Comunidad	Edad < 18	18 < Edad < 55	Edad > 55
<b>El Querque</b>	20	30	7
<b>Bobadilla</b>	31	98	27
<b>Trinchera</b>	19	60	16
<b>Agua Fría</b>	49	205	37
<b>Piedra Gorda</b>	6	28	8
<b>El Lagartón</b>	1	17	7
<b>Total</b>	126	438	102

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 94. Gráfico de Resultados de información de Edades de la población en general.*

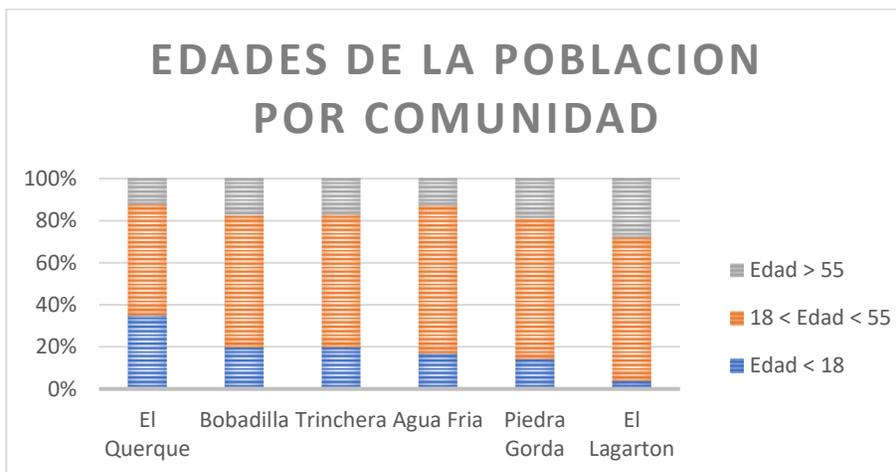


Figura 95. Gráfico de Resultados de información de Edades de la población por Comunidad.

### INTERPRETACION DE DATOS.

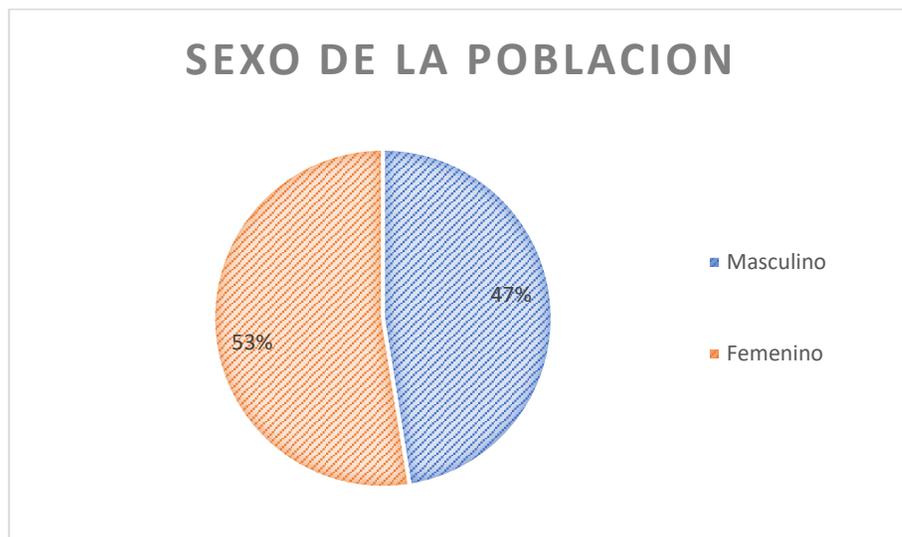
Estos resultados representan que la mayoría de la población se conforma de una edad óptima (Entre 18-55 años), igual si vemos la gráfica de la población por comunidad también observamos que también están conformadas por una edad óptima (Entre 18-55 años).

- **Sexo.**

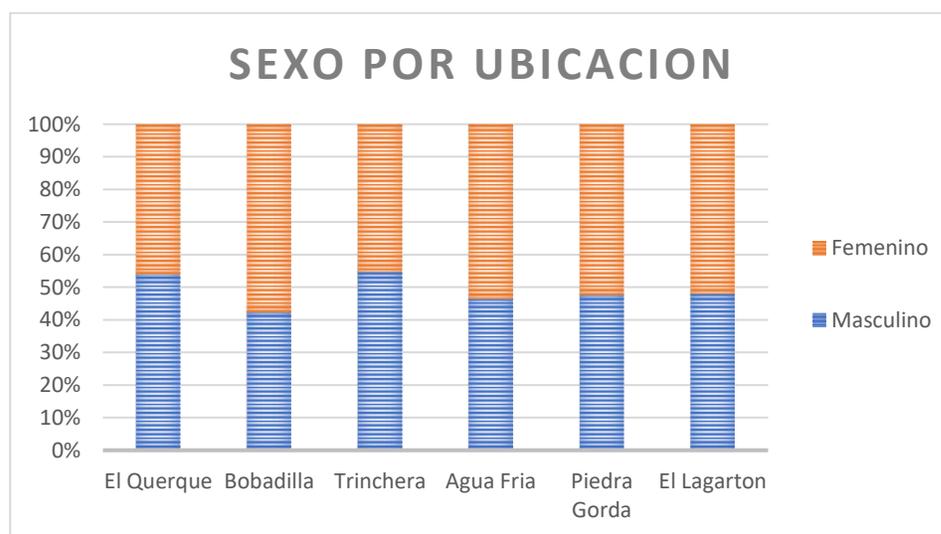
Tabla31. Resultados de información de sexo.

Comunidad	Masculino	Femenino
<b>El Querque</b>	34	29
<b>Bobadilla</b>	66	90
<b>Trinchera</b>	52	43
<b>Agua Fría</b>	135	156
<b>Piedra Gorda</b>	20	22
<b>El Lagartón</b>	12	13
<b>Total</b>	319	353

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 96. Gráfico de Resultados de información de Sexo de la población.*



*Figura 97. Gráfico de Resultados de información de Sexo por ubicación.*

## INTERPRETACION DE DATOS.

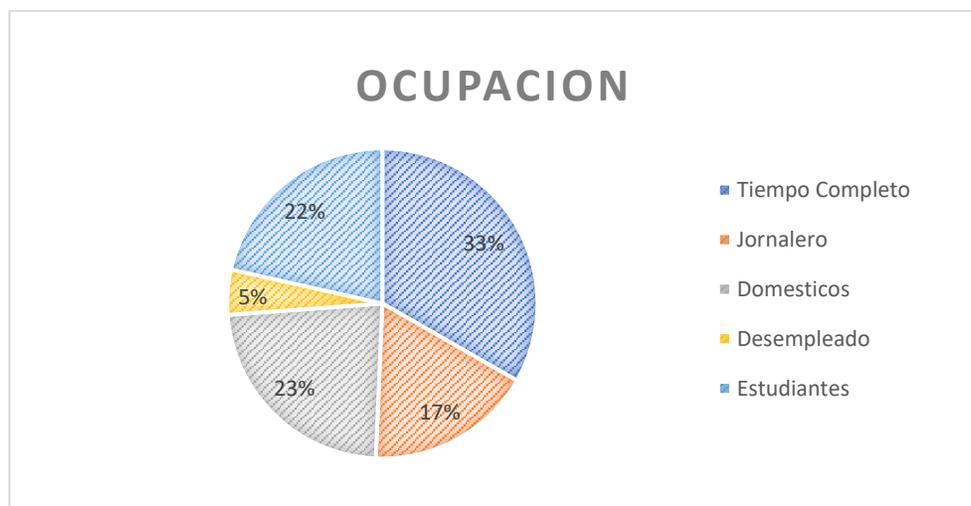
Estos resultados representan que la mayoría de los habitantes está compuesta por hombres.

- **Ocupación.**

*Tabla 32. Resultados de información de Ocupación de la población.*

Comunidad	Tiempo Completo	Jornalero	Domésticos	Desempleado	Estudiantes
<b>El Querque</b>	18	6	18	5	16
<b>Bobadilla</b>	46	27	42	3	33
<b>Trinchera</b>	22	18	25	3	24
<b>Agua Fría</b>	108	52	52	16	60
<b>Piedra Gorda</b>	14	9	9	4	6
<b>El Lagartón</b>	12	3	7	0	3
<b>Total</b>	<b>220</b>	<b>115</b>	<b>153</b>	<b>31</b>	<b>142</b>

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 98. Gráfico de Resultados de información de Ocupación de la población.*



Figura 99. Gráfico de Resultados de información de Ocupación por ubicación.

### INTERPRETACION DE DATOS.

La ocupación de las personas por ubicación es generalmente: Tiempo Completo, Labores domésticas y estudiantes.

- **Motorización.**

$$\text{Motorización por Persona} = \frac{\text{numero de vehiculo}}{\text{numero de personas}}$$

$$\text{Motorización por Persona} = \frac{182}{671}$$

$$\text{Motorización por Persona} = 0.27 \approx 27\%$$

### INTERPRETACION DE DATOS.

La motorización por persona se obtuvo para compararlo con la motorización Nacional que es un valor del 20%, por lo cual es evidente que en nuestra zona de estudio cuenta con una motorización más alta.

- **Clasificación Socio-Económica.**

Tabla33. Resultados de la clasificación socio-económica de la población.

Clasificación por vivienda	número de viviendas
<b>Baja</b>	44
<b>Media</b>	180
<b>Alta</b>	6

Fuente. Elaboración Propia.

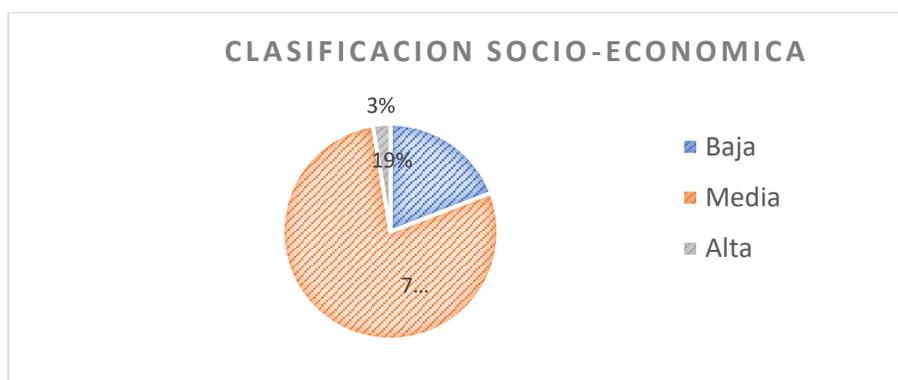


Figura 100. Gráfico de Resultados de la clasificación socio-económica de la población.

Tabla34. Resultados de la clasificación socio-económica por ubicación.

	Baja	Media	Alta
<b>El querque</b>	8	12	0
<b>Bobadilla</b>	10	42	3
<b>Trinchera</b>	4	32	0
<b>Agua fría</b>	20	73	3
<b>Piedra gorda</b>	2	12	0
<b>Lagartón</b>	0	9	0
<b>Total</b>	44	180	6

Fuente. Elaboración Propia.

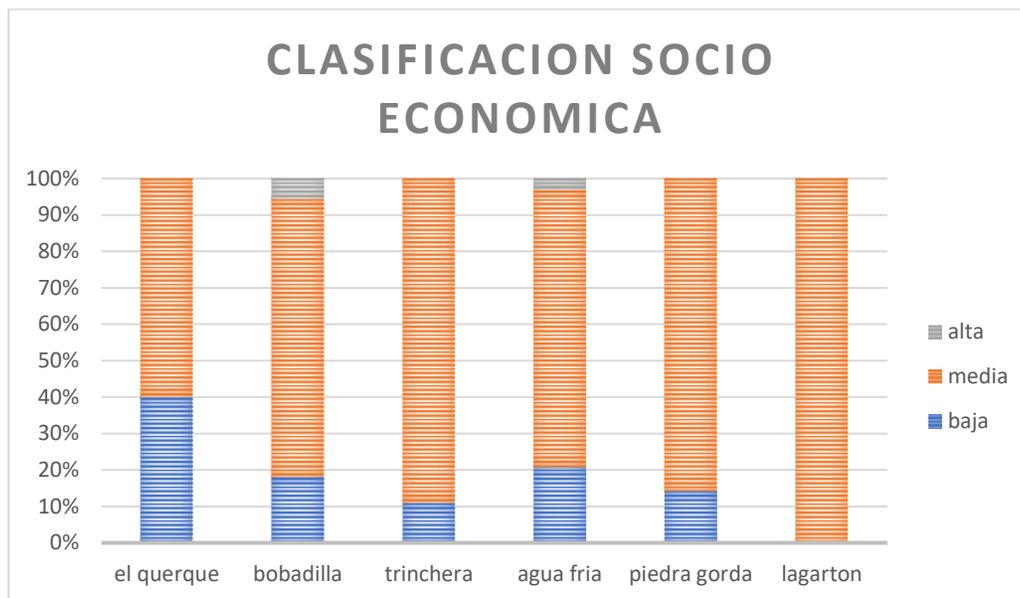


Figura 101. Gráfico de Resultados de la clasificación socio-económica por ubicación.

## INTERPRETACION DE DATOS.

Con los datos obtenidos podemos observar que la mayor parte de su población se clasifica como media, estas se clasificaron según sus ingresos y su estilo de vida. Estos datos se utilizarán para calcular el valor del tiempo de las personas.

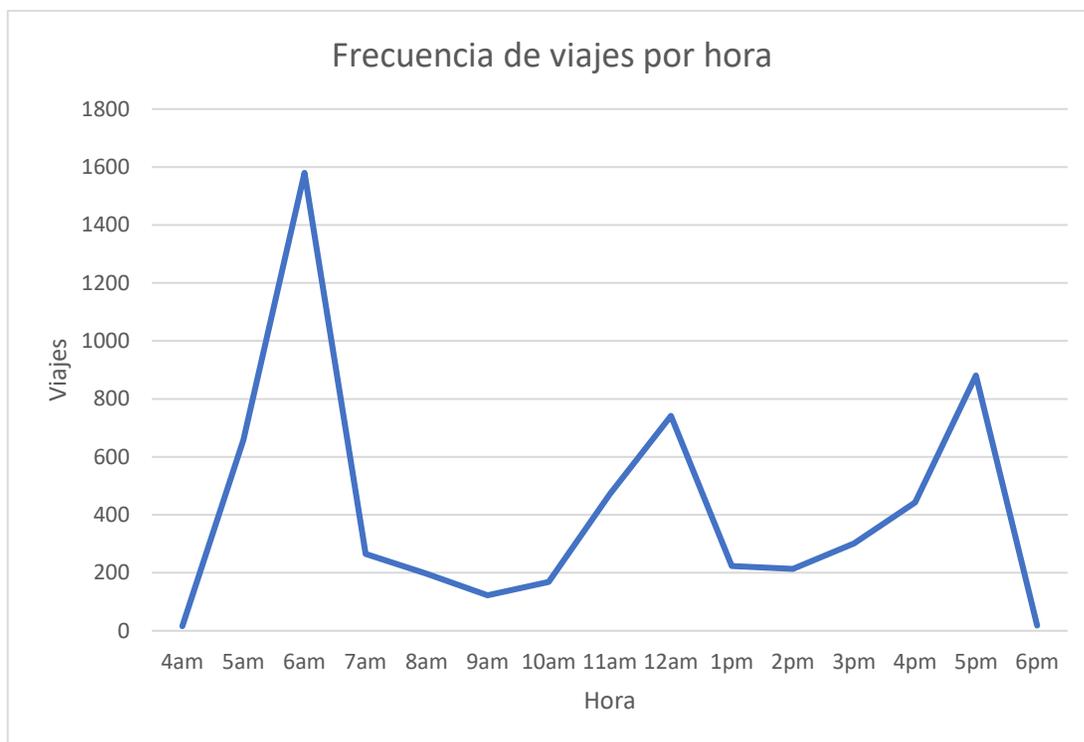
- **Viajes.**
- **Viajes por Hora.**

Tabla35. Resultados de Viajes por Hora.

Hora	Frecuencia
<b>4am</b>	16
<b>5am</b>	658
<b>6am</b>	1580
<b>7am</b>	265

<b>8am</b>	197
<b>9am</b>	123
<b>10am</b>	169
<b>11am</b>	472
<b>12am</b>	742
<b>1pm</b>	223
<b>2pm</b>	214
<b>3pm</b>	301
<b>4pm</b>	443
<b>5pm</b>	881
<b>6pm</b>	18

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 102. Gráfico de Resultados de Viajes por Hora de la población.*

## INTERPRETACION DE DATOS.

En el registro de frecuencia de viajes podemos observar que destaca la hora en que ocurren la mayoría de los viajes, siendo la hora pico las 6:00am.

### ➤ Viajes por Tipo de Transporte.

Tabla36. Resultados de Viajes por tipo de transporte

Tipo de Transporte	Numero de Viajes
A pie	1125
Bicicleta	430
Moto	864
Vehículo	1428
Camión	188
Bus	2235
Microbús	32

Fuente. Elaboración Propia.

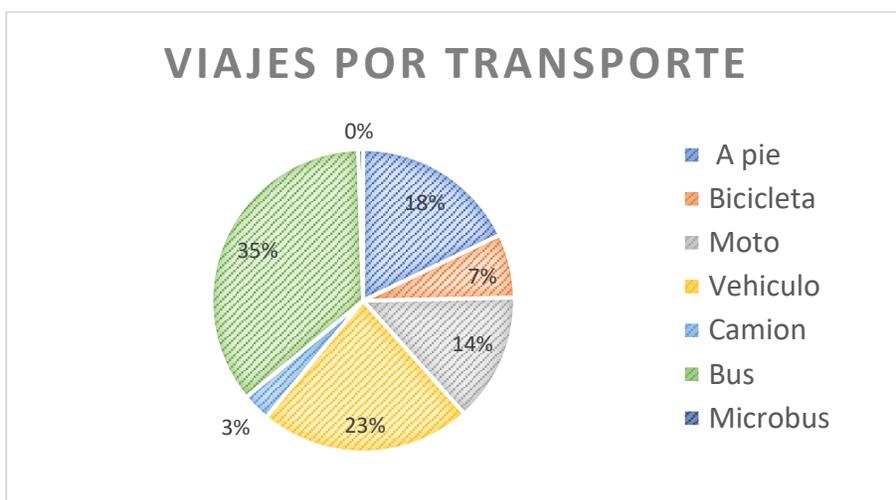


Figura 103. Gráfico de Resultados de Viajes por tipo de transporte.

## INTERPRETACION DE DATOS.

De manera evidente, la gente viaja en bus en su mayoría y otra cantidad considerable de estos es en vehículo, esto se deberá al tipo de trabajo que realizan y en la posición económica en la que se encuentran.

### ➤ Viaje por Motivo.

Tabla37. Resultados de Viajes por motivo

Tipo de Motivo	Número de viajes
<b>Compras</b>	847
<b>Estudio</b>	1209
<b>Ocio</b>	96
<b>Personales</b>	502
<b>Trabajo</b>	3648

Fuente. Elaboración Propia.

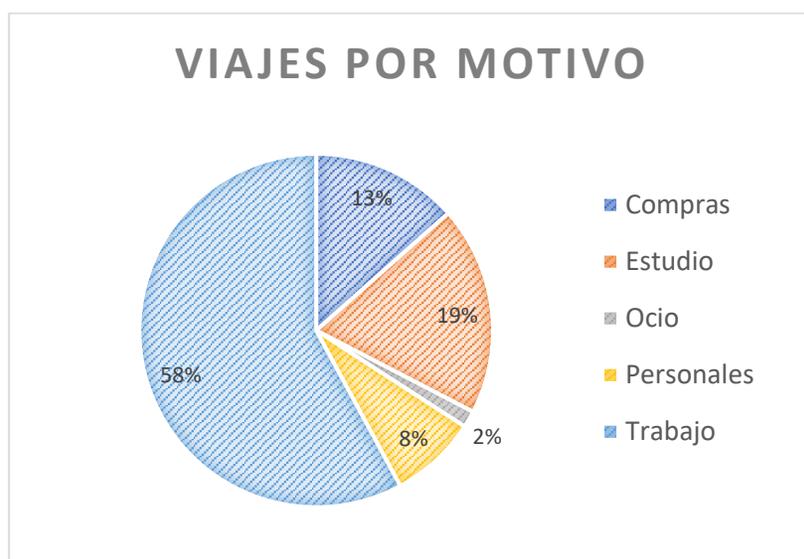


Figura 104. Gráfico de Resultados de Viajes por Motivo.

## INTERPRETACION DE DATOS.

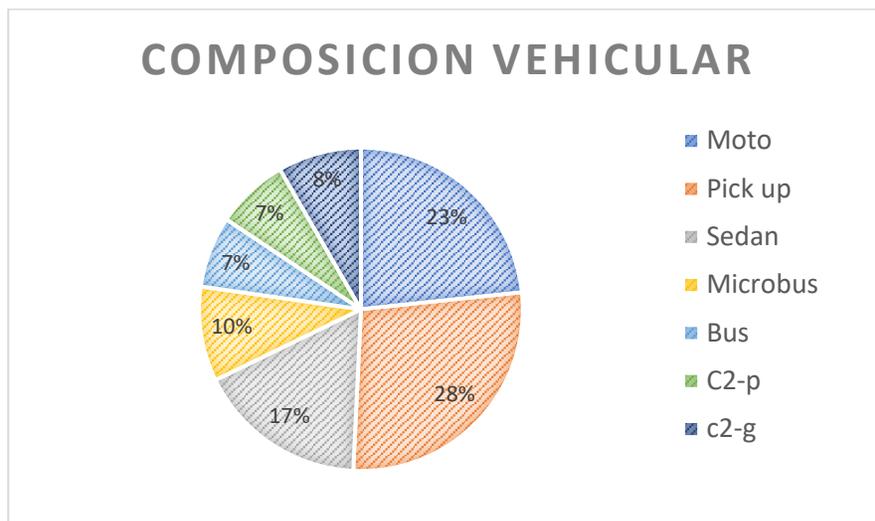
El motivo de los viajes como es de esperarse es en su mayoría por razones de trabajo, seguido de viajes por estudio y una cantidad considerable de estos por compras, esto último puede deberse a su cercanía al desvío o la falta de productos de primera necesidad en las comunidades o bien buscar un mejor precio.

- **Composición Vehicular.**

*Tabla38. Resultados de la composición vehicular.*

Tipo de Vehículo	Cantidad
<b>Moto</b>	478
<b>Pick up</b>	562
<b>Sedan</b>	349
<b>Microbús</b>	194
<b>Bus</b>	146
<b>C2-p</b>	149
<b>c2-g</b>	171
<b>TOTAL</b>	<b>2049</b>

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 105. Gráfico de Resultados de la Composición Vehicular que pertenece a la zona de los habitantes de la zona de estudio.*

## **INTERPRETACION DE DATOS.**

El medio de transporte predilecto (propio) en la zona de estudio es el Pick Up, esto puede deberse a la condición actual de la carretera. Seguido por el Bus, ya los pobladores lo utilizan por economía o por ser el único modo de transporte con el que cuentan.

### **5.3 Análisis y Procedimiento Del Estudio De Tránsito.**

#### **5.3.1 Definición de Rutas.**

Se consideraron los puntos más estratégicos de la ruta para recopilar los mejores datos posibles. Se definieron como puntos estratégicos las siguientes rutas:

- La entrada del pueblo de San Alejo.
- La entrada de Caserío El Lagartón a 600 m de la entrada del pueblo.
- La entrada del Cantón Piedra Gorda a 1.7 km de la entrada del pueblo.
- La entrada del Cantón Agua Fría a 4.8 km

- La salida del Cantón de Agua Fría a 5.6 km de la entrada del pueblo.
- La entrada del Cantón Trinchera a 6.5 km
- La salida del Cantón Trinchera a 7.1 km de la entrada del pueblo.
- La entrada de Cantón Bobadilla a 7.9 km de la entrada del pueblo.
- La entrada de Caserío El Querque a 9 km de la entrada del pueblo.
- En el desvío “Palo Blanco” a 11.0 km de la entrada del pueblo.

### 5.3.2 Conteos Para El Volumen De Tránsito.

Se procedió a digital los resultados de cada una de las hojas de cálculo que fueron diseñadas con el fin de conocer la variación de volúmenes de tránsito en diferentes horarios, a continuación, se presentan los totales por tipo de vehículo y por su fecha correspondiente al conteo vehicular. El día que más flujo vehicular se tuvo fue el 17 de febrero de 2020, con un total de 461 de todos los tipos de vehículos que fueron incluidos en las tablas.

Tabla39. Tabla resumen por día de los conteos vehicular.

Fecha de Conteo Vehicular	Moto	Pick Up	Sedan	Microbus	Bus	C2p	C2g	Bicicleta	Caballo	Peaton	Total por Dia
17/02/2020	87	88	98	29	25	35	33	50	9	7	461
18/02/2020	46	71	19	22	24	33	13	18	5	12	263
19/02/2020	32	53	20	16	24	27	10	42	14	30	268
20/02/2020	38	48	44	30	24	33	15	29	16	61	338
21/02/2020	66	62	22	22	24	24	19	21	10	106	376
22/02/2020	57	84	51	28	24	37	28	39	16	61	368
23/02/2020	55	68	34	15	24	34	14	30	20	70	364
24/02/2020	58	65	25	27	30	35	16	33	18	46	351
25/02/2020	53	67	25	19	30	38	22	43	10	17	324
26/02/2020	69	72	37	26	31	35	12	27	11	59	379
<b>TOTAL</b>	561	678	375	234	260	331	182	332	129	469	3492

Fuente. Elaboración Propia.

### 5.3.3 *Transito Promedio Diario Anual (TPDA).*

Para obtener el transito promedio diario anual, se necesita conocer el resultado final de todos los vehículos que pasan durante un año por la calle, el TPDA se estimara con base en los resultados obtenidos en campo durante los diez días que se realizaron los conteos vehiculares.

### 5.3.4 *Trafico Promedio Semanal (TPDS).*

Para obtener el Trafico Promedio Semanal (TPDS) se divide la cantidad de vehículos entre el número de días que se realizaron los conteos.

$$TPDS = \frac{461 + 263 + 268 + 338 + 376 + 368 + 364 + 351 + 324 + 379}{10}$$

$$TPDS = \frac{3492}{10}$$

$$\underline{\underline{TPDS = 349.2}}$$

- **Desviación Estándar (S).**

Para calcular la desviación estándar primero se hicieron los cálculos de la resta de transito diario menos el transito promedio diario semanal, el resultado de resta se representan en la tabulación siguiente:

$$(TDi - TPDS)^2$$

$$(461 - 349.2)^2$$

$$\underline{\underline{12,499.24}}$$

Tabla40. Resultados de la resta de transito diario menos el transito promedio diario semanal.

Fecha de Conteo Vehicular	TDi	(TDi – TPDS) <sup>2</sup>
17/02/2020	461	12,499.24
18/02/2020	263	7,430.44
19/02/2020	268	6,593.44
20/02/2020	338	125.44
21/02/2020	376	718.24
22/02/2020	368	353.44
23/02/2020	364	219.04
24/02/2020	351	3.24
25/02/2020	324	635.04
26/02/2020	379	888.04
<b>TOTAL</b>	<b>3492</b>	<b>29,465.6</b>

Fuente. Elaboración Propia.

Con los datos obtenidos anteriormente se calculó la desviación estándar. Utilizando la siguiente formula:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(TDi - TPDS)^2}{n - 1}}$$

Donde:

**TDi = Transito diario.**

**TPDS = Transito Promedio Diario.**

**n = tamaño de la muestra en numero de dias.**

**$S = \text{Desviación Estandar}$**

$$S = \sqrt{\frac{29,465.6}{7-1}}$$

$$\underline{\underline{S = 70.08}}$$

- **Estimador de la desviación estándar poblacional ( $\sigma$ ).**

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right) \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Donde:

**$n = \text{tamaño de la muestra en numero de dias.}$**

**$N = \text{Total de dias del año.}$**

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{365-7}{365-1}} \right) \times \frac{70.08}{\sqrt{7}}$$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{358}{364}} \right) \times \frac{70.08}{2.646}$$

$$\sigma = (\sqrt{0.984}) \times 26.485$$

$$\sigma = (0.992) \times 26.485$$

$$\sigma = 26.27$$

$$\underline{\underline{\sigma \approx 26}}$$

- **Transito Promedio Diario Anual TPDA**

Para calcular el TPDA se la siguiente formula

$$TPDA = TPDS + \sigma K$$

Donde:

***K***

= *Numero de desviaciones estandar correspondiente al nivel de confiabilidad deseada.*

En este caso utilizaremos un nivel de confiabilidad del 95%, entonces,  $K = 1.96$

$$TPDA = 349.2 + (26)(1.96)$$

$$TPDA = 349.2 + 50.96$$

$$\underline{\underline{TPDA = 400.16}}$$

### 5.3.4 Proyección de Tráfico.

Debido a que no se disponen de datos históricos de tráfico actualizados, se calculó el porcentaje de aumento del parqueo vehicular de la siguiente manera:

Tabla 41. Parqueo Vehicular de El Salvador del año 2017.

DEPARTAMENTO	A	AB	C	CC	CD	CR	D	M	MB	MI	N	O	P	PR	R	RE	V	CANTIDAD
LA LIBERTAD	252	889	7934	30	380	0	35	34240	586	197	1235	0	118113	0	0	3025	68	166984
MORAZAN	25	86	1593	0	0	0	0	8823	26	0	103	0	14756	0	0	164	0	25576
CHALATENANGO	147	218	1865	0	0	0	2	14173	22	0	146	0	21270	0	0	130	0	37973
SAN VICENTE	48	209	1432	0	0	0	0	6846	12	0	95	0	14555	0	0	55	0	23252
SAN MIGUEL	1359	579	4103	0	0	0	0	27463	223	0	147	0	59545	0	0	494	0	93913
CABAÑAS	4	191	1112	0	0	0	0	8760	61	0	89	0	13231	0	0	76	0	23524
SAN SALVADOR	3089	2190	15870	37	181	115	115	95505	1871	373	10186	1	339889	0	0	6093	254	475769
SANTA ANA	105	710	3796	0	0	0	2	30274	273	0	253	0	67026	0	0	439	4	102882
LA UNION	178	357	2009	0	0	0	0	10759	32	0	82	0	25852	0	0	126	0	39395
CUSCATLAN	56	208	1141	0	0	0	1	9405	57	0	89	0	19059	0	0	189	0	30205
USULUTAN	255	189	1958	0	0	0	0	20086	71	0	101	0	31390	0	0	169	0	54219
LA PAZ	84	311	1579	0	0	0	0	13402	137	0	144	0	28388	0	0	331	0	44376
AHUACHAPAN	7	232	1931	0	0	0	3	16166	147	0	88	0	23985	0	0	249	0	42808
SONSONATE	134	624	3670	0	0	0	3	17906	98	0	140	0	35867	0	0	1994	0	60436
<b>TOTAL</b>	<b>5743</b>	<b>6993</b>	<b>49993</b>	<b>67</b>	<b>561</b>	<b>115</b>	<b>161</b>	<b>313808</b>	<b>3616</b>	<b>570</b>	<b>128998</b>	<b>1</b>	<b>812926</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13534</b>	<b>326</b>	<b>1221312</b>

Fuente. Viceministerio de Transporte.

Tabla 42. Parque Vehicular de El Salvador del año 2018

DEPARTAMENTO	A	AB	C	CC	CD	CR	D	M	MB	MI	N	O	P	PR	R	RE	V	CANTIDAD
LA LIBERTAD	275	889	7934	30	380	0	35	34240	586	197	1235	0	118113	0	0	3025	68	166984
MORAZAN	23	89	1538	0	0	0	0	7409	25	0	101	0	13777	0	0	148	0	23110
CHALATENANGO	143	221	1827	0	0	0	2	12226	19	0	144	0	21270	0	0	130	0	37973
SAN VICENTE	47	210	1404	0	0	0	0	5788	11	0	92	0	13650	0	0	55	0	21257
SAN MIGUEL	1268	573	3996	0	0	0	0	24388	212	0	147	0	56284	0	0	477	0	87345
CABAÑAS	5	191	1076	0	0	0	0	7431	58	0	85	0	12408	0	0	75	0	21329
SAN SALVADOR	3203	2208	15480	35	202	105	106	86808	1852	350	9878	1	339889	0	0	5840	258	453235
SANTA ANA	94	713	3779	0	0	0	3	26637	274	0	231	0	63657	0	0	473	0	95861
LA UNION	175	360	1956	0	0	0	0	9101	32	0	79	0	24220	0	0	124	0	36047
CUSCATLAN	55	209	1099	0	0	0	2	7956	60	0	84	0	17608	0	0	179	0	27252
USULUTAN	223	185	1914	0	0	0	0	17364	78	0	99	0	29350	0	0	168	0	49381
LA PAZ	80	310	1573	0	0	0	0	11530	134	0	133	0	26178	0	0	322	0	40260
AHUACHAPAN	6	229	1908	0	0	0	3	13997	144	0	87	0	22421	0	0	221	0	39016
SONSONATE	139	617	3574	0	0	0	3	15494	99	0	139	0	33766	0	0	1884	0	55715
<b>TOTAL</b>	<b>5736</b>	<b>7011</b>	<b>48900</b>	<b>65</b>	<b>587</b>	<b>105</b>	<b>152</b>	<b>275709</b>	<b>3577</b>	<b>547</b>	<b>12533</b>	<b>1</b>	<b>773278</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13027</b>	<b>324</b>	<b>1141552</b>

Fuente. Ministerio de Transporte

Dada la información anterior, se utilizaron los datos del parqueo vehicular del departamento de La Unión, se hizo un cuadro comparativo del parqueo vehicular de los dos años para poder calcular el porcentaje del índice de crecimiento vehicular.

Tabla43. Cuadro comparativo de los parqueos vehiculares de las tablas 41 y 42.

Tipo de vehículo	Año 2017	Año 2018	Diferencia	Índice de crecimiento
<b>Autos</b>	24474	26112	1638	<b>6.69%</b>
<b>Motocicletas</b>	9101	10759	1658	<b>18.22%</b>
<b>Microbús</b>	32	32	0	<b>0%</b>
<b>Autobús</b>	360	357	3	<b>-0.83%</b>
<b>Camiones</b>	1956	2009	53	<b>2.71%</b>
<b>Remolques</b>	124	126	2	<b>1.61%</b>
<b>TOTAL</b>	36047	39395	3354	<b>9.29%</b>

*Fuente. Elaboración Propia.*

- **Transito Futuro.**

Calculamos el transito futuro utilizando la siguiente formula:

$$TPDA_f = TPDA_o * (200 + i * t) / (200 - i * t)$$

Donde:

$TPDA_f$  = Trafico Proyectado.

$TPDA_o$  = Trafico correspondiente al año base.

$i$  = Indice de crecimiento del trafico.

$t$  = numero de años

Sustituyendo los datos en la fórmula para 5 años,

$$TPDA_f = 400.16 * (200 + 9.29 * 5) / (200 - 9.29 * 5)$$

$$\underline{\underline{TPDA_f = 642.26}}$$

## 5.4 Análisis y Procedimiento Del Programa HDM-4.

		<b>DATOS GENERALES DE BENEFICIOS.</b>								
PROYECTO DE GRADUACIÓN:		"CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS PARA UNA MEJORA DE LA CARRETERA QUE CONECTA EL MUNICIPIO DE SAN ALEJO CON LA CIUDAD DE LA UNIÓN."								
<b>COMBUSTIBLE</b>										
GASTOS ECONOMICOS CON BASE EN DOLARES"\$"						503,019.15				
GASTOS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"						501,924.44				
GASTOS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO EN DOLARES"\$"						441,714.52				
AHORROS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"						1,094.71				
AHORROS ECONOMICOS CON PAVIMETO ASFALTICO EN DOLARES "\$"						61,304.63				
TIPO DE VEHICULO	ALTERNATIVA			FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION		
	BASE GRANULAR (Lt)	CONCRETO HIDRAULICO (Lt)	PAVIMENTO ASFALTICO (Lt)		BASE GRANULAR (\$)	CONCRETO HIDRAULICO (\$)	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACIÓN CONCRETO-BASE (\$)	COMPARACIÓN ASFALTO-BASE (\$)	
AUTO SEDAN	607.68	565.13	502.57	38	64865.90	60323.97	53646.09	4541.936776	11219.81139	
BUS DE 50 PASAJEROS	1,321.69	1,394.03	1,165.05	26	96529.68	101813.04	85089.47	-5283.354794	11440.20867	
CAMION GRANDE C-2	1,443.17	1,453.53	1,218.05	18	72970.60	73494.43	61587.92	-523.8297792	11382.67953	
CAMION PEQUEÑO	658.4	617.5	580.83	33	61032.57	57241.21	53841.97	3791.361288	7190.608682	
MICROBUS	1,044.93	1,078.84	992.91	23	67510.75	69701.61	64149.85	-2190.854567	3360.903998	
MOTOS	173.79	158.4	163.81	68	33196.45	30256.73	31290.12	2939.716541	1906.326906	
PICK-UP	679.65	693.51	585.54	56	106913.19	109093.45	92109.10	-2180.264486	14804.09025	
SUMATORIA	5,929.31	5,960.94	5,208.76	262.00	503019.1468	501924.4358	441714.5174	1094.710978	61304.62941	
<b>LUBRICANTES</b>										
GASTOS ECONOMICOS CON BASE EN DOLARES"\$"						63,053.46				
GASTOS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"						63,021.95				
GASTOS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO EN DOLARES"\$"						61,059.42				
AHORROS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"						31.51				
AHORROS ECONOMICOS CON PAVIMETO ASFALTICO EN DOLARES "\$"						1,994.04				
TIPO DE VEHICULO	ALTERNATIVA			FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION		
	BASE GRANULAR (Lt)	CONCRETO HIDRAULICO (Lt)	PAVIMENTO ASFALTICO (Lt)		BASE GRANULAR (\$)	CONCRETO HIDRAULICO (\$)	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACIÓN CONCRETO-BASE (\$)	COMPARACIÓN ASFALTO-BASE (\$)	
AUTO SEDAN	3.7	3.58	3.4	38	5337.18	5164.08	4904.431730976	432.744		
BUS DE 50 PASAJEROS	11.52	11.69	11.21	26	11369.78	11537.56	11063.82-167.7832	305.9576		
CAMION GRANDE C-2	7.39	7.41	6.77	18	5049.44	5063.10	4625.81-13.6656	423.6336		
CAMION PEQUEÑO	9.19	9.11	9.03	33	11512.13	11411.91	11311.70100.2144	200.4288		
MICROBUS	14.68	14.77	14.59	23	12816.81	12895.39	12738.24-78.5772	78.5772		
MOTOS	2.25	2.21	2.25	68	5807.88	5704.63	5807.88103.2512	0		
PICK-UP	5.25	5.29	4.99	56	11160.24	11245.27	10607.54-85.0304	552.6976		
SUMATORIA	53.98	54.06	52.24	262.00	63053.46	63021.95	61059.4231.51	1994.04		
<b>NEUMATICOS</b>										
GASTOS ECONOMICOS CON BASE EN DOLARES"\$"						80,111.16				
GASTOS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"						80,363.60				
GASTOS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO EN DOLARES"\$"						66,110.00				
AHORROS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"						-252.43				
AHORROS ECONOMICOS CON PAVIMETO ASFALTICO EN DOLARES "\$"						14,001.17				
TIPO DE VEHICULO	ALTERNATIVA			FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION		
	BASE GRANULAR (Lt)	CONCRETO HIDRAULICO (Lt)	PAVIMENTO ASFALTICO (Lt)		BASE GRANULAR (\$)	CONCRETO HIDRAULICO (\$)	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACIÓN CONCRETO-BASE (\$)	COMPARACIÓN ASFALTO-BASE (\$)	
AUTO SEDAN	0.44	0.34	0.33	38	5077.53	3923.55	3808.15	1153.9841269.3824		
BUS DE 50 PASAJEROS	0.52	0.67	0.46	26	17962.67	23144.21	15890.06	-5181.542072.616		
CAMION GRANDE C-2	0.89	0.95	0.72	18	21284.17	22719.06	17218.66	-1434.8884065.516		
CAMION PEQUEÑO	0.45	0.42	0.39	33	11274.12	10522.51	9770.90	751.6081503.216		
MICROBUS	0.30	0.28	0.26	23	4583.67	4278.09	3972.51	305.578611.156		
MOTOS	0.28	0.2	0.26	68	5420.69	3871.92	5033.50	1548.768387.192		
PICK-UP	0.39	0.32	0.28	56	14508.31	11904.26	10416.22	2604.0564092.088		
SUMATORIA	3.27	3.18	2.70	262.00	80111.16	80363.60	66110.00	-252.4314001.1664		

REPUESTOS									
GASTOS ECONOMICOS CON BASE EN DOLARES"\$"					1,259,139.34				
GASTOS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"					726,346.55				
GASTOS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO EN DOLARES"\$"					911,802.68				
AHORROS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"					532,792.80				
AHORROS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO EN DOLARES "\$"					347,336.66				
TIPO DE VEHICULO	ALTERNATIVA			FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION	
	BASE GRANULAR (Lt)	CONCRETO HIDRAULICO (Lt)	PAVIMENTO ASFALTICO (Lt)		BASE GRANULAR (\$)	CONCRETO HIDRAULICO (\$)	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACIÓN CONCRETO-BASE (\$)	COMPARACIÓN ASFALTO-BASE (\$)
AUTO SEDAN	1.667	1.115	1.303	38	173132.22115802.29		135327.7057329.92512	37804.51584	
BUS DE 50 PASAJEROS	0.97	0.504	0.669	26	430363.91223842.53		297124.31206521.38	133239.6	
CAMION GRANDE C-2	1.38	0.776	0.981	18	112741.2063627.03		80435.7249114.1664	32305.4784	
CAMION PEQUEÑO	1.569	0.886	1.12	33	100238.2056603.60		71553.0843634.60244	28685.11932	
MICROBUS	2.00	1.062	1.396	23	188302.40100138.78		131632.5388163.6184	56669.87664	
MOTOS	1.069	0.502	0.663	68	19039.788941.04		11808.5810098.74174	7231.197792	
PICK-UP	1.845	1.234	1.442	56	235321.63157391.27		183920.7677930.3616	51400.8768	
SUMATORIA	10.491	6.08	7.57	262.00	1259139.34	726346.55	911802.68532792.80	347336.6648	
INTERES									
GASTOS ECONOMICOS CON BASE EN DOLARES"\$"					128,642.87				
GASTOS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"					136,326.17				
GASTOS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO EN DOLARES"\$"					101,689.34				
AHORROS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"					-7,683.29				
AHORROS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO EN DOLARES "\$"					26,953.54				
TIPO DE VEHICULO	ALTERNATIVA			FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION	
	BASE GRANULAR (Lt)	CONCRETO HIDRAULICO (Lt)	PAVIMENTO ASFALTICO (Lt)		BASE GRANULAR (\$)	CONCRETO HIDRAULICO (\$)	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACIÓN CONCRETO-BASE (\$)	COMPARACIÓN ASFALTO-BASE (\$)
AUTO SEDAN	182.44	196.36	140.99	38	26316.61	28324.54	20337.53-2007.93216	5979.0796	
BUS DE 50 PASAJEROS	444.37	480.28	365.77	26	43857.54	47401.71	36100.04-3544.17336	7757.5056	
CAMION GRANDE C-2	217.21	224.18	181.78	18	14841.52	15317.77	12420.66-476.24616	2420.86104	
CAMION PEQUEÑO	57.05	60.24	44.57	33	7146.54	7546.14	5583.19-399.60492	1563.34464	
MICROBUS	189.23	186.29	134.66	23	16521.29	16264.61	11756.90256.68552	4764.39756	
MOTOS	23.86	25.32	18.4	68	6158.93	6535.80	4749.56-376.86688	1409.37888	
PICK-UP	64.92	70.26	50.53	56	13800.43	14935.59	10741.47-1135.15584	3058.96864	
SUMATORIA	1,179.08	1,242.93	936.70	262	128642.87	136326.17	101689.34-7683.29	26953.53596	
DEPRECIACION									
GASTOS ECONOMICOS CON BASE EN DOLARES"\$"					503,281.84				
GASTOS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"					354,154.12				
GASTOS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO EN DOLARES"\$"					369,447.45				
AHORROS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO EN DOLARES"\$"					149,127.72				
AHORROS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO EN DOLARES "\$"					133,834.40				
TIPO DE VEHICULO	ALTERNATIVA			FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION	
	BASE GRANULAR (Lt)	CONCRETO HIDRAULICO (Lt)	PAVIMENTO ASFALTICO (Lt)		BASE GRANULAR (\$)	CONCRETO HIDRAULICO (\$)	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACIÓN CONCRETO-BASE (\$)	COMPARACIÓN ASFALTO-BASE (\$)
AUTO SEDAN	690.56	481.08	507.03	38	99611.90	69394.83	73138.06	30217.07104	26473.83544
BUS DE 50 PASAJEROS	2,025.19	1,410.86	1,486.97	26	199878.15	139246.24	146757.99	60631.91368	53120.16112
CAMION GRANDE C-2	913.52	636.41	670.74	18	62418.99	43484.62	45830.32	18934.37208	16588.67184
CAMION PEQUEÑO	276.54	192.66	203.05	33	34641.61	24134.13	25435.67	10507.47984	9205.94532
MICROBUS	98.21	68.42	72.11	23	8574.52	5973.61	6295.78	2600.90532	2278.7388
MOTOS	45.96	45.73	33.43	68	11863.56	11804.19	8629.22	59.36944	3234.34384
PICK-UP	405.94	282.8	298.06	56	86293.10	60116.49	63360.40	26176.60864	22932.69888
SUMATORIA	4,455.92	3,117.96	3,271.39	262	503281.84	354154.12	369447.45	149127.72	133834.3952

HORAS DE TRABAJO	
BASE	753,312.18
CONCRETO HIDRAULICO	801,064.60

PAVIMENTO ASFALTICO					602,582.01				
HORAS EN RELACION EN CONCRETO HIDRAULICO Y BASE					-47,752.43				
HORAS EN RELACION EN PAVIMENTO ASFALTICO Y BASE					150,730.16				
	ALTERNATIVA				COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION	
TIPO DE VEHICULO	BASE GRANULAR (Lt)	CONCRETO HIDRAULICO (Lt)	PAVIMENTO ASFALTICO (Lt)	FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	BASE GRANULAR (\$)	CONCRETO HIDRAULICO (\$)	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACION CONCRETO- BASE (\$)	COMPARACION ASFALTO-BASE (\$)
AUTO SEDAN	74.32	80	57.44	38	10720.51	11539.84	8285.61	-819.32864	2434.90624
BUS DE 50 PASAJEROS	5,472.36	5,914.55	4,504.34	26	540100.04	583742.43	444560.34	-43642.38424	95539.70192
CAMION GRANDE C-2	137.57	141.98	115.13	18	9399.88	9701.21	7866.60	-301.32648	1533.28032
CAMION PEQUEÑO	92.1	97.24	71.96	33	11537.18	12181.06	9014.29	-643.87752	2522.89752
MICROBUS	1,429.78	1,407.49	1,017.47	23	124831.23	122885.14	88833.27	1946.09532	35997.96148
MOTOS	69.15	73.39	53.33	68	17849.55	18944.01	13765.97	-1094.46272	4083.58496
PICK-UP	182.87	197.91	142.33	56	38873.77	42070.92	30255.94	-3197.14304	8617.83104
SUMATORIA	7,458.15	7,912.56	5,962.00	262	753312.18	801064.60	602582.01	-47752.43	150730.1635
<b>HORAS DE TRIPULACION</b>									
BASE					55,599.59				
CONCRETO HIDRAULICO					58,531.44				
PAVIMENTO ASFALTICO					43,850.29				
HORAS EN RELACION EN CONCRETO HIDRAULICO Y BASE					-2,931.84				
HORAS EN RELACION EN PAVIMENTO ASFALTICO Y BASE					11,749.30				
	ALTERNATIVA				COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION	
TIPO DE VEHICULO	BASE GRANULAR (Lt)	CONCRETO HIDRAULICO (Lt)	PAVIMENTO ASFALTICO (Lt)	FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	BASE GRANULAR (\$)	CONCRETO HIDRAULICO (\$)	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACION CONCRETO- BASE (\$)	COMPARACION ASFALTO-BASE (\$)
AUTO SEDAN	0	0	0	38	0.00	0.00	0.00	0	0
BUS DE 50 PASAJEROS	115.20	124.52	94.84	26	11369.78	12289.63	9360.33	-919.84672	2009.45056
CAMION GRANDE C-2	144.81	149.46	121.19	18	9894.58	10212.30	8280.67	-317.7252	1613.90736
CAMION PEQUEÑO	96.95	102.37	75.74	33	12144.73	12823.69	9487.80	-678.95256	2656.93428
MICROBUS	94.32	92.85	67.13	23	8234.89	8106.55	5860.99	128.34276	2373.90452
MOTOS	0	0	0	68	0.00	0.00	0.00	0	0
PICK-UP	65.65	71.03	51.09	56	13955.61	15099.27	10860.51	-1143.65888	3095.10656
SUMATORIA	516.93	540.23	409.99	262	55599.59	58531.44	43850.29	-2931.84	11749.30328
<b>HORAS OCIO</b>									
BASE					86,363.71				

CONCRETO HIDRAULICO					91,804.63					
PAVIMENTO ASFALTICO					54,955.26					
HORAS EN RELACION EN CONCRETO HIDRAULICO Y BASE					-5,440.92					
HORAS EN RELACION EN PAVIMENTO ASFALTICO Y BASE					31,408.45					
	ALTERNATIVA					COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION	
TIPO DE VEHICULO	BASE GRANULAR (Lt)	CONCRETO HIDRAULICO (Lt)	PAVIMENTO ASFALTICO (Lt)	FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	BASE GRANULAR (\$)	CONCRETO HIDRAULICO (\$)	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACIÓN CONCRETO- BASE (\$)	COMPARACIÓN ASFALTO-BASE (\$)	
AUTO SEDAN	111.49	120.01	86.17	38	16082.21	17311.20	12429.85	-1228.99296	3652.35936	
BUS DE 50 PASAJEROS	288.02	311.29	237.07	26	28426.42	30723.08	23397.86	-2296.65592	5028.5612	
CAMION GRANDE C-2	7.24	7.48	6.07	18	494.69	511.09	414.75	-16.39872	79.94376	
CAMION PEQUEÑO	4.84	5.12	3.78	33	606.30	641.37	473.51	-35.07504	132.78408	
MICROBUS	158.86	156.39	113.05	23	13869.75	13654.10	9870.17	215.65076	3999.57948	
MOTOS	23.05	24.46	17.78	68	5949.85	6313.81	4589.52	-363.96048	1360.33456	
PICK-UP	98.48	106.55	17.78	56	20934.48	22649.97	3779.60	-1715.48832	17154.8832	
SUMATORIA	691.98	731.30	481.70	262	86363.71	91804.63	54955.26	-5440.92	31408.44564	

VELOCIDAD									
TIEMPOS TOTALES DE VIAJES EN VEHICULOS CON BASE					326,445,264.61				
TIEMPOS TOTALES DE VIAJES EN VEHICULOS CON CONCRETO					286,935,381.25				
TIEMPOS TOTALES DE VIAJES EN VEHICULOS CON ASFALTO					243,996,132.68				
COMPARATIVA EN ALTERNATIVA DE BASE Y CONCRETO					39,509,883.36				
COMPARATIVA EN ALTERNATIVA DE BASE Y ASFALTO					82,449,131.93				
TIEMPO ACTUAL DE VIAJES PROMEDIOS SEGÚN GOOGLE MAPS					30.00				
TIEMPO DE VIAJE PROMEDIO EN ALTERNATIVA BASE					13.55				
TIEMPO DE VIAJE PROMEDIO EN ALTERNATIVA ASFALTO					12.18				
TIEMPO DE VIAJE PROMEDIO EN ALTERNATIVA CONCRETO					10.26				
TIPO DE VEHICULO	ALTERNATIVA			FLUJO VEHICULAR (VEH/UNIDAD)	COSTOS POR ALTERNATIVA			COMPARACION	
	BASE GRANULAR	CONCRETO HIDRAULICO	PAVIMENTO ASFALTICO		BASE GRANULAR	CONCRETO HIDRAULICO	PAVIMENTO ASFALTICO (\$)	COMPARACIÓN CONCRETO-BASE (\$)	COMPARACIÓN ASFALTO-BASE (\$)
AUTO SEDAN	51.93	59.07	69.95	38	38527243.60	33870319.28	28602140.96	4656924.315	9925102.639
BUS DE 50 PASAJEROS	41.98	43.09	52.92	26	22311220.58	21736482.71	17698885.87	574737.8706	4612334.716
CAMION GRANDE C-2	33.61	34.34	41.46	18	13356589.11	13072654.63	10827664.25	283934.4802	2528924.856
CAMION PEQUEÑO	49.75	57.05	66.31	33	30328704.72	26447906.40	22754532.65	3880798.326	7574172.074
MICROBUS	48.84	61.77	71.51	23	15007179.77	11865803.14	10249624.67	3141376.63	4757555.103
MOTOS	52.33	61.22	70.63	68	122429523.41	104651044.76	90708437.77	17778478.65	31721085.63
PICK-UP	51.43	57.71	68.8	56	84484803.42	75291170.33	63154846.51	9193633.088	21329956.91
PROMEDIO	47.12	53.46	63.08		326,445,264.61	286,935,381.25	243,996,132.68	39,509,883.36	82,449,131.93

Los beneficios obtenidos se verán mayormente reflejados en conceptos económicos en el ahorro en gastos de pasajes, gastos de mantenimiento vehicular, como también se mejoraría el tránsito atraído, el tiempo de movilización, la plusvalía de los terrenos cercanos a la vía mejorada.

Tabla44. Cuadro resumen de gastos y costos de inversión.

<b>GASTOS GENERALES</b>		
GASTOS ECONOMICOS CON BASE	\$2,537,247.82	
GASTOS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO	\$1,862,136.82	
GASTOS ECONOMICOS CON PAVIMENTO ASFALTICO	\$1,951,823.39	
AHORROS ECONOMICOS CON CONCRETO HIDRAULICO	\$675,111.01	
AHORROS ECONOMICOS CON PAVIMETO ASFALTICO	\$585,424.43	
<b>COSTOS GENERALES DE INVERSION</b>		
BASE	\$46,287.50	\$481,390
CONCRETO HIDRAULICO	\$340,000	\$3,536,000
PAVIMENTO ASFALTICO	\$314,400	\$3,269,760
COMPARACION DE ALTERNATIVA CONCRETO Y BASE	\$293,712.50	\$3,054,610
COMPARACION DE ALTERNATIVA PACIMENTO Y BASE	\$268,112.50	\$2,788,370

*Fuente. Elaboración Propia.*

## **CAPITULO VI. Conclusión y recomendaciones.**

### **6.1 Conclusiones.**

- Se concluye que, con los resultados adquiridos del estudio realizado, al hacer el análisis sobre la valoración económica, efectivamente dicha valoración es rentable y que si justifica una inversión futura para dicha carretera.
- Una vez realizado el estudio, y obtenido los resultados, se logró estimar los beneficios económicos, y se concluye que los beneficios económicos para los usuarios aumentan considerablemente, en cuando a la reducción de gastos de mantenimientos de vehículos y reducción de consumo de combustible.
- Mediante este estudio se demuestra cual que todas las alternativas de mejoras son viables, y que todas mejorar la calidad de comunicación de las comunidades afectadas, sin embargo, la mejora de Pavimento Asfaltico seria la opción más viable, ya que es la que tiene más beneficios, y mejoras en la mayoría de aspectos en cuanto a los tiempos de viajes, desgastes de llantas y reducción de costos generales.

### **6.2 Recomendaciones.**

- De optar por una mejora lo ideal sería replantear la alineación horizontal entre las comunidades, esto con el fin de obtener mejores velocidades de diseño y optimizar así el tiempo de viaje.
- Para realizar una propuesta formal o un anteproyecto de la zona se sugiere realizar los estudios hidrológicos de la zona, pues la mejora de esta debería incluir unos drenajes adecuados para garantizar que la carretera cumpla su servicio.

- Los accesos a la carretera son ríos que requieren intervención, se sugiere realizar un estudio para la elaboración de puentes.
- Se recomienda que en cuanto al tráfico promedio diario anual, es necesario que se obtenga en más de un día, ya que, en el presente trabajo, se obtuvo solo de un día debido a los costos que implicó la medición, tomando en cuenta que se midió en 10 puntos diferentes del tramo de la carretera estudiado.
- Se recomienda que para un mejor diseño de la carretera se realice un estudio de suelo más riguroso, con pruebas de penetración estándar o pozos a cielo abierto.
- Es necesario también ser más minucioso con el estudio hidráulico, ya que es una parte fundamental del estudio, para el caso se puede hacer la colocación de pluviómetros en las distintas comunidades afectadas y en diferentes puntos para conocer la precipitación de la zona.

## CAPITULO VII. Referencias y Anexos.

### 7.1 Referencias.

Escalante Campos David Geovany, Garay García Rene Mauricio, Herrera Solorzano, Ernesto

Antonio, (2014). ***“DESARROLLO DE UN MODELO DE DETERIORO Y MANTENIMIENTO DE TRAMO 7-B: LISLIQUE-ANAMOROS DE LA CARRETERA LONGITUDINAL DEL NORTE, UTILIZANDO EL SOFTWARE HDM-4”***. Tesis de grado, Universidad Nacional de El Salvador.

Víctor M. Islas, Cesar Rivera Trujillo, Guillermo Torres Vargas (2002), ***ESTUDIO DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE***. Secretaria de Comunicaciones y Transporte, Instituto Mexicano del Transporte.

Juan de Dios Ortuzar S. ***MODELOS DE DEMANDA DE TRANSPORTE. 2da EDICION.***

Edición original publicada por Ediciones Universidad Católica de Chile.

V. Zorio Blanco. (Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos), (enero 1987). ***BREVE HISTORIA DE LAS CARRETERAS***. Revista de Obras Públicas.

Secretaria de Integración Económica Centroamericana SIECA. (2004). ***MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE LAS CARRETERAS REGIONALES. 2da. EDICION.***

### 7.2 Anexos.

[https://drive.google.com/file/d/11Z9V-LTwGiG3Zg\\_MPn0-kJcgapaYr3Z8/view?usp=drivesdk](https://drive.google.com/file/d/11Z9V-LTwGiG3Zg_MPn0-kJcgapaYr3Z8/view?usp=drivesdk)

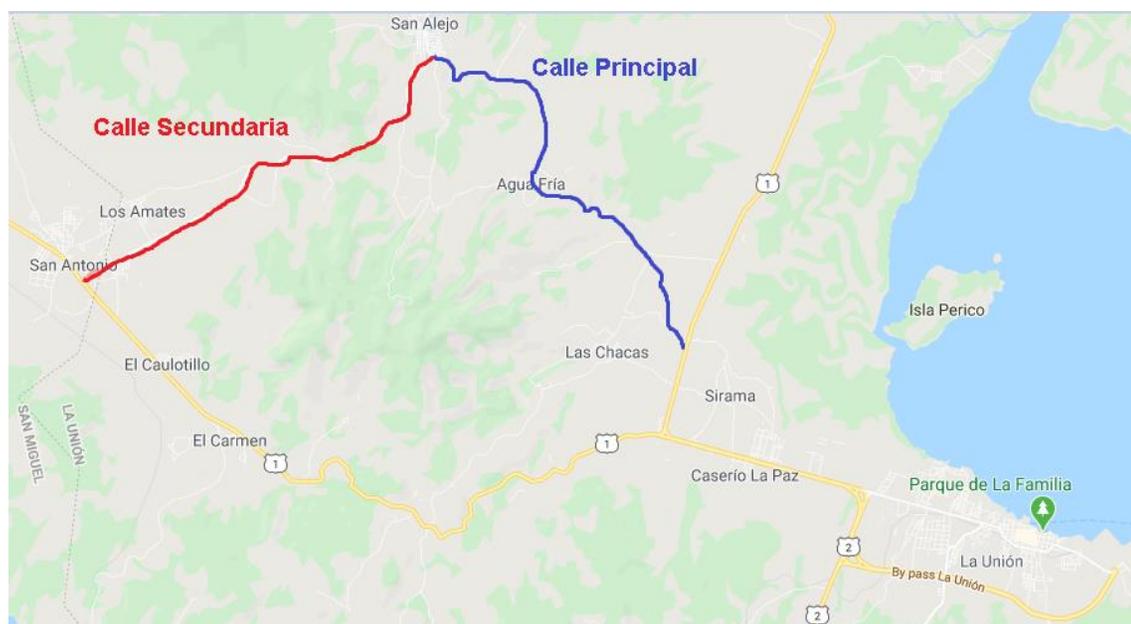
*Anexo 1. Resultados obtenidos del programa HDM4.*

[https://drive.google.com/file/d/13ya1B5fXuyM7HDoqC-kMCzec\\_EQ6OZAm/view?usp=drivesdk](https://drive.google.com/file/d/13ya1B5fXuyM7HDoqC-kMCzec_EQ6OZAm/view?usp=drivesdk)

*Anexo 2. Planos de la Topografía de la zona de estudio.*



*Anexo 3. Mapa de ubicación del estudio.*



*Anexo 4. Imagen presentativa de las dos rutas del Municipio de San Alejo hacia La Unión.*

*MEMORIA FOTOGRAFICA.*

*MEMORIA FOTOGRAFICA DE LA REALIZACION DE ENCUESTAS.*



Anexo. Imágenes de la realización de la encuesta.





Anexo. Imágenes de la realización de la encuesta.





Anexo. Imágenes de la realización de la encuesta.



*MEMORIA FOTOGRAFIA DE LA REALIZACION DE CONTEO VEHICULAR (AFORO).*

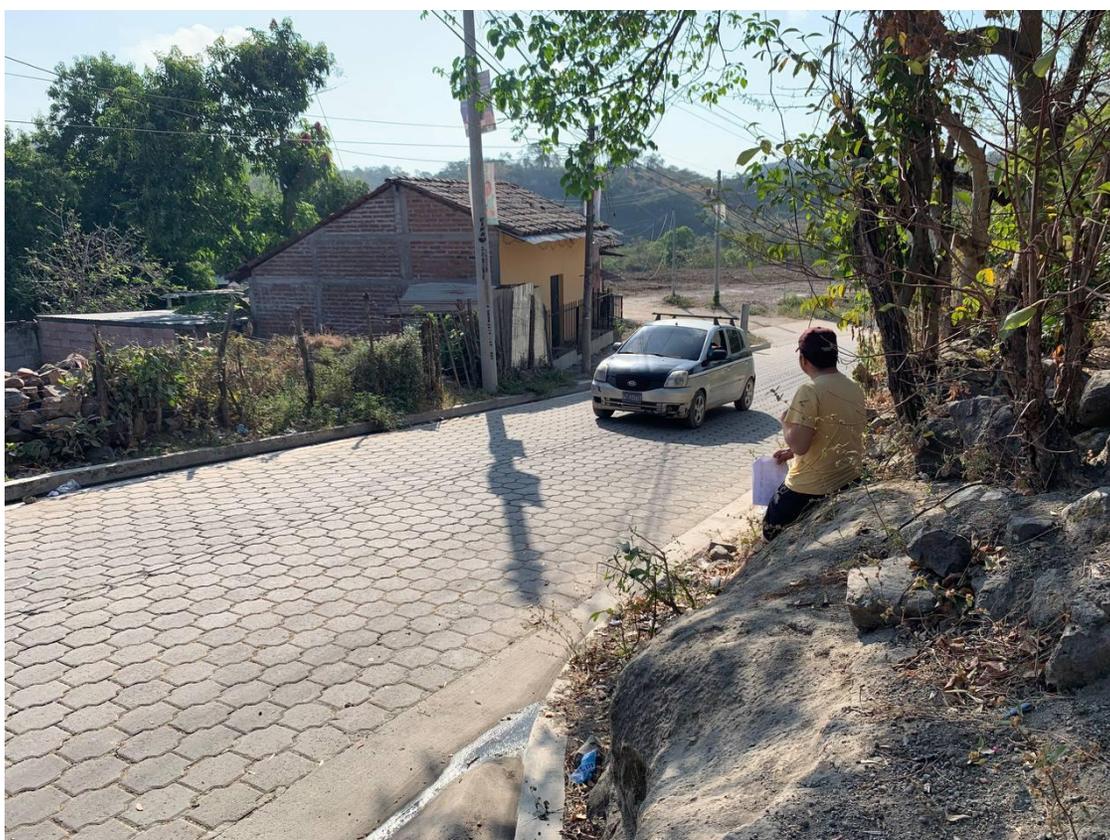


Anexo. Imágenes de la realización de del conteo vehicular.





Anexo. Imágenes de la realización de del conteo vehicular.



*MEMORIA FOTOGRAFICA DEL ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA EN ESTUDIO.*

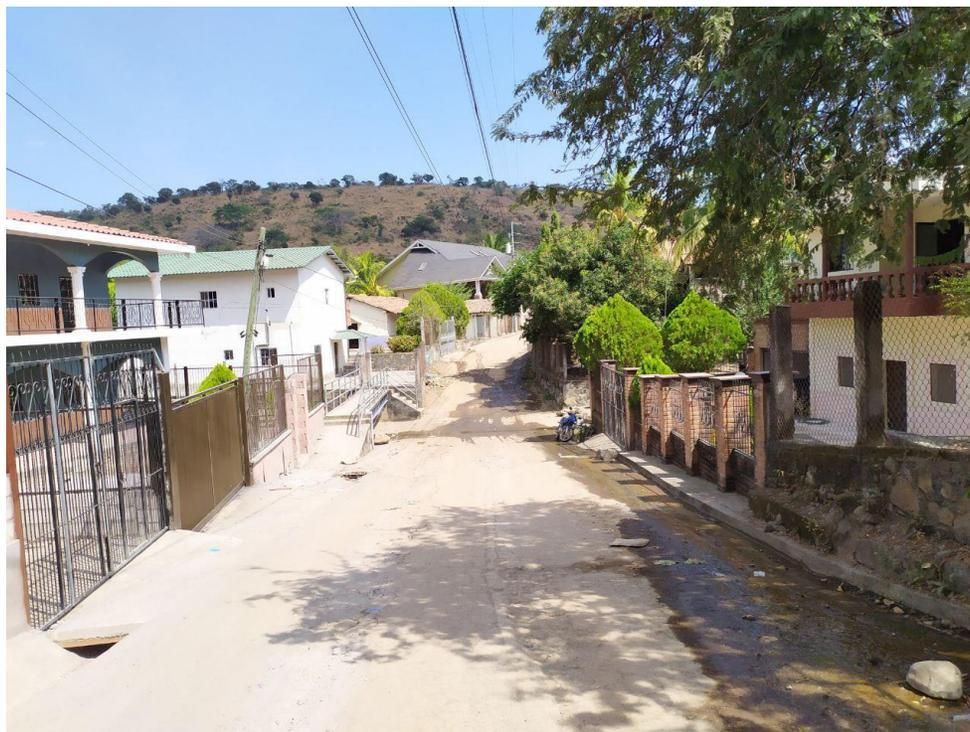


Anexo. Imágenes del estado actual de la carretera.



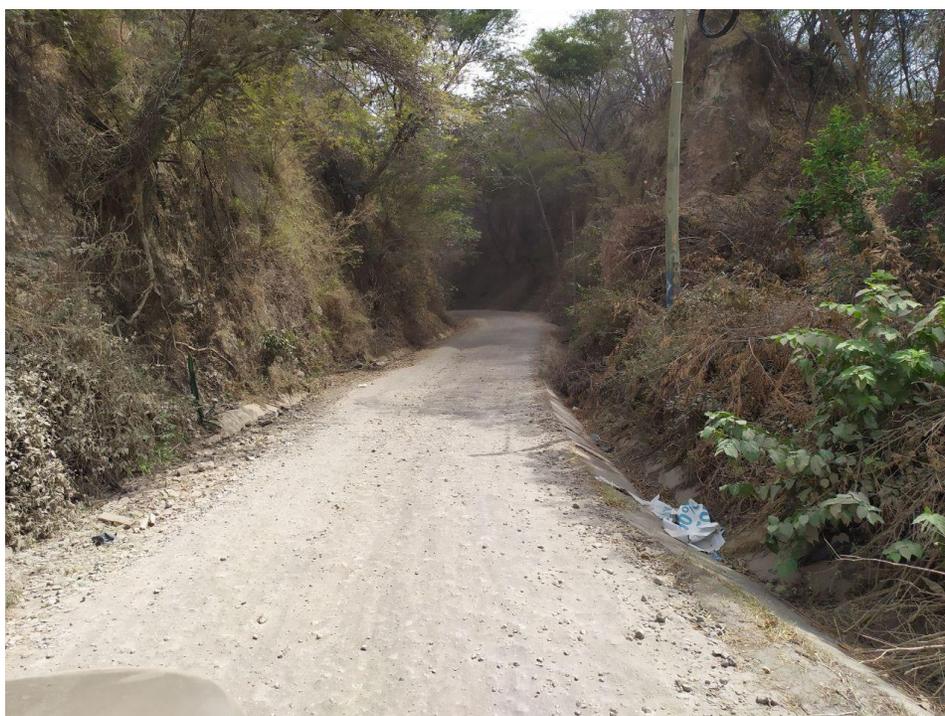


Anexo. Imágenes del estado actual de la carretera.





Anexo. Imágenes del estado actual de la carretera.





Anexo. Imágenes del estado actual de la carretera.





Anexo. Imágenes del estado actual de la carretera.





Anexo. Imágenes del estado actual de la carretera.

